

**Instituto Nacional de
Bachillerato a
Distancia**

**3.º B. U. P.
Y C. O. U.**

Guía Práctica de Formulación

(Química Orgánica)

inbad

FISICA
Y QUIMICA

Guía Práctica de Formulación

3.º

B. U. P.
Y C.O.U.



Ministerio de Educación y Ciencia

Instituto Nacional de Bachillerato a Distancia
Apartado de Correos 7069
MADRID

FÍSICA Y QUÍMICA

Guía Práctica de Formulación



- © MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA
© Seminario de Física y Química del I.N.B.A.D.:
José Luis Hernández Pérez
M.^a Pilar de las Casas Laporte
M.^a Jesús Gómez Vispo

Edición: 1987. Tirada: 3.500 ejemplares
Edita: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica
Ministerio de Educación y Ciencia

NIPO: 176-87-098-9
I.S.B.N.: 84-369-1077-X
Depósito legal: M. 12.227-1987
Impreso en España por: Impresos y Revistas, S. A. (IMPRESA)
Torneros, 58. Polígono Industrial Los Angeles
GETAFE (Madrid)

SUMARIO

| | <i>Pág.</i> |
|---|-------------|
| Prólogo | 11 |
| Programación de 3.º de BUP | 13 |
| Introducción | 19 |
| 1. HIDROCARBUROS | 21 |
| 1.1. HIDROCARBUROS ACICLICOS SATURADOS ... | 23 |
| 1.1.1. <i>Nomenclatura de los hidrocarburos acíclicos saturados de cadena lineal</i> | 23 |
| 1.1.2. <i>Isomería</i> | 29 |
| 1.1.3. <i>Radicales</i> | 33 |
| 1.1.3.1. <i>Cómo nombrar un radical derivado de un hidrocarburo acíclico saturado, de cadena ramificada</i> | 34 |
| <i>Resumen</i> | 40 |
| 1.1.4. <i>Ejercicios</i> | 43 |

| | |
|--|------------|
| 1.1.5. <i>Nomenclatura de los hidrocarburos acíclicos saturados de cadena ramificada</i> | 44 |
| 1.1.6. <i>Ejercicios</i> | 56 |
| 1.2. HIDROCARBUROS ACICLICOS NO SATURADOS, CON DOBLE ENLACE | 59 |
| 1.2.1. <i>Nomenclatura de los hidrocarburos acíclicos con un doble enlace</i> | 62 |
| 1.2.2. <i>Ejercicios</i> | 66 |
| 1.3. HIDROCARBUROS ACICLICOS CON TRIPLE ENLACE | 67 |
| 1.3.1. <i>Nomenclatura de los hidrocarburos con triple enlace</i> | 69 |
| 1.3.2. <i>Ejercicios</i> | 72 |
| 1.4. HIDROCARBUROS CON DOBLES Y TRIPLES ENLACES | 73 |
| 1.4.1. <i>Ejercicios</i> | 78 |
| 1.5. RESUMEN | 81 |
| 1.6. HIDROCARBUROS MONOCICLICOS | 81 |
| 1.6.1. <i>Ejercicios</i> | 94 |
| 1.7. HIDROCARBUROS POLICICLICOS CONDENSADOS | 97 |
| 1.7.1. <i>Ejercicios</i> | 104 |
| 2. FUNCIONES OXIGENADAS | 107 |
| 2.1. ALCOHOLES | 109 |
| 2.1.1. <i>Ejercicios</i> | 116 |

| | |
|--|------------|
| 2.2. ALDEHIDOS Y CETONAS | 118 |
| 2.2.1. <i>Ejercicios</i> | 124 |
| 2.3. ACIDOS | 126 |
| 2.3.1. <i>Ejercicios</i> | 129 |
| 2.4. ÉTERES | 131 |
| 2.4.1. <i>Ejercicios</i> | 137 |
| 2.5. ESTERES Y SALES | 139 |
| 2.5.1. <i>Ejercicios</i> | 142 |
| 3. FUNCIONES NITROGENADAS | 145 |
| 3.1. AMINAS | 147 |
| 3.1.1. <i>Ejercicios</i> | 158 |
| 3.2. NITRILOS | 161 |
| 3.2.1. <i>Ejercicios</i> | 163 |
| 4. FUNCIONES CON NITROGENO Y OXIGENO | 165 |
| 4.1. AMIDAS | 167 |
| 4.1.1. <i>Ejercicios</i> | 170 |
| 4.2. NITRODERIVADOS | 171 |
| 4.2.1. <i>Ejercicios</i> | 172 |
| 5. COMPUESTOS CON MAS DE UN GRUPO FUNCIO- NAL | 173 |
| 5.1. EJERCICIOS | 184 |

| | |
|--|-----|
| 6. OTROS COMPUESTOS ORGANICOS | 189 |
| 6.1. DERIVADOS HALOGENADOS DE LOS HIDRO- CARBUROS | 191 |
| 6.2. FENOLES | 192 |
| 6.3. QUINONAS | 193 |
| 6.4. LACTONAS | 195 |
| 6.5. ACETALES | 195 |
| 6.6. HALUROS DE ACILO | 197 |
| 6.7. ANHIDRIDOS DE ACIDOS ALIFATICOS | 198 |
| 6.8. ESTERES ALIFATICOS DE ACIDOS INORGANI- COS | 198 |
| 6.9. COMPUESTOS CON AZUFRE | 200 |
| 6.10. SALES DE AMONIO | 200 |
| 7. ASPECTOS BIOLOGICOS | 203 |
| 7.1. GLUCIDOS | 205 |
| 7.1.1. <i>Proyección de Fischer</i> | 220 |
| 7.1.2. <i>Fórmulas cíclicas de los azúcares</i> | 233 |
| 7.1.3. <i>Disacáridos</i> | 248 |
| 7.1.4. <i>Polisacáridos</i> | 259 |
| 7.2. LIPIDOS | 261 |
| 7.2.1. <i>Grasas y ceras</i> | 262 |
| 7.2.2. <i>Fosfolípidos</i> | 263 |
| 7.2.3. <i>Glucolípidos</i> | 265 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 7.2.4. <i>Carotenoides</i> | 268 |
| 7.2.5. <i>Esteroides</i> | 269 |
| 7.3. PROTEINAS | 271 |
| 7.4. ACIDOS NUCLEICOS | 273 |
| 8. SOLUCIONARIO | 295 |
| 1.1.4. | 297 |
| 1.1.6. | 300 |
| 1.2.2. | 303 |
| 1.3.2. | 305 |
| 1.4.1. | 307 |
| 1.6.1. | 312 |
| 1.7.1. | 320 |
| 2.1.1. | 327 |
| 2.2.1. | 329 |
| 2.3.1. | 333 |
| 2.4.1. | 337 |
| 2.5.1. | 341 |
| 3.1.1. | 343 |
| 3.2.1. | 347 |
| 4.1.1. | 349 |
| 4.2.1. | 351 |
| 5.1. | 352 |

PROLOGO

Cuando nos planteamos redactar esta guía práctica de formulación orgánica nos surgieron algunos problemas importantes. Uno de ellos fue decidir el destinatario del libro ya que aparecen claramente dos opciones, con distinto nivel de contenidos, que corresponden a 3.º de BUP y COU, puesto que en los programas de ambos cursos figura la Química Orgánica.

Ante el dilema de hacer un sólo libro para ambos cursos o dos adaptados a cada uno de ellos, nos hemos decidido por la primera opción, de manera que esta guía sirve para 3.º de BUP y para COU y por esta circunstancia, y con el fin de adaptar el libro al nivel inferior, hemos realizado una programación especial para 3.º de BUP que, como es natural, sólo abarca una parte de los contenidos.

Otro problema serio que surge al diseñar un libro de estas características, es poner freno al gran número de reglas que suministra la IUPAC de modo que sólo figuren las imprescindibles para el nivel de la enseñanza media. Somos conscientes de que el término imprescindible es muy subjetivo y por ello algunos lectores juzgarán que nos hemos excedido y otros que nos hemos quedado cortos. Resulta muy difícil ese término medio, sobre todo si se piensa que una regla más de formulación añadida a las explicadas anteriormente no parece suponer un esfuerzo mucho mayor para el alumno, cuando también es cierto que la acumulación de pequeños esfuerzos, pueden dar como resultado que el conjunto de la obra sea inadecuada para el lector al que va destinada.

Por otra parte no hemos olvidado un hecho que está a favor de los autores, y es que la formulación orgánica tiene cierto atractivo para el alumno, puesto que nombrar o formular los compuestos puede llegar a ser una actividad con matices lúdicos semejantes a los que presenta la resolución acertada de un jeroglífico o de un crucigrama y por ello las nuevas

reglas son bien recibidas por el alumno, porque éstas le permiten nombrar compuestos cada vez más complicados. Dejamos que sea el lector quien juzgue si el criterio de selección de las reglas es el adecuado.

De acuerdo con las observaciones que nos han proporcionado los Profesores del Seminario de Ciencias Naturales y para aquellos alumnos de tercero o de COU que han de estudiar Biología, hemos dedicado un capítulo, bastante largo, a desentrañar las complicadas fórmulas de la Bioquímica, las cuales constituyen para los alumnos, lo sabemos por experiencia, un verdadero martirio. Este capítulo se enfoca principalmente como ayuda para «entender» lo que hay de química tras el aspecto impresionante de algunos compuestos, por tanto el enfoque dado al mencionado capítulo no trata de enseñar a formular esos compuestos de acuerdo con las normas de la IUPAC, sino más bien poner de relieve cómo esas complicadas fórmulas químicas pueden ser asimiladas o entendidas por el alumno para que así su estudio no quede reducido a un aprender puramente memorístico.

Los autores ruegan encarecidamente, y públicamente agradecen a todos los lectores, que nos hagan llegar las erratas o errores que observen pues su aportación resulta imprescindible para que, si se hace una nueva edición, ésta supere en calidad a la anterior.

Para acabar este prólogo queremos destacar ante el lector que hemos puesto especial cuidado en que los numerosos ejemplos resueltos presenten la misma dificultad que los ejercicios propuestos para resolver, no hemos querido caer en la tentación de poner ejemplos fáciles y ejercicios difíciles.

Las normas de la IUPAC sufren algunas modificaciones en el transcurso del tiempo, por ello indicamos que las del presente libro están tomadas de la publicación: **IUPAC. Nomenclature of organic chemistry. Edición 1979. Pergamon Press. Oxford.**

Programación de 3.º de B.U.P.

1.1. Hidrocarburos acíclicos saturados y sus apartados:

- 1.1.1.
- 1.1.2.
- 1.1.3.
- 1.1.3.1.
- 1.1.4.
- 1.1.5.
- 1.1.6.

1.2. Hidrocarburos acíclicos con doble enlace y sus apartados:

- 1.2.1.
- 1.2.2.

1.3. Hidrocarburos acíclicos con triple enlace y sus apartados:

- 1.3.1.
- 1.3.2.

1.4. Hidrocarburos con dobles y triples enlaces: Del apartado 1.4.1.1. debes hacer los siguientes ejercicios:

- B
- D
- E

Del apartado 1.4.1.2.:

- A
- B
- D
- I

1.5. Resumen.

1.6. Hidrocarburos monocíclicos

Del apartado I Ejemplos: (I y II)

Del apartado III Ejemplos: (I y II)

Del apartado IV Ejemplos: (I, II, III)

Del apartado V Ejemplos: (I, II)

Del apartado 1.6.1.1. A

D

G

H

Del apartado 1.6.1.2. A

B

C

F

G

I

1.7. Hidrocarburos policíclicos condensados

Del apartado I Ejemplos: (I)

Del apartado 1.7.1.1. A

C

D

Del apartado 1.7.1.2. A

B

D

2.1. Alcoholes

Del apartado I Ejemplos: (todos)

Del apartado II Ejemplos: (todos)

Del apartado III Ejemplos: (todos)

Del apartado 2.1.1.1. A

B

C

D

Del apartado 2.1.1.2. A

B

C

2.2. Aldehídos y cetonas

Del apartado I Ejemplos: (todos)

Del apartado II Ejemplos: (I, III)

Del apartado III Ejemplos: (I)

Del apartado 2.2.1.1. A

B

C

D

F

Del apartado 2.2.1.2. A

B

C

E

H

2.3. Acidos

Del apartado I Ejemplos: (todos)

Del apartado II Ejemplos: (todos)

Del apartado 2.3.1.1. A

B

C

D

F

G

H

Del apartado 2.3.1.2. A

B

C

D

E

G

I

2.4. Eteres

Del apartado I. *Ejemplos* (I, II y III). De aquí en adelante se puede suprimir todo hasta los ejercicios.

- 2.4.1.1. A
- B
- C
- D
- 2.4.1.2. A
- B
- C

2.5. Esteres y sales

- Del apartado I Ejemplos: (I y II)
- Del apartado II Ejemplos: (I y II)

- 2.5.1.1. A
- B
- D
- E

- 2.5.1.2. A
- B
- D
- E

3.1. Aminas

- Del apartado I Ejemplos: (todos) y resumen
- Del apartado II Ejemplos: (I y II)
- Del apartado V Ejemplos: (I y II)
- Del apartado VI Ejemplos: I
- Del apartado VII Ejemplos: I y II

- 3.1.1.1. A
- B
- C
- D

- 3.1.1.2. B
- C
- D
- E
- F

3.1.1.3. B
C
D
H

3.1.1.4. A
B
C
D
E
I

3.2. Nitrilos

Del apartado I Ejemplos: (I y II)
Del apartado II Ejemplos: (I)

3.2.1.1. A
B
D

3.2.1.2. A
B
E

4.1. Amidas

Del apartado I Ejemplos: (I, II y III)
Del apartado II Ejemplos: (I)

4.1.1.1. A
B
D

4.1.1.2. A
B
C

4.2. Nitroderivados

Del apartado I Ejemplos: (I y II)

4.2.1. A
D

5.1. Compuestos con más de un grupo funcional

Toda la introducción

Del apartado I Ejemplos: (I, II, III, IX)

5.1.1. A
B
C
D
E
H
I
LL
M

5.1.2. A
B
C
D
E
F
J

6.1. Derivados halogenados de los hidrocarburos

Del apartado I Ejemplos: (I y II)

6.2. Fenoles

6.6. Haluros de acilo

6.7. Anhídridos de ácidos alifáticos

6.10. Sales de amonio

Del apartado I Ejemplos: (I y II)

INTRODUCCION

En los animales, en las plantas y en otros productos que se consideran relacionados con ellos como los petróleos, el carbón, etc., existen gran cantidad de compuestos químicos cuyo principal elemento es el carbono.

Los compuestos del carbono son incomparablemente más numerosos y variados que los de cualquier otro elemento del sistema periódico. Esto se debe a que los átomos de carbono se enlazan entre sí, de distintas maneras, formando largas cadenas lineales o cíclicas.

En el desarrollo histórico de la Química, los compuestos con carbono se aislaban a partir de los seres vivos y ésto llevó al ánimo de los químicos que tales compuestos sólo podrían obtenerse cuando intervinieran los seres vivientes y por ello se les designó con el nombre de compuestos orgánicos. Posteriormente se han podido sintetizar en el laboratorio miles de estos compuestos.

No obstante, por tradición, la parte de la Química que estudia estas combinaciones del carbono, se llama **Química orgánica** y tiene una nomenclatura y una formulación propias y diferentes de las que se utilizan en **Química Inorgánica**.

Nuestro objetivo es que cuando hayas realizado con orden y método los ejercicios que te proponemos en esta guía de formulación, sepas nombrar correctamente las fórmulas de los principales compuestos del carbono y también que dado el nombre de cualquiera de ellos, sepas escribir su fórmula.

En primer lugar debes recordar que el carbono está en el grupo IV B de la tabla periódica y que sus valencias son 2 y 4. Tiene gran capacidad para combinarse consigo mismo, como ya hemos dicho anteriormente, y

es el principal elemento en la molécula orgánicas, en la cual actúa con **valencia 4**.

A efectos de formulación y para mayor claridad vamos a representar la valencia mediante guiones.

Así el carbono, con valencia 4, será:



El carbono se combina con otros elementos entre los cuales destaca como más importante el *hidrógeno*, de valencia 1, y cuya representación es:



Las diferentes formas en que pueden unirse los átomos de carbono entre sí y con el hidrógeno, dan lugar a distintas clases de compuestos que llamamos en general **Hidrocarburos**.

1

HIDROCARBUROS

Entre los hidrocarburos o compuestos orgánicos *formados exclusivamente por carbono e hidrógeno*, podemos distinguir para su estudio dos grandes grupos:

Hidrocarburos acíclicos e Hidrocarburos cíclicos.

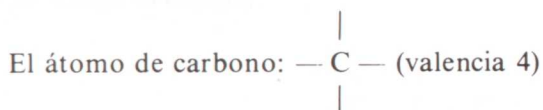
Hidrocarburos acíclicos: Son compuestos formados por uno o más carbonos que constituyen cadenas abiertas con o sin ramas laterales. Los átomos de carbono que se unen para formar cadenas, pueden hacerlo mediante enlaces sencillos y dan lugar a *hidrocarburos acíclicos saturados* o bien se pueden unir mediante enlaces dobles o triples y entonces los hidrocarburos que resultan son *acíclicos no saturados*.

Vamos a estudiar ahora por separado y con detalle la nomenclatura de cada uno de estos tipos de hidrocarburos:

1.1. HIDROCARBUROS ACICLICOS SATURADOS

Son los hidrocarburos en los cuales los átomos de carbono se unen mediante enlaces sencillos. Estudiaremos en primer lugar los hidrocarburos acíclicos saturados de cadena lineal.

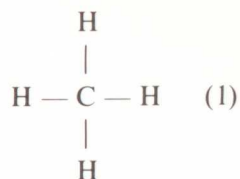
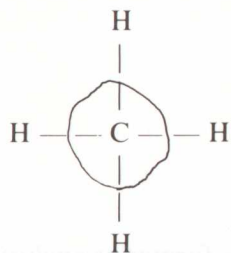
1.1.1. Nomenclatura de los hidrocarburos acíclicos saturados de cadena lineal.



puede unirse a cuatro átomos de hidrógeno

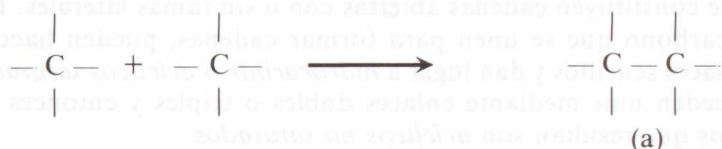


El compuesto que resulta es:



La fórmula molecular de este compuesto es CH_4 y su nombre es **metano**. Su fórmula desarrollada es (1). (*)

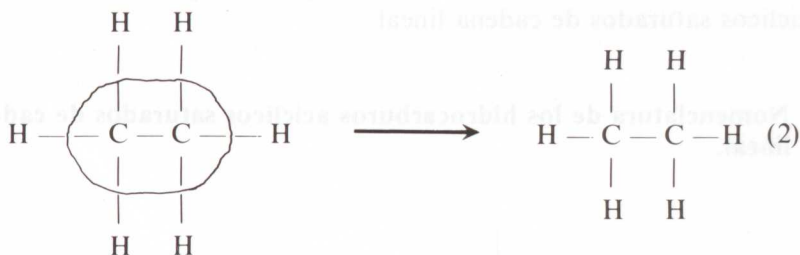
Si se unen dos átomos de carbono entre sí con un enlace sencillo, es decir:



tenemos una cadena de dos átomos de carbono (a) cuya valencia es seis. (Observa que hay seis guiones libres después de unirse entre sí los dos átomos de carbono).

Si (a) se une con hidrógeno, teniendo en cuenta que la valencia de (a) es 6, necesita seis átomos de hidrógeno:

Así:



* Observa que ahora los guiones entre C e H representan enlaces entre el átomo de carbono y los átomos de hidrógeno.

El compuesto obtenido tiene dos átomos de carbono y seis de hidrógeno. Su fórmula molecular es:



siendo (2) su fórmula desarrollada.

Con frecuencia se utiliza la fórmula semidesarrollada en la cual se expresa solamente el enlace entre los carbonos pero no entre éstos y los hidrógenos. El etano (2) se puede representar así $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$.

Resumiendo:

$$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ | & | \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ | & | \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \xrightarrow{\text{equivale a}} \text{CH}_3-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{equivale a}} \text{C}_2\text{H}_6$$

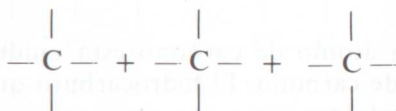
I
II
III

I representa la fórmula desarrollada.

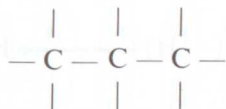
II representa la fórmula semidesarrollada.

III representa la fórmula molecular.

Si ahora unimos tres átomos de carbono entre sí:



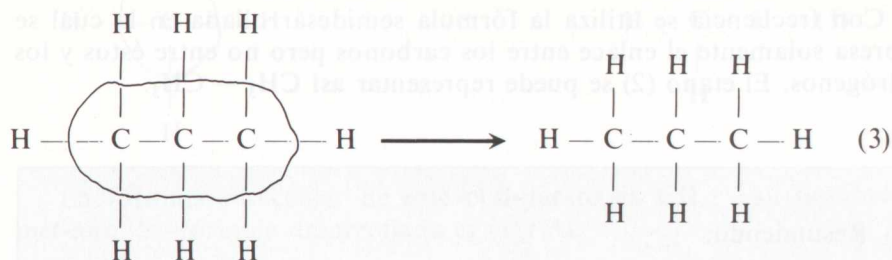
Se forma la cadena:



(b)

en la cual el átomo de carbono central como se ha unido a otros dos átomos de carbono sólo tiene capacidad para unirse a dos de hidrógeno (2 guiones libres). En cambio los otros dos carbonos pueden unirse cada uno a tres hidrógenos (3 guiones libres).

En total (b) puede unirse a 8 hidrógenos:



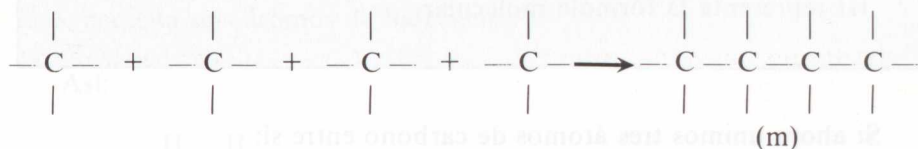
El compuesto que resulta es el hidrocarburo que lleva por nombre **Prop-ano**.

Si deseamos escribir de forma menos extensa y detallada este hidrocarburo empleamos la fórmula semidesarrollada en la que sólo expresamos los enlaces entre carbonos:

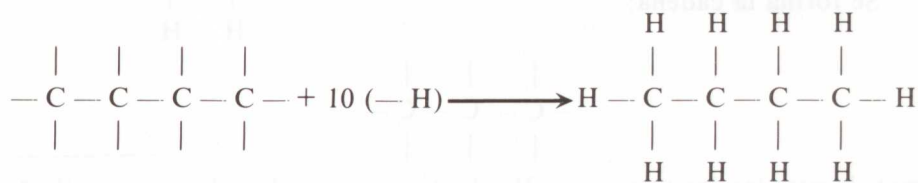


La fórmula molecular del Propano es: C_3H_8

Si unimos cuatro átomos de carbono entre sí, tendremos:



Observa que cada átomo de carbono está unido mediante un sólo guión al otro átomo de carbono. El hidrocarburo que resulta de unir la agrupación (m) con hidrógenos es:



Este hidrocarburo, formado por cuatro átomos de carbono y diez átomos de hidrógeno, recibe el nombre de **But**-ano.

Observa que hasta ahora hemos empleado las raíces **met**, **et**, **prop** y **but** y la terminación «**ano**» para designar a los hidrocarburos. Para nombrar a los siguientes hidrocarburos usamos la raíces **penta** (cinco), **hexa** (seis), **hepta** (siete), **octa** (ocho), **nona** (nueve), **deca** (diez), **undeca** (once), **dodeca** (doce), etc. con la terminación «ano».

En la unión de ambos términos se suprime una letra *a*. Veamos:

Penta + «ano» → Pentano (hidrocarburo de cinco átomos de carbono)

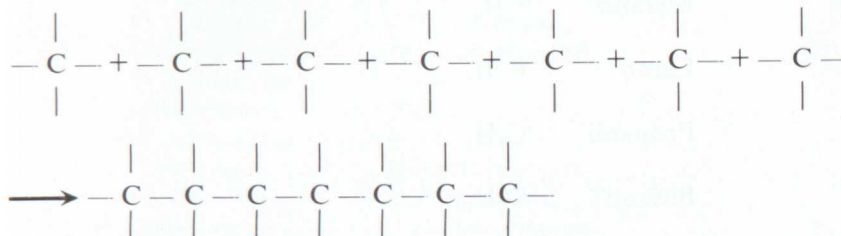
Hexa + «ano» → Hexano (seis carbonos)

Hepta + «ano» → Heptano (siete carbonos)

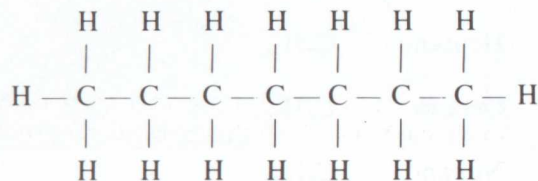
Octa + «ano» → Octano (ocho carbonos)

Con el fin de practicar la formulación de los hidrocarburos vamos a representar dos de ellos: el *Heptano* y el *Nonano*:

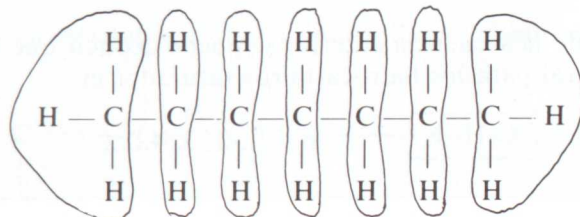
El Heptano supone una cadena de *siete* átomos de carbono



La agrupación anterior tiene 16 guiones libres por lo cual puede unirse con 16 átomos de hidrógeno



La fórmula desarrollada anterior:



la podemos escribir de forma más compacta:



(fórmula semidesarrollada)

A su vez esta fórmula semidesarrollada

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ equivale a C_7H_{16} (fórmula molecular)

El Nonano tiene nueve átomos de carbono y su fórmula semidesarrollada es:

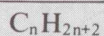


la cual equivale a C_9H_{20} (fórmula molecular)

Las fórmulas moleculares vistas hasta este momento son:

| | |
|---------|------------------------------|
| Metano | CH_4 |
| Etano | C_2H_6 |
| Propano | C_3H_8 |
| Butano | C_4H_{10} |
| Pentano | C_5H_{12} |
| Hexano | C_6H_{14} |
| Heptano | C_7H_{16} |
| Octano | C_8H_{18} |
| Nonano | C_9H_{20} |
| Decano | $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ |

Observando la secuencia anterior se puede deducir que la fórmula general para los hidrocarburos saturados es:



$$n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

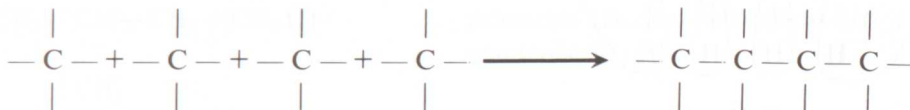
A efectos de formulación es muy raro que surjan hidrocarburos de $n > 15$, pero en caso de que así ocurra puede *consultarse* la tabla I para conocer los nombres.

TABLA I

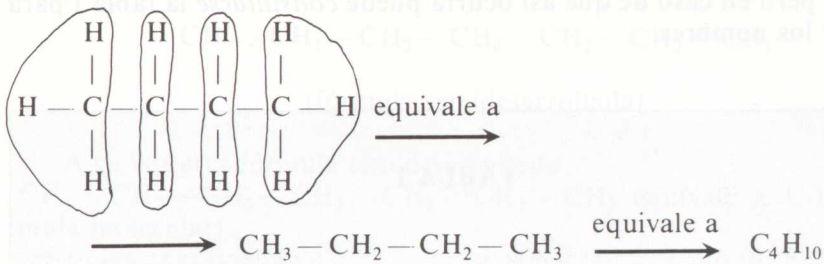
| <u>n</u> | <u>n</u> | <u>n</u> |
|----------------|---------------------|-----------------|
| 1 Metano | 21 Henicosano | 50 Pentacontano |
| 2 Etano | 22 Docosano | 60 Hexacontano |
| 3 Propano | 23 Tricosano | 70 Heptacontano |
| 4 Butano | 24 Tetracosano | 80 Octacontano |
| 5 Pentano | 25 Pentacosano | 90 Nonacontano |
| 6 Hexano | • | |
| 7 Heptano | • | |
| 8 Octano | • | |
| 9 Nonano | 29 Nonacosano | |
| 10 Decano | 30 Triacontano | |
| 11 Undecano | 31 Hentriacontano | |
| 12 Dodecano | 32 Dotriacontano | |
| 13 Tridecano | 33 Tritriacontano | |
| 14 Tetradecano | 34 Tetratriacontano | |
| 15 Pentadecano | • | |
| 16 Hexadecano | • | |
| 17 Heptadecano | • | |
| 18 Octadecano | 39 Nonatriacontano | |
| 19 Nonadecano | 40 Tetracontano | |
| 20 Icosano | 41 Hentetracontano | |
| | 42 Dotetracontano | |
| | • | |
| | • | |
| | • | |
| | 49 Nonatetracontano | |

1.1.2. Isomería

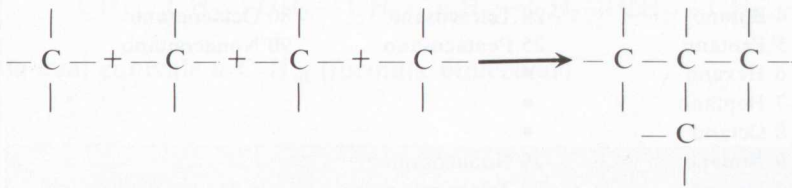
Volvamos a escribir la fórmula desarrollada del butano



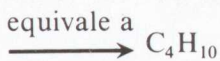
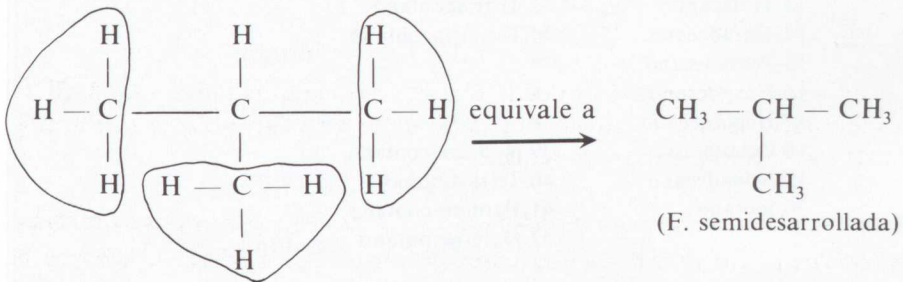
que al unirse con diez átomos de hidrógeno da lugar a



Cabe la posibilidad de ordenar de distinta manera el encadenamiento de los átomos de carbono

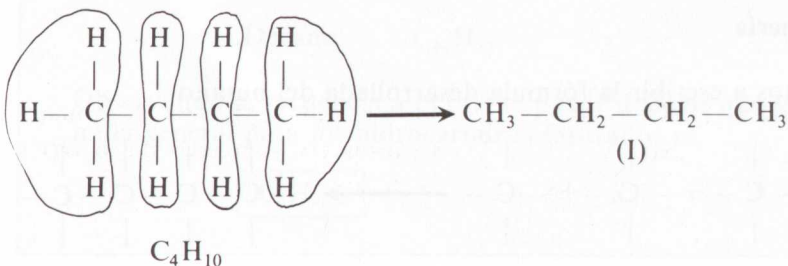


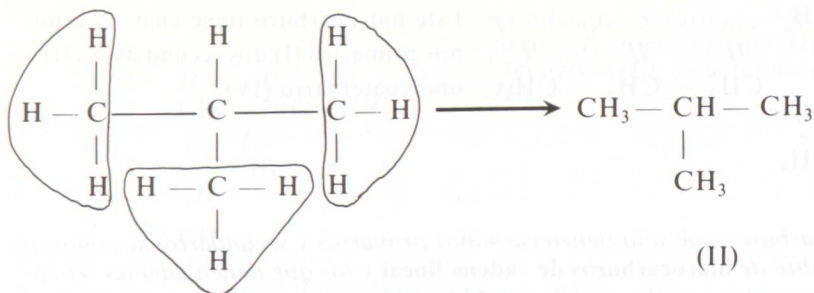
lo cual da lugar al hidrocarburo



(F. molecular)

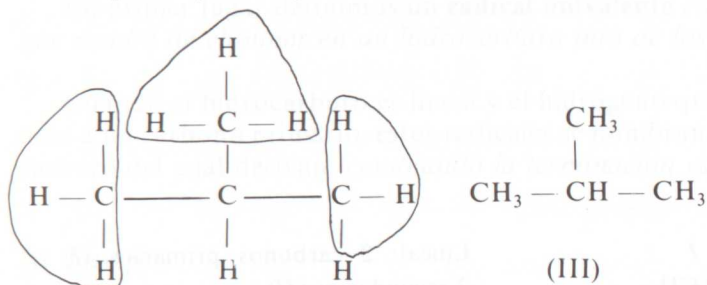
Nos encontramos ahora, que para la misma fórmula molecular (C_4H_{10}), hay dos posibles agrupaciones, que repetimos de nuevo:





Los compuestos I y II tienen la misma fórmula molecular pero distinta la desarrollada y la semidesarrollada, por este motivo se dice que son **isómeros**.

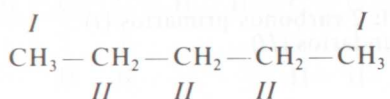
Se puede pensar que la fórmula siguiente



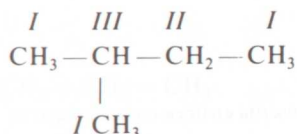
es otro isómero. No es así ya que la fórmula III es equivalente a la II. Si de momento dudas que III no es igual a II, no te preocupes, sigue adelante y pronto esas dudas quedarán resueltas.

Los carbonos que están unidos a un sólo carbono se llaman **primarios**, los unidos a dos carbonos **secundarios** y a tres **terciarios**. Se reserva el nombre de **cuaternario** al carbono que está unido a otros cuatro carbonos.

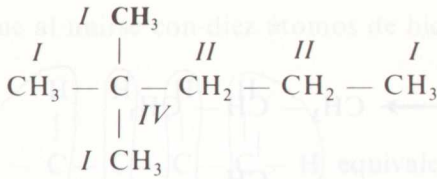
I. Ejemplos



Este hidrocarburo sólo tiene dos carbonos primarios (I) y tres secundarios (II).



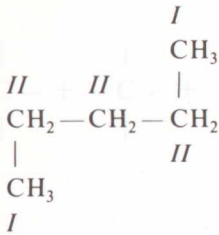
Este hidrocarburo tiene tres carbonos primarios (I), uno secundario (II) y uno terciario (III).



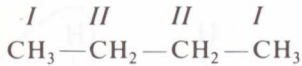
Este hidrocarburo tiene cuatro carbonos primarios (I) dos secundarios (II) y uno cuaternario (IV).

Los hidrocarburos que sólo tienen carbonos primarios y secundarios se conocen con el nombre de **hidrocarburos de cadena lineal** y los que tienen además terciarios y cuaternarios o ambos, se llaman **hidrocarburos de cadena ramificada**.

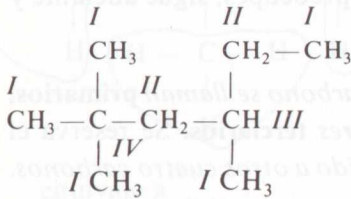
II. Ejemplos



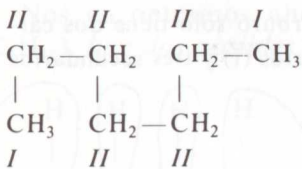
Lineal (*): 2 carbonos primarios (I)
3 secundarios (II).



Lineal: 2 carbonos primarios (I)
2 secundarios (II).

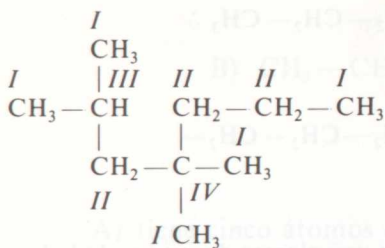


Ramificada: 5 carbonos primarios (I)
2 secundarios (II), 1 terciario (III)
1 cuaternario (IV).



Lineal: 2 carbonos primarios (I)
5 secundarios (II).

(*) Fijate que lineal no indica necesariamente que la cadena aparezca escrita en línea recta sino que en el hidrocarburo sólo hay carbonos primarios y secundarios.



Ramificada: 5 carbonos primarios (I), 3 secundarios (II), 1 terciario (III), 1 cuaternario (IV).

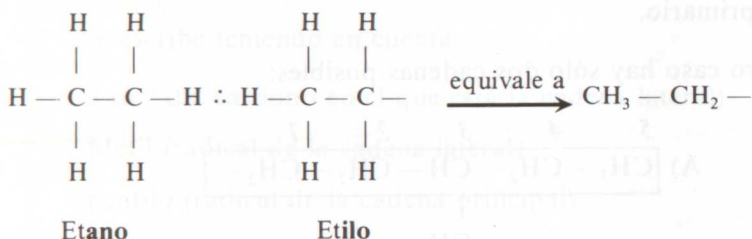
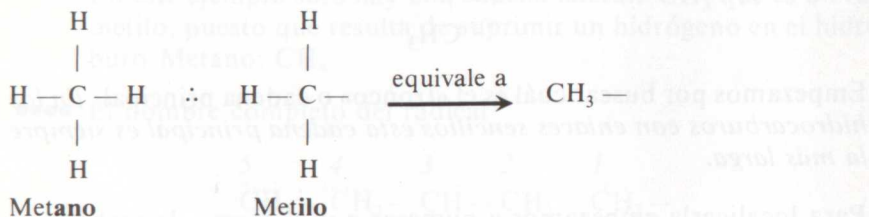
Recuerda que en estas fórmulas semidesarrolladas, los guiones representan enlaces entre los átomos de carbono y no entre carbono e hidrógeno.

1.1.3. Radicales

En primer lugar definimos un **radical univalente** como la agrupación que resulta de eliminar en un hidrocarburo uno de los hidrógenos.

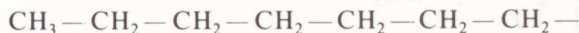
Cuando el hidrocarburo es lineal y el hidrógeno que se elimina pertenece a un carbono primario, estos radicales se nombran a partir del hidrocarburo del cual derivan, cambiando la terminación «ano» por «ilo».

III. Ejemplos





Heptano

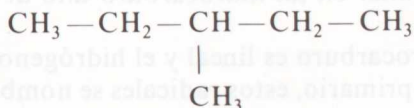


Heptilo

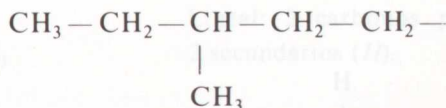
Todos los ejemplos anteriores son radicales univalentes derivados de hidrocarburos de cadena lineal. Observa que aquí el guión indica la valencia que le corresponde al radical.

1.1.3.1. Cómo nombrar un radical derivado de un hidrocarburo acíclico saturado de cadena ramificada.

Sea el hidrocarburo:



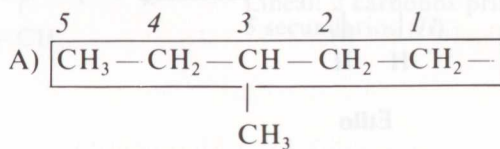
Un radical univalente que procede de este hidrocarburo es:



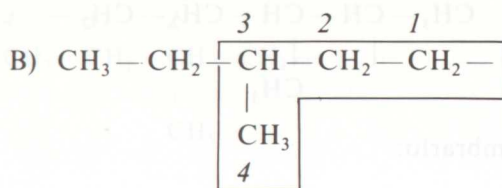
- Empezamos por buscar cuál es el «tronco» o cadena principal. *En los hidrocarburos con enlaces sencillos esta cadena principal es siempre la más larga.*

Para localizarla empezamos a numerar por el átomo de carbono al que le falta un H (tiene 1 guión libre) y vemos cuales son las cadenas posibles teniendo en cuenta que el último de la cadena debe ser un carbono primario.

En nuestro caso hay sólo dos cadenas posibles:



y

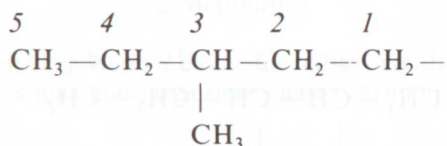


A) tiene cinco átomos de carbono

B) tiene cuatro.

La cadena principal es por lo tanto la A), de 5 carbonos que es la más larga.

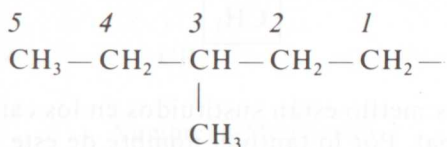
- Numeramos la cadena principal empezando por el átomo de carbono que tiene un guión libre:



- Nombramos los radicales de las cadenas laterales y los colocamos por orden alfabético.

En este ejemplo sólo hay una cadena lateral: CH_3 que es un radical metilo, puesto que resulta de suprimir un hidrógeno en el hidrocarburo Metano: CH_4

- El nombre completo del radical



se escribe teniendo en cuenta:

3 (n.º del carbono en el que está la cadena lateral)

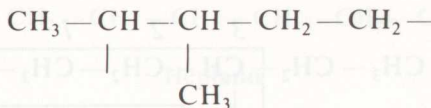
Metil (radical de la cadena lateral)

pentilo (radical de la cadena principal)

El nombre es: 3-Metilpentilo.

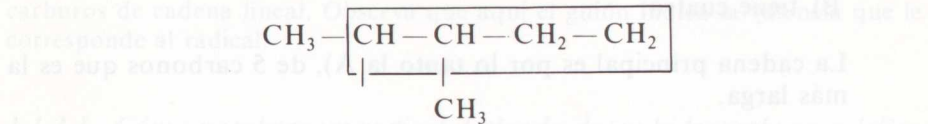
Otro radical univalente que procede también del mismo hidrocarburo: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ es: -



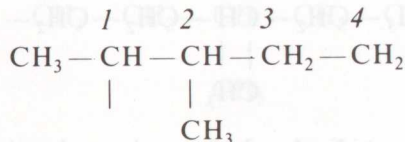


Vamos a nombrarlo:

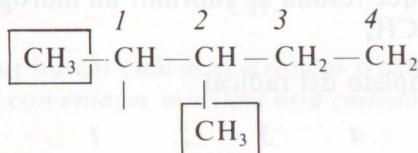
- La cadena principal es de 4 carbonos:



- La numeración es:



- Las cadenas laterales son dos radicales metilo



Estos radicales metilo están sustituidos en los carbonos 1 y 2 de la cadena principal. Por lo tanto el nombre de este radical es:

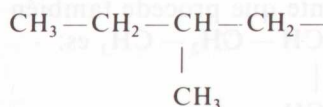
1,2-Dimetilbutilo

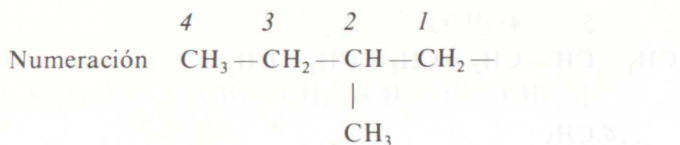
Como son dos radicales iguales se antepone el prefijo *di*. Si fuesen 3 los radicales iguales se antepondría el prefijo «tri», si 4 «tetra», etc.

Veamos otros ejemplos:

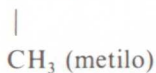
IV. Ejemplos

I. Radical





Observamos que la cadena más larga tiene *cuatro* carbonos (butilo) y la cadena lateral es

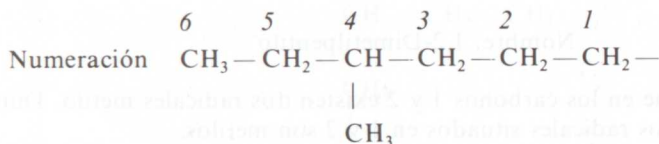
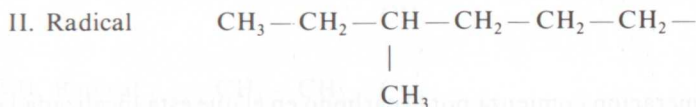


El metilo está situado en el carbono n.º 2 de la cadena principal.

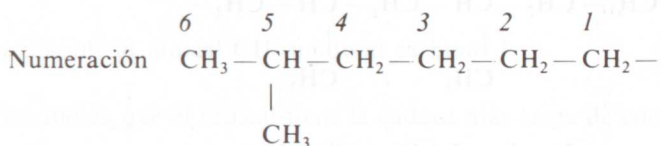
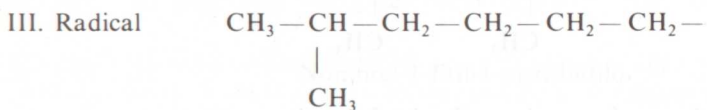
El nombre del radical del ejemplo I es:

2-Metilbutilo

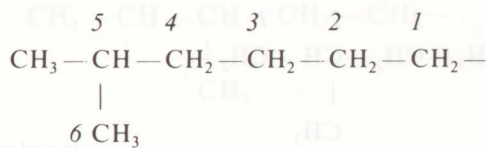
2-Metil indica que en el carbono 2 existe un radical metilo
butilo indica que la cadena más larga tiene cuatro carbonos y por esto se emplea *but*.



Nombre: 4-Metilhexilo

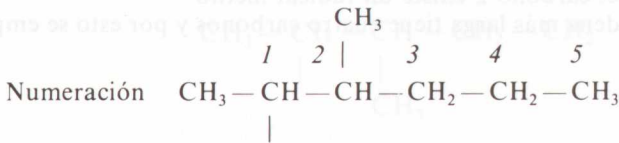
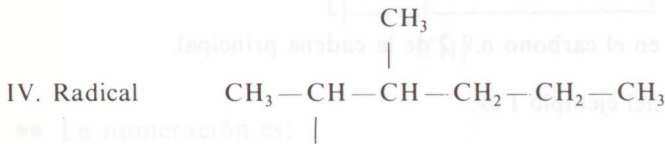


o bien:



Nombre: válido con cualquiera de las numeraciones

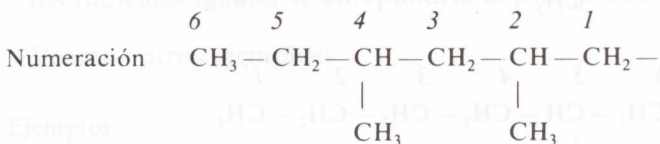
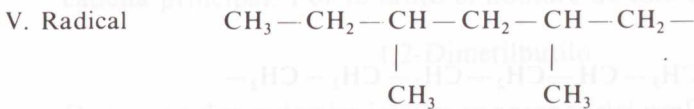
5-Metilhexilo



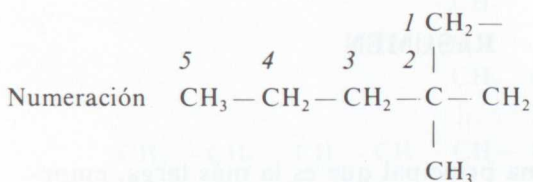
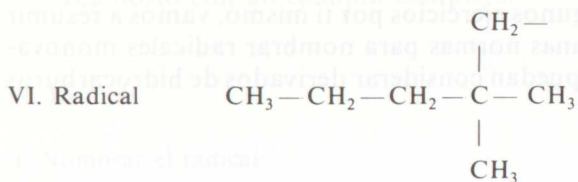
Fíjate que en la numeración comienza por el carbono en el que está localizada la valencia, es decir al que le falta un hidrógeno y por tanto tiene un guión libre

Nombre: 1,2-Dimetilpentilo

1,2 para indicar que en los carbonos 1 y 2 existen dos radicales metilo. Dimetil alude a que esos dos radicales situados en 1 y 2 son metilos.



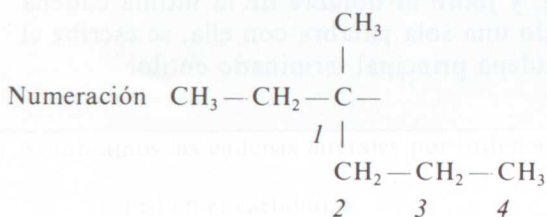
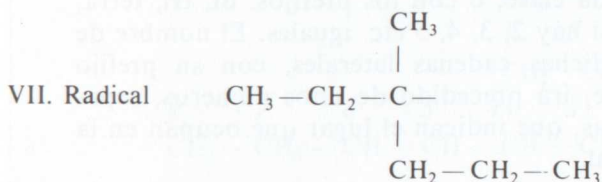
Nombre: 2,4-Dimetilhexilo



Nombre: 2,2-Dimetilpentilo

2,2 para indicar que en el carbono 2 existen dos radicales.

Dimetil, esto nos dice que los dos radicales situados en el carbono 2, son metilos.



Nombre: 1-Etil-1-metilbutilo

1-Etil alude al radical $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$ unido al carbono 1.

1-metil alude al radical CH_3 unido al carbono 1.

butilo: Indica que el radical tiene la cadena más larga de cuatro carbonos.

Se nombra antes *Etil* que *metil* ya que se sigue el orden de prelación alfabético, la letra «e» de etil está antes que la «m» de metil.

Antes de que realices algunos ejercicios por tí mismo, vamos a resumir los ejemplos anteriores en unas normas para nombrar radicales monovalentes, siempre que éstos se puedan considerar derivados de hidrocarburos acíclicos saturados:

RESUMEN

- 1.º) Numerar la cadena principal que es la más larga, empezando por el carbono que tiene un guión libre.
- 2.º) Nombrar, por separado, cada cadena lateral y ordenar los nombres alfabéticamente.
- 3.º) Para nombrar el radical completo, escribiremos, por orden alfabético el nombre de cada una de las cadenas laterales terminado en *il*; sin ningún prefijo si sólo hay uno de cada clase, o con los prefijos: di, tri, tetra, penta (*), etc. si hay 2, 3, 4, 5 etc. iguales. El nombre de cada una de dichas cadenas laterales, con su prefijo correspondiente, irá precedido de unos números, separados por comas, que indican el lugar que ocupan en la cadena principal.

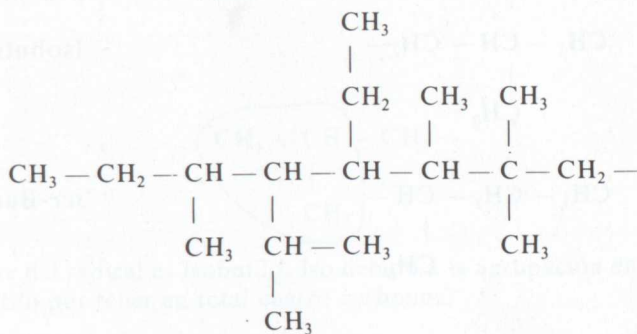
A continuación, y junto al nombre de la última cadena lateral, formando una sola palabra con ella, se escribe el nombre de la cadena principal terminado en *ilo*.

(*) Estos prefijos no alterarán el orden alfabético que ya estaba establecido para las cadenas laterales en el apartado 2.º).

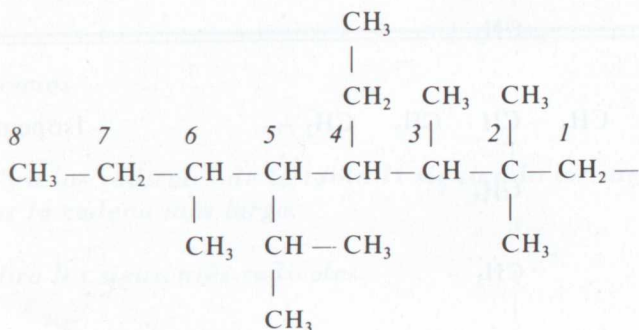
Veámoslo con un ejemplo complejo.

V. Ejemplo

I. Nombrar el radical:



1.º) Numeramos la cadena principal



2.º) Nombramos las cadenas laterales por orden alfabético:

Etil en el carbono 4

Isopropil en el carbono 5 (*)

Metil en los carbonos 2, 2, 3, 6.

3.º) El nombre completo del radical es:

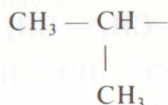
4-Etil-5-isopropil-2,2,3,6-tetrametiloctilo

(*) La IUPAC (Unión Internacional de Química Pura Aplicada) permite usar nombres especiales para los siguientes radicales, que están recogidos en la tabla II.

TABLA II

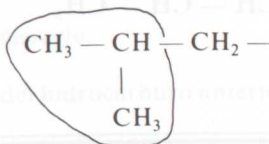
| | | |
|-----|--|----------------------|
| 1.— | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \end{array}$ | Isopropilo |
| 2.— | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | Isobutilo |
| 3.— | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | <i>sec</i> -Butilo |
| 4.— | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | <i>terc</i> -Butilo |
| 5.— | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | Isopentilo |
| 6.— | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | Neopentilo |
| 7.— | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | <i>terc</i> -Pentilo |
| 8.— | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | Isohexilo |

Observa que todos los radicales con el prefijo Iso tienen la agrupación



El resto del nombre del radical lo da el número total de carbonos que lo componen

Ejemplo:



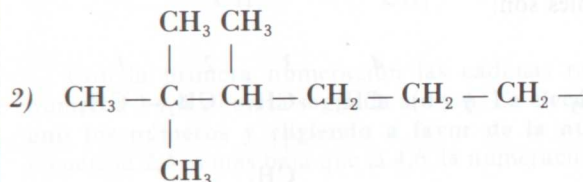
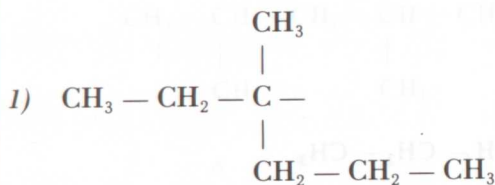
El nombre del radical es Isobutilo. Iso debido a la agrupación encerrada con la línea y butilo por tener en total cuatro carbonos.

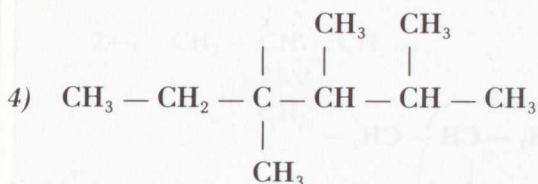
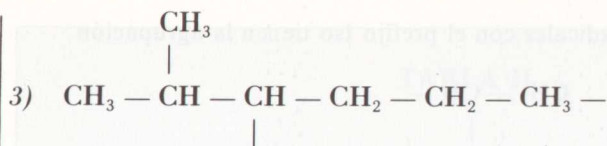
De la tabla II sólo debes recordar los radicales que llevan los números 1, 2, 3 y 4, los otros no los aprendas de memoria cuando los necesites recurre a la tabla.

1.1.4. Ejercicios

A.— Nombra los radicales de la tabla II siguiendo las instrucciones de numerar la cadena más larga.

B.— Nombra los siguientes radicales:





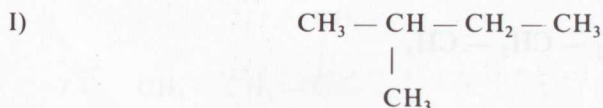
1.1.5. Nomenclatura de los hidrocarburos acíclicos saturados de cadena ramificada.

Una vez que hemos aprendido a nombrar los radicales podemos iniciar el aprendizaje de la nomenclatura de los hidrocarburos acíclicos saturados de cadena ramificada.

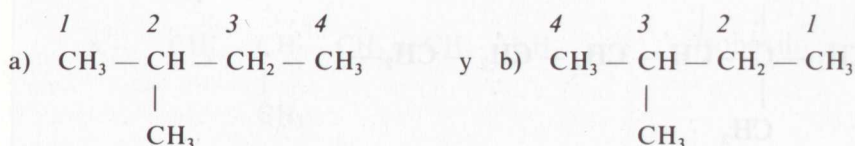
Existen una serie de reglas que iremos aprendiendo paso a paso, ayudándonos de ejemplos que debes copiar en tu cuaderno de trabajo. Recuerda que tu estudio debe ser activo.

- Para nombrar un hidrocarburo acíclico saturado con cadena ramificada es preciso **buscar la cadena más larga y numerarla de manera que correspondan los números más bajos a aquellos carbonos en los que haya cadenas laterales.**

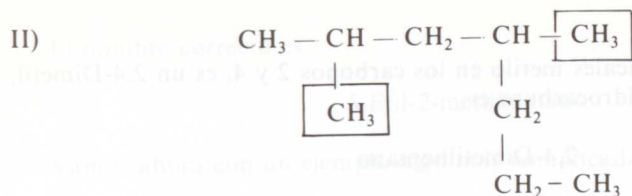
VI. Ejemplos



Las numeraciones posibles son:



preferimos a) porque en ella el grupo CH_3 — queda en el carbono 2, mientras que en la b) queda en el carbono 3.

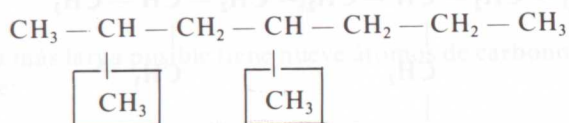


procederemos primero a numerarlo:

- La cadena más larga del hidrocarburo anterior tiene 7 átomos de carbono ¡no cinco!

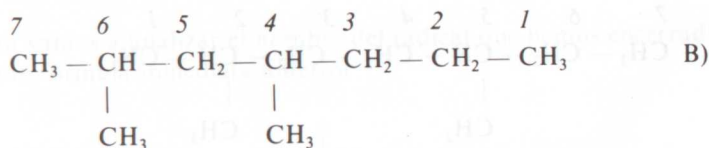
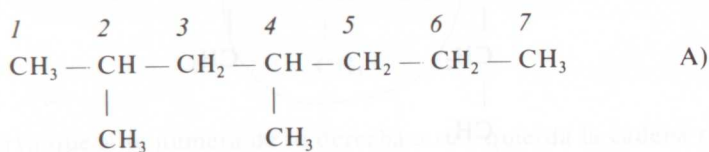
Se trata, por tanto, de un heptano.

Basta representar el hidrocarburo de la siguiente manera para que aparezca de forma clara la cadena de siete átomos de carbono:



Compara ambas formas identificando los carbonos de una frente a otra. Este es un paso tan importante que debes convencerte de hacerlo bien.

- La numeración de la cadena puede hacerse sólo de dos formas: de izquierda a derecha o de derecha a izquierda.



Con la primera numeración las cadenas ramificadas corresponden a los números 2 y 4 y con la segunda a 4 y 6. **La elección se hace comparando uno a uno los números y eligiendo a favor de la numeración más baja.** Como la secuencia 2,4 es más baja que la 4,6, la numeración elegida es la expresada en A).

Vamos ahora a nombrar el compuesto:

- Por tener 7 carbonos la cadena más larga y tratarse de un hidrocarburo saturado, es un *heptano*.
- Por poseer sendos radicales metilo en los carbonos 2 y 4, es un 2,4-Dimetil. Luego el nombre del hidrocarburo es:

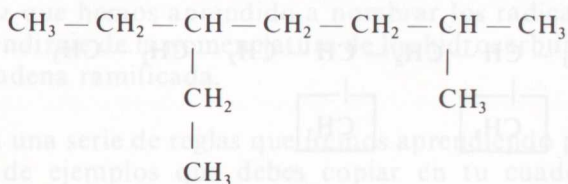
2,4-Dimetilheptano

(El prefijo *di* alude a que existen *dos* radicales metilo).

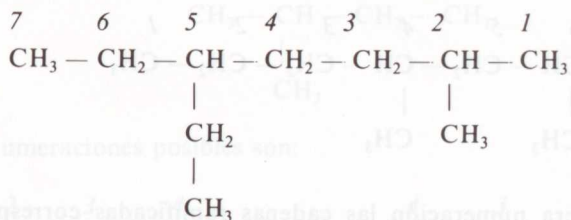
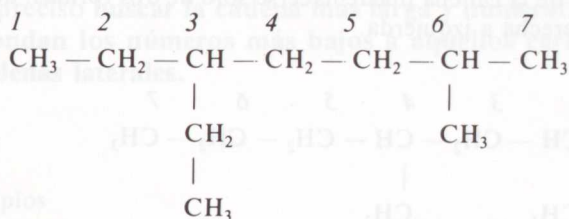
Puede ocurrir que en un hidrocarburo haya **radicales diferentes entre sí entonces se nombran en orden alfabético.**

VII. Ejemplos

I. Nombrar el hidrocarburo



Las dos posibles numeraciones son



Se decide por la segunda numeración pues 2,5 es más bajo que 3,6. Una vez elegida la numeración se plantea el problema de escribir los nombres de los

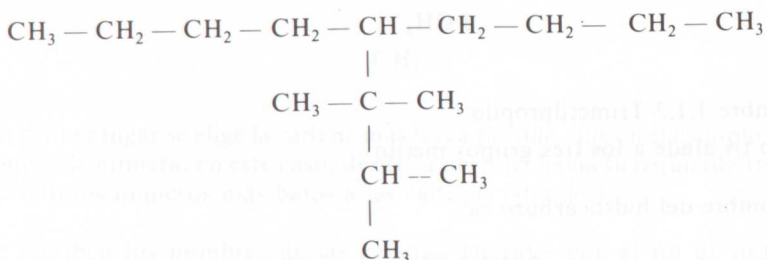
radicales, es decir ¿quién primero, el metilo o el etilo? **La decisión se hace por orden alfabético de la primera letra del nombre del radical**, antes etilo que metilo pues la «e» precede a la «m» en orden alfabético.

El nombre correcto es

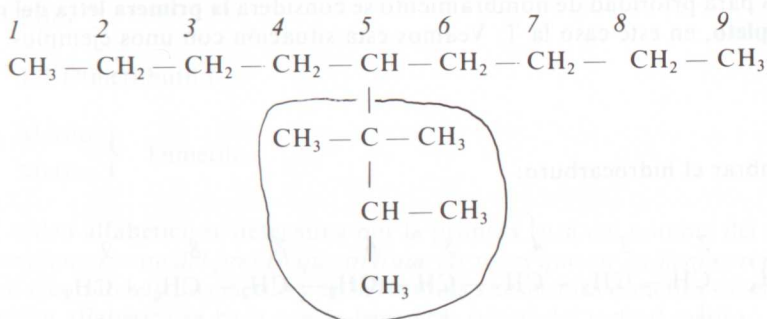
5-Etil-2-metilheptano

Vamos ahora con un ejemplo algo más complicado:

II. Nombrar el hidrocarburo

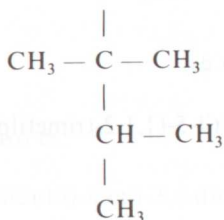


La cadena más larga posible tiene nueve átomos de carbono y su numeración es la siguiente:



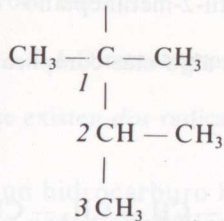
Observa que si se numera de tu derecha a tu izquierda la cadena ramificada está también en el carbono cinco.

Ahora vamos a analizar el nombre del radical que hemos encerrado con una curva en la fórmula inmediata anterior



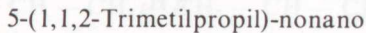
Primero comprobamos que no es ninguno de los recogidos en la tabla II, por tanto hay que nombrarlo de acuerdo con lo explicado anteriormente en el apartado 1.1.3.

La numeración de este radical es:



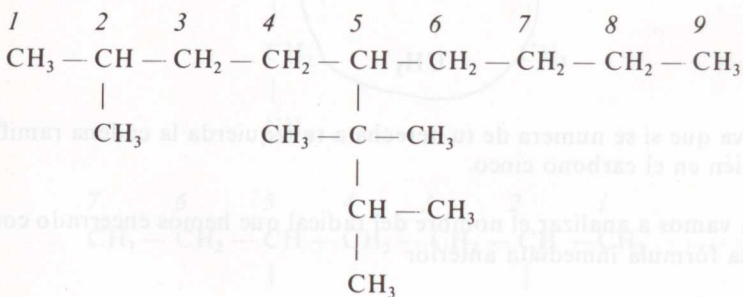
y su nombre 1,1,2-Trimetilpropilo
el prefijo tri alude a los tres grupos metilo

El nombre del hidrocarburo es:

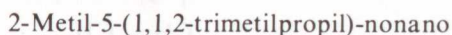


cuando el radical es complejo, es decir tiene su cadena ramificada y no figura en la tabla II, se encierra entre paréntesis y a efectos de competencia con otros radicales para prioridad de nombramiento se considera **la primera letra del nombre completo**, en este caso la T. Veamos esta situación con unos ejemplos.

III. Nombrar el hidrocarburo:

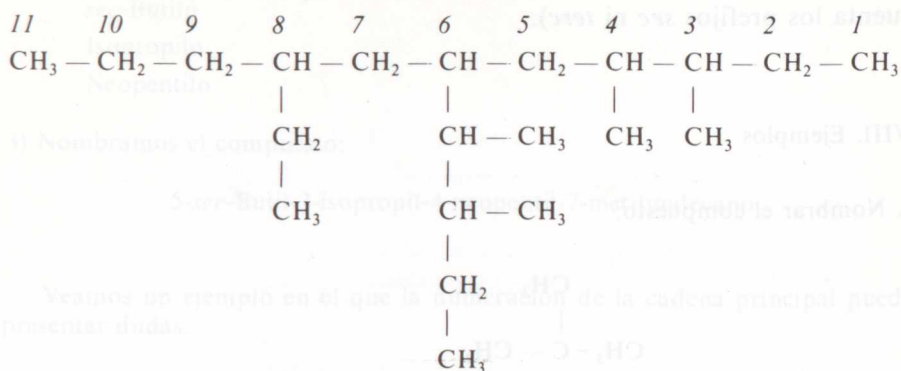


El nombre de este compuesto es:



m antes de t

IV. Nombrar el hidrocarburo:



En primer lugar se elige la cadena más larga posible, que en el ejemplo es de 11 carbonos. Se numera, en este caso, desde tu derecha hacia tu izquierda (recuerda que se dan los números más bajos a las cadenas laterales).

Se escriben los nombres de las cadenas laterales con el fin de ordenarlos alfabéticamente:

de izquierda a derecha son:

Etilo

1,2-Dimetilbutilo

Metilo }
Metilo } Dimetilo

El orden alfabético se determina por la primera letra del nombre del radical, *independientemente del prefijo que indique las veces que ese radical se repite*. En nuestro ejemplo hay dos metilo y en la fórmula se escribirá dimetilo sin embargo la elección alfabética se hace con la letra «m» inicial del radical metilo.

Por el contrario *el radical complejo 1,2-Dimetilbutilo se alfabetiza por la primera letra del nombre completo, en este caso la «d»*.

De todo ello se deduce que el orden alfabético completo es el siguiente:

1,2-Dimetilbutilo

Etilo

Dimetilo

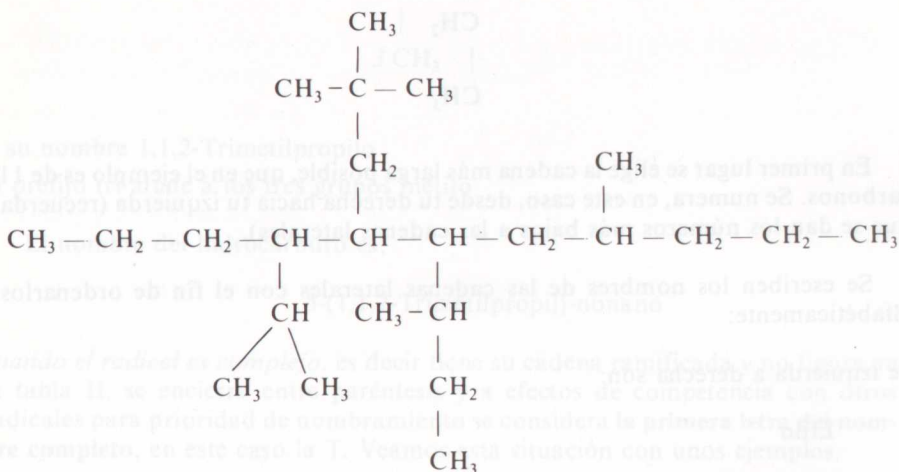
El nombre del hidrocarburo es:

6-(1,2-Dimetilbutil)-8-etil-3,4-dimetil-undecano

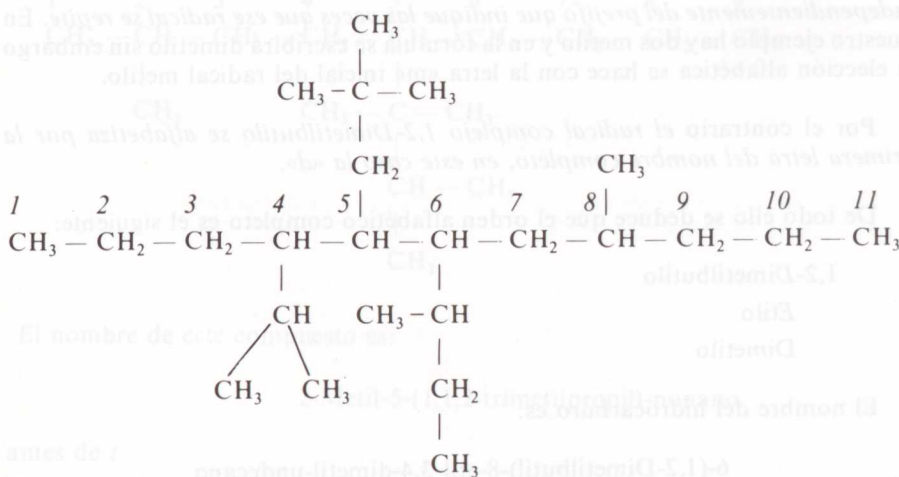
Cuando alguna de las ramas laterales es un radical de la tabla II, se alfabeticiza teniendo en cuenta la primera letra mayúscula. (No se tienen en cuenta los prefijos *sec* ni *terc*).

VIII. Ejemplos

I. Nombrar el compuesto:



1) Numeramos la cadena principal



2) Nombramos las cadenas laterales ordenándolas alfabéticamente:

sec-Butilo

Isopropilo

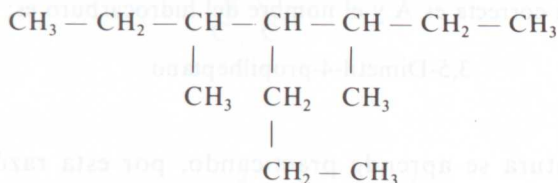
Neopentilo

3) Nombramos el compuesto:

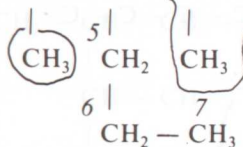
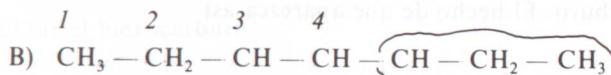
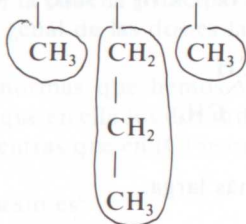
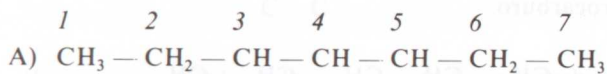
5-*sec*-Butil-3-isopropil-4-neopentil-7-metilundecano

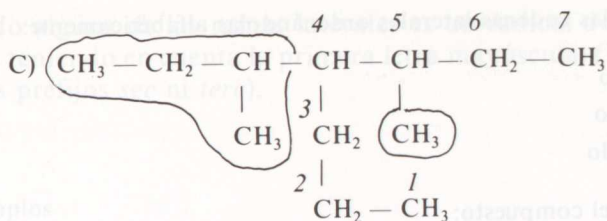
Veamos un ejemplo en el que la numeración de la cadena principal puede presentar dudas.

II. Nombrar el hidrocarburo



La cadena más larga tiene siete átomos de carbono y las posibles numeraciones son:





Para casos como éste en que son posibles varias cadenas de igual longitud, la recomendación de la IUPAC es elegir la cadena que presente el mayor número de cadenas laterales.

Hemos señalado rodeándolas cuáles son las cadenas laterales en A, B, y C. Según la regla anterior B y C hay que rechazarlas pues sólo presentan dos cadenas laterales.

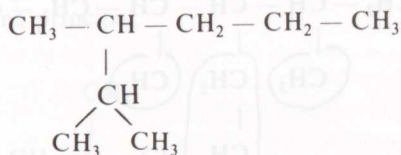
La numeración correcta es A y el nombre del hidrocarburo es:

3,5-Dimetil-4-propilheptano

La nomenclatura se aprende practicando, por esta razón vamos a realizar una serie de ejemplos que debes seguir paso a paso.

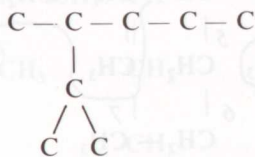
IX. Ejemplos

I. Nombrar el hidrocarburo:

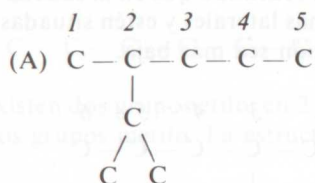


Vamos a buscar la cadena más larga.

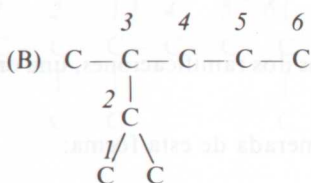
Para ello numeramos los carbonos de tal manera que comencemos y terminemos en un carbono primario. No te dejes influir por la «forma» en que está escrito el hidrocarburo. El hecho de que aparezca así



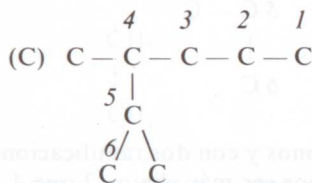
no implica que la cadena más larga sea la escrita en sentido horizontal. Fíjate que la cadena escrita horizontalmente tiene 5 carbonos



Otras formas de numerar los carbonos: serían:



o bien



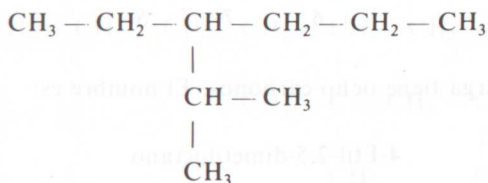
tanto en (B) como en (C) la cadena principal tiene 6 carbonos, por lo tanto se trata de un hexano; pero ¿cuál de las dos es la numeración adecuada?

De acuerdo con las normas que hemos venido aplicando, la numeración correcta es la (B), puesto que en ella los dos radicales metilos quedan localizados en los carbonos 2 y 3, mientras que en (C) se encontrarían en los carbonos 4 y 5.

El nombre del compuesto es:

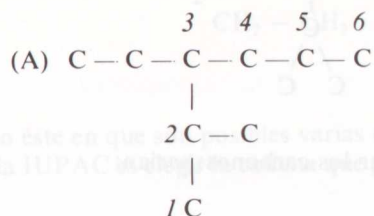
2,3-Dimetilhexano

II. Nombrar el hidrocarburo:



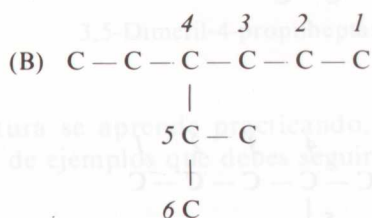
Contamos el número de átomos de carbono que tiene la cadena más larga; son 6, se trata por tanto de un *hexano*.

Numeramos los carbonos procurando que en la cadena más larga aparezca el mayor número posible de cadenas laterales y estén situadas en los carbonos de la cadena principal cuya numeración sea más baja.



Si lo numeramos así tenemos dos ramificaciones, una en el lugar 2 y otra en el 3.

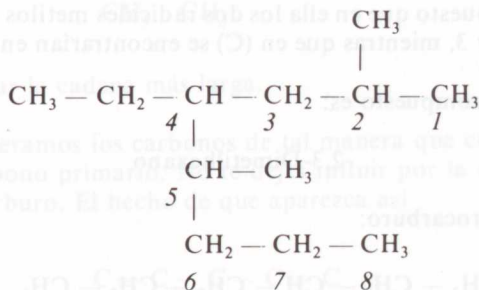
Numerada de esta forma:



también la cadena es de 6 carbonos y con dos ramificaciones en los carbonos 4 y 5. Se elige la numeración (A) por ser más «bajo» 2 que 4. El nombre es:

3-Etil-2-metilhexano.

III. Nombrar el hidrocarburo



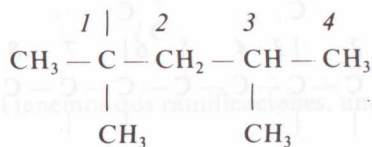
La cadena más larga tiene ocho carbonos. El nombre es:

4-Etil-2,5-dimetiloctano

La cadena más larga tiene 15 átomos de carbono.

Los radicales de los carbonos 6 y 8 son complejos y a la vez son iguales. Para estos casos se usa el prefijo Bis. Si hubiese tres radicales iguales el prefijo sería tris, si cuatro tetrakis, si cinco pentakis, etc.

El nombre del radical complejo es:



1,1,3-Trimetilbutilo

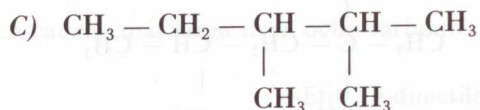
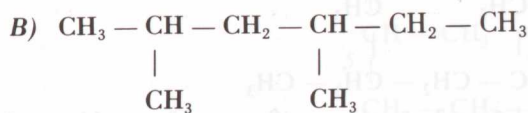
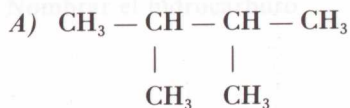
y el nombre del hidrocarburo

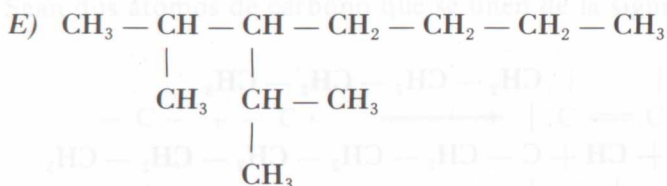
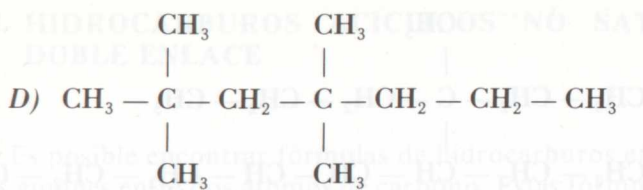
6,8-Bis(1,1,3-trimetilbutil)-pentadecano

Realiza los ejercicios del apartado 1.1.6. que están graduados en orden creciente de dificultad.

1.1.6. Ejercicios

1.1.6.1. Nombrar los hidrocarburos:

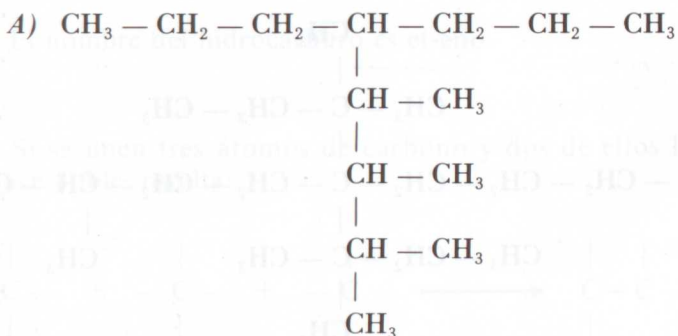




1.1.6.2. Formular los hidrocarburos:

- A) 2,3-Dimetilhexano
- B) 4-Propilheptano
- C) 3,5-Dimetil-4-propilheptano
- D) 5-Etil-2,2,4-trimetiloctano
- E) 5-Isopropil-2,3-dimetiloctano

1.1.6.3. Nombrar los hidrocarburos



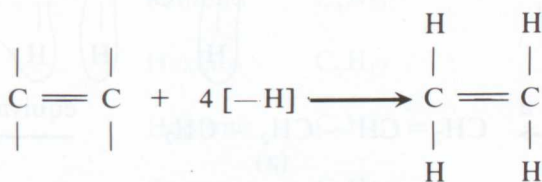
1.2. HIDROCARBUROS ACICLICOS NO SATURADOS CON DOBLE ENLACE

Es posible encontrar fórmulas de hidrocarburos en las cuales existan dos guiones entre dos átomos de carbono. Estas fórmulas corresponden a los hidrocarburos de **doble enlace o etilénicos**.

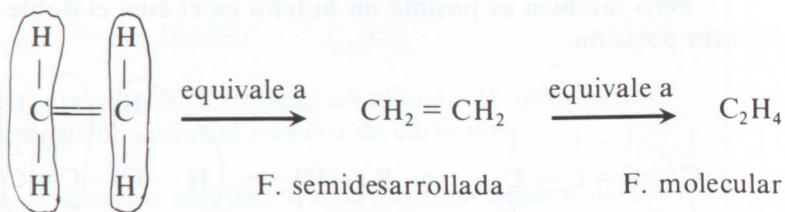
Sean dos átomos de carbono que se unen de la siguiente forma:



En esta agrupación a cada átomo de carbono le queda la posibilidad de unirse a dos hidrógenos, y por tanto los dos carbonos pueden unirse con cuatro hidrógenos.

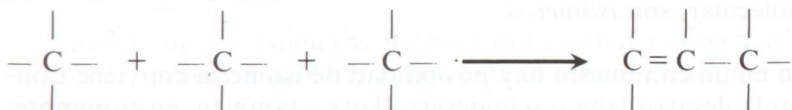


Esta fórmula se puede escribir de manera más compacta:

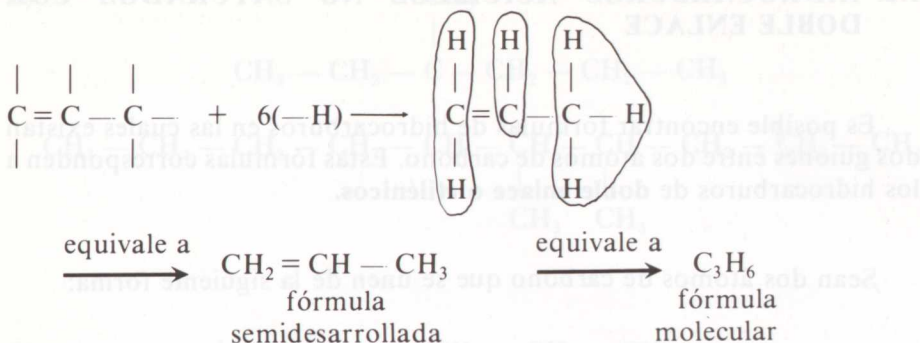


El nombre del hidrocarburo es **et-eno**.

Si se unen tres átomos de carbono y dos de ellos lo hacen con un enlace doble, resulta:

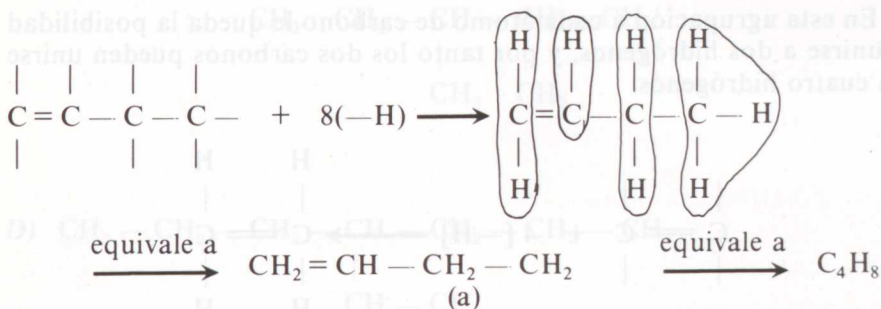


Al unirse la agrupación anterior a seis átomos de hidrógeno resulta:



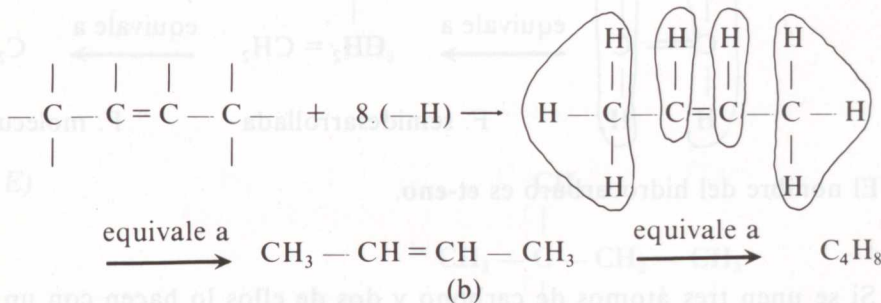
El nombre de este hidrocarburo es **prop-eno**

Para cuatro átomos de carbono resulta:



este hidrocarburo es un **but-eno**.

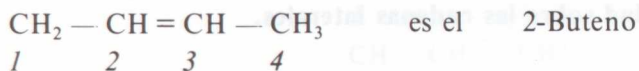
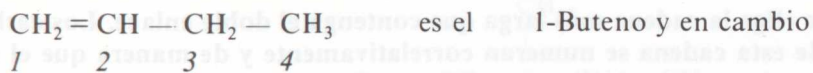
Pero también es posible un buteno en el cual el doble enlace esté en otra posición:



por tanto (a) y (b) tienen distinta posición del doble enlace pero la misma fórmula molecular; son *isómeros*.

Cuando en un compuesto hay posibilidad de isomería conviene utilizar la fórmula desarrollada o semidesarrollada y también, en el nombre,

indicar la posición del doble enlace con un número que corresponde al primero de los dos carbonos entre los cuales está el doble enlace:



Un resumen de los nombres y de las fórmulas moleculares de los hidrocarburos acíclicos con un doble enlace es:

| | |
|------------|------------------------------|
| Eteno | C_2H_4 |
| Propeno | C_3H_6 |
| (*) Buteno | C_4H_8 |
| Penteno | C_5H_{10} |
| Hexeno | C_6H_{12} |
| Hepteno | C_7H_{14} |
| Octeno | C_8H_{16} |
| Noneno | C_9H_{18} |
| Deceno | $\text{C}_{10}\text{H}_{20}$ |

Como ves, el nombre se obtiene añadiendo la terminación «eno» a la raíz que indica el número de carbonos.

La secuencia anterior nos dice que la fórmula general de los hidrocarburos con un doble enlace es

$$\boxed{\text{C}_n\text{H}_{2n}} \quad \text{siendo } n = 2, 3, 4, 5 \dots$$

(*) Observa que, en realidad, cuando se dice: Buteno se nombra cualquiera de los dos isómeros de posición del Buteno. Si Penteno a cualquiera de los isómeros del penteno, etc.

Además de los isómeros de posición existen también isómeros de cadena y es preciso establecer reglas para nombrar y formular este tipo de compuestos.

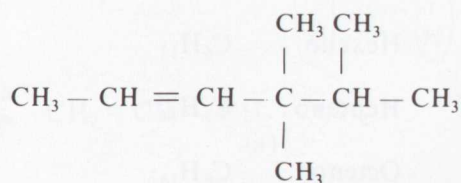
1.2.1. Nomenclatura de los hidrocarburos acíclicos con un doble enlace

Se elige la cadena más larga que contenga el doble enlace. Los carbonos de esta cadena se numeran correlativamente y de manera que el del doble enlace tenga el número más bajo. Por tanto en este aspecto el doble enlace tiene prioridad sobre las cadenas laterales.

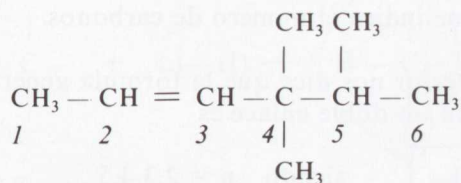
El nombre del hidrocarburo se empieza con los números que indican los carbonos de la cadena principal en los que se encuentran las cadenas laterales, seguidos por el nombre de éstas. Luego un número con la posición del doble enlace y el nombre de la cadena principal.

I. Ejemplos

I. Nombrar el hidrocarburo:



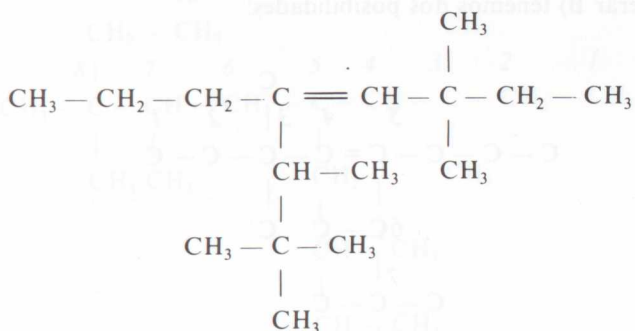
La numeración de la cadena principal, teniendo en cuenta que es la más larga posible en la que se incluye el doble enlace es:



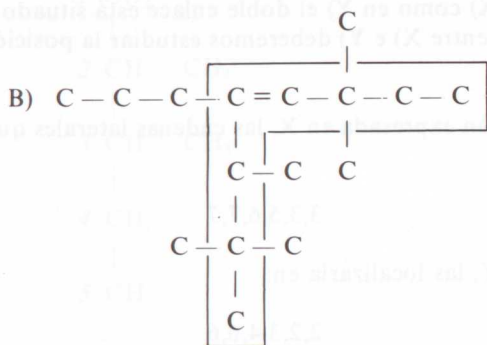
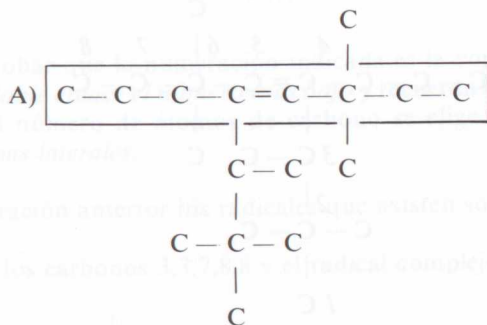
El nombre es:

4,4,5-Trimetil-2-hexeno

II. Escribir el nombre del hidrocarburo:



Existen dos posibles cadenas de ocho carbonos que contienen el doble enlace y cuyos esquemas son:

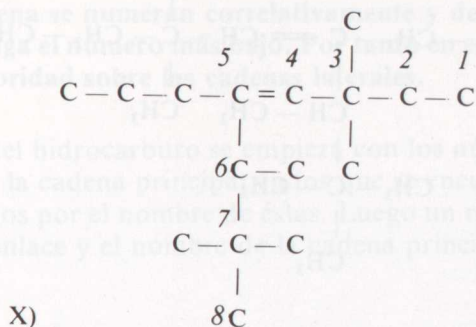


Para elegir cual de ellas es la principal deberemos seleccionar *aquella que tenga el mayor número de cadenas laterales*, tal como se indicó en los hidrocarburos saturados.

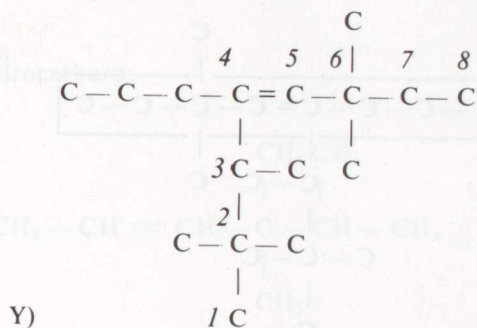
Si eligiéramos como cadena principal la que se expresa en el esquema A), habría tres cadenas laterales, y en el B) habría seis.

La cadena principal es, por lo tanto la que está marcada en el esquema B).

Para numerar B) tenemos dos posibilidades:



y



Como tanto en X) como en Y) el doble enlace está situado en el carbono 4, para pronunciarnos entre X) e Y) deberemos estudiar la posición de las cadenas laterales:

Con la numeración expresada en X, las cadenas laterales quedarían localizadas en los carbonos:

3,3,5,6,7,7

La numeración Y, las localizaría en:

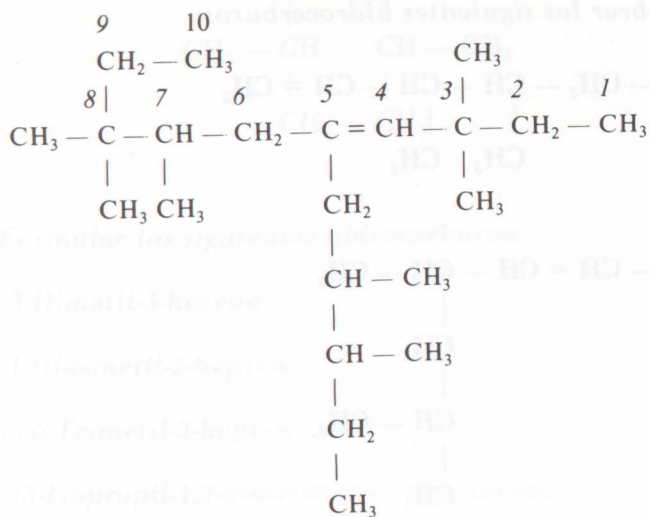
2,2,3,4,6,6

Nos quedamos, pues con la numeración expresada en Y porque es más baja que la X.

El nombre del hidrocarburo es, por lo tanto:

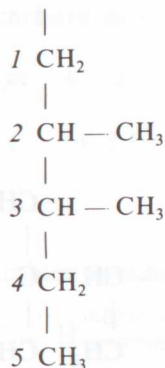
2,2,3,6,6-Pentametil-4-propil-4-octeno

III. Nombrar el hidrocarburo:



Debes comprobar que la numeración indicada es la correcta, no olvides las reglas de dar *al doble enlace el número más bajo* y recuerda que ante dos posibles cadenas de igual número de átomos de carbono se elige *la que tenga mayor número de cadenas laterales*.

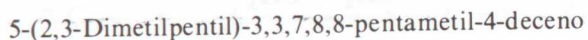
Con la numeración anterior los radicales que existen son:
cinco metilos en los carbonos 3,3,7,8,8 y el radical complejo



cuyo nombre es: 2,3-Dimetilpentilo

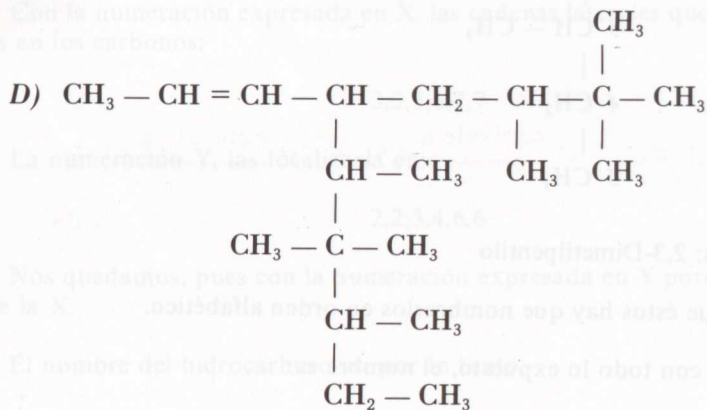
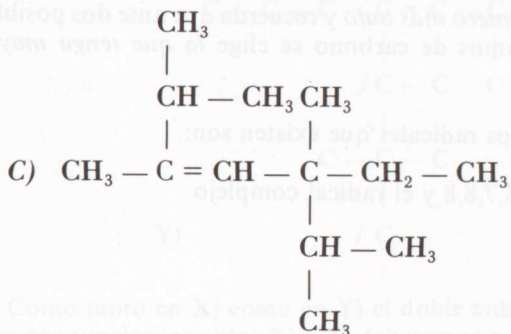
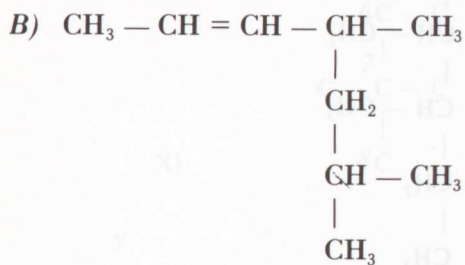
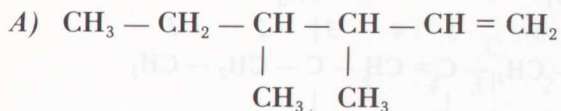
Recuerda que éstos hay que nombrarlos en orden alfabético.

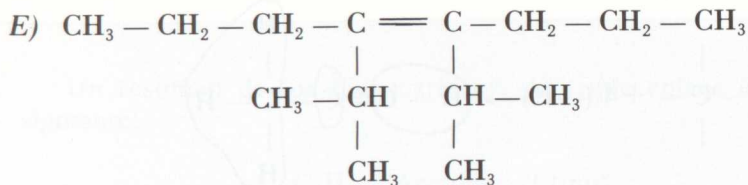
De acuerdo con todo lo expuesto, el nombre es:



1.2.2. Ejercicios

1.2.2.1. Nombrar los siguientes hidrocarburos:





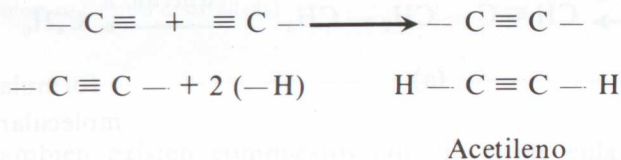
1.2.2.2. Formular los siguientes hidrocarburos:

- A) 2,3-Dimetil-3-hexeno
- B) 3-Etil-6-metil-2-hepteno
- C) 5,5,6-Trimetil-3-hepteno
- D) 5-(3-Isopropil-1,2-dimetilbutil)-4-undeceno
- E) 5-Isopropil-6,6-dimetil-2-hepteno

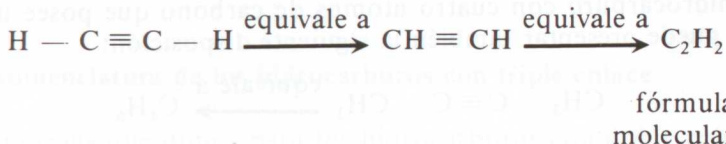
1.3. HIDROCARBUROS ACICLICOS CON TRIPLE ENLACE

Se pueden unir entre sí dos átomos de carbono mediante un triple enlace.

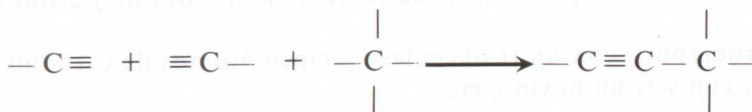
El primer hidrocarburo es el Acetileno o *Etino*.



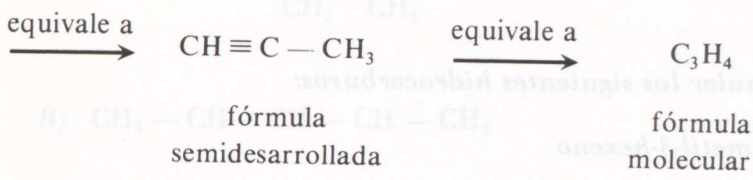
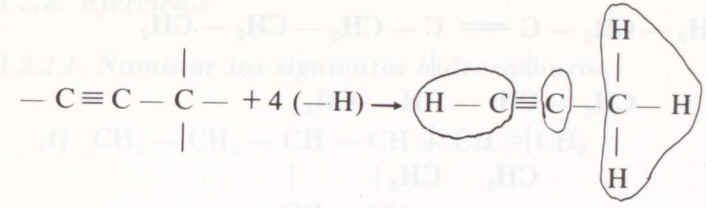
El cual puede también escribirse



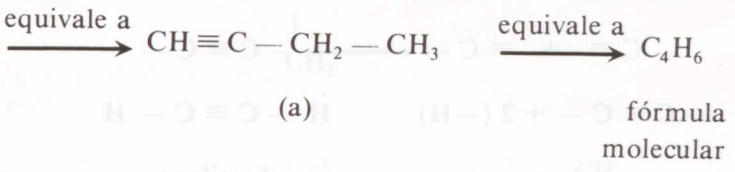
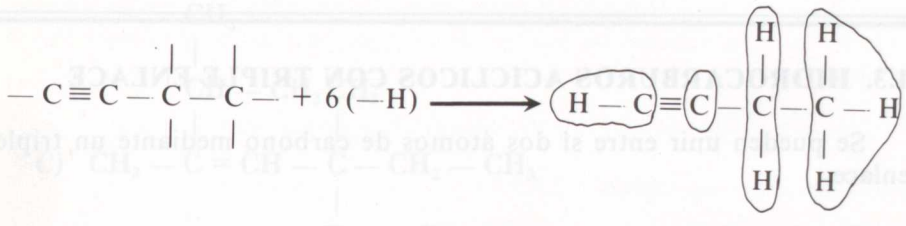
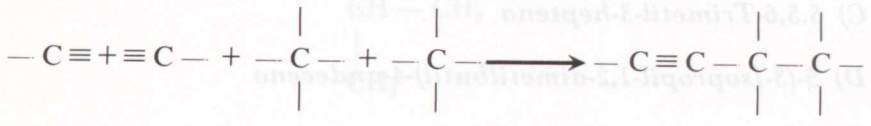
El siguiente hidrocarburo es el **Prop-ino**



1.2.2. Ejercicios

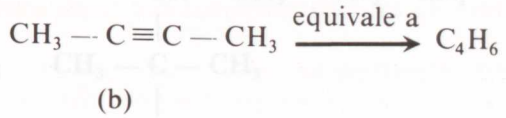


Con cuatro átomos de carbono



este hidrocarburo es un **But-ino**

El hidrocarburo con cuatro átomos de carbono que posee un triple enlace, puede presentar también la siguiente disposición:



(a) y (b) son **isómeros de posición**, y sus nombres son: 1-Butino y 2-Butino

Un hidrocarburo con un triple enlace y cinco átomos de carbono es un pentino, con seis un hexino, etc.

Un resumen de los hidrocarburos de triple enlace es el siguiente:

C_2H_2 Acetileno (Etino)

C_3H_4 Propino

(* C_4H_6 Butino

C_5H_8 Pentino

C_6H_{10} Hexino

C_7H_{12} Heptino

C_8H_{14} Octino

La fórmula general de estos hidrocarburos es



siendo $n = 2, 3, 4, \dots$

la terminación característica **ino**.

(*) (Observa que los nombres: Butino, Pentino... etc. corresponden, cada uno de ellos, a todos los isómeros de posición que puedan tener y que, para distinguirlos, sería preciso conocer su fórmula desarrollada)

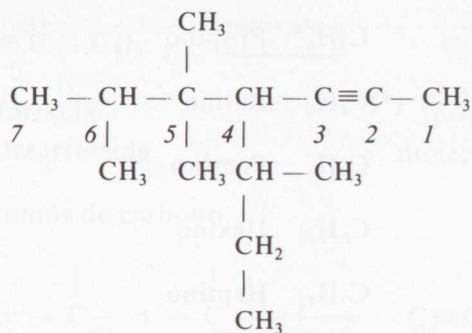
Como también existen compuestos con un triple enlace y varias cadenas laterales, hay que saber nombrarlos conociendo su fórmula. Este es el objetivo del siguiente apartado.

1.3.1. Nomenclatura de los hidrocarburos con triple enlace

Las normas que dimos para los hidrocarburos con doble enlace son válidos para éstos, sin más que cambiar la terminación eno por **ino**.

I. Ejemplos

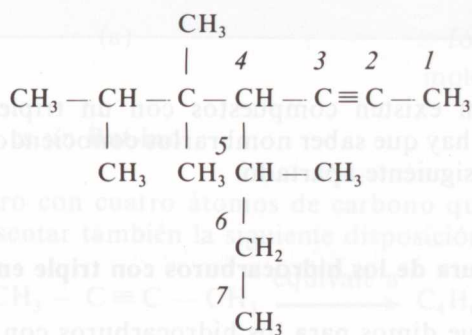
I. Nombrar el hidrocarburo



Se busca la **cadena más larga que contiene el triple enlace**, se numera de derecha a izquierda con el fin de dar el número **más bajo al triple enlace** y se comienza por los números de las cadenas laterales.

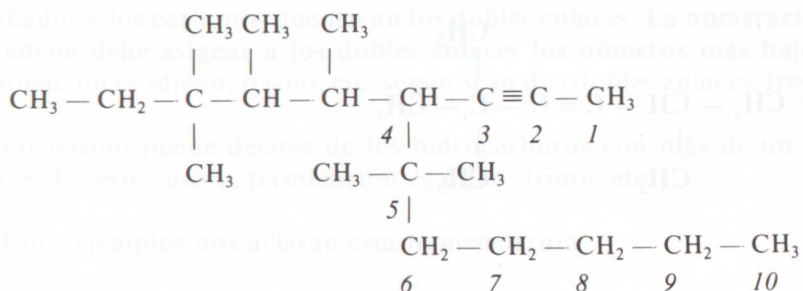
4-*sec*-Butil-5,5,6-trimetil-2-heptino

Butil se nombra antes que metil. Observa que no se numera la cadena así:



ya que en este caso el número de cadenas laterales son solamente dos en lugar de las cuatro que se presentan con la otra numeración.

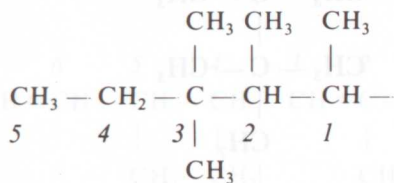
II. Nombrar el hidrocarburo:



Observa que la cadena más larga, conteniendo el triple enlace, tiene diez carbonos: se trata de un decino.

La numeración se hace de tal manera, que el triple enlace ocupe el número más bajo posible.

En el carbono número cuatro está situado un radical complejo (no incluido en la tabla II). Vamos a numerar y nombrar este radical.



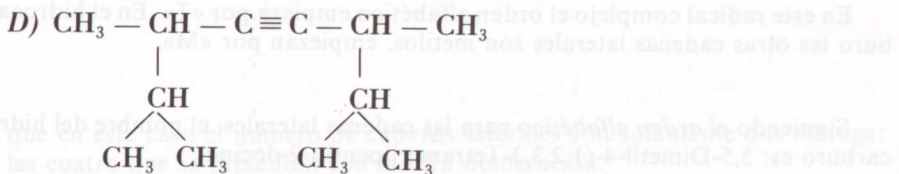
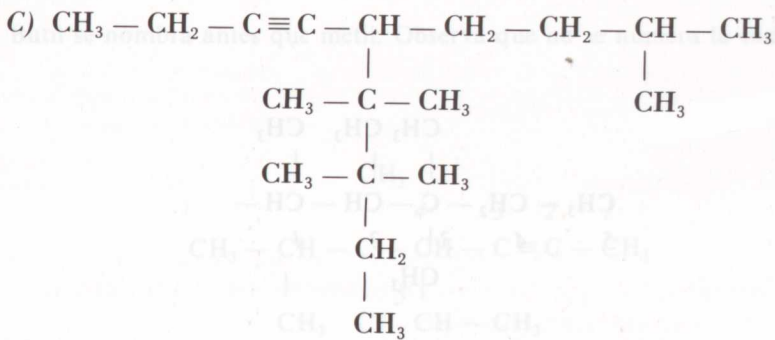
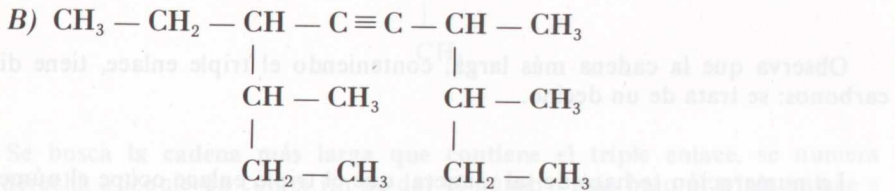
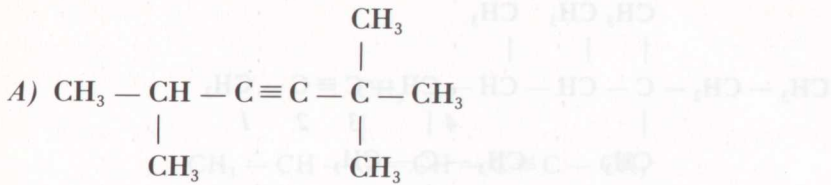
1,2,3,3-Tetrametilpentilo

En este radical complejo el orden alfabético empieza por «T». En el hidrocarburo las otras cadenas laterales son metilos, empiezan por «M».

Siguiendo el orden alfabético para las cadenas laterales, el nombre del hidrocarburo es: 5,5-Dimetil-4-(1,2,3,3-Tetrametilpentil)-2-decino

1.3.2. Ejercicios

1.3.2.1. Nombrar los siguientes hidrocarburos



1.4. HIDROCARBUROS CON DOBLES Y TRIPLES ENLACES

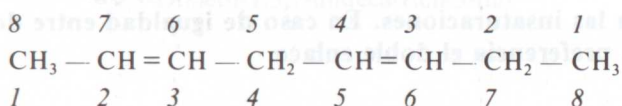
Vamos a comenzar con los hidrocarburos que llevan dos o más de dos dobles enlaces. En estos casos se nombran comenzando con los números asignados a los carbonos que llevan los dobles enlaces. **La numeración de la cadena debe asignar a los dobles enlaces los números más bajos.** La terminación es -dieno, trieno, etc. según sean dos dobles enlaces, tres, etc.

Lo mismo puede decirse de los hidrocarburos con más de un triple enlace. En este caso la terminación es diino, triino, etc.

Unos ejemplos nos aclaran esta nomenclatura.

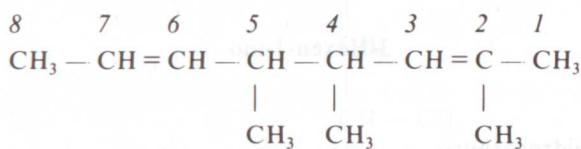
I. Ejemplos

I. Nombrar



2,5-octadieno (no 3,6-octadieno)

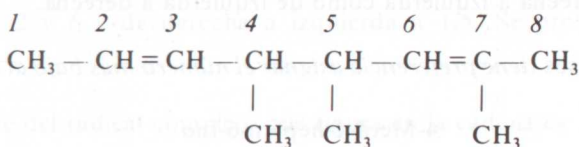
II. Nombrar



Tal como la hemos numerado (de derecha a izquierda) su nombre sería:

2,4,5-Trimetil-2,6-octadieno

Si se numera de izquierda a derecha

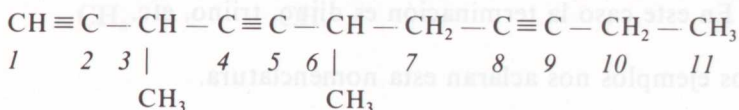


el nombre sería:

4,5,7-Trimetil-2,6-octadieno

Tiene preferencia el primer nombre que asigna igual numeración a los dobles enlaces (2,6) pero las cadenas laterales están en 2,4,5 que es una secuencia más «baja» que 4,5,7.

III. Nombrar el hidrocarburo

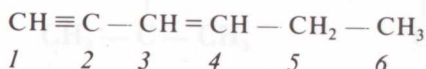


3,6-Dimetil-1,4,8-undecatrieno

Una cadena carbonada puede llevar a la vez dobles y triples enlaces. En este caso **la numeración de la cadena se hace asignando los números más bajos a las insaturaciones. En caso de igualdad entre doble y triple enlace tiene preferencia el doble enlace.**

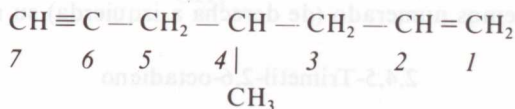
II. Ejemplos

I. Nombrar el hidrocarburo



3-Hexen-1-ino

II. Nombrar el hidrocarburo

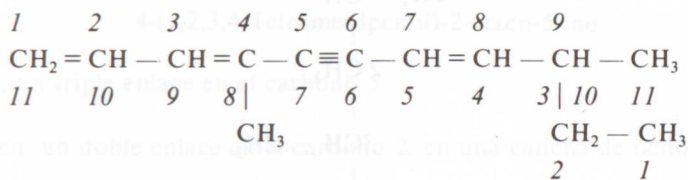


En este caso los números que localizan a las insaturaciones son iguales tanto si se numera de derecha a izquierda como de izquierda a derecha.

Ante estos casos *tiene preferencia asignar el número más bajo al doble enlace.*

4-Metil-1-hepten-6-ino

III. Nombrar el hidrocarburo



La cadena más larga que contiene todas las insaturaciones es de 11 carbonos. Si numeramos de izquierda a derecha las insaturaciones están en

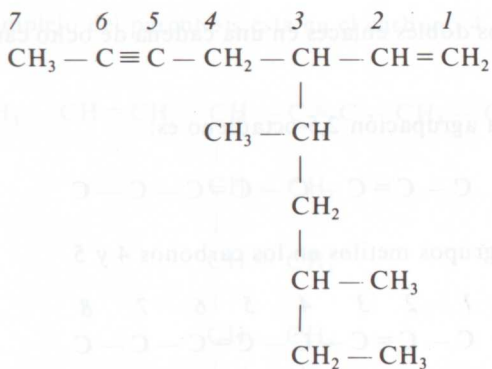
1,3,5,7

si de derecha a izquierda en 4,6,8,10. Como es más «baja» la secuencia 1,3,5,7 que 4,6,8,10 se decide por la primera numeración.

El nombre del hidrocarburo es

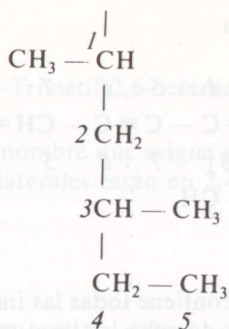
4,9-Dimetil-1,3,7-undecatrien-5-ino

IV. Nombrar el hidrocarburo



La cadena más larga que contiene las insaturaciones tiene siete átomos de carbono. Si se numera de izquierda a derecha las insaturaciones corresponden a los números 2 y 6 y de derecha a izquierda a 1,5. Se prefiere esta última numeración.

El nombre del radical complejo que figura en la cadena es



1,3-Dimetilpentilo

y el nombre del hidrocarburo

3-(1,3-Dimetilpentil)-1-hepten-5-ino

V. Formular el hidrocarburo

4,5-Dimetil-2,5-octadieno

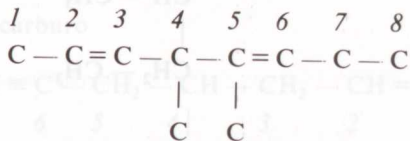
dieno dos dobles enlaces

2,5-octadieno, dos dobles enlaces en una cadena de ocho carbonos, situados en los carbonos 2,5.

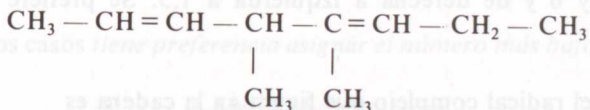
El esqueleto de la agrupación 2,5-octadieno es:



4,5-Dimetil, dos grupos metilos en los carbonos 4 y 5



Finalmente colocamos los hidrógenos que faltan en el anterior esqueleto carbonado

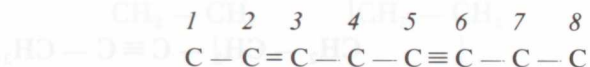


VI. Formular el hidrocarburo

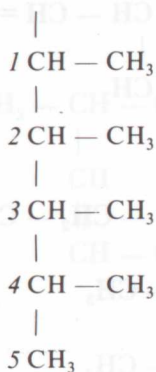
4-(1,2,3,4-Tetrametilpentil)-2-octen-5-ino

5-ino, un triple enlace en el carbono 5

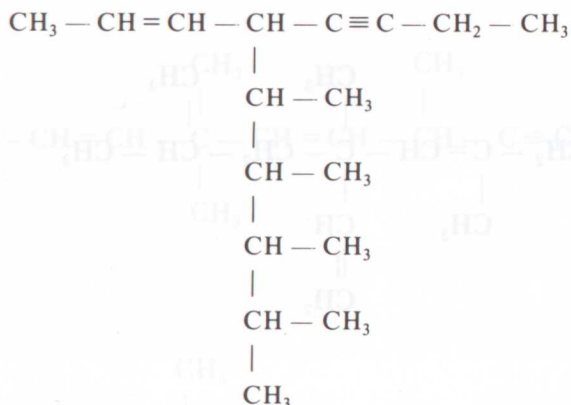
2-octen, un doble enlace en el carbono 2, en una cadena de ocho carbonos



(1,2,3,4-Tetrametilpentil) es un radical complejo



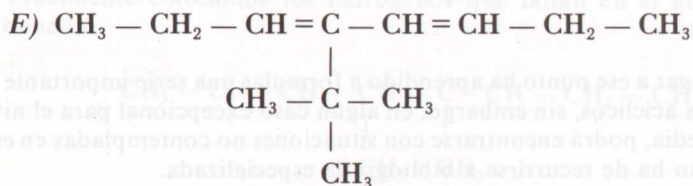
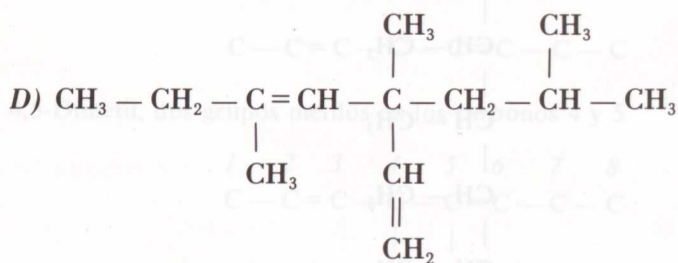
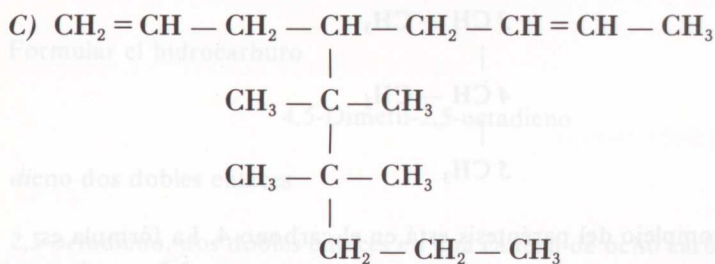
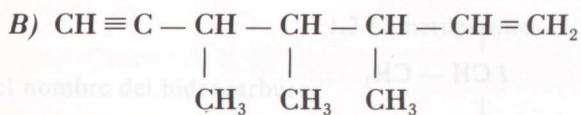
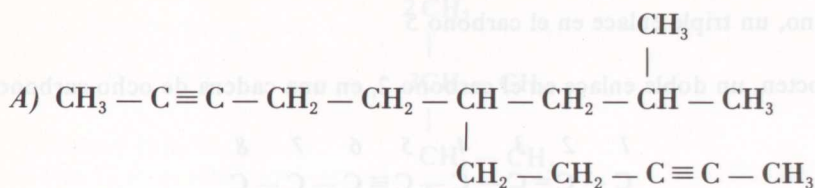
El radical complejo del paréntesis está en el carbono 4. La fórmula es:

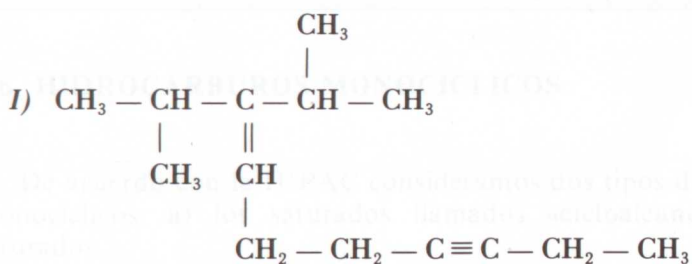
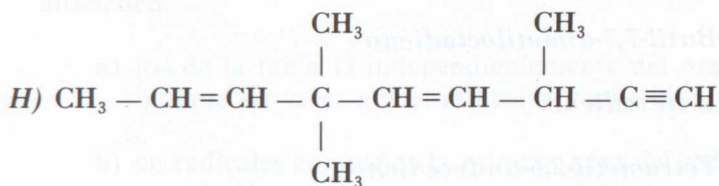
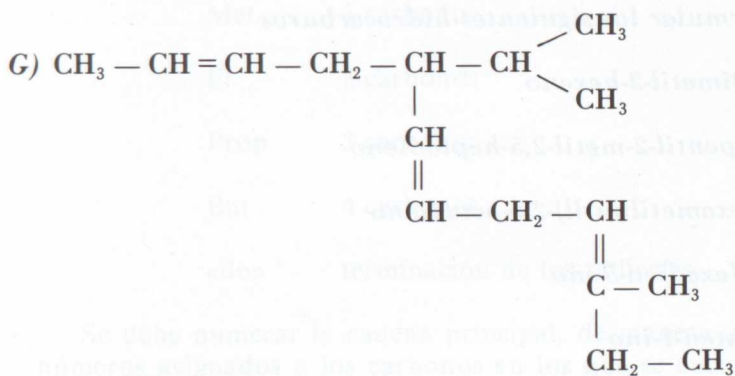
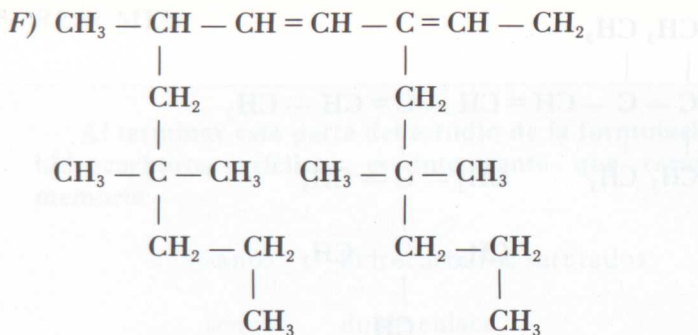


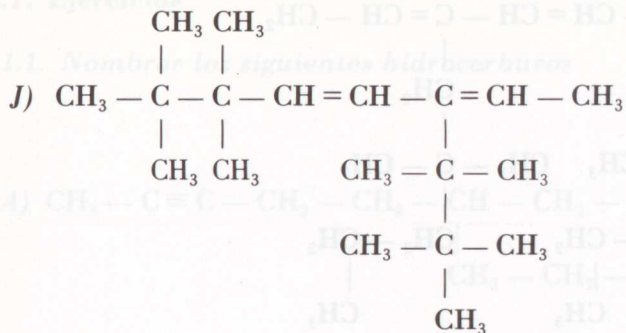
El lector al llegar a ese punto ha aprendido a formular una serie importante de los hidrocarburos acíclicos, sin embargo, en algún caso excepcional para el nivel de Enseñanza Media, podrá encontrarse con situaciones no contempladas en este libro. En este caso ha de recurrirse a bibliografía especializada.

1.4.1. Ejercicios

1.4.1.1. Nombrar los siguientes hidrocarburos







1.4.1.2. Formular los siguientes hidrocarburos

- A) 4,5-Dimetil-2-hexeno
- B) 4-Isopentil-2-metil-2,5-heptadieno
- C) 4-(Hexametilbutil)-2,6-octadieno
- D) 1,3-Hexadien-5-ino
- E) 3-Penten-1-ino
- F) 3,4-Dipropil-1,3-heptadien-5-ino
- G) 5-Butil-6,6-dimetil-2,4,7-nonatrieno
- H) 5-terc-Butil-7,7-dimetil-octadieno
- I) 3-Etil-1,5-hexadieno
- J) 7,8,9,9-Tetrametil-2,6-undecadieno

1.5. RESUMEN

Al terminar esta parte del estudio de la formulación de los hidrocarburos acíclicos es interesante que recuerdes de memoria

| | |
|-------|------------------------------|
| «ano» | hidrocarburos saturados |
| «eno» | doble enlace |
| «ino» | triple enlace |
| Met | 1 carbono |
| Et | 2 carbonos |
| Prop | 3 carbonos |
| But | 4 carbonos |
| «ilo» | terminación de los radicales |

Se debe numerar la cadena principal, de manera que los números asignados a los carbonos en los que se encuentran ramificaciones, sean los más bajos.

Los radicales o cadenas laterales se nombran en orden alfabético:

a) los de la tabla II independientemente del prefijo que indique las veces que el radical se repite (1).

b) en radicales complejos la primera letra del radical.

(1) En los que empiezan por sec y terc se ordenan por la letra siguiente: Ejemplo: sec-Butilo se ordena por la B.

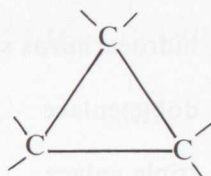
1.6. HIDROCARBUROS MONOCICLICOS

De acuerdo con la IUPAC consideramos dos tipos de hidrocarburos monocíclicos: a) los saturados llamados «cicloalcanos», b) los no saturados.

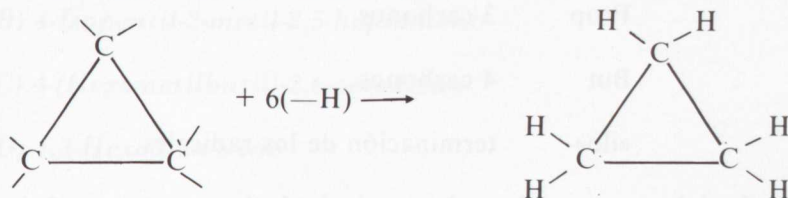
a) Saturados

Se nombran añadiendo el prefijo **ciclo** al nombre del hidrocarburo saturado del mismo número de átomos de carbono.

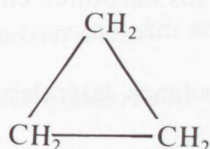
Para formar un ciclo se necesitan como mínimo tres átomos de carbono:



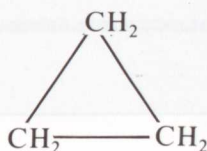
En el esqueleto carbonado superior, observa que la valencia 4 del carbono, representada como sabes por cuatro guiones, dos de esos guiones los emplea en unirse a sus carbonos vecinos, los otros dos los empleará en unirse a sendos átomos de hidrógeno:



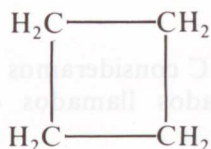
equivale a



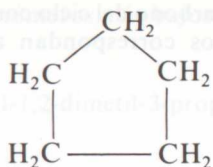
Los guiones que permanecen en las fórmulas corresponden a las uniones entre los carbonos. No figuran las uniones entre los carbonos y los hidrógenos.



Ciclopropano



Ciclobutano



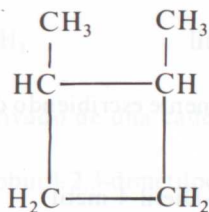
Ciclopentano

Si existen cadenas laterales en el cicloalcano, éstas se nombran en primer lugar, de acuerdo con las normas expuestas en la formulación de los hidrocarburos acíclicos.

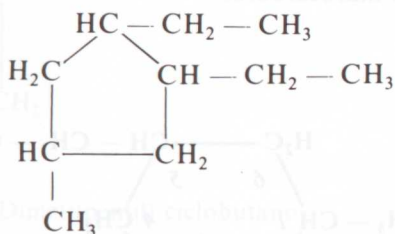
I. Ejemplos

I. Formular 1,2-Dimetilciclobutano

Se trata de un hidrocarburo cíclico de cuatro átomos de carbono con dos radicales metilo en carbono contiguos.

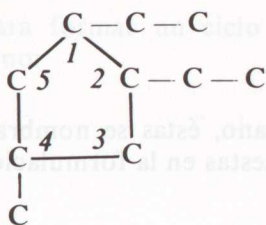


II. Nombrar el hidrocarburo:

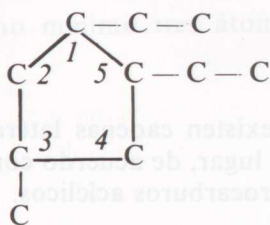


- Contamos el número de átomos de carbono que tiene el ciclo. En este ejemplo el ciclo está formado por cinco átomos de carbono es, por tanto, un ciclopentano.

- Numeramos los átomos de carbono del ciclo correlativamente y de tal manera que los números más bajos correspondan a los carbonos con cadenas laterales.



(a)



(b)

En (a) los radicales se encuentran en los carbonos 1,2,4.

En (b) en 1,3,5. Luego la numeración correcta es la (a).

- Nombramos los radicales que hay en el ciclo, que son:

etil
metil

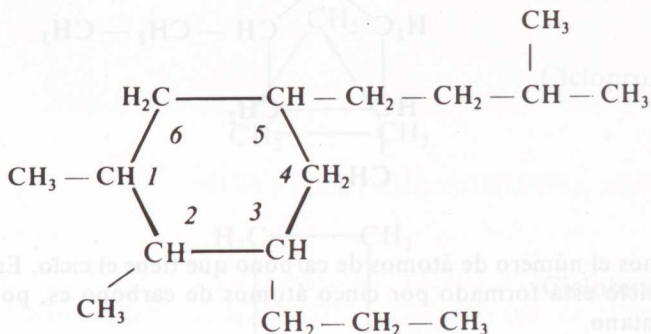
Los ordenamos alfabéticamente escribiendo delante un número que indica el lugar que ocupan:

1,2-Dietil-4-metil

El nombre del hidrocarburo es:

1,2-Dietil-4-metilciclopentano

III. Nombrar el hidrocarburo:



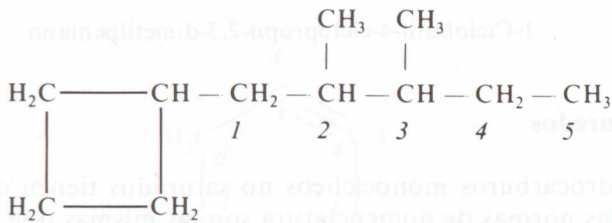
La numeración asigna los números más bajos a las cadenas laterales y éstas se nombran en orden alfabético.

5-Isopentil-1,2-dimetil-3-propilciclohexano

En algunos casos resulta muy difícil la elección de la cadena principal, sobre todo si tiene más de un ciclo. En estos casos se nombran tomando como cadena principal una abierta y el ciclo o ciclos que figura en ella se nombran como radicales (recuerda que la terminación de los radicales es «ilo»).

II. Ejemplos

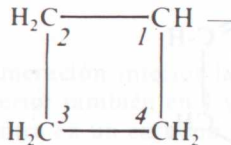
I. Nombrar el hidrocarburo:



Si lo nombramos como derivado de una cadena abierta el nombre es

1-Ciclobutil-2,3-dimetilpentano

También lo podemos nombrar como derivado del ciclobutano, es decir, considerando como cadena principal la cíclica



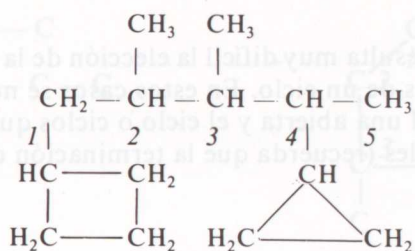
1-(2,3-Dimetilpentil) ciclobutano

Como en este caso no hay confusión posible, se puede suprimir el número 1 y queda:

2,3-Dimetilpentilciclobutano

II. Veamos ahora un ejemplo claro de elección a favor de la cadena abierta.

Nombrar el hidrocarburo:



La cadena abierta tiene cinco carbonos, dos radicales cíclicos y dos metilos, el nombre es:

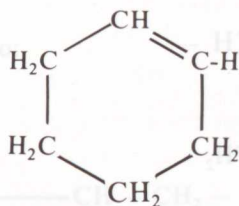
1-Ciclobutil-4-ciclopropil-2,3-dimetilpentano

b) No saturados

Los hidrocarburos monocíclicos no saturados tienen doble y triples enlaces y las normas de nomenclatura son las mismas que las estudiadas en hidrocarburos acíclicos, sin olvidar añadir el prefijo «ciclo».

III. Ejemplos

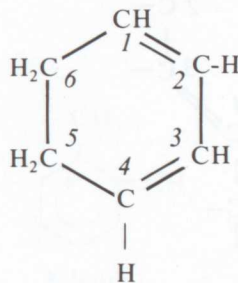
I. Nombrar el hidrocarburo:



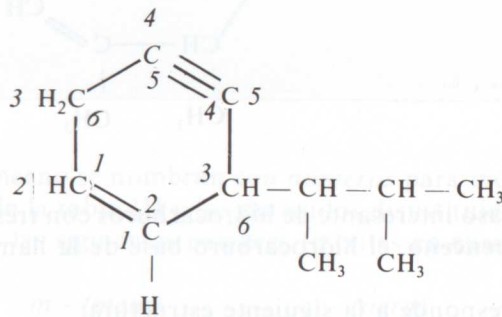
Se trata de un hexano cíclico con un doble enlace.

El nombre es Ciclohexeno

II. Nombrar el hidrocarburo:



III. Nombrar el hidrocarburo:



Existen un doble y triple enlace. *Se numera de manera que las insaturaciones tengan los números más bajos*, sin olvidar que el número más bajo se asigna al primer carbono del doble enlace según el sentido en que estamos recorriendo el ciclo.

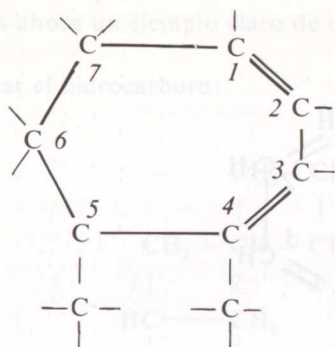
Según la numeración interior las insaturaciones están en 1 y 4 y según la numeración exterior también en 1 y 4. Se prefiere la primera porque en ella el radical se encuentra en un carbono de número más bajo. El nombre es:

3-(1,2-Dimetilpropil)-1-ciclohexen-4-ino

IV. Formular 4,5-Dimetil-1,3-cicloheptadieno

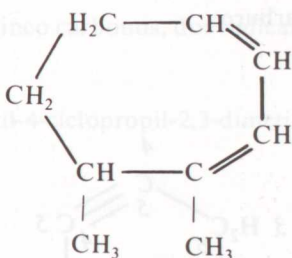
1,3-cicloheptadieno, un ciclo de siete carbonos con dos dobles enlaces en los carbonos 1 y 3.

4,5-Dimetil, dos grupos metilo en los carbonos 4 y 5.



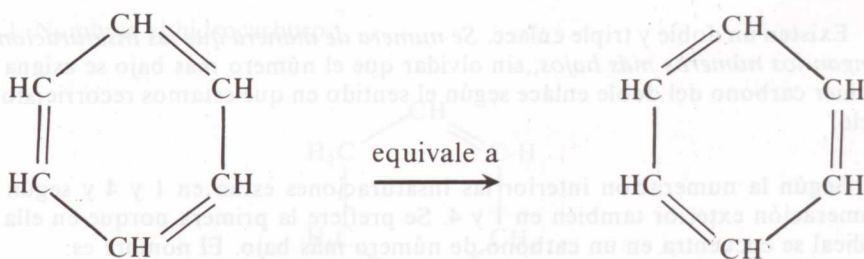
esqueleto del hidrocarburo

Ahora completamos el esqueleto añadiendo los hidrógenos



Un caso interesante de hidrocarburos con tres dobles enlaces lo constituye el **benceno**, el hidrocarburo base de la llamada química aromática.

Corresponde a la siguiente estructura:

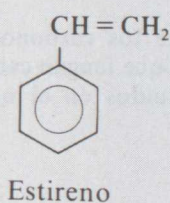
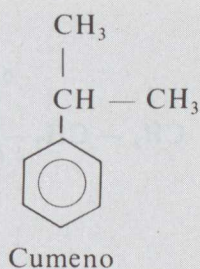
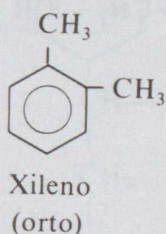
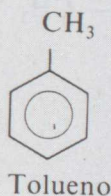


La forma de representar este hidrocarburo es:



La IUPAC admite nombres especiales para derivados del benceno que están recogidos en la tabla III.

TABLA III



Los derivados del benceno se nombran con *números* para indicar sus posiciones, excepto los de la tabla III y los derivados disustituídos, para estos últimos se emplean las siguientes palabras (escritas en cursivas):

o - (orto)

m - (meta)

p - (para)

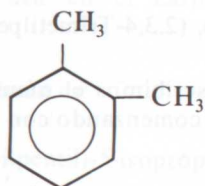
carbonos 1,2

carbonos 1,3

carbonos 1,4

IV. Ejemplos

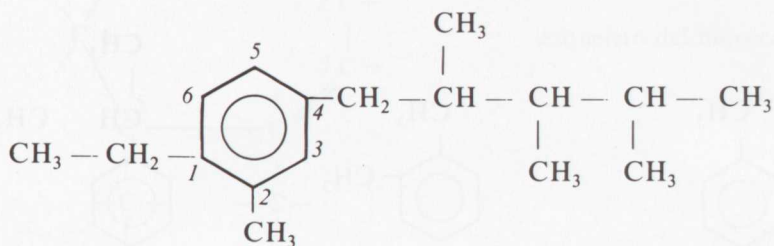
I. Nombrar el hidrocarburo:



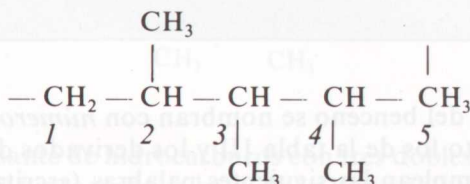
Al existir solamente dos sustituyentes se emplea la notación *orto*. El nombre es:

o-Dimetilbenceno

II. Nombrar el hidrocarburo:



Como ves en la fórmula, numeramos correlativamente los carbonos, de manera que correspondan los números más bajos a aquellos que tengan cadenas laterales. A continuación nombramos los radicales sustituidos en el núcleo bencénico:



2,3,4-Trimetilpentilo

Metilo

Etilo

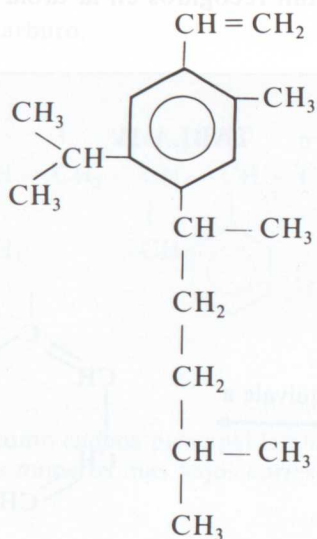
El orden en que se nombran los radicales es el alfabético, es decir:

Etilo, Metilo, (2,3,4-Trimetilpentilo)

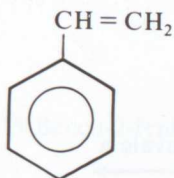
Ya ordenados los radicales, escribimos el número del carbono en que se encuentran, seguido de un guión y comenzando con la letra mayúscula. El nombre del hidrocarburo es:

1-Etil-2-metil-4-(2,3,4-trimetilpentil)-benceno

III. Nombrar el hidrocarburo:



El hidrocarburo de partida es uno de los que están escritos en la tabla III y es el *estireno*.



Los radicales son

Metil

1,4-Dimetilpentil

Isopropil

La numeración comienza en el carbono que lleva unido el grupo —CH = CH₂.

El nombre del hidrocarburo es:

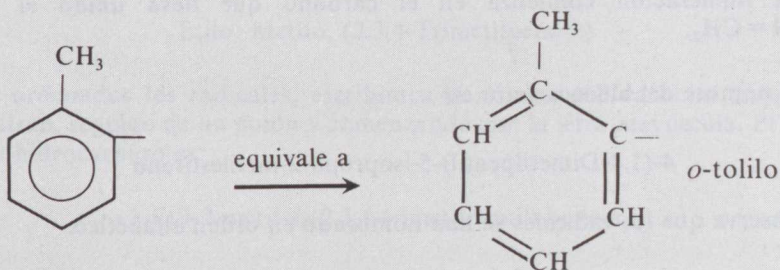
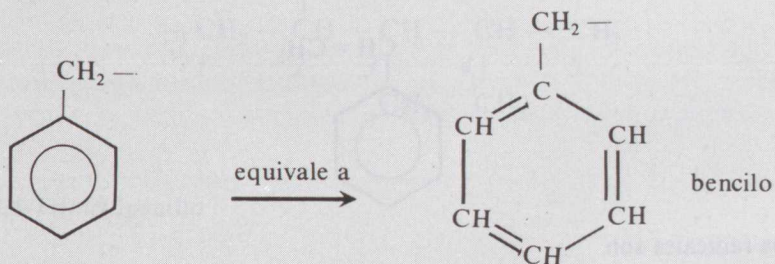
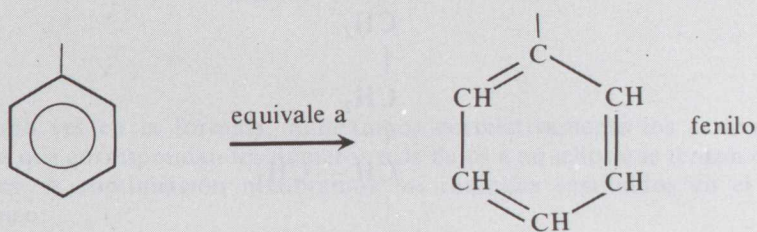
4-(1,4-Dimetilpentil)-5-isopropil-2-metilestireno

Observa que los radicales se han nombrado en orden alfabético.

En algunos casos en que figura el anillo bencénico, es más conveniente nombrar el hidrocarburo considerando como cadena principal la abierta y no el anillo, de la misma forma que vimos en los cicloalcanos.

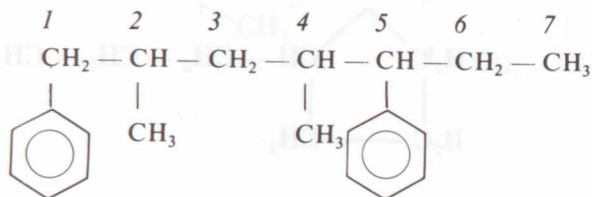
Para estos casos es necesario retener el nombre de los radicales más importantes, los cuales están recogidos en la tabla IV.

TABLA IV



V. Ejemplos

I. Nombrar el hidrocarburo:



Vamos a considerar como cadena principal la abierta. Esta cadena la numeramos de manera que los números más bajos correspondan a los carbonos que tienen radicales.

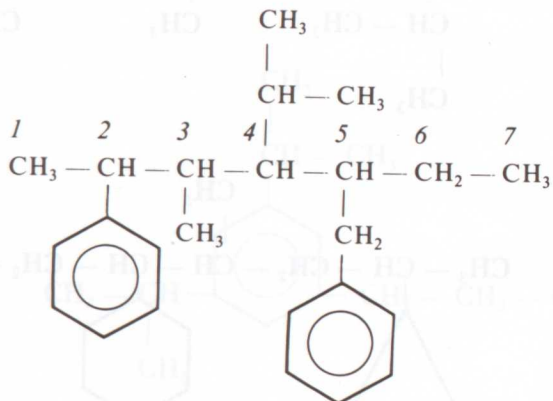
Las cadenas laterales son dos radicales fenilo y dos metilo.

El nombre es: 1,5-Difenil-2,4-dimetilheptano

II. Formular el hidrocarburo: 5-Bencil-2-fenil-4-isopropil-3-metilheptano

Se trata de una cadena de siete carbonos con cadenas ramificadas en 5,2,4 y 3.

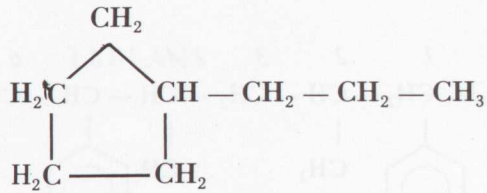
La fórmula es



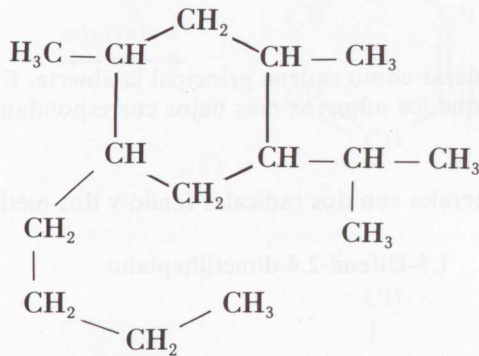
1.6.1. Ejercicios

1.6.1.1. Nombrar los siguientes hidrocarburos:

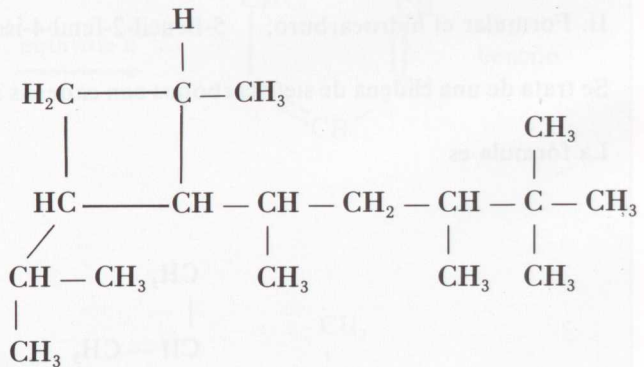
A)



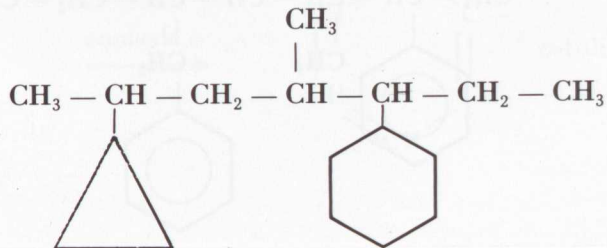
B)



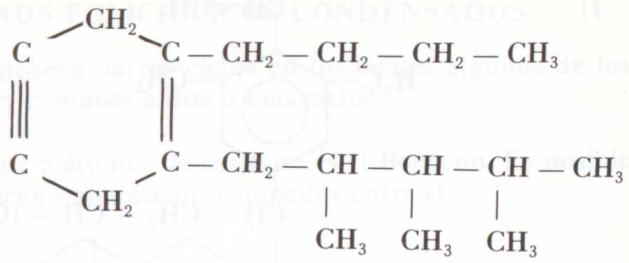
C)



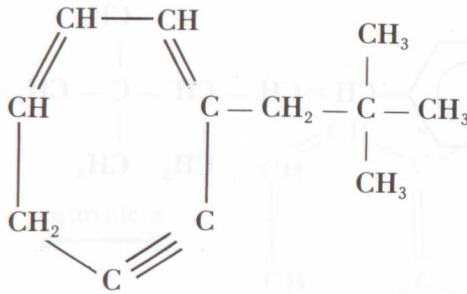
D)



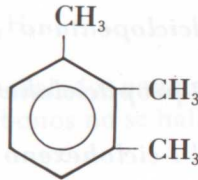
E)



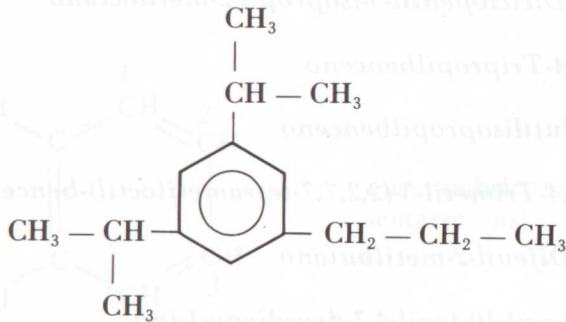
F)



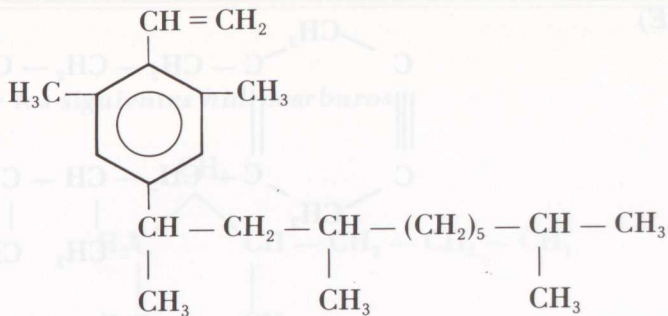
G)



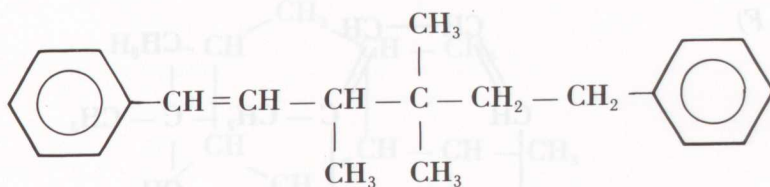
H)



I)



J)



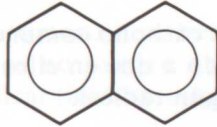
1.6.1.2. Formular los siguientes compuestos:

- A) 1-Isopropil-2-metilciclopentano
- B) 1-Etil-3,4-dimetil-2-propilciclohexano
- C) 3-Isopropil-5-metil-1-ciclohexeno
- D) 5,8-Diisopropil-3-(2,2,3,3-tetrametilbutano)-1-ciclodecen-6-ino
- E) 4,4-Diciclopentil-5-isopropil-2-metiloctano
- F) 1,2,4-Tripropilbenceno
- G) p-Butilisopropilbenceno
- H) 1,2,4-Trimetil-3-(2,2,7,7-tetrametiloctil)-benceno
- I) 1,3-Difenil-2-metilbutano
- J) 9-Bencil-10-fenil-4,7-decadieno-1-ino

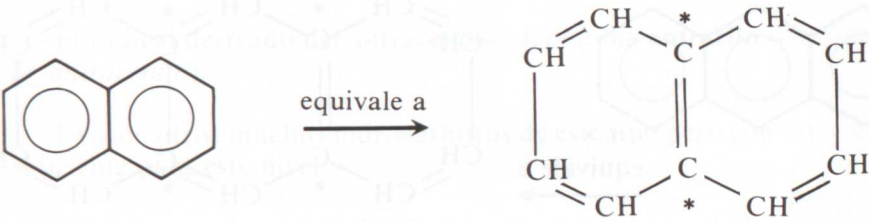
1.7. HIDROCARBUROS POLICICLICOS CONDENSADOS

Son aquéllos que poseen varios ciclos en los cuales algunos de los átomos de carbono son comunes a dos o más ciclos.

El ciclo formado por 6 átomos de carbono es el Benceno. Es posible que dos anillos de Benceno aparezcan fusionados entre sí.



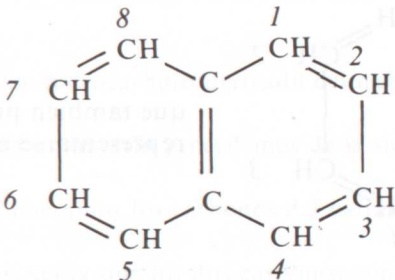
dando lugar a un hidrocarburo de dos ciclos condensados llamado **naftaleno**.



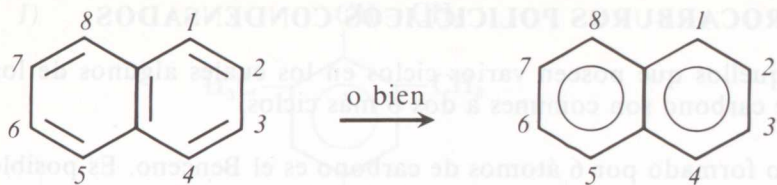
cuya fórmula molecular es $C_{10}H_8$.

Observa que los carbonos señalados con un asterisco (*) son comunes a los dos ciclos y que estos carbonos no se hallan unidos a ningún átomo de hidrógeno.

Para nombrar derivados del naftaleno, éste debe numerarse de la siguiente manera:

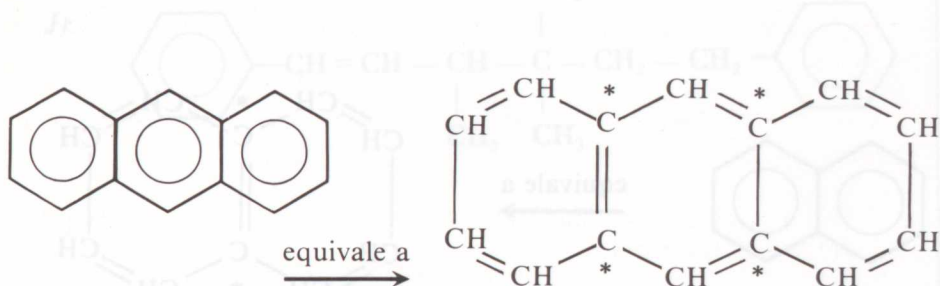


que también puede representarse así:



Fíjate que los dos átomos de carbono comunes a ambos anillos no los hemos numerado. Esto es debido a que en ellos no queda ningún guión libre que le permita unirse a algún radical.

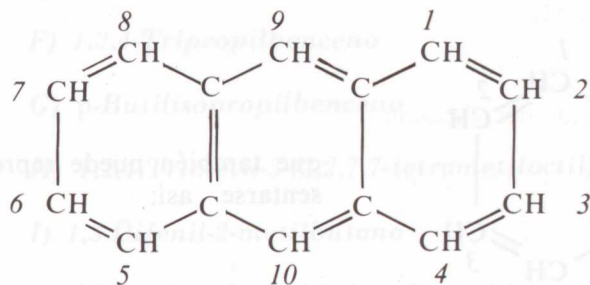
Si son tres los anillos bencénicos que se unen se obtiene el hidrocarburo llamado **antraceno**.



cuya fórmula molecular es $C_{14}H_{10}$

Lo mismo que ocurre con el nafataleno, en el antraceno existen carbonos que son comunes a dos ciclos y que no se hallan unidos a ningún átomo de hidrógeno. Estos carbonos los hemos señalado con un asterisco (*).

A efectos de nombrar derivados del antraceno, la numeración del mismo debe realizarse de la siguiente forma:



que también puede representarse así:



Observa que los 4 átomos de carbono comunes a dos anillos no se numeran porque en ellos no pueden quedar ningún guión libre que le permita unirse a un radical (lo mismo que vimos en el naftaleno).

Los radicales de estos hidrocarburos terminan, igual que los demás radicales, en *ilo*. Así:

El radical derivado del naftaleno se llama **naftilo** (contracción de Naftalenilo).

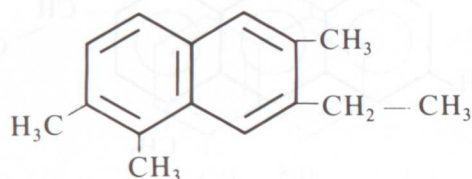
El radical derivado del antraceno se denomina **antracilo** (contracción de *antraceni*lo).

Existen otros muchos hidrocarburos de este tipo pero con estos dos es suficiente para este nivel.

Veamos con unos ejemplos la formulación de estos hidrocarburos.

I. Ejemplos

I. Nombrar el hidrocarburo:

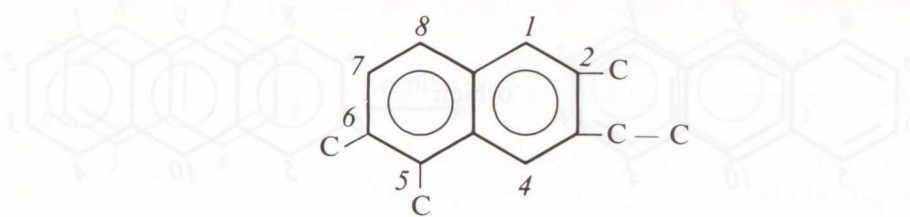


Es un hidrocarburo derivado del naftaleno.

Para nombrarlo procedemos de la siguiente manera:

- Numeramos los carbonos del naftaleno, según vimos anteriormente.

Recuerda que los dos carbonos comunes a los dos ciclos no se numeran.



•• Nombramos los radicales escribiendo delante un número que nos indica el lugar que ocupa:

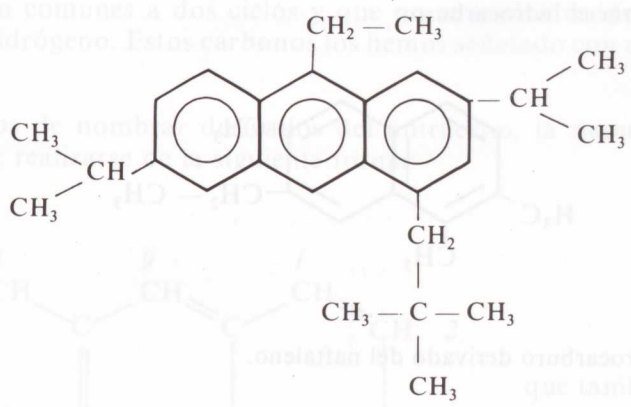
2-Metil }
 5-Metil } es decir: 2,5,6-trimetil
 6-Metil }

3-Etil

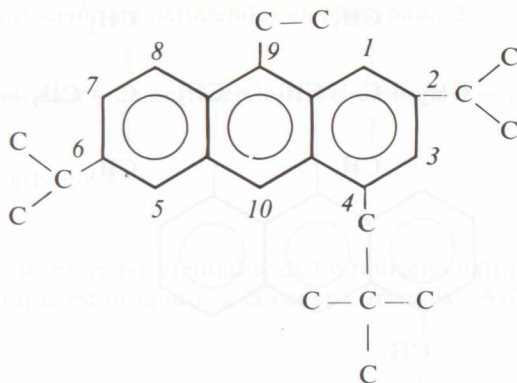
••• Por último nombramos los radicales en orden alfabético añadiendo a continuación la palabra naftaleno.

3-Etil-2,5,6-trimetilnaftaleno

II. Nombrar el hidrocarburo:



Es un hidrocarburo derivado del antraceno



Los radicales que hay en el antraceno son:

Isopropilo

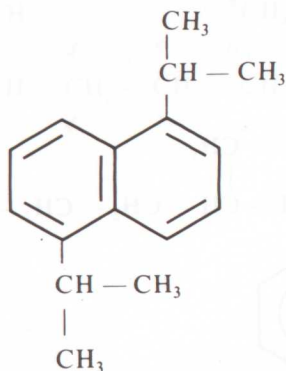
Neopentilo

Etilo

El nombre del hidrocarburo es: 9-Etil-2,6-diisopropil-4-neopentilantraceno

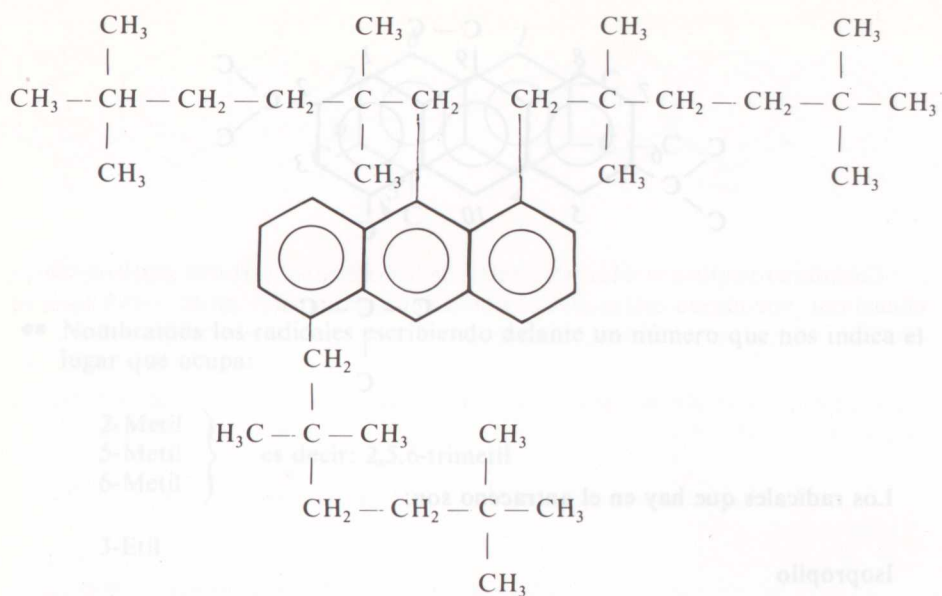
III. Formular el hidrocarburo: 1,5-Diisopropilnaftaleno

Es un derivado del naftaleno con dos grupos isopropilo en los carbonos 1 y 5.



IV. Formular el hidrocarburo: 1,5,9-Tris(2,2,5,5-tetrametilhexil)-antraceno

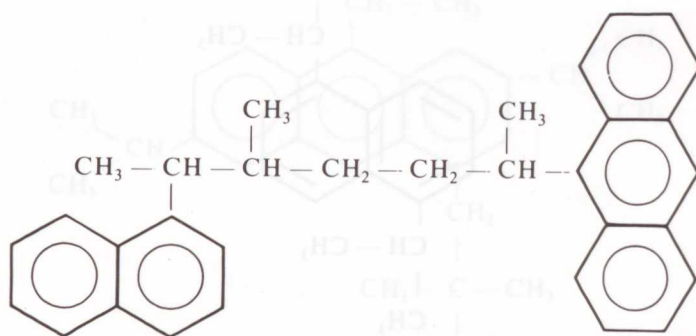
El prefijo tris quiere decir que el radical complejo situado dentro del paréntesis, está repetido tres veces y colocado en los carbonos 1,5 y 9 del antraceno.



De la misma manera que vimos en el apartado 1.6, es posible que en algún caso la complejidad de la cadena aconseje nombrar el hidrocarburo como derivado de una cadena lineal.

II. Ejemplos

I. Nombrar el hidrocarburo



Debes recordar que los radicales terminan en «ilo». En este caso la terminación «eno» se cambia por «enilo».

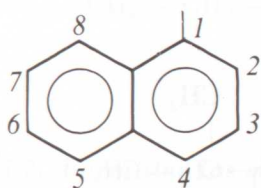
En la cadena lineal están los siguientes radicales:

1-Naftilo (contracción de naftalenilo) en el carbono 2.

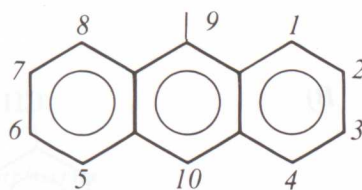
9-Antrilo (contracción de antraceniilo) en el carbono 6.

Metilo en el carbono 3.

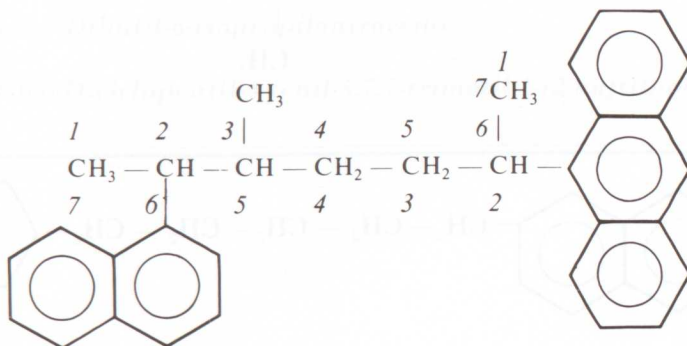
Los números que preceden al nombre de los radicales naftilo y antrilo indican el carbono por el que están unidos a la cadena principal. Así, el 1-Naftilo es el radical:



y el 9-Antrilo



La numeración de la cadena lineal se hace de manera que tengan las cadenas laterales la numeración más baja.



Si numeramos de izquierda a derecha los sustituyentes están en 2,3,6 y de derecha a izquierda en 2,5,6. Se elige la primera.

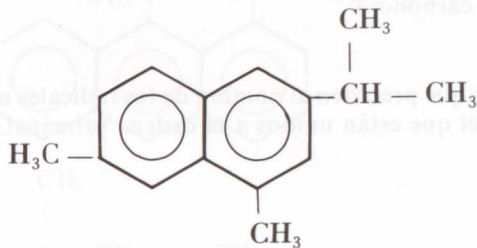
El nombre del hidrocarburo es:

6-(9-Antril)-3-metil-2-(1-naftil)-heptano

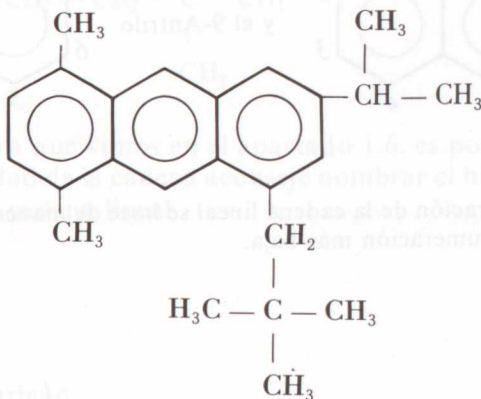
1.7.1. Ejercicios

1.7.1.1. Nombrar los siguientes hidrocarburos:

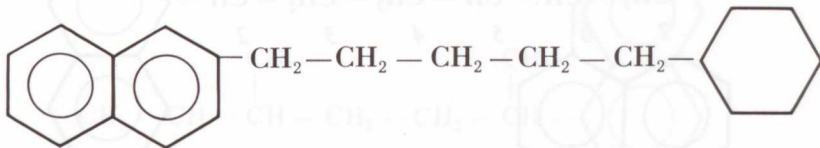
A)



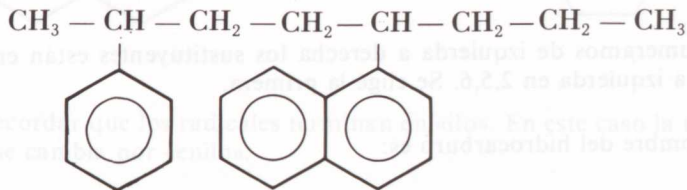
B)



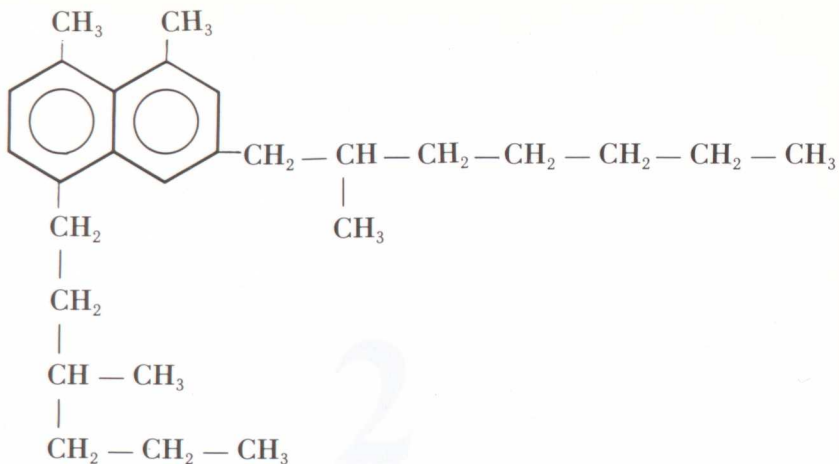
C)



D)



E)



1.7.1.2. Formular los siguientes hidrocarburos

A) 2-Butil-7-isopropilnaftaleno

B) 1-Butil-6,8,10-triisopropilantraceno

C) 4,5-Dimetil-2,6-bis (1,1,2,2-tetrabutil)-naftaleno

D) 3,4-Dibutil-6-isopropilantraceno

E) 6,6-Diciclopentil-4-fenil-5,7,7-trimetil-1-(2-naftil)-octano.

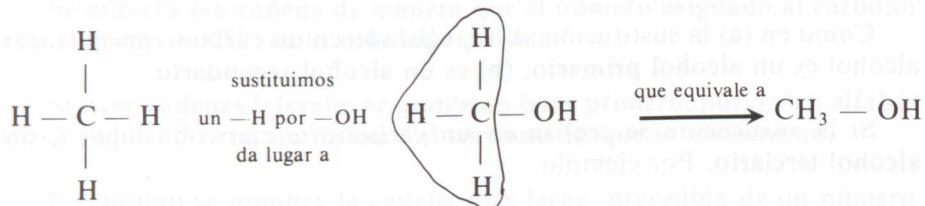
2

FUNCIONES OXIGENADAS

2.1. ALCOHOLES

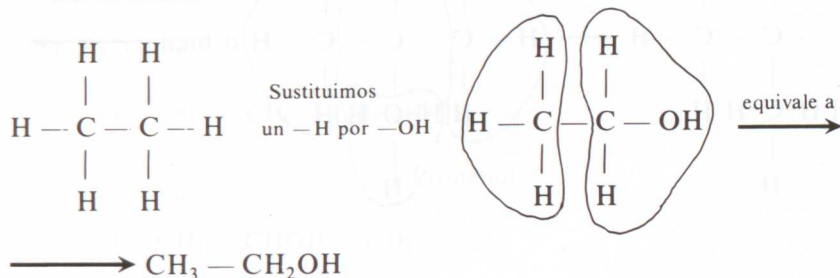
A efectos de formulación los alcoholes pueden considerarse como derivados de los hidrocarburos en los que se ha sustituido uno o varios hidrógenos por grupos —OH . Si se sustituyen varios hidrógenos esta sustitución debe realizarse en carbonos distintos.

Si en el Metano, de fórmula



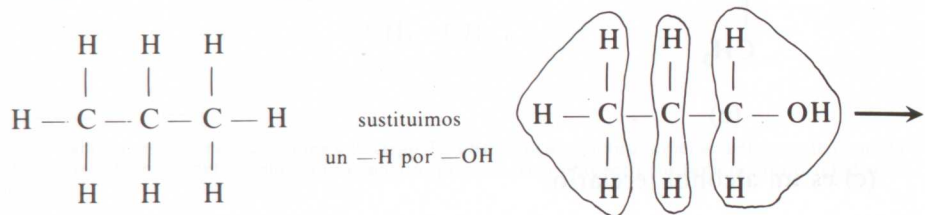
o bien CH_3OH

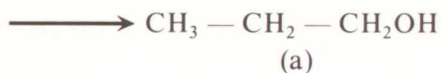
En el Etano



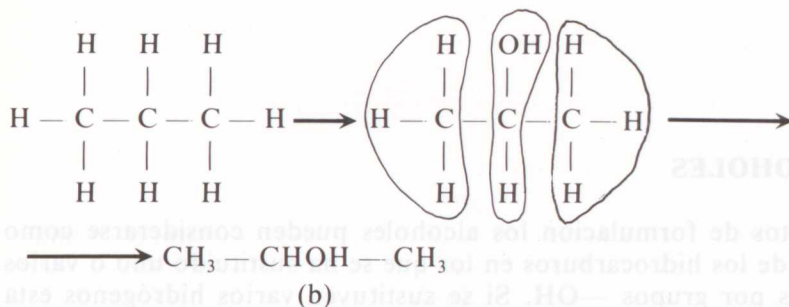
En el propano la sustitución del —H por el —OH puede hacerse:

1) En un carbono primario





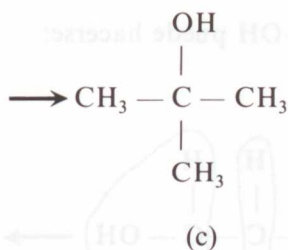
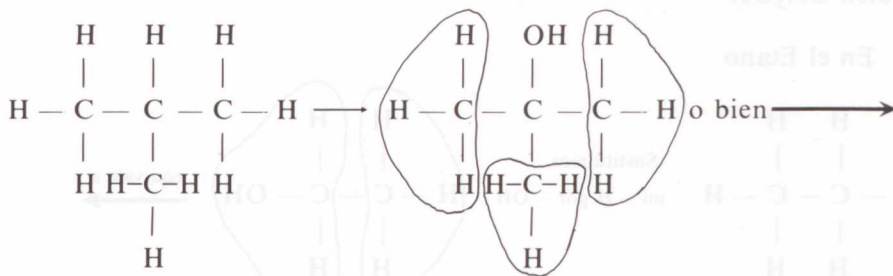
II) En un carbono secundario



(a) y (b) tienen la misma fórmula molecular, ambos $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$, pero distinta colocación del grupo funcional $-\text{OH}$. Son *isómeros*.

Como en (a) la sustitución se ha realizado en un carbono primario, el alcohol es un **alcohol primario**; (b) es un **alcohol secundario**.

Si la sustitución se realiza en un carbono terciario da lugar a un **alcohol terciario**. Por ejemplo:



(c) es un alcohol terciario.

Los alcoholes se nombran igual que el hidrocarburo del que proceden (*) sustituyendo la vocal final por ol. Así:



En la anterior nomenclatura sólo queda especificado el nombre correspondiente a la fórmula molecular del alcohol. Si queremos nombrar la fórmula desarrollada procederemos de la siguiente manera:

Se elige la cadena más larga que contenga el grupo funcional $-\text{OH}$

Se numera esa cadena de manera que el número asignado al carbono con el grupo $-\text{OH}$ sea lo más bajo posible.

Si tiene cadenas laterales se nombran éstas primero, por orden alfabético e indicando con un número el carbono en que se encuentran.

Por último se nombra la cadena más larga, precedida de un número que indica el carbono en que se encuentra el grupo $-\text{OH}$, con la terminación ol.

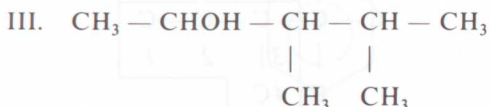
I. Ejemplos



1-Propanol

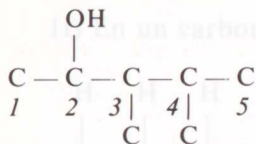


2-Propanol

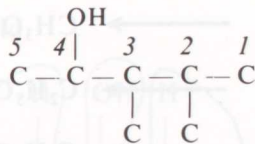


(*) La palabra «proceden» se emplea a lo largo del libro única y exclusivamente a efectos de formulación y no debe entenderse como una reacción química para obtener directamente un producto del otro.

La cadena principal de este alcohol podemos numerarla de las dos formas siguientes:



(a)



(b)

En (a) el grupo funcional —OH se encuentra en el carbono 2 y los radicales en 3 y 4.

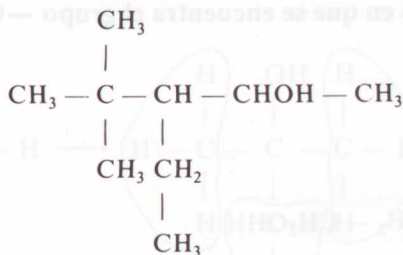
En (b) el —OH está en el 4 y los radicales en 2 y 3.

Ante estas dos posibles numeraciones tiene preferencia la que asigna el número más bajo a la posición del grupo funcional —OH.

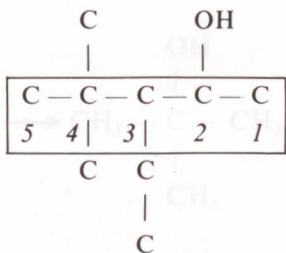
El nombre del alcohol es:

3,4-Dimetil-2-pentanol

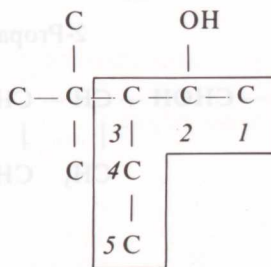
IV.



En este ejemplo las cadenas más largas entre las que contienen el grupo —OH son de 5 carbonos:



(a)



(b)

Veamos cual de ellas es la cadena principal: Tanto en (a) como en (b) el grupo —OH se encuentra en el carbono 2, pero en (a) hay tres radicales mientras que en (b) sólo 1.

La cadena principal es (a) por existir en ella más radicales. (Recuerda que esta regla la aplicamos en hidrocarburos).

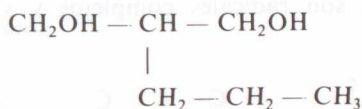
El nombre del alcohol es:

3-Etil-4,4-dimetil-2-pentanol

Es posible que en un mismo compuesto existan dos o más grupos —OH. Para estos casos se emplean los prefijos «di», «tri», delante de la terminación «ol».

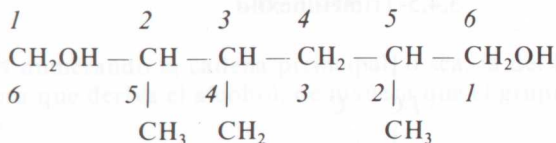
II. Ejemplos

I. Nombrar los compuestos:



2-Propil-1,3-propanodiol

II. Nombrar el siguiente compuesto:

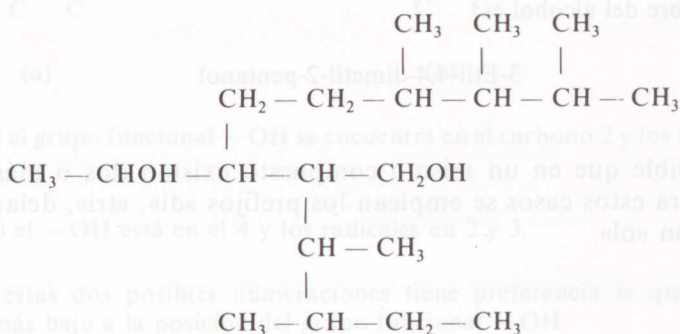


Escogemos las cadenas más largas que tenga los dos grupos —OH. Se numera asignando a los grupos —OH la numeración más baja. Tanto en un sentido como en el otro los grupos —OH están en 1 y 6. Se elige, *aquella que proporcione a las cadenas laterales los números más bajos*. De acuerdo con ésto la numeración se hace de izquierda a derecha.

El nombre del alcohol es:

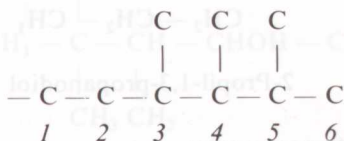
3-Bencil-2,5-dimetil-1,6-hexanodiol

III. Nombrar el alcohol:

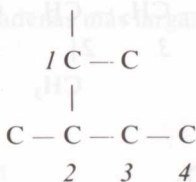


El alcohol tiene dos grupos —OH en una cadena de cinco átomos de carbono. Esta cadena se numera de derecha a izquierda pues de esta manera dichos grupos se encuentran en los carbonos 1,4 mientras que, numeradas de izquierda a derecha, estarían en 2,5.

Las cadenas laterales son radicales complejos y vamos a empezar por nombrarlos.



3,4,5-Trimetilhexilo



1,2-Dimetilbutilo

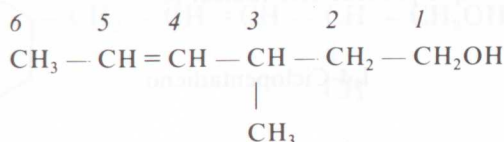
Ordenamos alfabéticamente los nombres de las cadenas laterales. El compuesto es:

2-(1,2-Dimetilbutil)-3-(3,4,5-trimetilhexil)-1,4-pentanodiol

Es posible que el hidrocarburo del que podemos considerar derivado el alcohol tenga *insaturaciones (dobles y triples enlaces)*, **para estos casos tiene preferencia en la numeración más baja el grupo —OH sobre las insaturaciones.**

III. Ejemplos

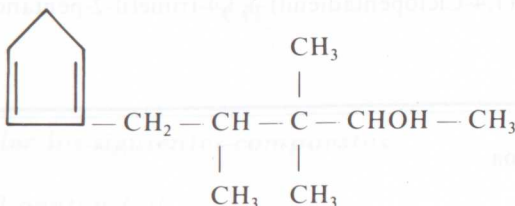
I. Nombrar el siguiente compuesto:



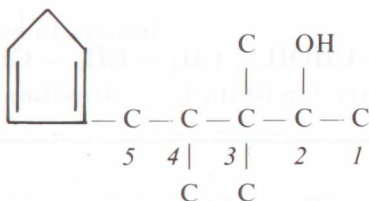
La numeración asigna al grupo —OH el número más bajo. El nombre del compuesto es:

3-Metil-4-hexen-1-ol

II. Nombrar el alcohol:

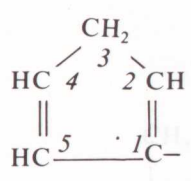


Empezamos numerando la cadena principal, o sea, la del hidrocarburo del cual se considera que deriva el alcohol, de manera que el grupo —OH ocupe el lugar más bajo



La cadena que contiene el grupo —OH tiene cinco carbonos, tres radicales metilo y un radical que corresponde a un ciclo con dobles enlaces.

Vamos a nombrar el ciclo.



Se numera empezando por el carbono unido a la cadena principal. El nombre del hidrocarburo del que procede este radical es:

1,4-Ciclopentadieno

Para nombrar el radical se cambia la terminación «eno» por «enilo»; su nombre es, por tanto:

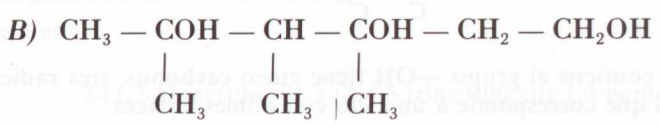
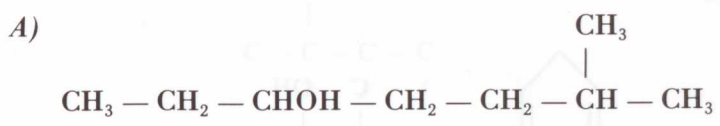
1,4-Ciclopentadienilo

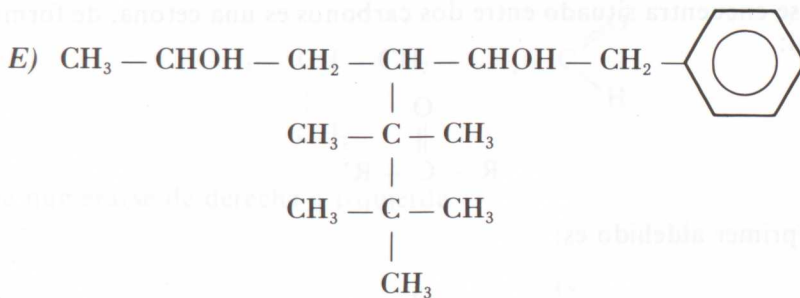
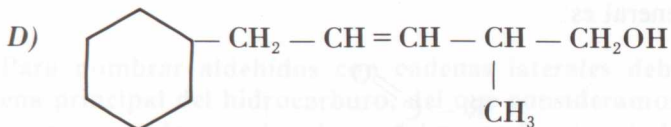
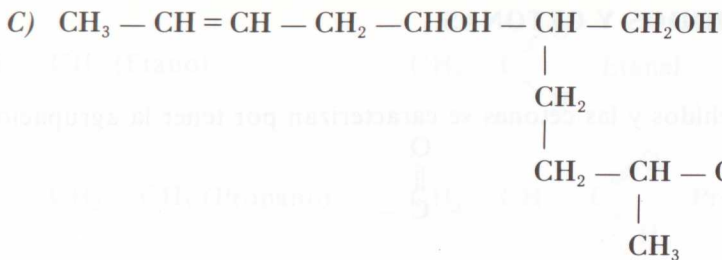
El nombre del alcohol es:

5-(1,4-Ciclopentadienil)-3,3,4-trimetil-2-pentanol

2.1.1. Ejercicios

2.1.1.1. Nombrar los siguientes alcoholes:





2.1.1.2. Formular los siguientes compuestos:

A) 2-Metil-3-penten-1-ol

B) 3,5-Diisopropil-2,4-heptanodiol

C) 4-Ciclobutil-2-metil-1,5-hexanodiol

D) 8-Bencil-3,6-nonadien-2-ol

E) 10-(2,4-Ciclohexadienil)-5,5-dimetil-6-decín-2,4-diol

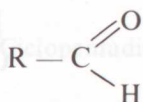
2.2. ALDEHIDOS Y CETONAS

Los aldehídos y las cetonas se caracterizan por tener la agrupación



que recibe el nombre de «grupo carbonilo».

Si el grupo carbonilo está en el extremo de la cadena es un aldehído, cuya fórmula general es:



Si se encuentra situado entre dos carbonos es una cetona, de fórmula general:

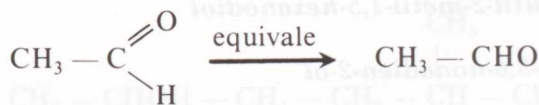


El primer aldehído es:



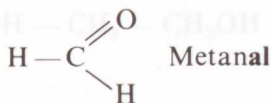
La fórmula equivale a $\text{H} - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}$ o también se suele escribir $\text{H} - \text{CHO}$

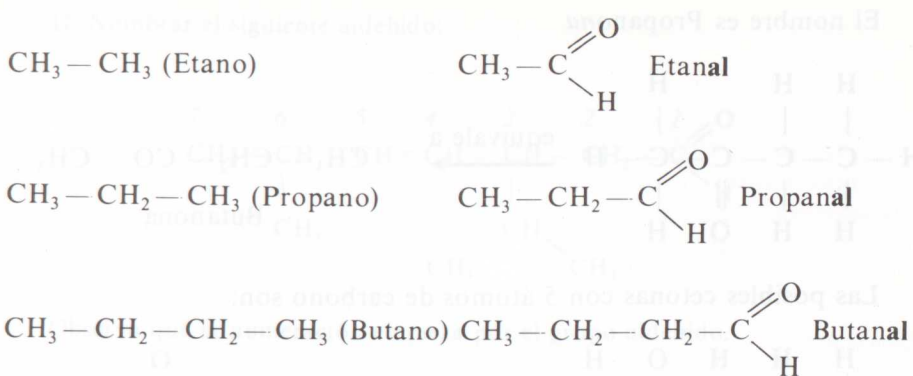
El siguiente aldehído es:



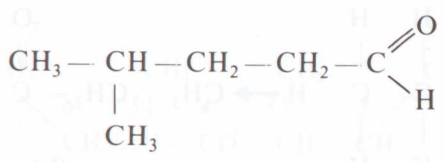
Los aldehídos se nombran igual que el hidrocarburo del que proceden sustituyendo la vocal final por «al». Así:

del CH_4 (Metano)

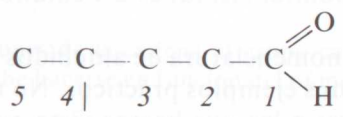




Para nombrar aldehídos con cadenas laterales debe numerarse la cadena principal del hidrocarburo, del que consideramos deriva el aldehído, comenzando por el carbono del grupo funcional. Así, por ejemplo, el aldehído



debe numerarse de derecha a izquierda

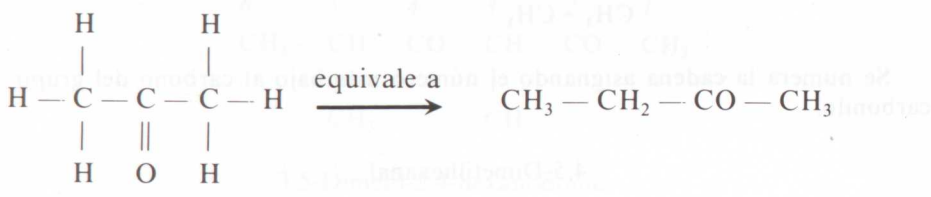


El nombre del aldehído es:

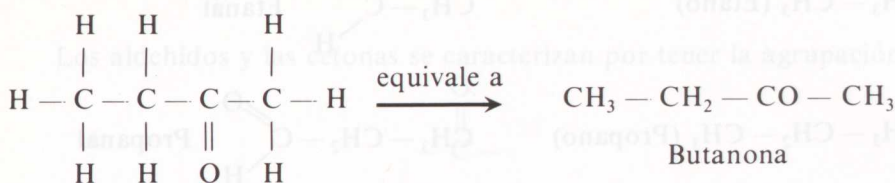
4-Metilpentanal

Las cetonas se nombran igual que el hidrocarburo del que proceden sustituyendo la vocal final por «ona».

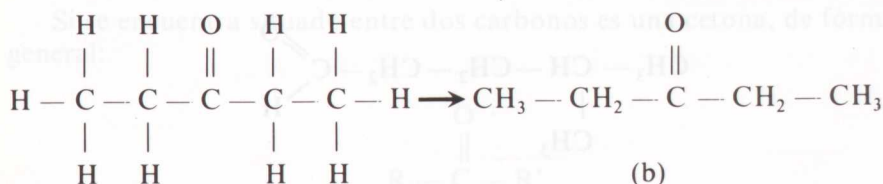
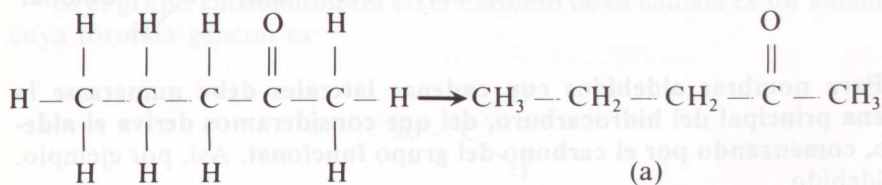
La primera cetona tiene tres átomos de carbono, puesto que el grupo carbonilo ha de estar situado entre dos carbonos de la cadena principal



El nombre es Propanona



Las posibles cetonas con 5 átomos de carbono son:

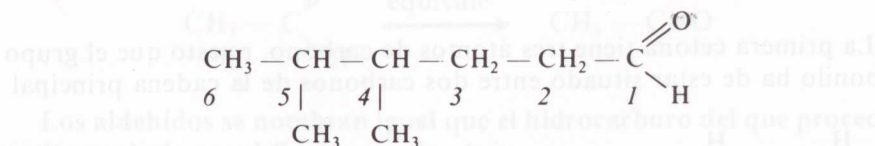


Para diferenciar las cetonas (a) y (b) se indica con un número el lugar que ocupa el grupo carbonilo. Así (a) es 2-Pentanona y (b) 3-Pentanona.

Vamos a estudiar la nomenclatura de aldehídos y cetonas con cadenas ramificadas mediante unos ejemplos prácticos. No necesitamos dar reglas nuevas pues son similares a las que hemos visto en los alcoholes.

I. Ejemplos

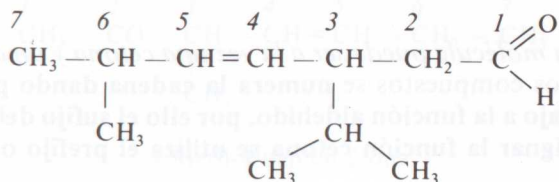
I. Nombrar el siguiente compuesto:



Se numera la cadena asignando el número más bajo al carbono del grupo carbonilo.

4,5-Dimetilhexanal

II. Nombrar el siguiente aldehído:

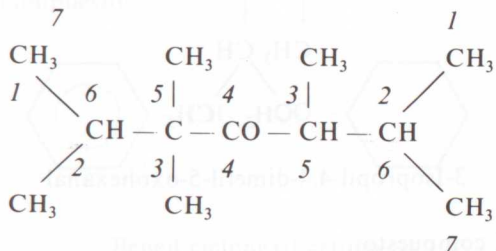


Observa que la numeración empieza por el grupo aldehído.

Los radicales se nombran en orden alfabético.

3-Isopropil-6-metil-4-heptenal

III. Nombrar la siguiente cetona



En las dos numeraciones de la cadena al grupo carbonilo le corresponde el número 4. La elección debe hacerse en función del número más «bajo» asignado a las cadenas laterales.

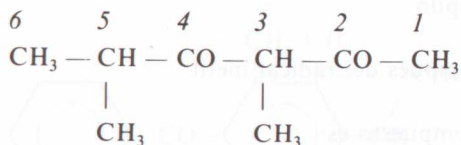
2,3,3,5,6 con la numeración de izquierda a derecha.

2,3,5,5,6 con la numeración de derecha a izquierda.

La numeración es la primera y el nombre:

2,3,3,5,6-Tetrametil-4-heptanona

IV. Nombrar el compuesto:



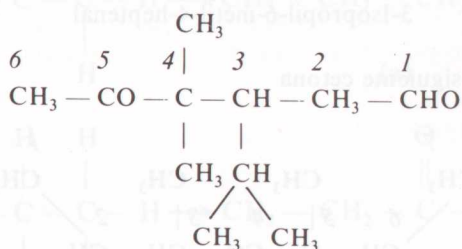
3,5-Dimetil-2,4-hexanodiona

Observa que decimos *diona* para indicar la presencia de las dos funciones cetona.

Una misma molécula puede ser a la vez una cetona y un aldehído. Para nombrar a estos compuestos se **numera la cadena dando preferencia del número más bajo a la función aldehído, por ello el sufijo del compuesto es «al»**. Para designar la función cetona se utiliza el prefijo **oxo**.

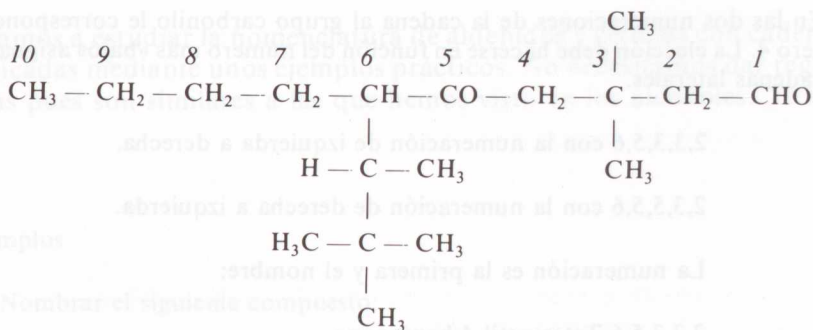
II. Ejemplos

I. Nombrar el compuesto:



3-Isopropil-4,4-dimetil-5-oxohexanal

II. Nombrar el compuesto:



En el carbono seis hay un radical complejo cuyo nombre es

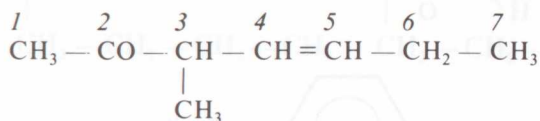
1,2,2-Trimetilpropilo

que se nombra después del radical metil.

El nombre del compuesto es:

3,3-Dimetil-6-(1,2,2-Trimetilpropil)-5-oxodecanal

III. Nombrar el compuesto

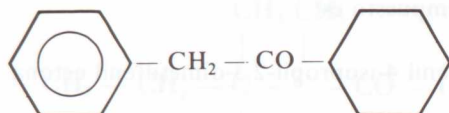


3-Metil-4-hepten-2-ona

En algunos casos no es posible nombrar una cetona con la nomenclatura empleada. En estos casos se nombran los radicales que van unidos al grupo carbonilo por orden alfabético y a continuación la palabra cetona.

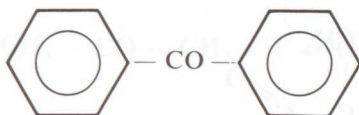
III. Ejemplos

I. Nombrar el compuesto:



Bencil ciclohexil cetona

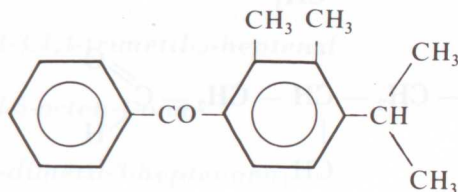
II. Nombrar el compuesto:



Difenil cetona (se admite el nombre de benzofenona)

Veamos un ejemplo en el que aparece un radical algo más complicado.

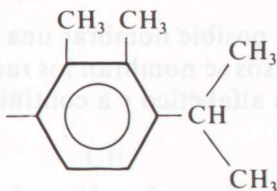
III. Nombrar el compuesto:



El grupo carbonilo —C— está unido a dos radicales:



Fenilo



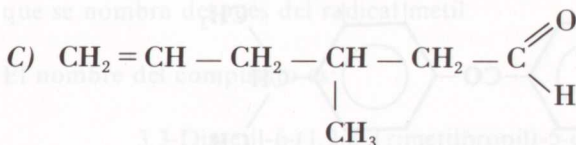
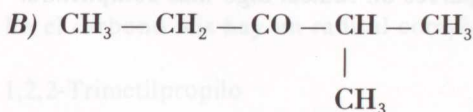
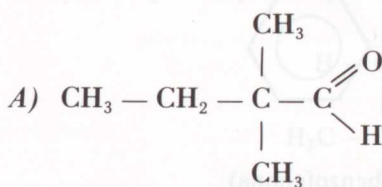
4-Isopropil-2,3-dimetilfenilo

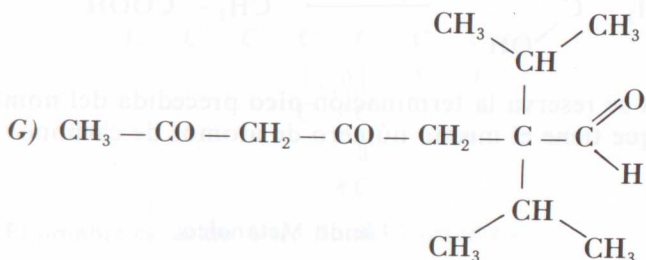
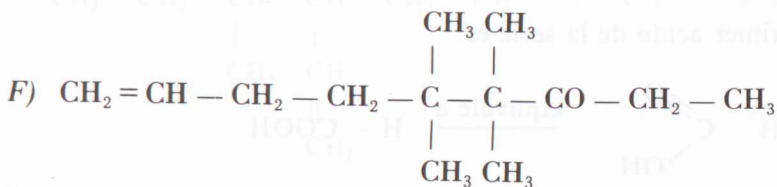
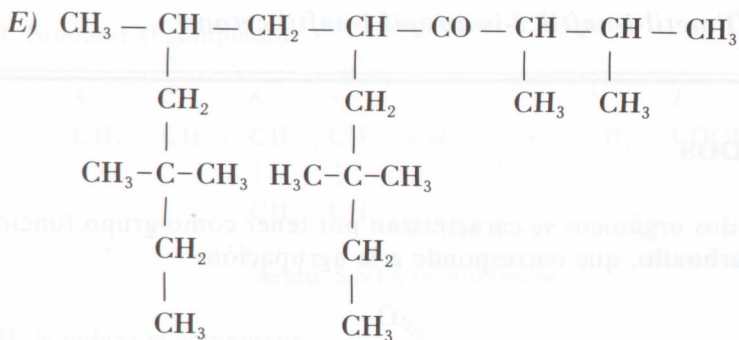
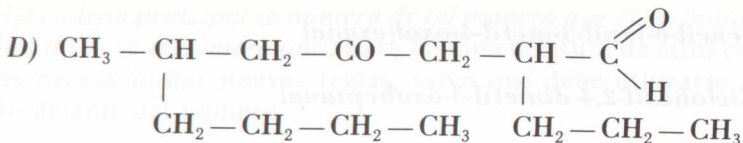
El nombre del compuesto es:

Fenil 4-isopropil-2,3-dimetilfenil cetona

2.2.1. Ejercicios

2.2.1.1. Nombrar los siguientes compuestos:





2.2.1.2. Formular los siguientes compuestos:

- 3,4,5-Trimetilhexanal
- 6,6-Dimetil-4-propil-3-heptanona
- 2-Isopropil-3,4,4-trimetil-5-heptenal
- 3-Isopentil-5-octen-4-ona
- 1-Fenil-2,4-dimetil-3-heptanona

F) 2-Bencil-6-fenil-3-metil-4-oxohexanal

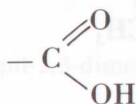
G) 6-Ciclohexil-2,4-dimetil-3-oxoheptanal

H) 1,5-Difenil-2-pentanona

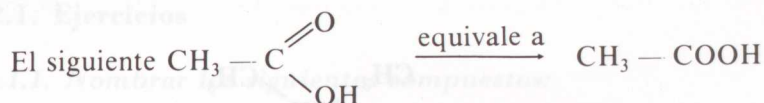
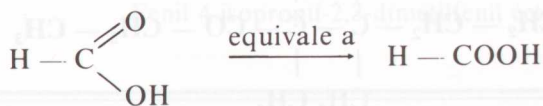
I) 3,4-Dimetil-1-naftil 3-isopropil-1-naftil cetona

2.3. ACIDOS

Los ácidos orgánicos se caracterizan por tener como grupo funcional el grupo **carboxilo**, que corresponde a la agrupación



El primer ácido de la serie es:



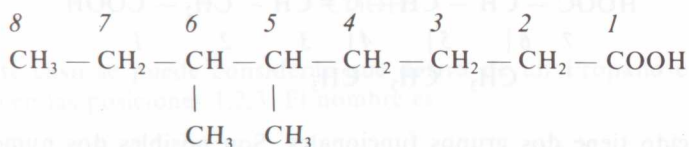
Para los ácidos se reserva la terminación **oico** precedida del nombre del hidrocarburo que tiene el mismo número de átomos de carbono:



La cadena principal se numera de tal manera que el carbono del grupo carboxilo lleve el número uno. Para la nomenclatura de estos compuestos no es necesario dar nuevas reglas, salvo que debe utilizarse la palabra ácido delante del nombre.

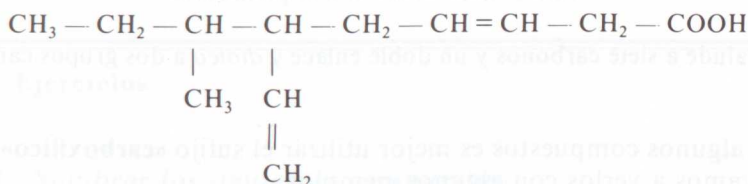
I. Ejemplos

I. Nombrar el compuesto:

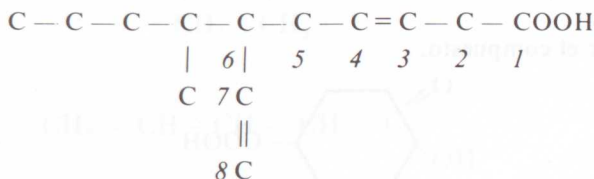


ácido 5,6-Dimetiloctanoico

II. Nombrar el compuesto



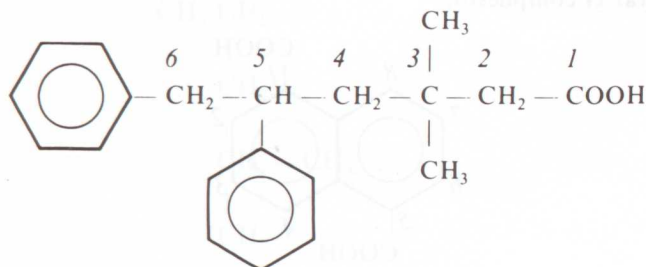
Numeramos la cadena a partir del grupo carboxilo *incluyendo en tal numeración las insaturaciones*.



El nombre es: ácido 6-sec-Butil-3,7-octadienoico

Observa que *dien* alude a dos dobles enlaces.

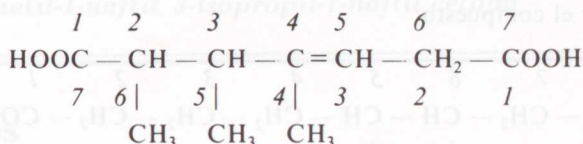
III. Nombrar el compuesto.



Los radicales fenilo se nombran antes que los metilo (recuerda que se sigue el orden alfabético)

ácido 5,6-Difenil-3,3-dimetilhexanoico

IV. Nombrar el compuesto



Este ácido tiene dos grupos funcionales. Son posibles dos numeraciones. Tanto una como otra dan a los grupos carboxilo los números 1 y 7, pero la numeración de tu derecha a tu izquierda da un número más bajo a la posición del doble enlace. Por esta razón se elige la de derecha a izquierda.

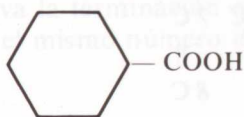
ácido 4,5,6-Trimetil-3-heptendioico

hepten alude a siete carbonos y un doble enlace y *dioico* a dos grupos carboxilo.

En algunos compuestos es mejor utilizar el sufijo «**carboxílico**». Estos casos vamos a verlos con algunos ejemplos.

II. Ejemplos

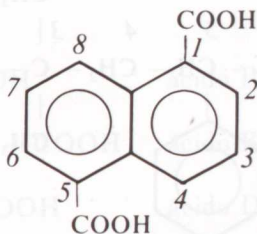
I. Nombrar el compuesto:



Observa que el grupo carboxilo está unido a un ciclohexano. El nombre es:

ácido Ciclohexanocarboxílico

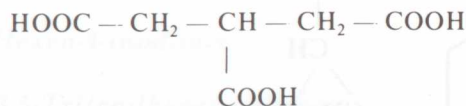
II. Nombrar el compuesto:



Vemos que se trata de un naftaleno con dos grupos carboxilos. El nombre es:

ácido 1,5-Naftalenodicarboxílico

III. Nombrar el ácido:



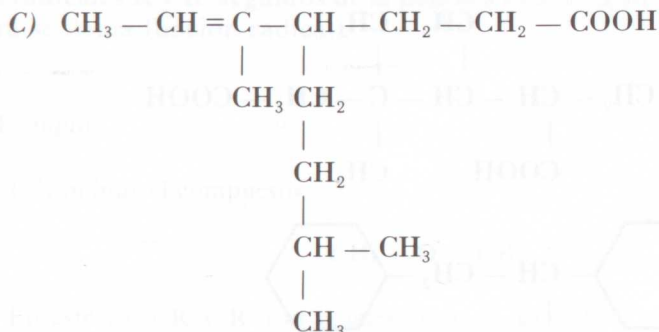
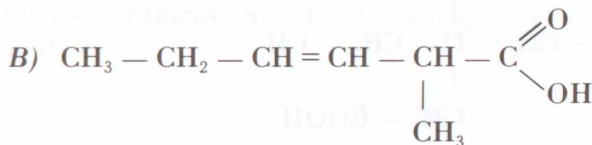
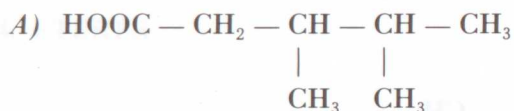
En este caso se puede considerar que deriva de un Propano con grupos carboxilo en las posiciones 1,2,3. El nombre es:

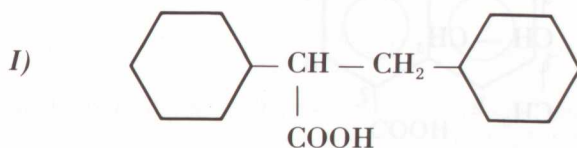
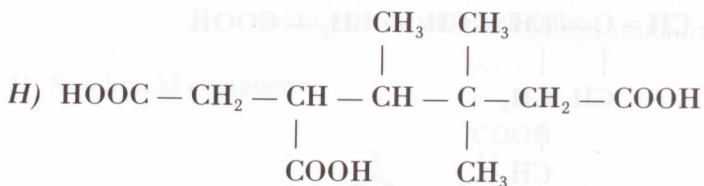
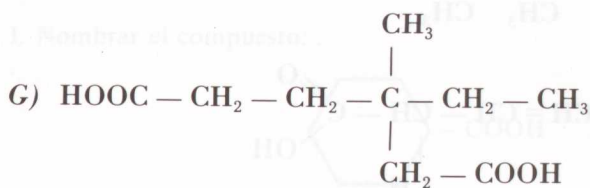
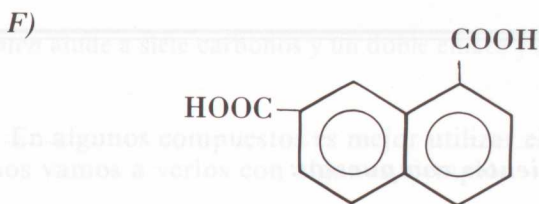
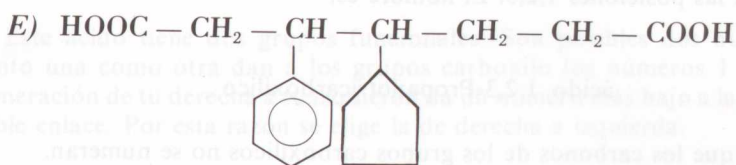
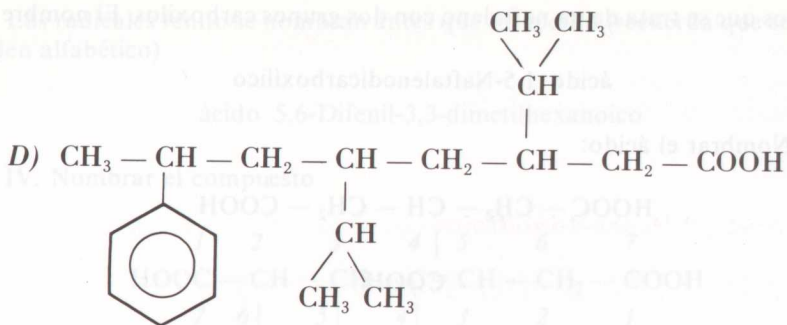
ácido 1,2,3-Propanotricarboxílico

Observa que los carbonos de los grupos carboxílicos no se numeran.

2.3.1. Ejercicios

2.3.1.1. Nombrar los siguientes compuestos:





2.3.1.2. Formular los siguientes compuestos:

- A) ácido 3-Hexenoico
- B) ácido Heptanodioico
- C) ácido 2-Hexen-4-inoico
- D) ácido 2,3,5-Trifenilheptanodioico
- E) ácido 5-Ciclohexil-4,4-dimetilpentanoico
- F) ácido 2-(2,4-Ciclopentadienil)-2,3,5-trimetilhexanodioico
- G) ácido 5-Hidroxi-2,2-dimetilhexanoico
- H) ácido 4-(1,1,2-Trimetilpentil)-3-oxoheptanodioico
- I) ácido 3,4-Dimetil-1,2,6-hexanotricarboxílico
- J) ácido 3,4-Diisopropil-1,7-naftalenodicarboxílico

2.4. ETERES

Los éteres son compuestos en los que un oxígeno está unido a dos radicales orgánicos. Si éstos los designamos con las letras R y R' la fórmula es:



La nomenclatura de estos compuestos se hace citando **los nombres de los radicales R y R' seguidos de la palabra «éter»**. (Este tipo de nomenclatura se llama función radical).

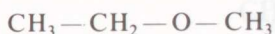
I. Ejemplos

I. Nombrar el compuesto:



En este caso R y R' son iguales entre sí. El radical repetido es el metilo —CH₃. El nombre es: Dimetil éter

II. Nombrar el compuesto:

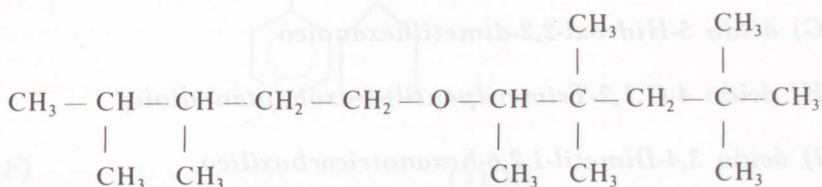


Los radicales unidos al oxígeno son el metilo y el etilo. El nombre del compuesto es:

Etil metil éter

Observa que se nombra antes el radical etilo que el metilo debido a la preferencia en el orden alfabético de la letra inicial del radical, «e» antes que «m».

III. Nombrar el compuesto:



En este ejemplo los dos radicales son complejos. El de la izquierda es 3,4-Dimetilpentilo y el de la derecha 1,2,2,4,4-Pentametilpentilo.

El nombre del éter es:

(3,4-Dimetilpentil) (2,3,3,4,4-Pentametilpentil) éter

Se nombra primero el radical de la izquierda por ser su letra inicial la «d» que precede a la «p» del radical de la derecha en el orden alfabético.

La IUPAC admite también como nomenclatura de los éteres $\text{R} - \text{O} - \text{R}'$ (R distinto de R'), nombrar el radical $\text{R} - \text{O} -$ como prefijo del nombre del hidrocarburo correspondiente al segundo radical $- \text{R}'$.

Los radicales $\text{R} - \text{O} -$ se nombran añadiendo el término «oxi» como sufijo del nombre del radical $- \text{R}$. Veamos unos ejemplos de nomenclatura de estos radicales:



por tanto el radical



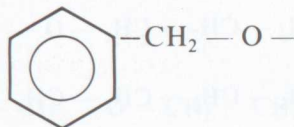
es pentilo + «oxi» **Pentiloxi**



el radical — R, es el isopentilo (mira la tabla II), luego el nombre del radical es:

isopentilo + «oxi» → **Isopentiloxi**

Para el radical



el nombre es Bencilo + «oxi» → **Benciloxi**

Hacen excepción a esta regla:



Metilo + «oxi»

Metiloxi, se nombra **Metoxi**



Etilo + «oxi»

Etiloxi se nombra **Etoxi**



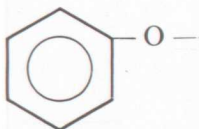
Propilo + «oxi»

Propiloxi se nombra **Propoxi**



Butilo + «oxi»

Butiloxi, se nombra **Butoxi**



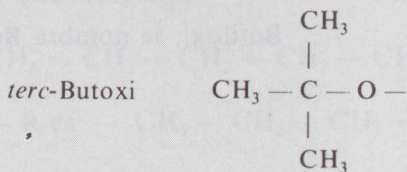
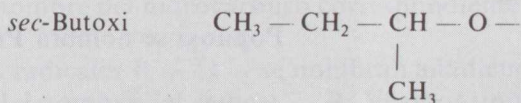
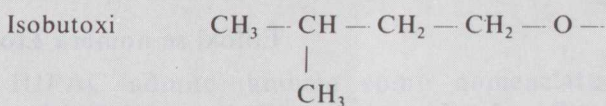
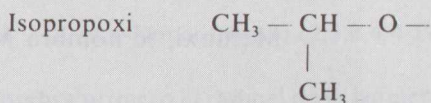
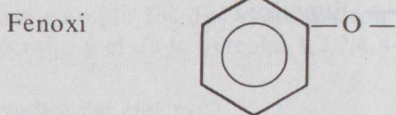
Fenilo + «oxi»

Feniloxi se nombra **Fenoxi**

Estas excepciones a la regla, junto con otras, están agrupadas en la tabla V. No intentes aprender de memoria esta tabla, la tienes en el libro y en el resumen que acompaña a esta guía de formulación; cuando sea necesario consúltala.

TABLA V

| | |
|---------|--|
| Metoxi | $\text{CH}_3 - \text{O} -$ |
| Etoxi | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} -$ |
| Propoxi | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} -$ |
| Butoxi | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} -$ |



Sabiendo nombrar los radicales $R - O -$ podemos nombrar los éteres.

II. Ejemplos

I. Nombrar:



$\text{CH}_3 - \text{O} -$ es el radical Metoxi

$-\text{CH}_2 - \text{CH}_3$ es el radical metilo derivado del hidrocarburo C_2H_6 (Etano).

El nombre del éter es Metoxietano (*)

II. Nombrar:



$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} -$ es el radical Etoxi

$-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ es el radical Propilo derivado del hidrocarburo Propano

El nombre es: 1-Etoxipropano

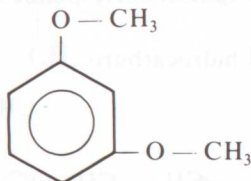
El 1 indica el lugar del hidrocarburo donde está sustituido el radical Etoxi.

III. Nombrar:



el nombre es Etoxietileno o Etoxieleno

IV. Nombrar el éter:

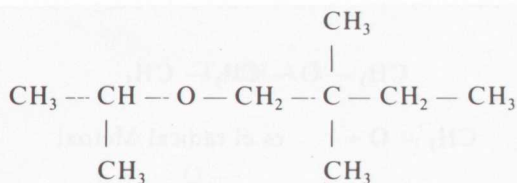


(*) No se nombra Etoximetano puesto que se elige como radical el más sencillo de los dos posibles.

Existen dos radicales —O—CH_3 unidos a un benceno en las posiciones 1 y 3.
El nombre es:

1,3-Dimetoxibenceno.

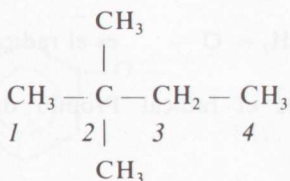
V. Nombrar el éter:



El radical $\text{CH}_3\text{—CH—O—}$ es Isopropoxi



y el hidrocarburo



2,2-Dimetilbutano

Por tanto el nombre del éter es:

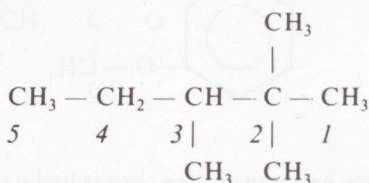
1-Isopropoxi-2,2-dimetilbutano

El 1 inicial indica la situación del radical Isopropoxi en el hidrocarburo.

VI. Formular el éter 4-Isopropoxi-2,2,3-trimetilpentano.

El radical en el que hay que sustituir es en un pentano que tiene tres metilos.
El lugar donde se sustituye el radical corresponde al carbono cuatro.

Se empieza por escribir el hidrocarburo

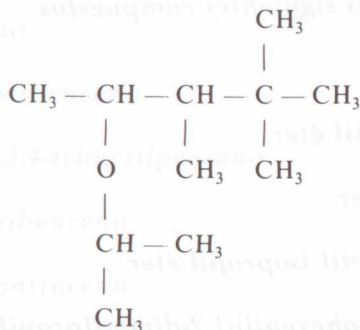


2,2,3-Trimetilpentano

El radical Isopropoxi $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{O} -$ hemos de colocarlo en el carbono

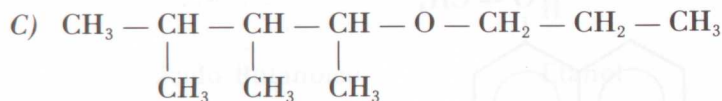
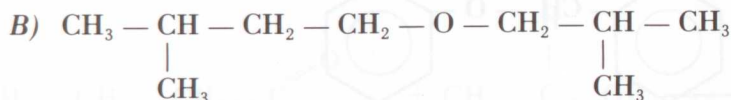
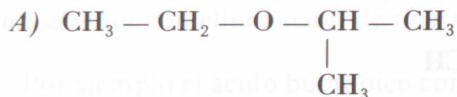


número cuatro del hidrocarburo

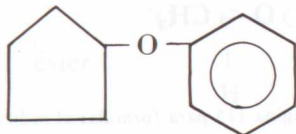


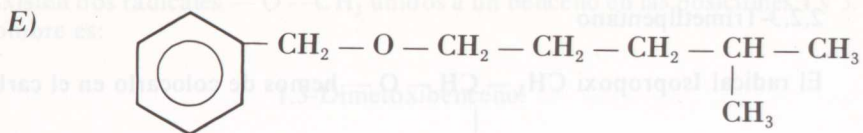
2.4.1. Ejercicios

2.4.1.1. Nombrar, empleando la nomenclatura función radical, los siguientes éteres:



D)

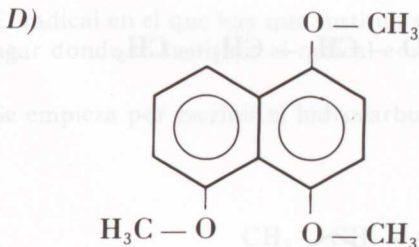
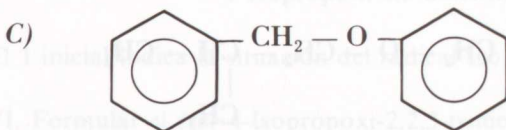
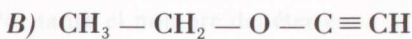
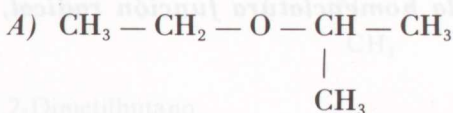




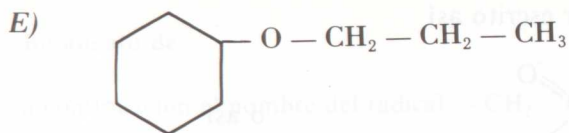
2.4.1.2. Formular los siguientes compuestos

- A) Dipropil éter
- B) Isopropil metil éter
- C) Bencil etil éter
- D) 2-Ciclopentiletil isopropil éter
- E) Butil 3-(2-ciclohexenil)-1,2-dimetilpropil éter (*)

2.4.1.3. Nombrar con la nomenclatura de radicales «oxi» los siguientes éteres:



(*) Consulta el ejemplo II de la página 115 para formular el radical del paréntesis.



2.4.1.4. Formular los siguientes éteres:

A) Propoxietileno

B) 1,3,5-Trimetoxibenceno

C) 1-Isobutoxi-2,3,4-trimetilpentano

D) Ciclopentiloxibenceno

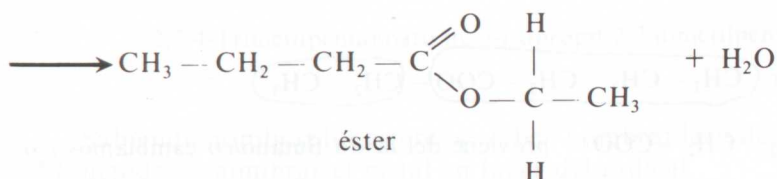
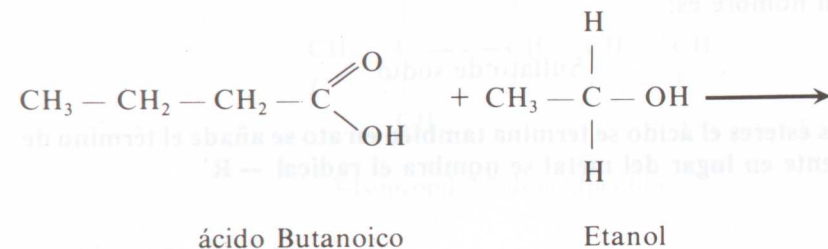
E) 2,3-Dimetoxiantraceno

F) 2-Propoxi-3-ciclopentilpentano

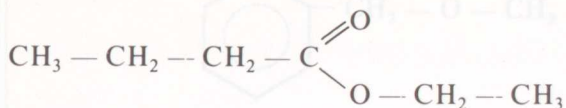
2.5. ESTERES Y SALES

Los **ésteres** son compuestos que resultan de la reacción entre *un ácido* y *un alcohol* con eliminación de una molécula de agua.

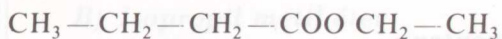
Por ejemplo el ácido butanoico con el etanol reacciona dando lugar al éster correspondiente y agua:



El éster lo puedes ver escrito así



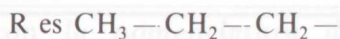
o así



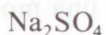
La fórmula general de los ésteres se puede escribir



en el ejemplo que se ha puesto



Para nombrar los ésteres debes recordar cómo se nombran las sales en inorgánica. Por ejemplo:



Esta sal procede del ácido sulfúrico. Para nombrarla, se cambia la terminación **ico** por **ato** luego se describe **de** y finalmente el nombre del **metal**. Su nombre es:

Sulfato de sodio

En los ésteres el ácido se termina también en **ato** se añade el término **de** y finalmente en lugar del metal se nombra el radical **- R'**

I. Ejemplos



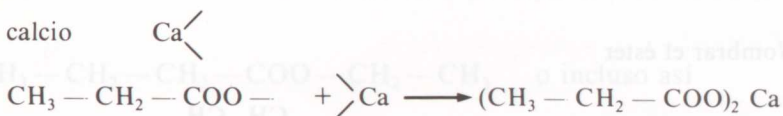
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COO} -$ proviene del ácido Butanoico cambiamos *ico* por *ato*,

II. Ejemplos

I. Formular Propanoato de calcio.

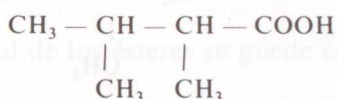


calcio

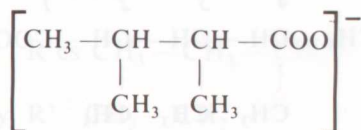


II. Formular 2,3-Dimetilbutanoato de aluminio

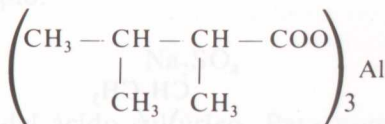
El ácido es el 2,3-Dimetilbutanoico



El aluminio tiene de valencia 3 por tanto se necesitan tres grupos.



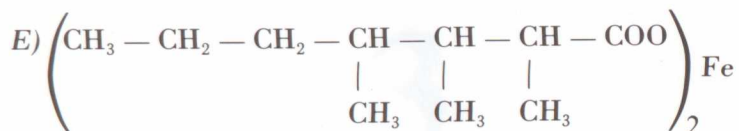
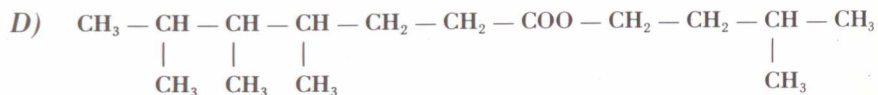
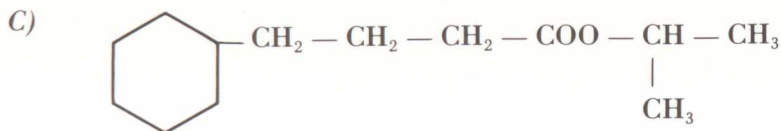
para satisfacer la valencia 3 del aluminio



2.5.1. Ejercicios

2.5.1.1. Nombrar los siguientes compuestos:





2.5.1.2. Formular los siguientes compuestos

A) Acetato de isopentilo

B) 2,2,3,4-Trimetilpentanoato de *terc*-butilo

C) 3-Fenilpropanoato de 3-fenilpropano

D) Ciclopentanocarboxilato de calcio

E) 3-Hexenoato de níquel (II)

3.1. AMINAS

3

Son compuestos de carbono, hidrógeno y nitrógeno. Vamos a distinguir tres clases de aminas: primarias, secundarias y terciarias.

Aminas primarias:

Si en la fórmula del amoníaco

FUNCIONES NITROGENADAS

consideramos el hidrógeno que está unido por el radical de hidrocarburo, R, tendremos la fórmula de una amina primaria



Un ejemplo de amina primaria es



Otra forma de escribir esta misma amina es



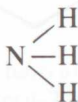
y visto así, puede considerarse como el resultado de sustituir por un hidrocarburo (el etano) uno de sus hidrógenos por un grupo $-\text{NH}_2$ (grupo funcional).

3.1. AMINAS

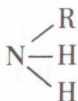
Son compuestos de carbono, hidrógeno y nitrógeno. Vamos a distinguir tres clases de aminas: **primarias**, **secundarias** y **terciarias**.

Aminas primarias:

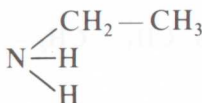
Si en la fórmula del amoniaco:



consideramos que uno de sus átomos de hidrógeno ha sido sustituido por un radical de hidrocarburo, R, tendremos la fórmula de una amina primaria.



Un ejemplo de amina primaria es:



Otra forma de escribir esta misma amina es:



y vista así, puede considerarse como el resultado de sustituir en un hidrocarburo (el etano) uno de sus hidrógenos por un grupo $-\text{NH}_2$ (grupo funcional).

Para designar esta amina podemos utilizar dos nombres:

- a) **El nombre del hidrocarburo del que procede sin la o y terminado en - amina:**



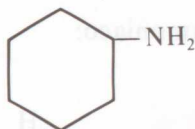
- b) **El nombre del radical sin la o y la misma terminación amina.**



A continuación estudiaremos otros ejemplos que nos irán familiarizando con la nomenclatura de las aminas primarias:

I. Ejemplos

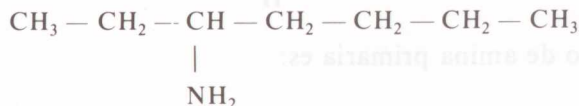
- I. Nombrar el compuesto:



- a) Ciclohexano + «amina» → Ciclohexanamina

- b) Ciclohexilamina

- II. Nombrar el compuesto:



- a) El hidrocarburo es $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$, heptano.

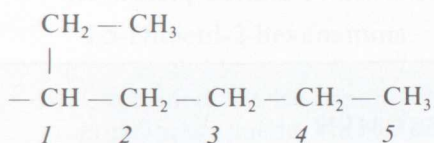
La amina es:



Pero hay que anteponer un número que indique en qué carbono está el grupo NH_2 . El nombre completo es:

3-Heptanamina.

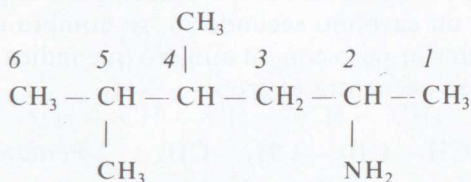
b) Nombremos en primer lugar el radical:



1-Etilpentilo

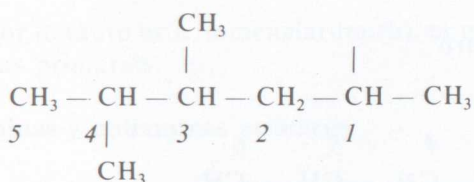
El nombre de la amina es: 1-Etilpentilamina

III. Nombrar el compuesto



a) Si asignamos el número más bajo al carbono que contiene el grupo —NH_2 , el nombre de la amina es: 4,5-Dimetil-2-hexanamina.

b) El nombre del radical es:



1,3,4-Trimetilpentilo

y el nombre de la amina:

1,3,4-Trimetilpentilamina.

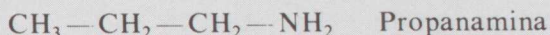
Según la IUPAC es *preferible utilizar*, en ejemplos como los señalados, *la nomenclatura designada con b)* y particularmente ésto se manifiesta de forma clara en el ejemplo III, porque el nombre del hidrocarburo del que procede difiere del nombre de la amina, ya que en ésta la numeración debe cambiar para asignar el número más bajo al carbono que tiene el grupo —NH_2 .

Con lo que hemos visto en los ejemplos anteriores podemos hacer el siguiente resumen para la nomenclatura de aminas primarias.

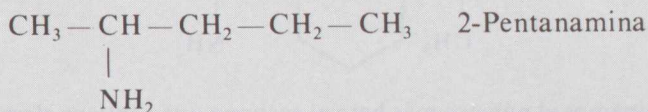
a) El nombre del hidrocarburo del que procede, más el terminado en amina.

RESUMEN

- a) Si la amina se puede considerar procedente de un hidrocarburo de cadena lineal, y el grupo —NH_2 está sustituido en un carbono primario, su nombre es el mismo del hidrocarburo cambiando la vocal final **o** por la terminación **amina**.

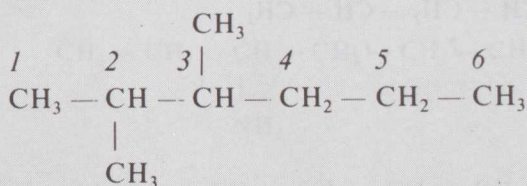


— Si el hidrocarburo es lineal, pero el grupo NH_2 está en un carbono secundario, se nombra como en el caso anterior pero con un número que indica el carbono en que se encuentra el grupo —NH_2 .



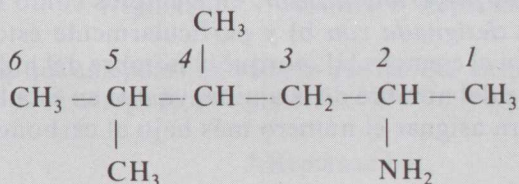
— Si el hidrocarburo tiene su cadena ramificada puede suceder que los sustituyentes cambien de numeración al tener en cuenta el grupo —NH_2 :

Ej.: Del hidrocarburo



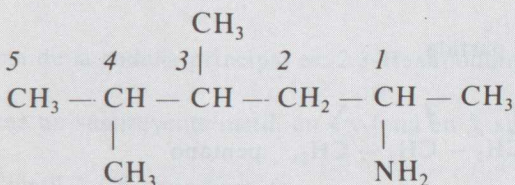
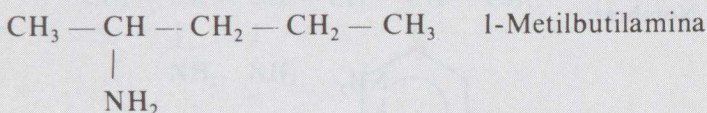
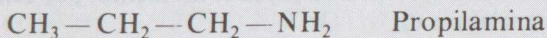
2,3-Dimetilhexano.

una de las aminas que proceden puede ser:



4,5-Dimetil-2-hexanamina.

- b) Cualquiera de las aminas citadas en los tres ejemplos anteriores, puede nombrarse añadiendo la terminación -amina al nombre del radical del cual procede sin la letra o:



1,3,4-Trimetilpentilamina.

Por lo tanto esta nomenclatura (b), es preferida a la anterior (a) en las aminas primarias.

Diaminas y poliaminas primarias

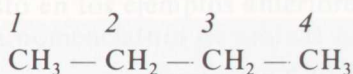
Son aquellos compuestos en los que aparecen dos o más grupos $-\text{NH}_2$

En esta guía práctica de formulación nos hemos limitado a estudiar los radicales monovalentes y por eso no es posible nombrar este tipo de aminas por sus radicales (b), sino mediante los hidrocarburos de los que derivan (a). A continuación expondremos algunos casos sencillos.

II. Ejemplos

I. Nombrar $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$

a) El hidrocarburo es:

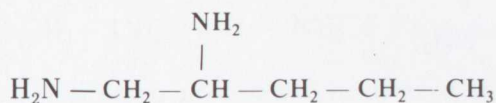


butano

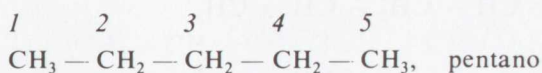
y el nombre 1,4-Butanodiamina

- b) En este caso el radical es $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ que es un radical divalente que no hemos estudiado hasta el momento, por tanto sólo utilizamos la nomenclatura a).

II. Nombrar:



a) hidrocarburo de partida

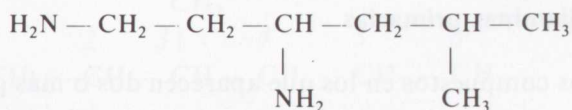


El nombre de la amina es:

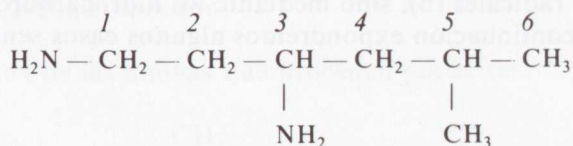
1,2-Pentanodiamina.

En este caso y con los conocimientos expuestos en este manual no podemos aplicar el método b)

III. Nombrar:



- La cadena principal es de seis carbonos (hexano).



- En los carbonos 1 y 3 hay sendos grupos $-\text{NH}_2$. La diamina de la cadena principal es:

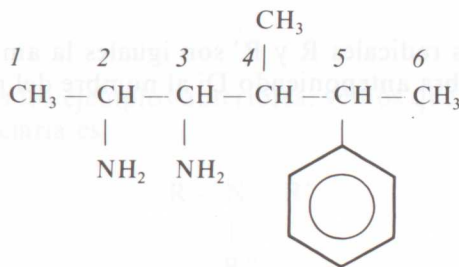
1,3-Hexanodiamina

- Como esta poliamina lleva un sustituyente metilo en el carbono 5

Su nombre completo es:

5-Metil-1,3-hexanodiamina

IV. Nombrar:



- La diamina de la cadena principal es: 2,3-Hexanodiamina.
- Como tiene un sustituyente metil, en 4 y fenil en 5, su nombre completo es:
5-Fenil-4-metil-2,3-hexanodiamina.

Aminas secundarias

La fórmula de una amina secundaria resulta de sustituir en la primaria uno de los átomos de hidrógeno de su grupo funcional $-\text{NH}_2$, por un radical hidrocarburo $-\text{R}'$:



Se nombra como derivada de la amina primaria de la que procede poniendo la letra *N* y el nombre del radical, ($-\text{R}'$), antes del de la amina primaria. ($\text{R} - \text{NH}_2$).

La amina primaria de origen es aquella que presenta la cadena más larga.

III. Ejemplo:

Nombrar la amina: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{CH}_3$

- La amina primaria de origen es la Etilamina

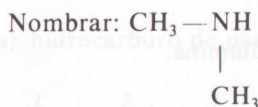


- El radical R' es el metilo $-\text{CH}_3$
- El nombre de la amina es: N-Metiletilamina

Cuando los dos radicales R y R' son iguales la amina secundaria es simétrica y se nombra anteponiendo Di al nombre del radical terminado en amina.



IV. Ejemplo

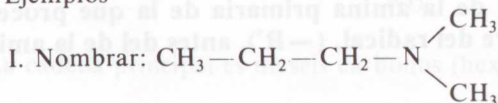


Como tiene dos radicales el nombre es: Dimetilamina.

Aminas terciarias

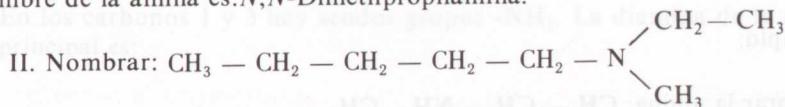
Las aminas terciarias se pueden considerar, en general, como **productos de N sustitución de una amina primaria**, eligiendo como tal aquella que tenga la cadena más larga.

V. Ejemplos



La amina primaria es $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ ya que se elige la cadena más larga, su nombre: Propilamina.

Los sustituyentes en el nitrógeno del grupo $-\text{NH}_2$ son dos grupos metilo y el nombre de la amina es: N,N-Dimetilpropilamina.

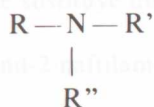


La amina primaria es $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ y su nombre Pentilamina.

Los sustituyentes en el $-\text{NH}_2$ son un metilo y un etilo, el orden de nombrarlos debe ser el alfabético.

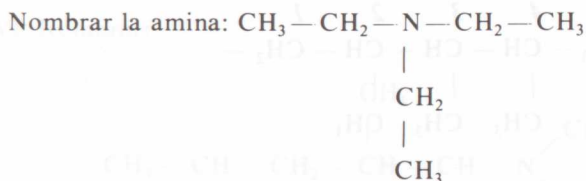
El nombre de la amina es: *N*-Etil-*N*-metilpentilamina.

Si observamos los ejemplos anteriores, vemos que la fórmula general de una amina terciaria es:



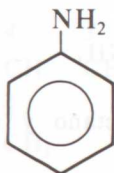
Las aminas terciarias que tienen los tres radicales R, R' y R'' iguales (simétricas) se nombran poniendo el prefijo *-tri* al radical.

VI. Ejemplo



Como los tres radicales son etilos el nombre de la amina es: Trietilamina.

Existe una amina que tiene un nombre especial que debe ser retenido de memoria

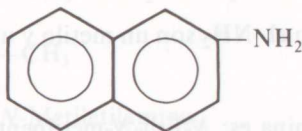


anilina

Vamos a realizar algunos ejemplos más, para practicar la formulación y nomenclatura de las aminas.

VII. Ejemplos

I. Nombrar

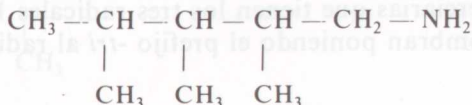


El radical es

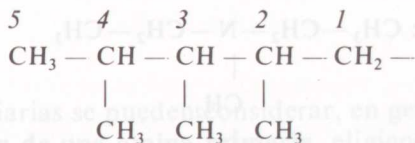


y el nombre 2-Naftilamina

II. Nombrar:



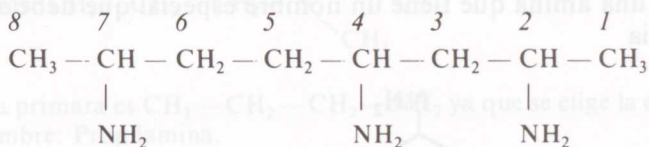
El radical complejo es:



2,3,4-Trimetilpentilo

el nombre de la amina: 2,3,4-Trimetilpentilamina

III. Nombrar:



El hidrocarburo de partida es el octano y el nombre de la amina 2,4,7-Octanotriamina.

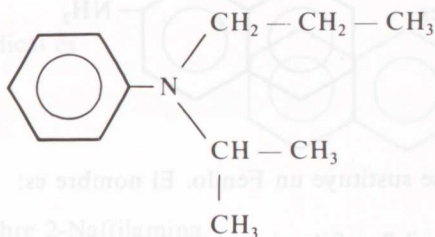
Fíjate que el octano lo hemos numerado de derecha a izquierda ya que son más «bajos» los números que si numeramos de izquierda a derecha que sería 2,5,7.

Los sustituyentes en $-\text{NH}_2$ son metil y etil.

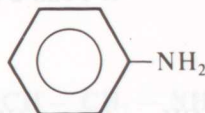
El nombre de la amina es:

N-Etil-*N*-metil-1-isopropil-2,4-dimetilpentilamina

VII. Nombrar:



La amina primaria es la anilina

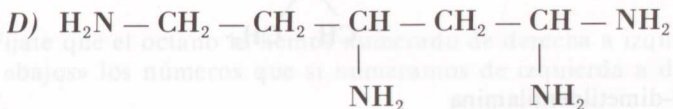
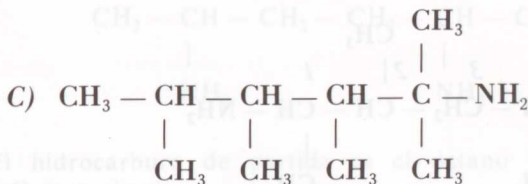
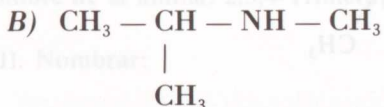
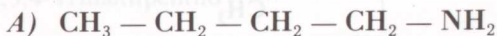


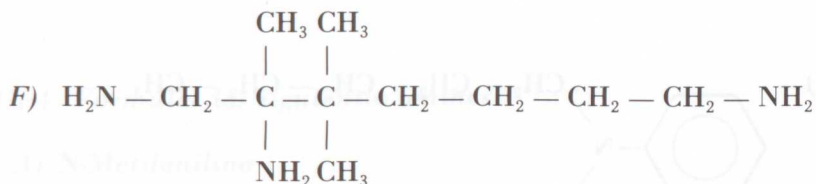
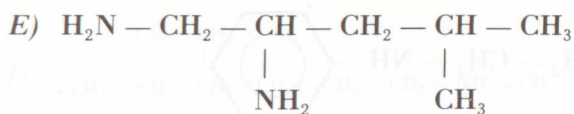
El nombre de la amina propuesta es:

N-Isopropil-*N*-propilanilina

3.1.1. Ejercicios

3.1.1.1. Nombrar las siguientes aminas:





3.1.1.2. Formular los siguientes compuestos:

A) Isohexilamina

B) Anilina

C) Diisopropilamina

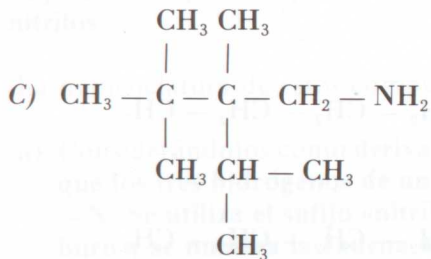
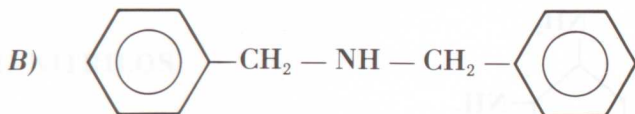
D) Bencilamina

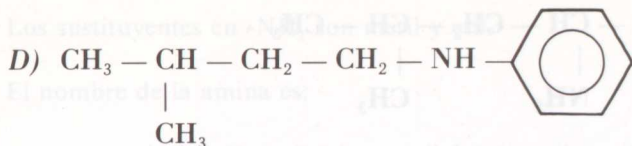
E) 2,3-Octanodiamina

F) Difenilamina

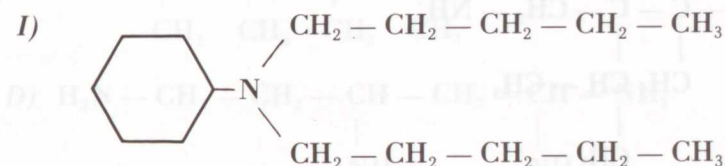
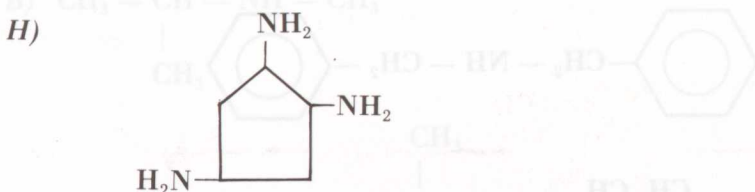
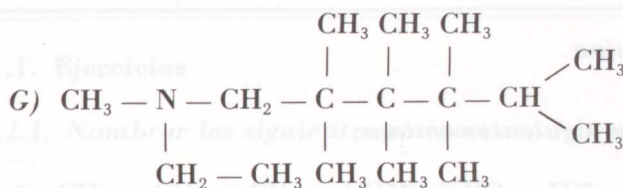
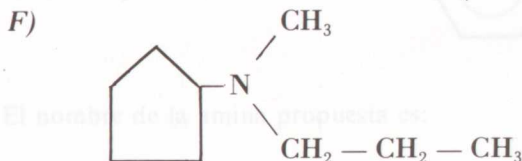
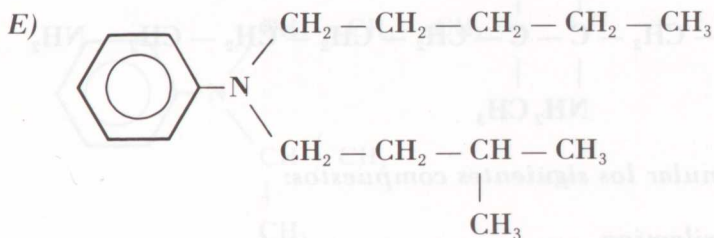
G) Ciclohexilamina

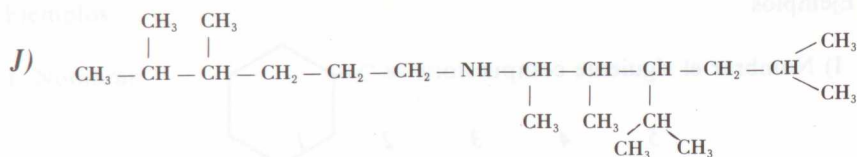
3.1.1.3. Nombrar las siguientes aminas:





VII. Nombrar:





3.1.1.4. Formular las siguientes aminas

- A) N-Metilanilina
- B) 2-Fenilpropanamina
- C) Diciclohexilamina
- D) N-Etil-N-isopropilbutilamina
- E) 2-Heptanamina
- F) N-1,2,3-Trimetilbutil-3,3,4,4-tetrametilpentilamina
- G) 3-Ciclohexil-1,1,2-trimetilbutilamina
- H) N,N-Dimetil-1,3-diciclohexilbutilamina
- I) Trifenilamina
- J) 7-Isopropil-4,5-dimetil-2-naftilamina

3.2. NITRILOS

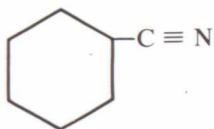
Aquellos compuestos que contienen el grupo $-\text{C} \equiv \text{N}$ reciben el nombre de **nitrilos**.

La nomenclatura de estos compuestos se hace:

- a) Considerándolos como **derivados de hidrocarburos acíclicos** en los que los tres hidrógenos de un carbono primario se sustituyen por $\equiv \text{N}$. Se utiliza el sufijo «nitrilo» añadido al nombre del hidrocarburo y se numera la cadena a partir del carbono $-\text{C} \equiv \text{N}$.

II. Ejemplos

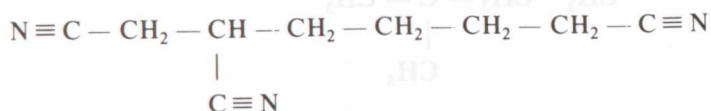
I. Nombrar:



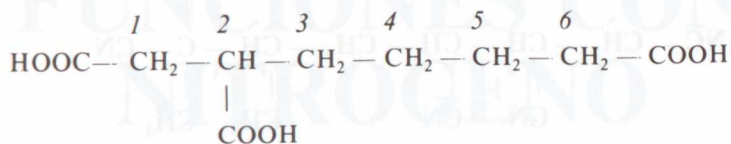
El ácido del que procede es:  ácido Ciclohexano-carboxílico.

El nitrilo es: Ciclohexanocarbonitrilo.

II. Nombrar



La numeración de la cadena es:



El nombre del ácido es: ácido 1,2,6-Hexanotricarboxílico

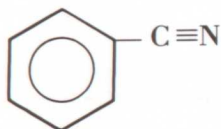
y el nombre del nitrilo: 1,2,6-Hexanotricarbonitrilo.

3.2.1. Ejercicios

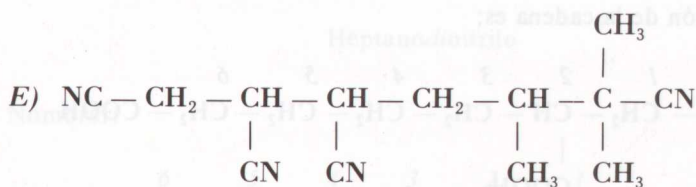
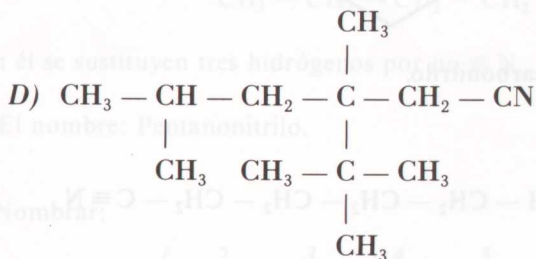
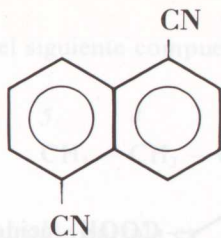
3.2.1.1. Nombrar los siguientes compuestos



B)



C)



3.2.1.2. Formular los siguientes compuestos

A) 4-Metilpentanonitrilo

B) 4-Fenil-3,3-dimetilpentanonitrilo

C) 5-Isopropil-3-propil-1-naftalencarbonitrilo

D) 4-Isopentil-2,3-octanodicarbonitrilo

E) 1,4-Diciclohexil-2-butanocarbonitrilo

4

4.1. AMIDAS

Las amidas pueden considerarse como compuestos derivados de los ácidos por sustitución del $-OH$ del grupo carboxílico por la agrupación $-NH_2$.

FUNCIONES CON NITROGENO Y OXIGENO

Las amidas primarias se nombran como derivados de los ácidos, reemplazando la terminación «-ico» por «-amida», o bien «-carboxílico» por «-carboxamida» según el tipo de nomenclatura que convenga utilizar en cada caso.

Ejemplo:

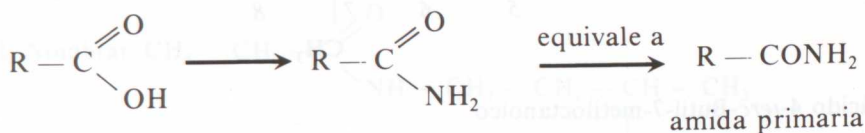
1. Nombrar el compuesto $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CONH_2$.

El ácido del que deriva la amida es el ácido butanoico; la amida es

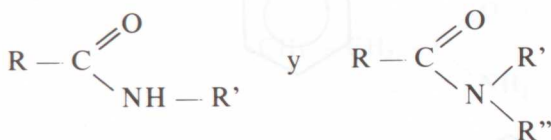
butanamida \rightarrow butanamida

4.1. AMIDAS

Las amidas pueden considerarse como compuestos derivados de los ácidos por sustitución del $-\text{OH}$ del grupo carboxilo por la agrupación $-\text{NH}_2$.



Los hidrógenos de la agrupación $-\text{NH}_2$ pueden ser sustituidos por radicales dando lugar a amidas N -sustituidas.



Las amidas primarias se nombran como derivados de los ácidos, reemplazando la terminación «oico» por «amida», o bien «carboxílico» por «carboxamida» según el tipo de nomenclatura que convenga utilizar en cada caso.

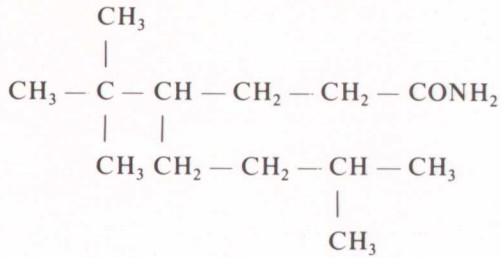
I. Ejemplos

I. Nombrar el compuesto $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CONH}_2$

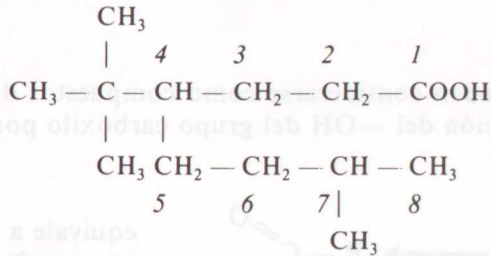
El ácido del que deriva la amida es el ácido butanoico, la amida es:

butanoamida \longrightarrow butanamida

II. Nombrar el compuesto



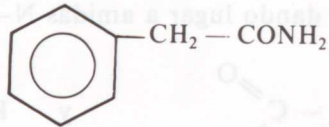
El ácido es



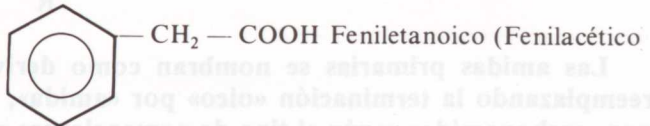
ácido 4-*terc*-Butil-7-metiloctanoico

y la amida: 4-*terc*-Butil-7-metiloctanamida.

III. Nombrar el compuesto

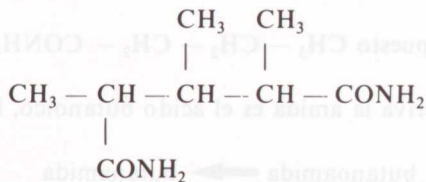


El ácido es

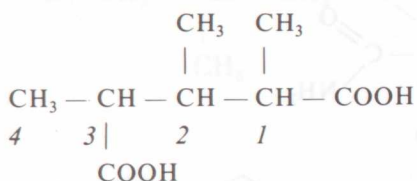


La amida Feniletanamida (Fenilacetamida)

IV. Nombrar el compuesto



El ácido es:

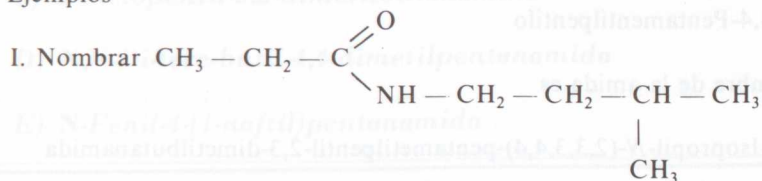


1,2-Dimetil-1,3-butanodicarboxílico

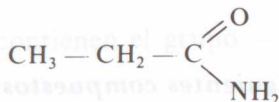
La amida: 1,2-Dimetil-1,3-butanodicarboxamida

Las amidas **N — sustituidas se consideran como derivadas de las primarias** (nomenclatura análoga a las aminas).

II. Ejemplos



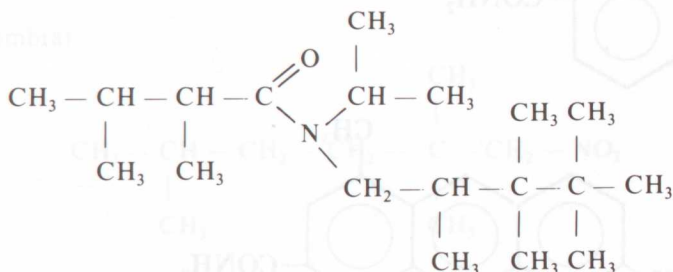
La amida primaria es Propanamida



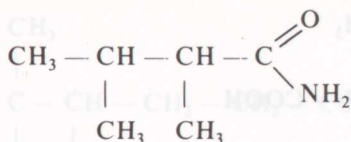
en ella se sustituye un H del $-\text{NH}_2$ por el radical isopentilo.

El nombre es *N*-Isopentilpropanamida.

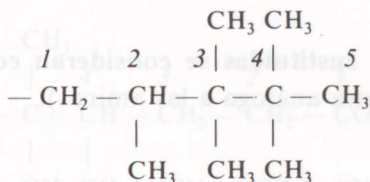
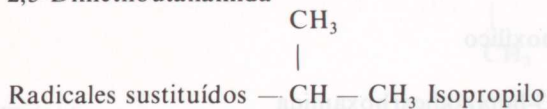
II. Formular



Amida primaria



2,3-Dimetilbutanamida



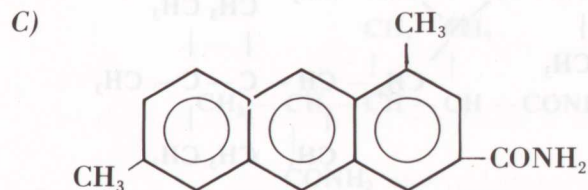
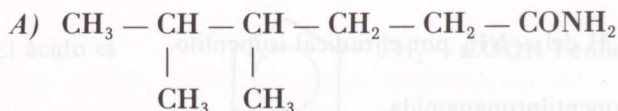
2,3,3,4,4-Pentametilpentilo

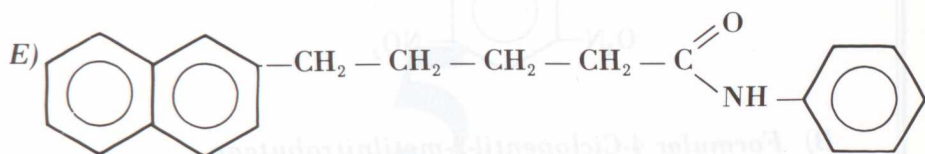
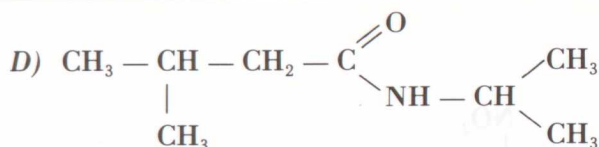
El nombre de la amida es

N-Isopropil-*N*-(2,3,3,4,4)-pentametilpentil-2,3-dimetilbutanamida

4.1.1. Ejercicios

4.1.1.1. Nombrar los siguientes compuestos





4.1.1.2. Formular los siguientes compuestos

- A) Dimetilpropanamida
- B) 2-Isopropilbenzamida
- C) 3-Ciclopentil-2,2-dimetilbutanamida
- D) N,N-Di-terc-butil-4,4-dimetilpentanamida
- E) N-Fenil-4-(1-naftil)pentanamida

4.2. NITRODERIVADOS

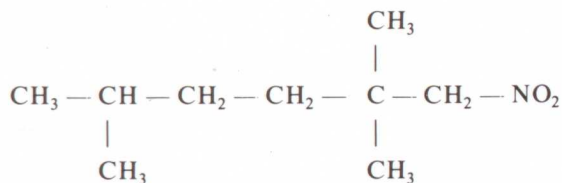
Los compuestos que contienen el grupo $-\text{NO}_2$ se nombran con el prefijo «nitro».

I. Ejemplos

I. Nombrar: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NO}_2$

Nitroetano

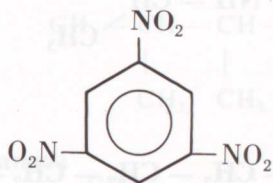
II. Nombrar:



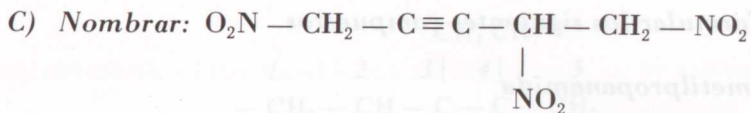
2,2,5-Trimetilnitrohexano

4.2.1. Ejercicios

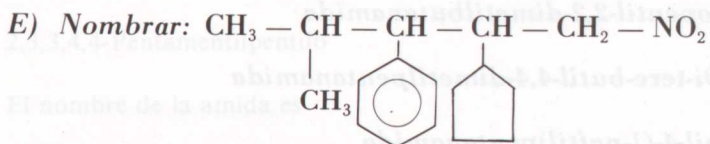
A) Nombrar:



B) Formular 4-Ciclopentil-2-metilnitrobutano



D) 2-Nitronaftaleno



5

Muchos compuestos tienen en su molécula dos o más grupos funcionales. Son ejemplos los siguientes:



COMPUESTOS CON MAS DE UN GRUPO FUNCIONAL

En este apartado vamos a explicar cómo se nombran estos compuestos, haciendo hincapié especialmente en aquellos que tienen sólo dos funciones.

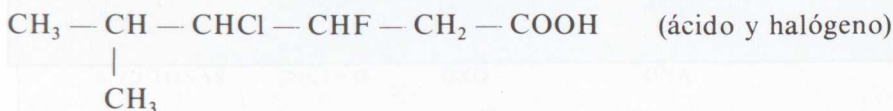
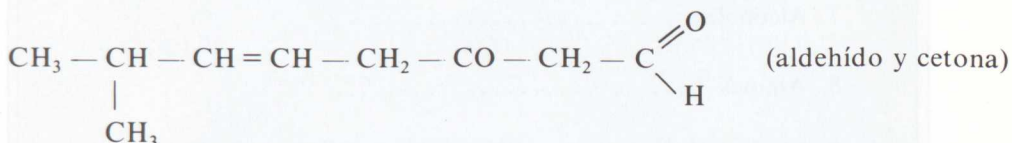
1.ª Una sola de las funciones entre las que puedan existir en la molécula actúa como grupo principal, este se nombra como se hizo en los capítulos anteriores y las otras se nombran como prefijos.

La prioridad para la elección de la función principal se hace de acuerdo con la tabla VI del capítulo IV, ya también en el resumen que acompaña a esta obra y para saber más detalles que la aprendáis de memoria. Utilizala cuando lo necesitéis.

2.ª Un mismo grupo funcional se puede nombrar de dos modos: con un prefijo o como sufijo, en este caso el nombre principal tendrá el sufijo y los otros grupos funcionales del compuesto.

Los prefijos y sufijos que corresponden a cada grupo funcional los llevarán en la tabla VII.

Muchos compuestos tienen en su molécula dos o más grupos funcionales. Son ejemplos los siguientes:



En este apartado vamos a explicar cómo se nombran estos compuestos, haciendo hincapié especialmente en moléculas que lleven sólo dos funciones:

- 1.º) **Una sólo de las funciones** entre las que puedan existir en la molécula **actúa como grupo principal**, esto es, se nombra como «sufijo» las otras se nombran como «prefijos».

La prioridad para la elección de la función principal se hace de acuerdo con la tabla VI. (Esta tabla está también en el resumen que acompaña a este libro, y por eso no es preciso que la aprendas de memoria). Utilízala cuanto te haga falta.

- 2.º) **Un mismo grupo funcional se puede nombrar como «sufijo» en un compuesto, y como «prefijo» en otro**, según tenga o no prioridad sobre los otros grupos funcionales del compuesto.

Los prefijos y sufijos que corresponden a cada grupo funcional figuran en la tabla VII.

TABLA VI

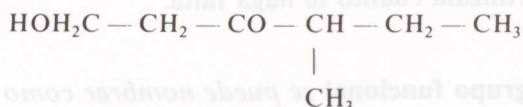
1. Ácidos
2. Esteres
3. Amidas
4. Nitrilos
5. Aldehídos
6. Cetonas
7. Alcoholes
8. Aminas
9. Eteres

La tabla VII figura en el resumen que acompaña a este manual. No debes aprenderla totalmente de memoria (naturalmente que, parte de ella, la has aprendido a lo largo del estudio). Usala cuando te haga falta.

Ahora vas a aprender con ejemplos el modo de usar adecuadamente las tablas VI y VII.

I. Ejemplos

I. Nombrar el compuesto



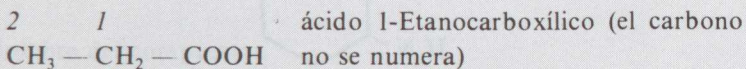
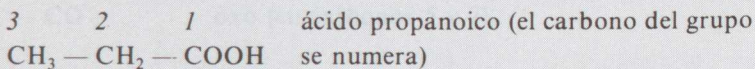
La tabla VI nos indica que el grupo funcional principal es el carbonilo, es decir el sufijo es de acuerdo con la tabla VII **ona**. El prefijo del grupo alcohol es **hidroxi**.

TABLA VII

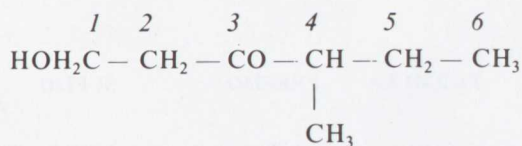
| | FORMULA | PREFIJO | SUFIJO |
|--------------|--|---------------|---|
| 1. ACIDOS | - COOH - (C)OOH | CARBOXY | ACIDO... CARBOXILICO ACIDO... OICO |
| 2. ESTERES | - COOR - (C)OOR | R-OXICARBONIL | R...CARBOXI HIDROCARBURO... ...ATO de R |
| 3. AMIDAS | - CO - NH ₂ - (C)O - NH ₂ | CARBAMOIL | CARBOXAMIDA AMIDA |
| 4. NITRILOS | - C ≡ N - (C) ≡ N | CIANO | CARBONITRILO NITRILO |
| 5. ALDEHIDOS | - CHO - (C)HO | FORMIL OXO | -CARBALDEHIDO AL |
| 6. CETONAS | >(C)=O | OXO | ONA |
| 7. ALCOHOLES | -OH | HIDROXI | OL |
| 8. AMINAS | -NH ₂ | AMINO | AMINA |
| 9. ETERES | -OR | R-OXY | |

HALOGENOS Y NITRODERIVADOS SON SIEMPRE PREFIJOS (Bromo, Cloro, Flúor, Iodo y Nitro).

El paréntesis que figura en los carbonos de esta tabla indica que ese carbono del grupo funcional se numera. Veamos un ejemplo:

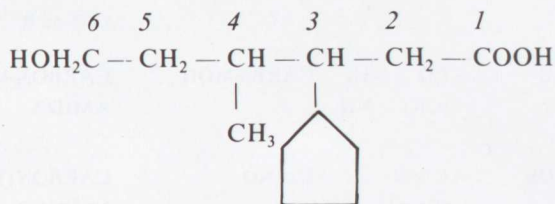


La numeración de la cadena debe hacerse para adjudicar al —CO— el número más bajo.



4-Metil-1-hidroxi-3-hexanona

II. Nombrar el compuesto



Grupo principal (tabla VI)

ácido «oico»

Cadena principal

6 carbonos

Numeración: empieza en el grupo —COOH, por esta razón empleamos «oico» (tabla VII)

Prefijos  Ciclopentil

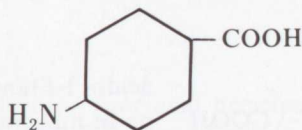
—CH₃ Metil

—OH Hidroxi

El nombre del compuesto es:

ácido 3-Ciclopentil-6-hidroxi-4-metilhexanoico

III. Nombrar el compuesto



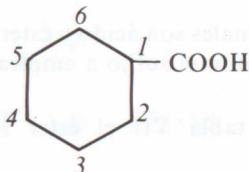
Grupo principal —COOH

Cadena principal →



(ciclohexano)

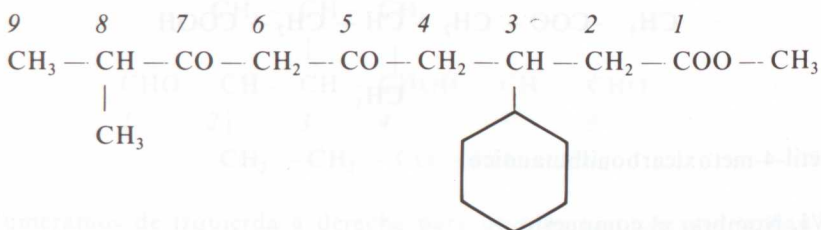
Numeración



Grupo H_2N — amina

4-Aminociclohexanocarboxílico

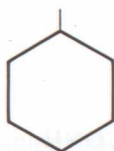
IV. Nombrar el compuesto



Grupo principal: éster

Cadena principal: 9 carbonos

Prefijos:



Ciclohexil

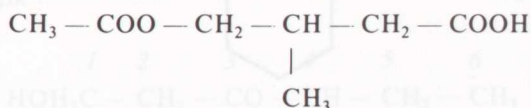
— CO — oxo (en carbonos 5 y 7)

 |
 CH_3 metil

Nombre del compuesto:

3-Ciclohexil-8-metil-5,7-dioxononanoato de metilo

V. Nombrar el compuesto



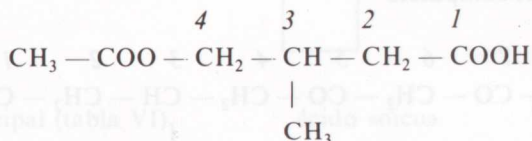
Los dos grupos funcionales son ácido y éster. De acuerdo con la tabla VI tiene prioridad el ácido. Por tanto el sufijo a emplear es «oico».

De acuerdo con la tabla VII el éster se nombra como R-oxicarbonil (—COOR)



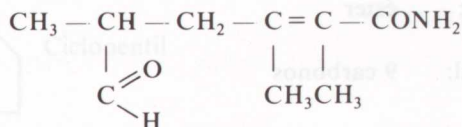
metil+oxi+carbonil → metiloxicarbonil → metoxicarbonil

(recuerda la eliminación de letras cuando estudiaste los ésteres)



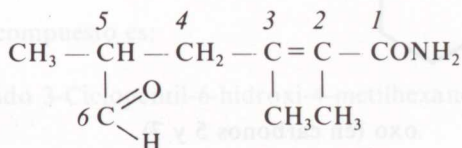
3-Metil-4-metoxicarbonilbutanoico

VI. Nombrar el compuesto



Grupo funcional: «amida»

Grupo con prefijo «aldehído»

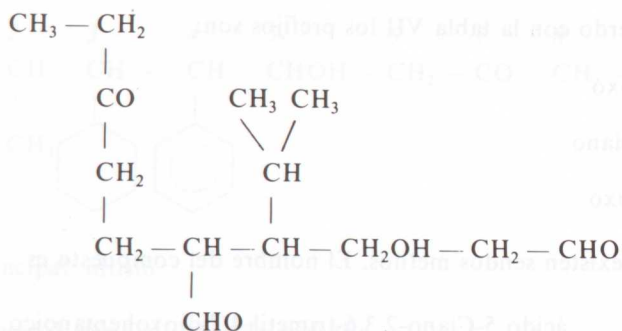


Prefijos: Trimetil
oxo

Cadena principal hexanamida, modificada por la presencia del doble enlace:
2-hexenamida

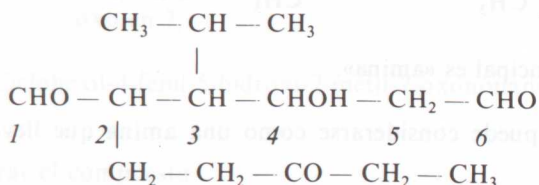
2,3,5-Trimetil-6-oxo-2-hexenamida

VII. Nombrar el compuesto

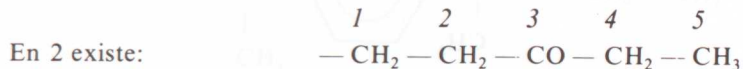


La tabla VI nos indica que el grupo funcional es el aldehído, y actúan como prefijos el alcohol y la cetona.

Tomamos como cadena principal la que contiene los grupos aldehídos.



Numeramos de izquierda a derecha para que los sustituyentes tengan los números más bajos.



que puede nombrarse: 3-Oxopentil

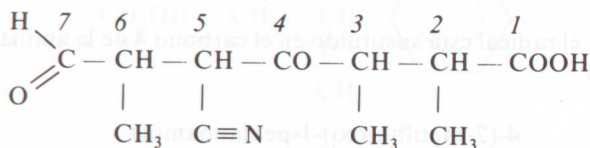
En 3 el radical: Isopropil

En 4 el radical: Hidroxi

El nombre del compuesto es:

4-Hidroxi-3-isopropil-2-(3-oxopentil)-1,6-hexanodial

VIII. Nombrar el compuesto



El grupo principal es un ácido, luego la terminación de la fórmula es «oico».

De acuerdo con la tabla VII los prefijos son:

en 4 - oxo

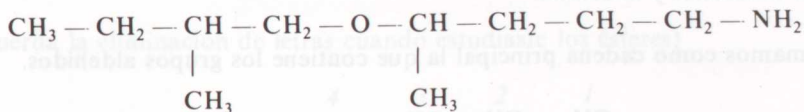
en 5 - ciano

en 7 - oxo

y en 2 y 3 existen sendos metilos. El nombre del compuesto es

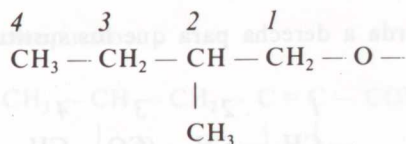
ácido 5-Ciano-2,3,6-trimetil-4,7-dioxoheptanoico

IX. Nombrar el compuesto:



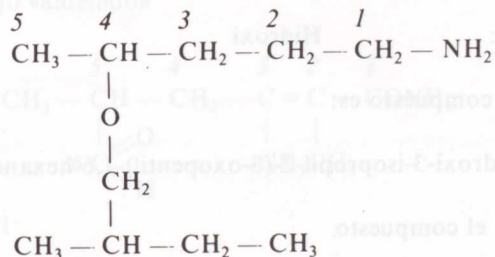
La función principal es «amina».

El compuesto puede considerarse como una amina que lleva sustituida el radical



cuyo nombre es: 2-Metilbutoxi

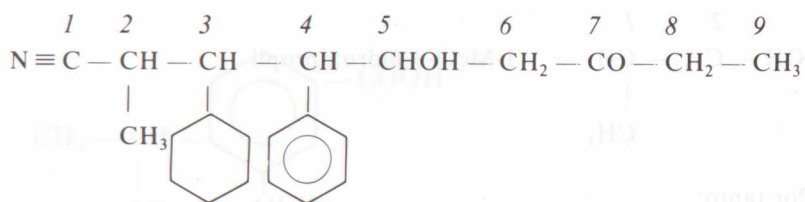
La amina con su radical sustituyente, podemos escribirla también así:



Como vemos, el radical está sustituido en el carbono 4 de la amina. El nombre del compuesto es:

4-(2-Metilbutoxi)-1-pentanoamina

X. Nombrar el compuesto



función principal: nitrilo

cadena principal: con 9 átomos de carbono

Sustituyentes:

Ciclohexil en 3

fenil en 4

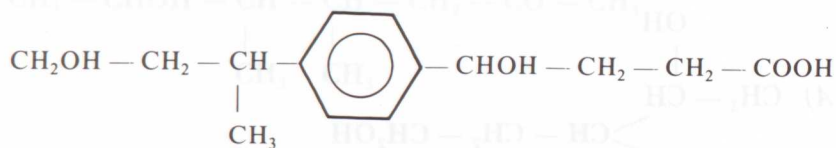
hidroxi en 5

metil en 2

oxo en 7

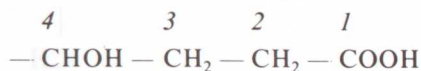
3-Ciclohexil-4-fenil-5-hidroxi-2-metil-7-oxononanitrilo

XI. Nombrar el compuesto



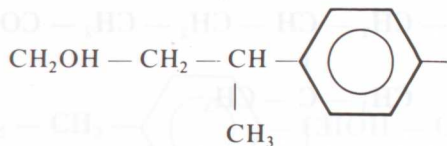
La función principal es el ácido

Cadena principal:

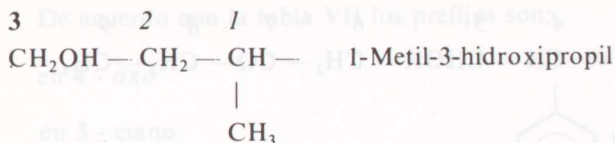


con un alcohol en el carbono cuatro.

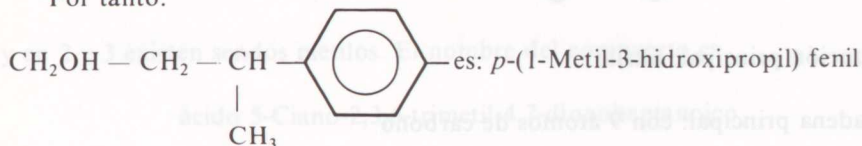
En ese mismo carbono está unido el radical:



el cual tiene en posición *para* la agrupación:



Por tanto:

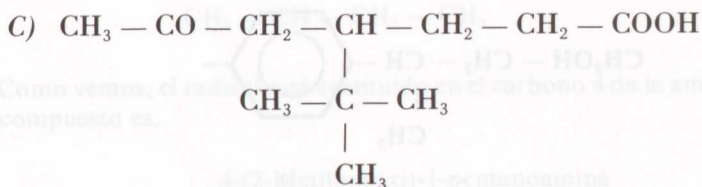
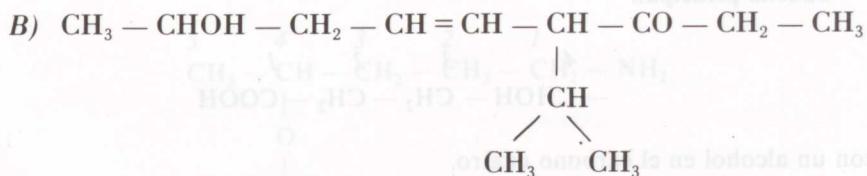
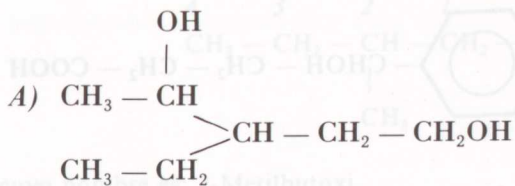


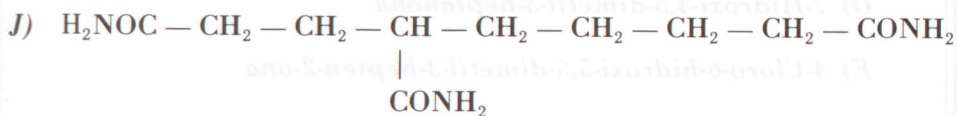
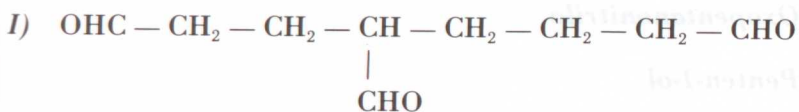
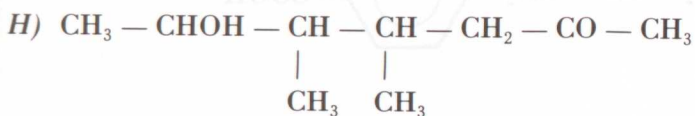
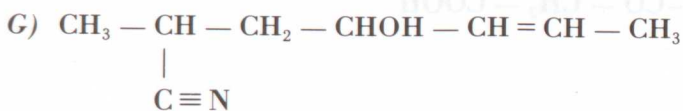
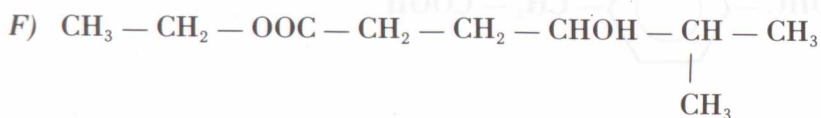
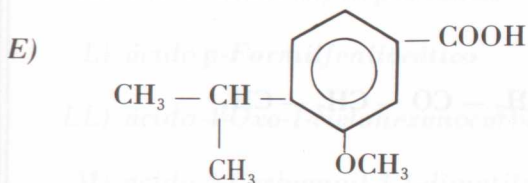
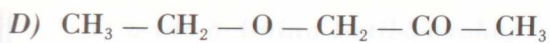
El nombre del ácido es:

ácido 4-hidroxí-4-[*p*-(1-Metil-3-hidroxiopropil) fenil] butanoico

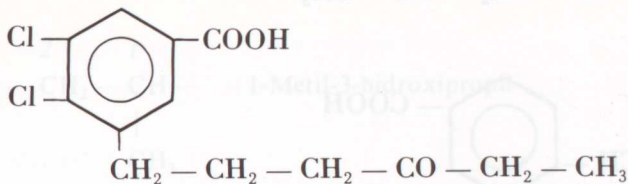
5.1. Ejercicios

5.1.1. Nombrar los siguientes compuestos





L)



LL) OHC--CH₂-COOH

M) -CO-CH₂-COOH

N) CH₃-CH₂-CO-CH₂--COOH

5.1.2. Formular los siguientes compuestos:

A) 4-Oxopentanitrilo

B) 3-Penten-1-ol

C) 3-Hidroxi-1-ciclohexanocarboxamida

D) 7-Hidroxi-4,5-dimetil-3-heptanona

E) 4-Cloro-6-hidroxi-5,5-dimetil-3-hepten-2-ona

F) 5-Ciclopentil-7-hidroxi-5-metilheptanal

G) ácido 3-[p(3-Hidroxipropil) fenil]-2-metilpropanoico

H) 5-(3-Metil-2-oxopentil)-1,3-ciclohexanodiona

I) 1-(4-Hidroxiciclohexil)-4-metil-1,5-pentanodiol

J) ácido 6-Amino-4-etil-5-oxoheptanoico

K) 4-(Formilmetil) heptanodial

L) ácido p-Formilfenilacético

LL) ácido 4-Oxo-1-ciclohexanocarboxílico

M) ácido 4-Carbamoil-3,3-dimetilpentanoico

OTROS
COMPUESTOS
ORGANICOS

6

Hemos estudiado una serie de compuestos orgánicos desde el punto de vista de su formulación. Este apartado lo vamos a dedicar al estudio de algunos grupos funcionales no contemplados hasta ahora y que podréis encontrarlos a lo largo del curso de la Química orgánica.

Para no hacer demasiados ejemplos vamos a limitarnos a lo más esencial. Los ejemplos que vamos a resolver, pues nos llevarán a los problemas de la práctica, parecen justificadas.

Por consiguiente, en el curso de la consulta que de aprendizaje.

OTROS COMPUESTOS ORGANICOS

6.1. DERIVADOS HALOGENADOS DE LOS HIDROCARBUROS

Son compuestos en los que uno o varios hidrógenos de un hidrocarburo están sustituidos por halógenos.

Para nombrarlos se pone el prefijo, Fluor, Cloro, Bromo, etc. al nombre del hidrocarburo de origen, indicando con un número el carbono en el que se encuentra el halógeno. Por ejemplo:



es el 1-Cloropropano.

Cuando el hidrocarburo tiene cadenas laterales se nombra el compuesto igual que si el halógeno se tratase de un radical más, es decir, por orden alfabético con los mismos e indicando con uno o varios números el carbono o carbonos donde se encuentra.

Hemos estudiado una serie de compuestos orgánicos desde el punto de vista de su formulación. Este apartado lo vamos a dedicar al estudio de algunos grupos funcionales no contemplados hasta ahora y que podrás encontrarte a lo largo del estudio de la Química Orgánica.

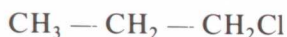
Para no hacer demasiado extensa esta guía vamos a limitarnos a lo más esencial de su formulación, sin proponer ejercicios para resolver, pues nos llevaría a introducir nuevas reglas que por el momento no parecen justificadas en el nivel medio.

Por consiguiente el contenido de este capítulo es más de *consulta que de aprendizaje*.

6.1. DERIVADOS HALOGENADOS DE LOS HIDROCARBUROS

Son compuestos en los que uno o varios hidrógenos de un hidrocarburo están sustituidos por halógenos.

Para nombrarlos se pone el prefijo, Flúor, Cloro, Bromo, etc. al nombre del hidrocarburo de origen, indicando con un número el carbono en el que se encuentra el halógeno. Por ejemplo:

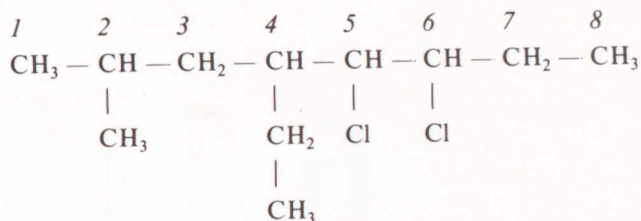


es el 1-Cloropropano

Cuando el hidrocarburo tiene cadenas laterales se nombra el compuesto igual que si el halógeno se tratase de un radical más, es decir, por orden alfabético con los mismos e indicando con uno o varios números el carbono o carbonos donde se encuentra.

I. Ejemplos

I. Nombrar el compuesto

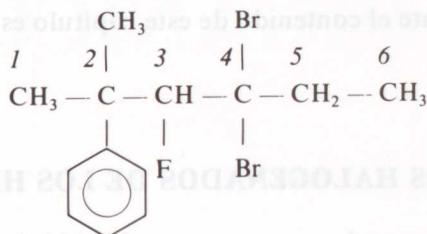


La cadena principal (de ocho carbonos) tiene dos cloros en los carbonos 5 y 6 respectivamente, un radical etilo en el carbono 4 y uno metilo en el 2. El nombre es:

5,6-Dicloro-4-etil-2-metiloctano

Observa que hemos considerado al cloro como si fuese un radical y que está escrito en primer lugar porque la *c* de cloro, alfabéticamente, le corresponde antes que etil y metil.

II. Nombrar el compuesto:

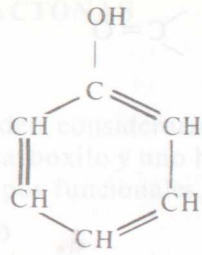


4,4-Dibromo-2-fenil-3-flúor-2-metilhexano

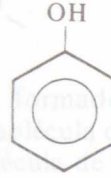
6.2. FENOLES

Los fenoles son compuestos con grupos -OH hidróxilo, en el benceno o en otros sistemas cíclicos aromáticos.

El representante más importante es el propio fenol cuya fórmula es:

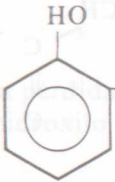


equivale a

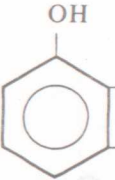


Veámoslo en ejemplo:

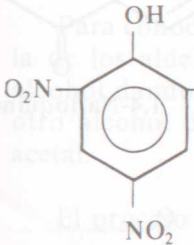
Existen otros fenoles muy importantes que se conocen con nombres especiales (admitidos por la IUPAC) entre los que cabe citar:



1,2-Dihidroxibenceno
nombre vulgar admitido Pirocatecol



1,2,3-Trihidroxibenceno
nombre vulgar admitido Pirogalol

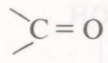


2,4,6-Trinitrofenol
nombre vulgar admitido «ácido pícico»

6.3. QUINONAS

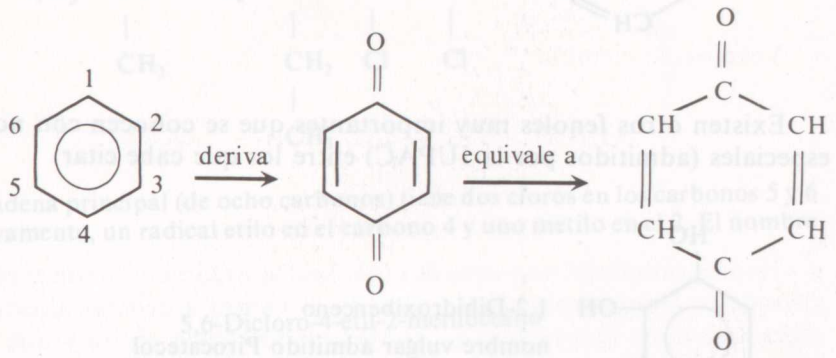
Son dicetonas derivadas de compuestos aromáticos por sustitución de grupos

Ejemplos



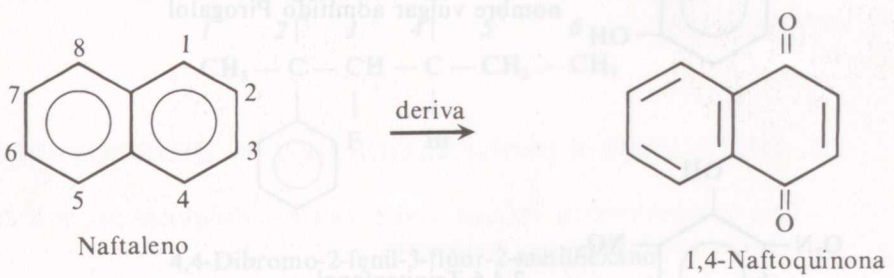
I. Ejemplos

I.

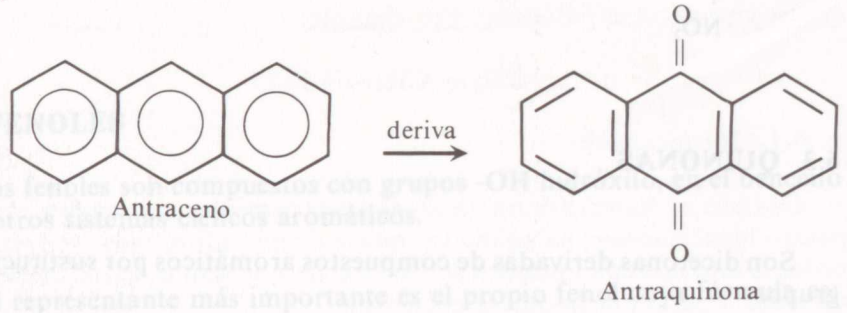


(Recuerda que cuando la sustitución en el benceno se realiza en esta posición se antepone el prefijo *para*, que se simboliza con la letra *p*). El nombre es: *p*-Benzoquinona.

II.



III.



6.4. LACTONAS

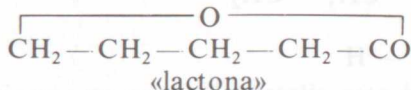
Pueden considerarse como **ésteres internos**, formados al unirse un grupo carboxilo y uno hidroxilo dentro de una molécula que contiene los dos grupos funcionales, con pérdida de una molécula de agua.

Veamos un ejemplo:



ácido 5-Hidroxipentanoico

La pérdida de una molécula de agua entre el grupo carboxilo -COOH y el hidroxilo -OH da lugar a un anillo

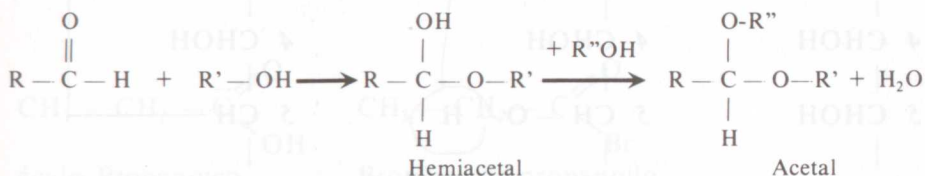


6.5. ACETALES

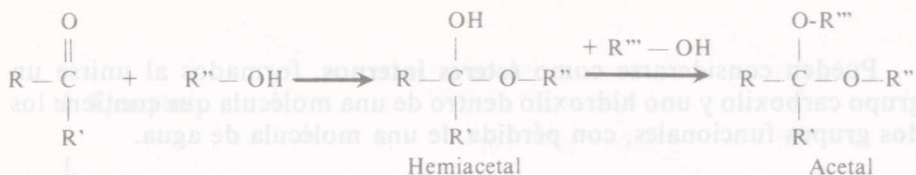
Para conocer las fórmulas generales de los acetales basta con recordar la de los aldehídos y cetonas y suponer que éstos reaccionan con un alcohol dando lugar a un **hemiacetal** que posteriormente reacciona con otro alcohol desprendiendo una molécula de agua y originando así el acetal.

El proceso sería:

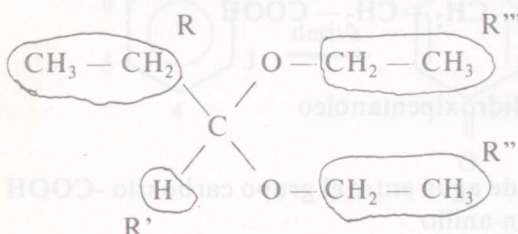
a) Formación del acetal con aldehídos:



b) Formación del acetal con cetonas:



Veamos un ejemplo concreto de acetal



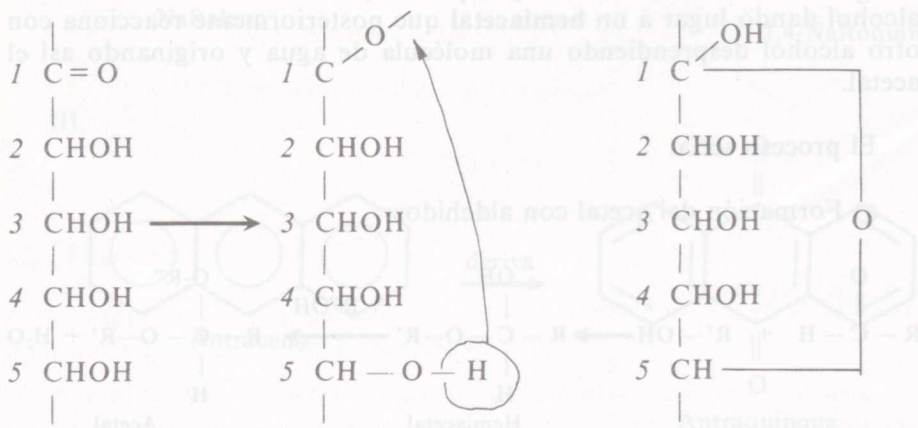
Observa que para el ejemplo propuesto

R es el radical $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$

R' es $- \text{H}$

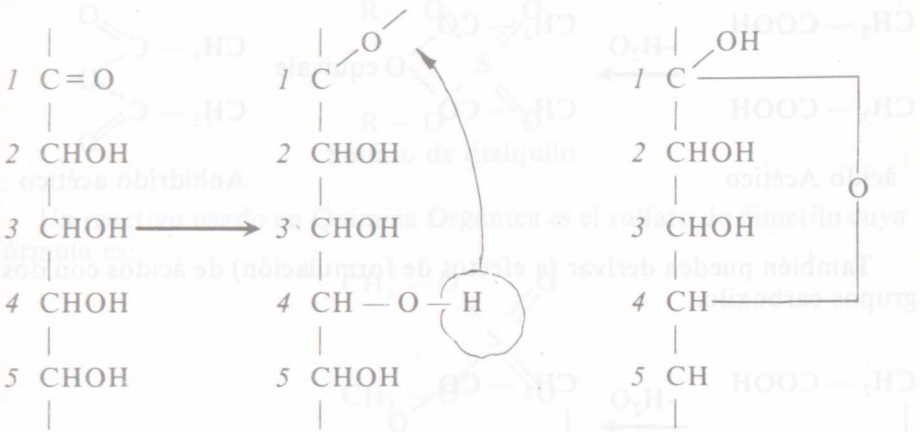
R = R'' = R''' = $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$

Debes observar atentamente que el paso de la cetona al hemiacetal es equivalente a una «reacción» entre la cetona y el alcohol. Tal «reacción» puede producirse en una molécula que posea a la vez el grupo carbonilo y el grupo hidróxilo. Por ejemplo:



Fijate bien que el oxígeno del carbono 1 se une al H procedente del grupo -OH del carbono 5 adquiriendo el grupo -OH y a su vez el oxígeno del carbono 5 enlaza con el carbono 1, formando un anillo de seis miembros: cinco carbonos y un oxígeno. (anillo del pirano).

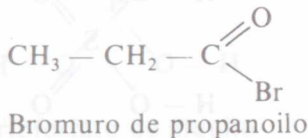
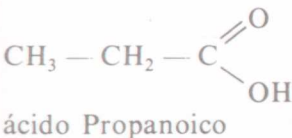
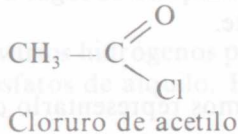
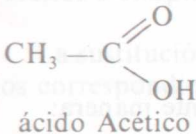
El hemiacetal puede formarse también entre los carbonos 1 y 4 dando lugar a un anillo de cinco miembros (anillo de furano).



Veremos posteriormente con más detalle este hecho al estudiar los hidratos de carbono en el apartado 7.1.2.

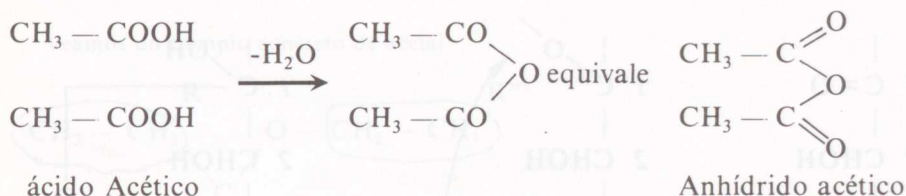
6.6. HALUROS DE ACILO

Los haluros de acilo son derivados de los ácidos en los que se reemplaza el grupo -OH del grupo carboxilo por un halógeno. Por ejemplo:

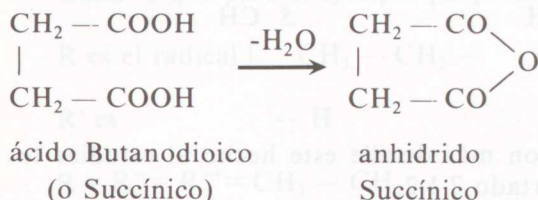


6.7. ANHIDRIDOS DE ACIDOS ALIFATICOS

A efectos de formulación puede considerarse que los anhídridos proceden de la unión de dos moléculas de un ácido por pérdida de una molécula de agua entre ellos.



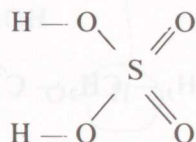
También pueden derivar (a efectos de formulación) de ácidos con dos grupos carboxilo.



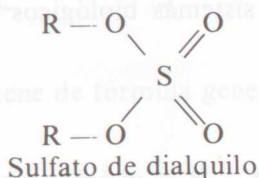
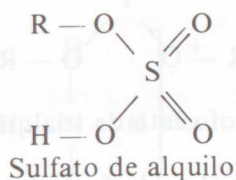
6.8. ESTERES ALIFATICOS DE ACIDOS INORGANICOS

A efectos de formulación, la sustitución de uno o dos hidrógenos del ácido sulfúrico por radicales alquilo da lugar a sulfato de alquilo o sulfato de dialquilo respectivamente.

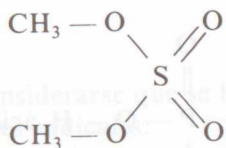
El ácido sulfúrico podemos representarlo de la siguiente manera:



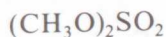
Si sustituimos uno o dos hidrógenos por radicales alquilo tenemos:



Un reactivo usado en Química Orgánica es el sulfato de dimetilo cuya fórmula es:

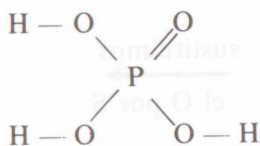


o escrito en forma más compacta

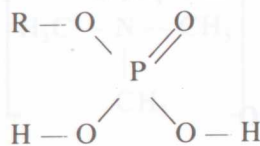


El ácido ortofosfórico, al igual que el sulfúrico, puede dar lugar a formación de ésteres.

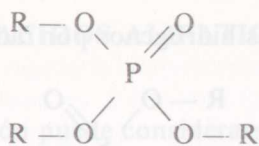
El ácido ortofosfórico H_3PO_3 , es un ácido tribásico que puede representarse así:



La sustitución de uno o varios hidrógenos por radicales alquilo origina los correspondientes ortofosfatos de alquilo. Por ejemplo:

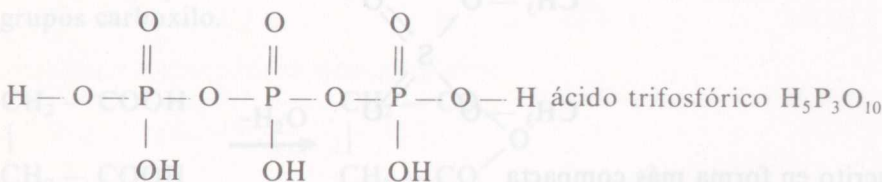
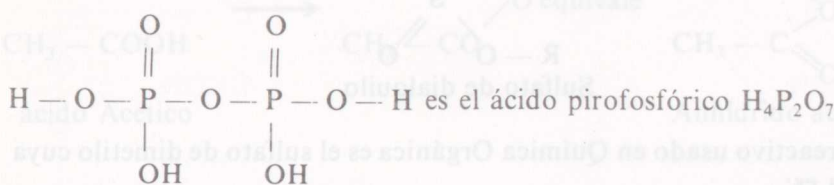


Ortofosfato de alquilo



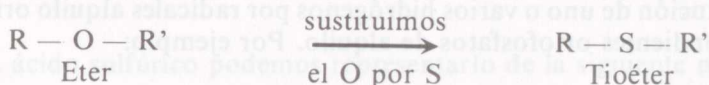
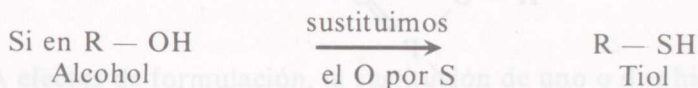
Ortofosfato de trialquilo

Teniendo en cuenta que el ácido fosfórico forma poliácidos estables que se encuentran en los sistemas biológicos es importante, al menos, mencionarlos aquí



6.9. COMPUESTOS CON AZUFRE

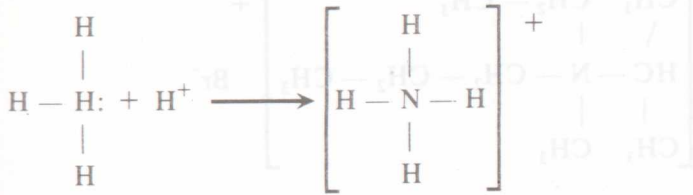
El oxígeno y el azufre se encuentran en el mismo grupo del sistema periódico: el VIB. Existen compuestos orgánicos de estructura análoga a los que hemos estudiado, en los que se sustituye el oxígeno por azufre. Así por ejemplo:



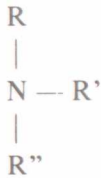
6.10. SALES DE AMONIO

El ión amonio tiene de fórmula $[\text{NH}_4]^+$. Puede considerarse que se

forma mediante la unión del amoniaco y un protón. El par de electrones del nitrógeno en el amoniaco lo comparte con el nuevo hidrógeno

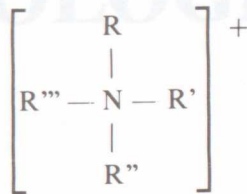


Una amina terciaria tiene de fórmula general:



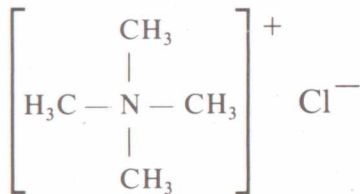
Formalmente puede considerarse que se han sustituido los tres hidrógenos del amoniaco por tres radicales.

Las sales de amonio pueden considerarse, también formalmente, como la sustitución de los hidrógenos del ión amonio por radicales orgánicos.



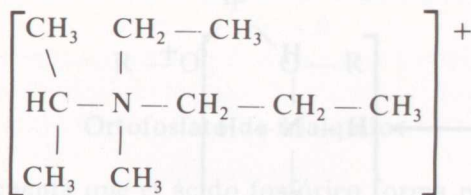
I. Ejemplos

I.



Cloruro de Tetrametilamonio

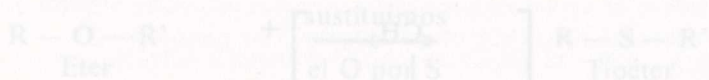
II.



Bromuro de Etil-isopropil-metil-propilamonio

6.5. COMPUESTOS CON AZUFRE

El oxígeno y el azufre se encuentran en el mismo grupo del sistema periódico: el VI B. Existen compuestos orgánicos de estructura análoga a los que hemos estudiado, en los que se sustituye el oxígeno por azufre. Así, por ejemplo:



6.10. SALES DE AMONIO

El ión amonio tiene de fórmula $[\text{NH}_4]^+$ como se representa en el

7

En Biología te explicarán que uno de los niveles de organización de la materia viva es el nivel molecular. A dicho nivel pertenecen los siguientes grupos de moléculas orgánicas:

- glúcidos
- lípidos
- proteínas
- ácidos nucleicos

ASPECTOS BIOLOGICOS

y los tradicionalmente llamados biocatalizadores (enzimas, vitaminas y hormonas).

En este apartado trataremos algunos aspectos de su formulación de una manera relativamente sencilla y con el objetivo de que cuando estudies biología puedas enfrentarte, con cierta garantía, a las complicadas fórmulas que encuentres en tu estudio y que estas dejan de ser para ti auténticos jeroglíficos, schinosse viendo en ellas que los grupos funcionales son identificables con los que has estudiado en los capítulos anteriores.

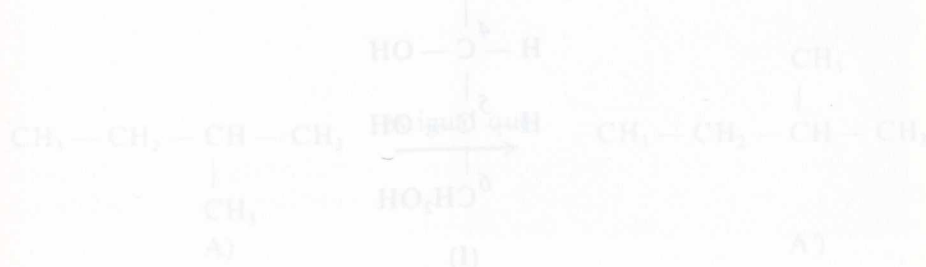
7.1. GLUCIDOS

Los glúcidos son compuestos que tienen C, H y O en sus moléculas.

A efectos de formulación son compuestos que en sus moléculas tienen los grupos funcionales alcohol y aldehído o alcohol y cetona (tercero).

Si miras (I) y (II) resulta que la fórmula desarrollada es igual salvo que el grupo $-OH$ del carbono cuatro en la glucosa está a tu derecha y en la galactosa a tu izquierda.

Estamos ante una situación que a lo largo de nuestro estudio el que «algo» se representase arriba y abajo a izquierda o a derecha no daba lugar a nuevos compuestos.



En Biología te explicarán que uno de los niveles de organización de la materia viva es el *nivel molecular*. A dicho nivel pertenecen los siguientes grupos de moléculas orgánicas:

- glúcidos
- lípidos
- proteínas
- ácidos nucleicos

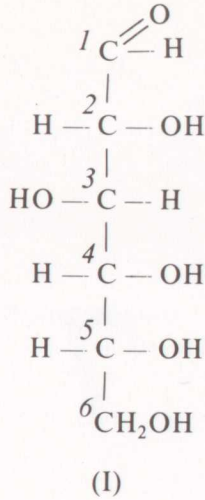
y los tradicionalmente llamados biocatalizadores (enzimas, vitaminas y hormonas).

En este apartado tratamos algunos aspectos de su formulación de una manera relativamente sencilla y con el objetivo de que cuando estudies biología puedas enfrentarte, con ciertas garantías, a las complicadas fórmulas que encuentres en tu estudio y que éstas dejen de ser para tí auténticos jeroglíficos «chinos» viendo en ellas que los grupos funcionales son identificables con los que has estudiado en los capítulos anteriores.

7.1. GLUCIDOS

Los glúcidos son compuestos que tienen C, H y O en sus moléculas.

A efectos de formulación son compuestos que en sus moléculas tienen los grupos funcionales «alcohol» y «aldehído» o «alcohol» y «cetona» (cetósidos).

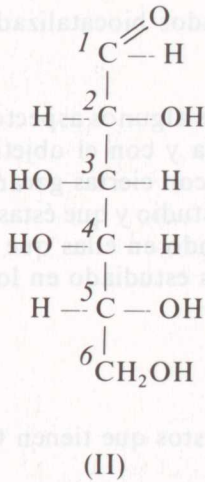


La molécula (I) tiene seis átomos de carbono, 5 grupos —OH y un grupo carbonilo en el extremo. Para su nomenclatura tiene preferencia el aldehído sobre los alcoholes.

El nombre es: Pentahidroxihexanal.

No obstante este compuesto se conoce con el nombre de **Glucosa**.

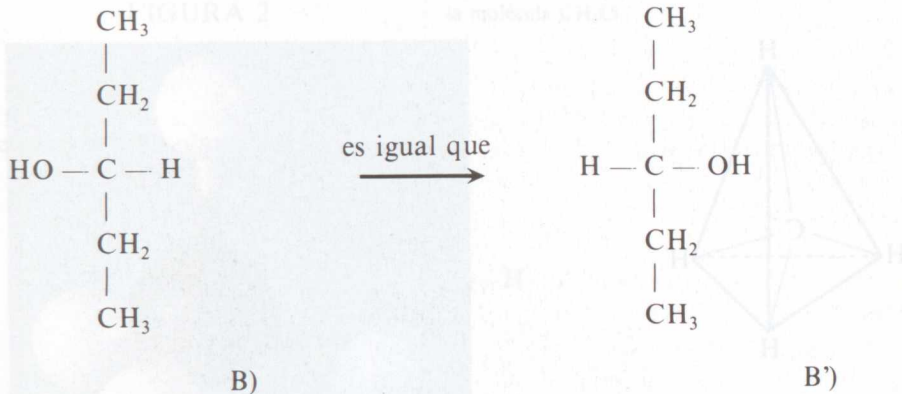
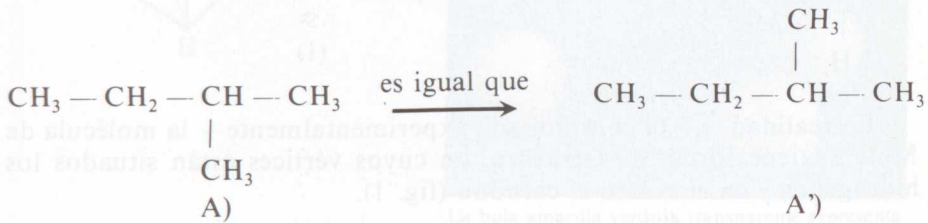
La molécula (II) también tiene 5 grupos —OH y un grupo carbonilo en el extremo; el nombre es: Pentahidroxihexanal.



Le corresponde el mismo nombre que antes, sin embargo este compuesto es conocido con el nombre de **Galactosa**.

Si miras (I) y (II) resulta que la fórmula desarrollada es igual *salvo que el grupo —OH del carbono cuatro en la glucosa está a tu derecha y en la galactosa a tu izquierda.*

Estamos ante una situación nueva ya que a lo largo de nuestro estudio el que «algo» se representase arriba o abajo a izquierda o a derecha no daba lugar a nuevos compuestos. Recordemos:



A) es el 2-Metilbutano y A') también

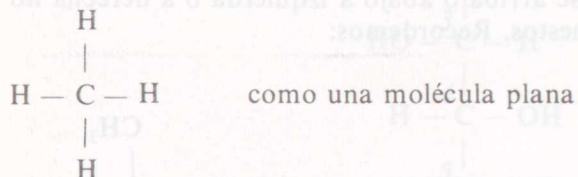
B) es el 3-Pentanol y B') también

Sin embargo (I) y (II) —que se nombran igual, Pentahidroxihexanal— son compuestos distintos y reciben para distinguirlos los nombres de Glucosa y Galactosa respectivamente, siendo la única diferencia el colocar el —OH del carbono 4 a tu lado derecho o izquierdo. ¿Cómo se explica que B y B' sean el mismo compuesto si nos encontramos aparentemente en análoga situación que con la Glucosa y Galactosa?

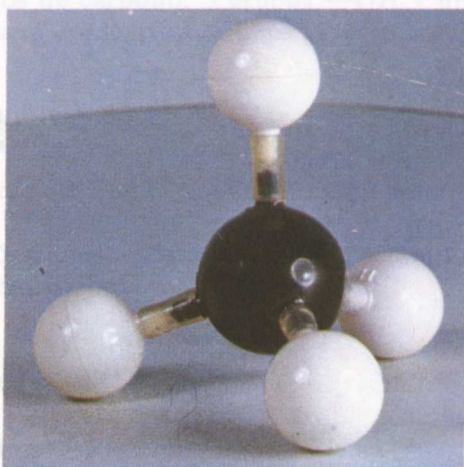
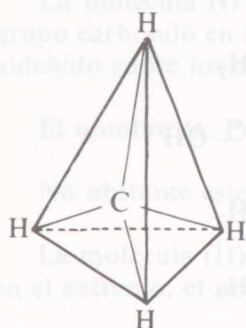
Por el momento sólo podemos decir que en nuestro estudio de la formulación orgánica no hemos abordado cierto aspecto y que es ese aspecto no tratado el que determina la aparente paradoja en que ahora nos encontramos.

El aspecto no tratado hasta el momento es que las moléculas orgánicas son *tridimensionales* aunque aparezcan escritas sobre el papel en dos dimensiones.

El Metano lo escribimos:



En realidad —está comprobado experimentalmente— la molécula de Metano tiene forma de **tetraedro**, en cuyos vértices están situados los hidrógenos y en el centro el carbono (fig. 1).



Modelo de la molécula de metano. La bola negra representa el átomo de carbono y las blancas los átomos de hidrógeno. Observa la forma de tetraedro.

FIGURA 1

Supongamos que un hidrógeno del Metano está sustituido por un cloro. La fórmula tridimensional de la molécula es la correspondiente a la fig. 2.

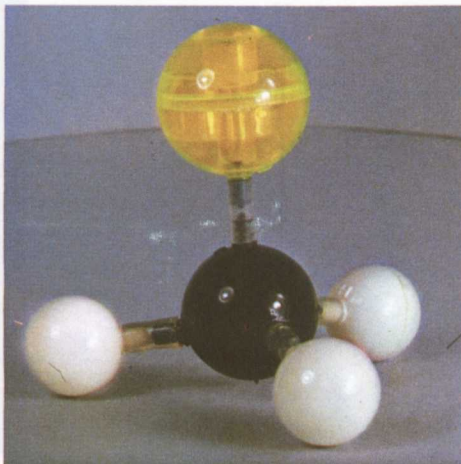
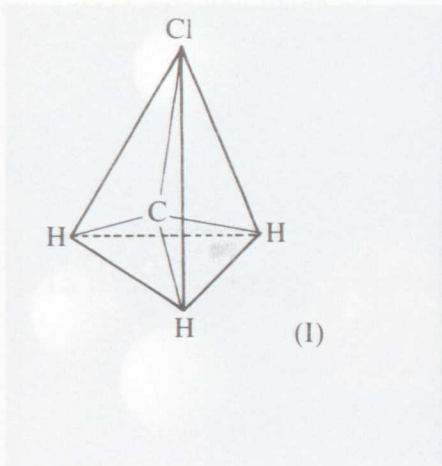
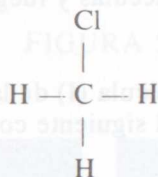


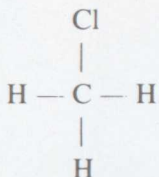
FIGURA 2

La bola amarilla verdosa transparente representa el átomo de cloro, por tanto el modelo representa la molécula CH_3Cl .

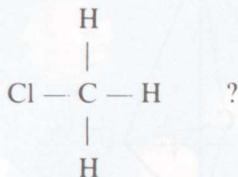
que en forma plana la escribimos así:



Ahora nos preguntamos: ¿es el mismo compuesto



que



La respuesta es que sí y el fundamento de tal afirmación es que si en el tetraedro de la fig. 2 colocamos el cloro en otro vértice resulta la molécula (II) (fig. 3)

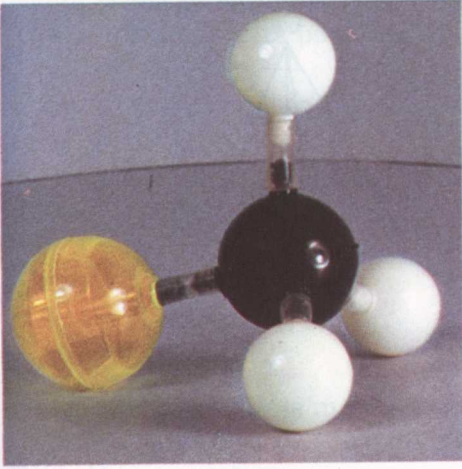
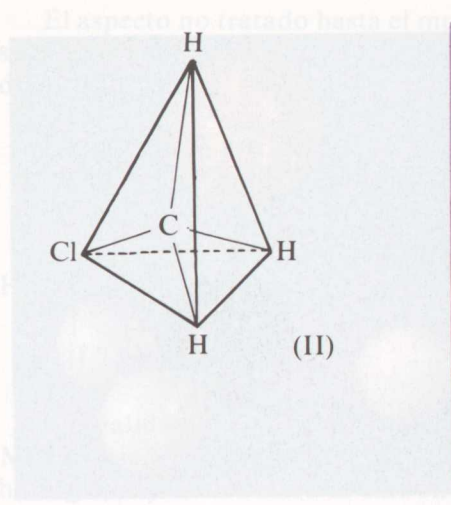


FIGURA 3

Observa que el modelo de la figura 2 y éste son el mismo, vistos en posiciones diferentes. Ambos modelos pueden superponerse uno sobre el otro.

La molécula (I) y la molécula (II) son **superponibles**. Tienes que convencerte de que esto es así, basta girar (II) convenientemente para que pueda superponerse con (I). Con plastilina y palillos puedes hacer un modelo de cada una de las moléculas y luego comprobar fácilmente que son superponibles.

Supongamos que en la molécula (I) de la fig. 2 sustituimos un hidrógeno por flúor, obtendremos el siguiente compuesto (fig. 4).

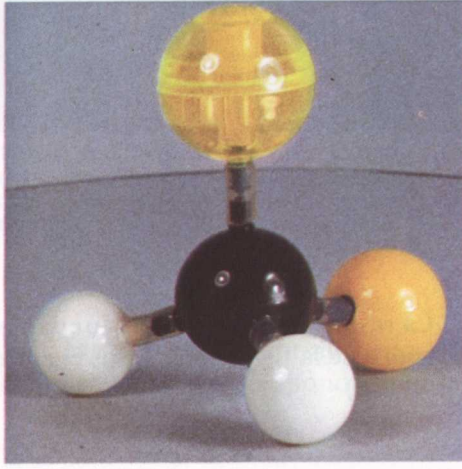
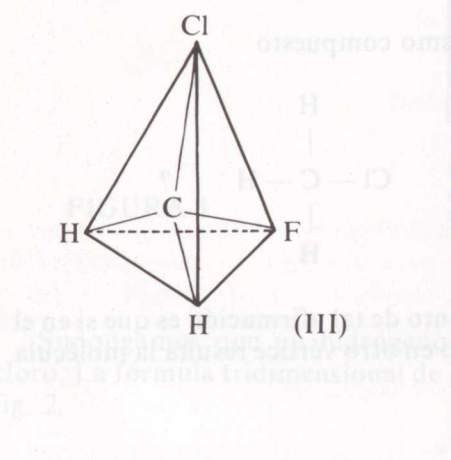
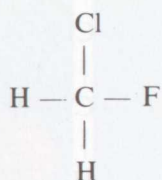


FIGURA 4

La bola amarilla opaca representa el átomo de flúor. Fíjate que el átomo de carbono tiene dos sustituyentes iguales (dos hidrógenos) y dos desiguales F y Cl.

cuya representación plana es:



La imagen en un espejo plano de (III) es la molécula (IV) (fig. 5).

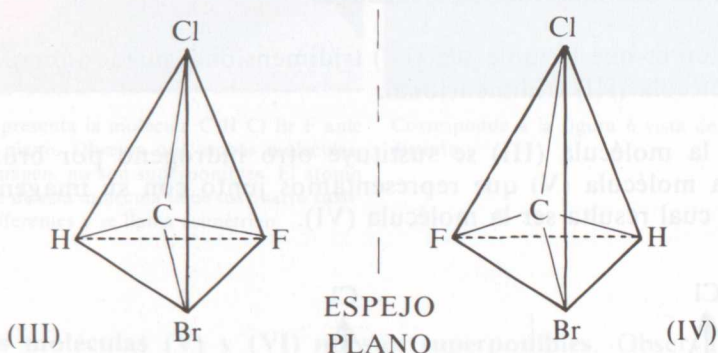
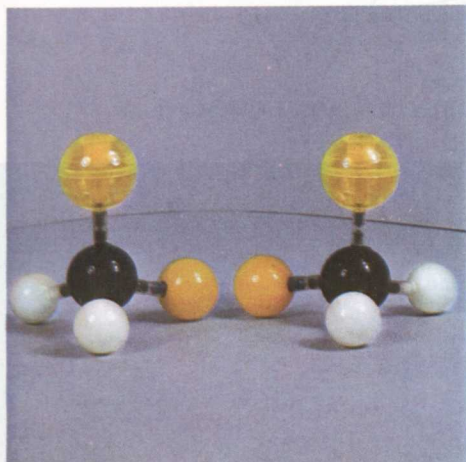
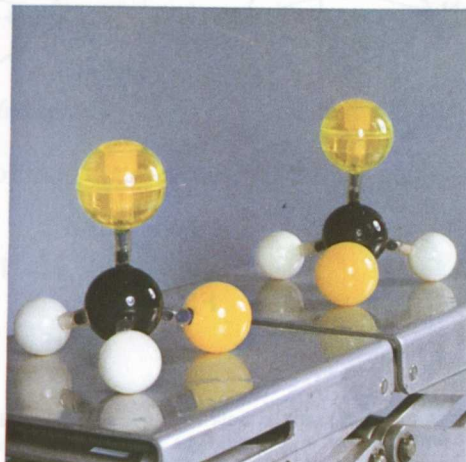


FIGURA 5

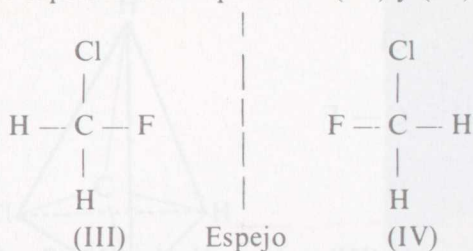


Se han representado dos modelos de la molécula CH_2FCl . Uno es la imagen en un espejo plano del otro. Ambos modelos pueden superponerse, basta girar el de la derecha unos grados en sentido horario alrededor de la varilla que une el C con el Cl, para que ambas moléculas coincidan.



En esta fotografía se ha colocado el modelo de la molécula CH_2FCl ante un espejo plano. Observa atentamente cómo la molécula reflejada en el espejo puede superponerse con la que está situada delante del mismo.

La representación plana de (III) y (IV) es:



A pesar de que en (III) el flúor esté a tu derecha y en (IV) a tu izquierda, **las dos moléculas son idénticas.**

La razón es que la molécula (IV) tridimensional puede *superponerse* con la molécula (III) tridimensional.

Si en la molécula (III) se sustituye otro hidrógeno por bromo se obtiene la molécula (V) que representamos junto con su imagen en el espejo, la cual resulta ser la molécula (VI).

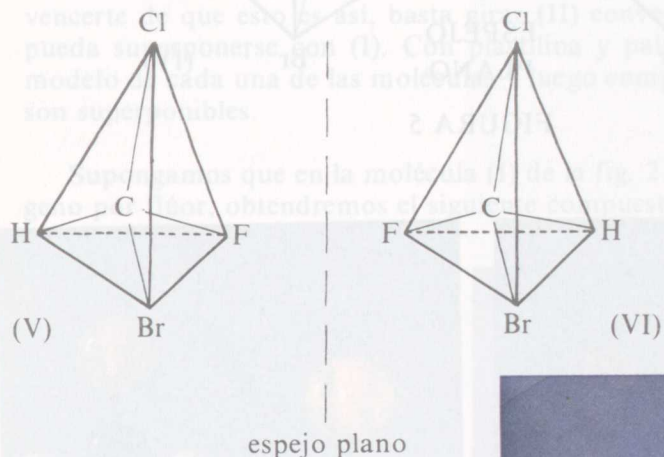
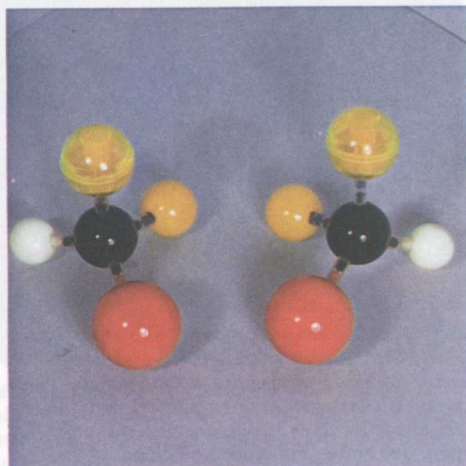
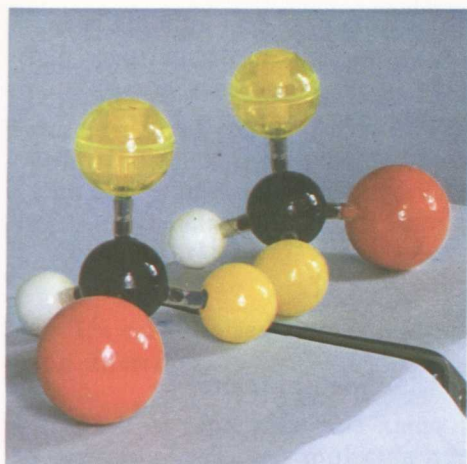


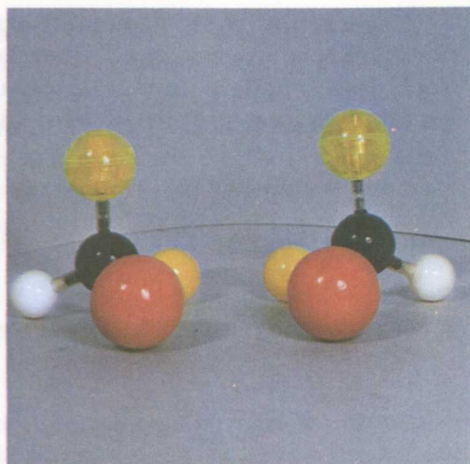
FIGURA 6

En esta fotografía la bola roja más grande representa un átomo de bromo. La molécula representada es CHClBrF. Se han colocado dos modelos uno enfrente del otro como si fuesen objeto e imagen ante un espejo plano. Fíjate que es imposible superponer uno sobre el otro. Si, por ejemplo, hacemos coincidir Cl y Br el hidrógeno se superpone sobre el flúor. Ambas moléculas no son superponibles.





Aquí se representa la molécula C H Cl Br F ante un espejo plano. Observa que ambas moléculas, objeto e imagen, no son superponibles. El átomo de carbono de esta molécula tiene sus cuatro sustituyentes diferentes y se llama asimétrico.

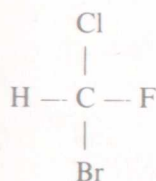


Corresponde a la figura 6 vista desde un ángulo distinto.

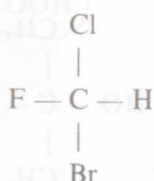
Las moléculas (V) y (VI) no son superponibles. Observa que por muchas vueltas que des a (VI) no consigues encajarlo sobre (V). Puede ser que te resulte difícil ver ésto, por eso te recomendamos que construyas dos tetraedros con plastilina de distintos colores y palillos. Haz dos tetraedros de manera que uno sea la imagen especular de otro. Trata luego de superponer uno sobre otro, no lo lograrás, si coincide algún sustituyente otros no lo hacen.

Los compuestos (V) y (VI) son **isómeros**.

La representación plana de las moléculas tridimensionales de la fig. 6 es:



(V)



(VI)

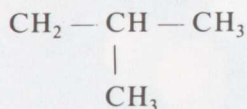
Ahora el que el F esté en (V) a la derecha y en (VI) a la izquierda es muy importante, puesto que en este caso los compuestos representados por las moléculas (V) y (VI) son isómeros.

Recordemos el fenómeno, esbozado al comenzar esta guía, de la *isomería*. Dos compuestos que tienen la misma fórmula molecular pero distinta desarrollada o semidesarrollada da lugar a que esos compuestos tengan diferentes propiedades físicas o químicas o ambas a la vez.

Veamos unos ejemplos:



Butano
 C_4H_{10}

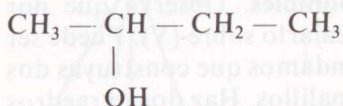


Metilpropano
 C_4H_{10}

El Butano y el Metilpropano son isómeros y se diferencian principalmente en sus propiedades físicas.

El Butano tiene un punto de ebullición de $-0,5^\circ$ a la presión atmosférica y el Metilpropano de $-10,2^\circ\text{C}$ a la misma presión.

Otro ejemplo:



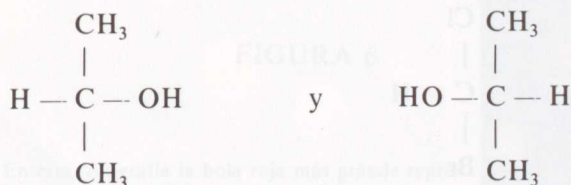
2-Butanol
 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$



Metoxietano
 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

El 2-Butanol y el Metoxietano son isómeros y se diferencian tanto en sus propiedades físicas como químicas.

En cambio



no son isómeros sino el mismo compuesto, a pesar de que en el primero el $-\text{OH}$ aparece escrito a tu derecha y en el segundo a tu izquierda. En cambio sí son isómeros la *glucosa* y *galactosa* y la diferencia estriba en que un grupo $-\text{OH}$ está a la derecha en la glucosa y a la izquierda en la galactosa (mira de nuevo las fórmulas I y II).

A este tipo de isomería, debida a la distribución espacial de la molécula se llama **estereoisomería**. La única propiedad en que difieren los compuestos (V) y (VI) estriba en su comportamiento ante la luz polarizada. Si uno de ellos desvía por ejemplo $(+\alpha)$ grados el plano de la luz polarizada el otro, es decir su imagen en el espejo, lo desvía $(-\alpha)$ grados. Uno de los isómeros es **dextrorrotatorio** y el otro **levorrotatorio**. El resto de las propiedades físicas y químicas son iguales.

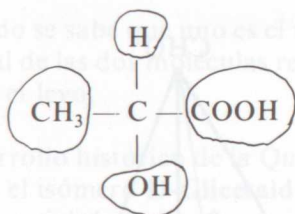
Un carbono se llama asimétrico si los cuatro sustituyentes unidos a él son diferentes.

Cuando una molécula tiene un *carbono asimétrico* el compuesto representado por esa molécula puede presentar dos isómeros que actúan sobre la luz polarizada, uno desviando el plano de polarización hacia la derecha y el otro hacia la izquierda.

Ahora podemos comprobar que la molécula (V) tiene un carbono asimétrico, es decir con los cuatro sustituyentes diferentes. Por esta razón la molécula tridimensional no es superponible con su imagen especular (VI) y en definitiva existe un isómero que desvía el plano de la luz polarizada hacia la derecha y el otro hacia la izquierda.

Veamos otro ejemplo:

El compuesto $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{COOH}$ tiene un carbono asimétrico, el número dos, ya que sus cuatro sustituyentes (señalados con líneas cerradas) son diferentes



Existirán, por tanto, dos isómeros uno *dextrorrotatorio* (desvía el plano de polarización $+\alpha$ grados) y otro *levorrotatorio* (desvía el plano de polarización $-\alpha$ grados). Estos dos isómeros, uno imagen especular del otro, se llaman *enantiómeros*.

La representación espacial de los dos isómeros está en la fig. 7.

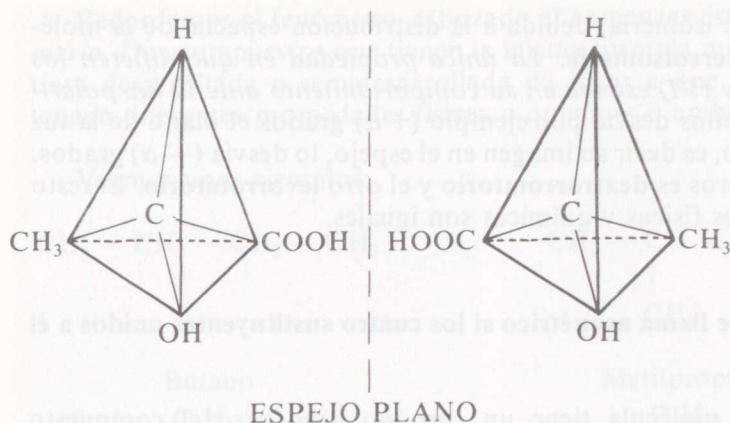


FIGURA 7

El nombre del compuesto anterior es ácido 2-Hidroxiopropanoico y para él existen, como hemos visto, dos isómeros: el dextrorrotatorio y el levorrotatorio.

Otro ejemplo sumamente interesante por estar relacionado, como veremos más adelante, con la glucosa y galactosa es el compuesto llamado **Gliceraldehído** $\text{CHO} - \text{*CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$, en el que el carbono señalado con asterisco es asimétrico.

El nombre gliceraldehído es un nombre vulgar aceptado, siendo su nombre sistemático *dihidroxipropanal*.

Los dos isómeros ópticos del Gliceraldehído están representados en la fig. 8.

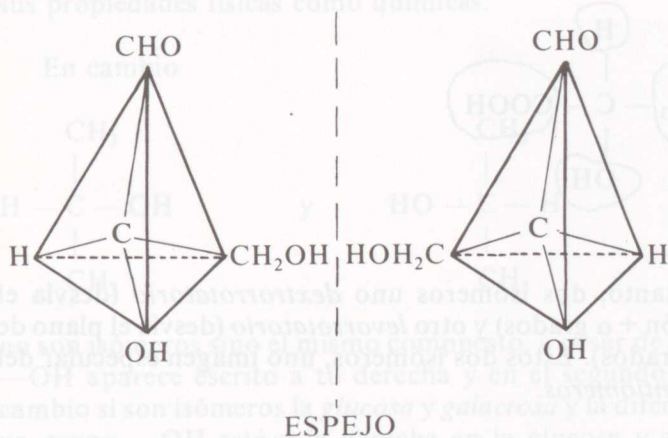
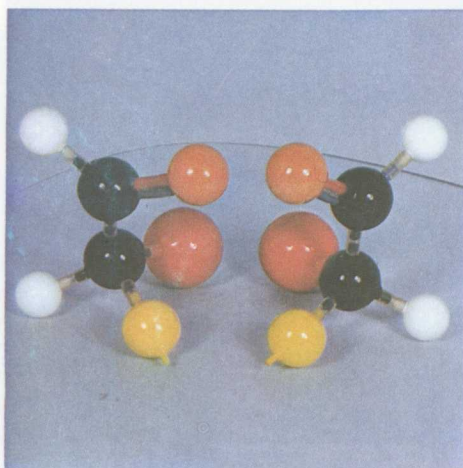
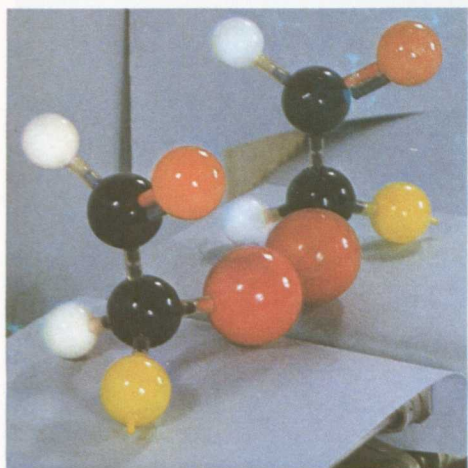
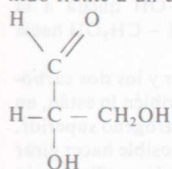


FIGURA 8



El modelo representa la molécula de Gliceraldehído frente a un espejo plano.



La bola grande de color rojo representa la agrupación $-\text{CH}_2\text{OH}$, la amarilla el grupo $-\text{OH}$ y la naranja el oxígeno. Las bolas negras representan los átomos de carbono.

El carbono inferior es asimétrico pues tiene los cuatro sustituyentes diferentes. Observa que es imposible superponer un modelo sobre el otro.

Se representan dos modelos de la molécula de Gliceraldehído, uno imagen especular del otro en un espejo plano. Las moléculas no son superponibles.

FIGURA 8

Uno de ellos es el isómero *dextro* y el otro el isómero *levo*.

Aun cuando se sabe que uno es el isómero *dextro* y el otro *levo*, no fue fácil saber cual de las dos moléculas representadas en la fig. 8 es el isómero *dextro* y cual el *levo*.

En el desarrollo histórico de la Química se tomó, arbitrariamente, uno de ellos como el isómero **D-Gliceraldehído** y era al que correspondía a la disposición espacial de la fig. 9.

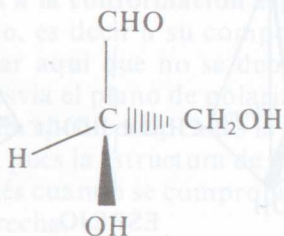
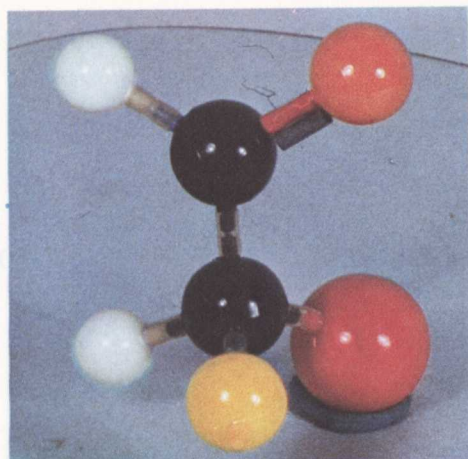
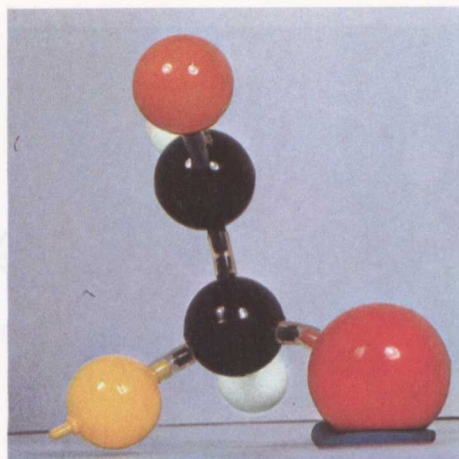


FIGURA 9



9a)



9b)

En el modelo se observa que el grupo —OH (bola amarilla opaca) está situado hacia delante, el grupo $\text{—CH}_2\text{OH}$ (bola roja grande) hacia atrás. Los dos carbonos (bolas negras) y el hidrógeno inferior están en el mismo plano. Compara el modelo con la representación convencional que se utiliza en los libros y que corresponde al dibujo de la figura 9.

Es una vista lateral del modelo 9 a). Aquí se observa claramente como el —OH queda a la izquierda (en 9a hacia delante y el $\text{—CH}_2\text{OH}$ hacia la derecha, en 9a hacia atrás).

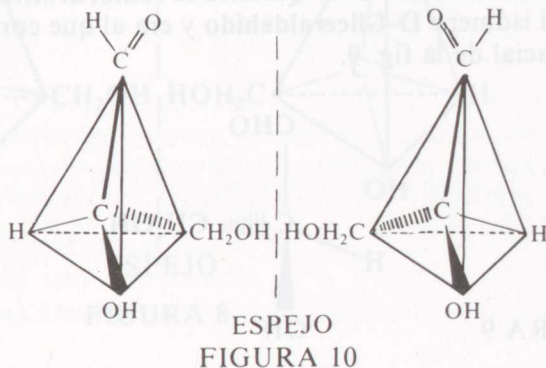
Observa que el hidrógeno inferior y los dos carbonos están en el mismo plano y también lo están, en esta fotografía, el oxígeno y el hidrógeno superior, pero podría no ser así ya que es posible hacer girar el carbono superior alrededor de la varilla que lo une con el otro carbono. Si se hiciese este giro el carbono superior, el inferior y el hidrógeno de abajo seguirían estando en el mismo plano, pero ya no estarían el hidrógeno de arriba y el oxígeno.

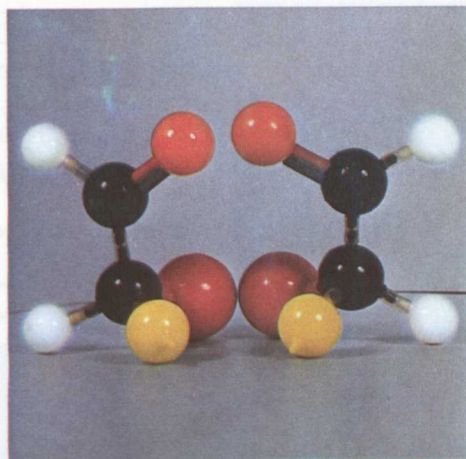
FIGURA 9

En la que el enlace C—H y el C—CHO están en el plano del papel, el enlace C—OH delante del plano del papel y $\text{C—CH}_2\text{OH}$ hacia detrás del plano del papel.

Cuando encuentres en un libro un enlace señalado con una raya — corresponde al plano del papel, \blacktriangleleft hacia delante del plano del papel y ||||| hacia detrás del plano del papel.

Si se toma la estructura de la fig. 9 como la del D-Gliceraldehído, la imagen espejular de dicha molécula corresponde al L-Gliceraldehído (ver fig. 10).





La figura representa dos moléculas de Gliceraldehído, una imagen especular de la otra. Conviene comparar la posición de los sustituyentes con el dibujo de la figura 10 para poder entender el significado de las líneas gruesas y de trazos.

FIGURA 10b)

Hoy sabemos que el D-Gliceraldehído desvía el plano de polarización de la luz hacia la derecha y el L-Gliceraldehído hacia la izquierda. Es decir, para la estructura D elegida dió la casualidad —según sabemos hoy día— que desvía hacia la derecha el plano de polarización de la luz; por consiguiente la L lo desvía hacia la izquierda.

Para representar esta circunstancia la denominación de las moléculas representadas en la fig. 10 es:

D - (+) - Gliceraldehído y

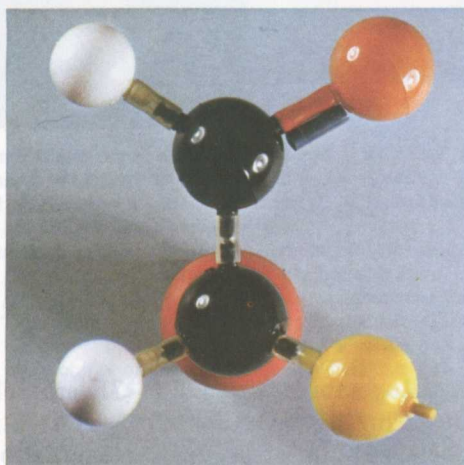
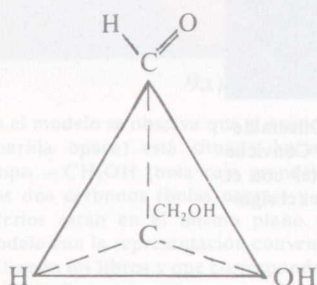
L - (—) - Gliceraldehído

Fíjate que **D** y **L** aluden a la **conformación espacial de la molécula** y **(+)** y **(—)** al **poder rotatorio**, es decir a su comportamiento sobre la luz polarizada. Conviene aclarar aquí que no se debe suponer que siempre que una estructura sea D desvía el plano de polarización hacia la derecha y una L hacia la izquierda. En el Gliceraldehído la D es dextro y la L levo, pero eso es pura causalidad, pues la estructura de la fig. 9 se eligió como D arbitrariamente y fué después cuando se comprobó que desviaba el plano de polarización hacia la derecha.

7.1.1. Proyección de Fischer

Está claro que la representación espacial utilizada en la fig. 10 es muy incómoda para la representación en dos dimensiones. *Se ha convenido utilizar una representación plana para las moléculas tridimensionales y que se conoce con el nombre de proyección de Fischer.*

Para el D-Gliceraldehído se representa un tetraedro como se indica en la fig. 11.



El carbono del grupo aldehído, el hidrógeno del carbono asimétrico y el grupo —OH están situados en el mismo plano. Puede trazarse un plano paralelo al anterior, a nivel inferior, que contenga al átomo de carbono asimétrico; debajo de este plano se encuentra el grupo —CH₂OH. Si el plano del papel contiene el átomo de carbono asimétrico la representación convencional de la molécula es:

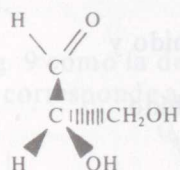
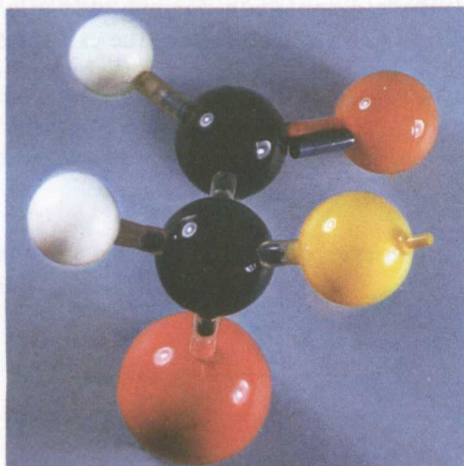
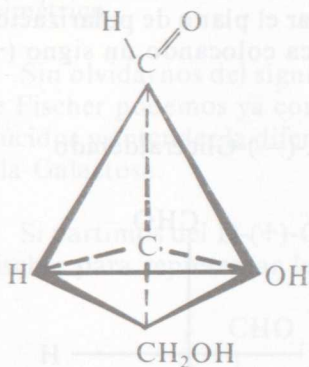


FIGURA 11

El tetraedro se ve por una de sus caras de modo que los vértices con —H, —CHO y —OH están en un plano paralelo al plano del papel y por encima de él. El cuarto vértice queda por debajo del plano del papel. Ahora imaginemos un eje de giro que una —H y —OH y giremos el tetraedro de manera que el grupo —CHO se dirija hacia el plano del papel. La disposición es la de la Fig. 12.



La fotografía da idea de la disposición espacial de la molécula. El —H y el —OH por encima, el $\text{—CH}_2\text{OH}$ y $\text{—C}=\overset{\text{O}}{\text{H}}$ por debajo del carbono asimétrico. Compara la fotografía con la convención empleada para representar las posiciones de los átomos (fig. 13).

FIGURA 12

Observa que ahora los enlaces C—H y C—OH están por encima del plano del papel y los C—CHO y $\text{C—CH}_2\text{OH}$ por debajo del mismo. Si el lector desea «ver» de modo claro estas representaciones habrá de utilizar un tetraedro construido con cartulina o bien un modelo construido con palillos y plastilina.

La convención de Fischer para el D(+)-Gliceraldehído consiste en: a) representar dos líneas perpendiculares *en cuya intersección está el carbono asimétrico* (mira la fig. 13).

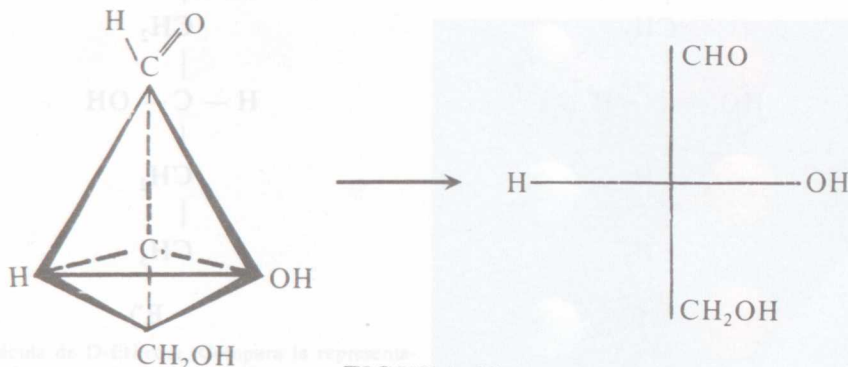


FIGURA 13

b) El grupo aldehído en la línea vertical y arriba. c) El grupo —OH a la derecha y d) el —H a la izquierda.

Esta disposición corresponde a la estructura del D-Gliceraldehído en el que se ha determinado que es capaz de desviar el plano de polarización de la luz hacia la derecha. Este hecho se indica colocando un signo (+) entre paréntesis en la fórmula.

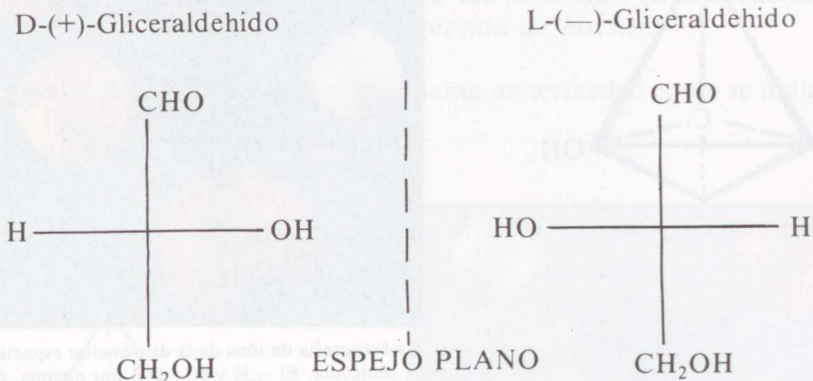
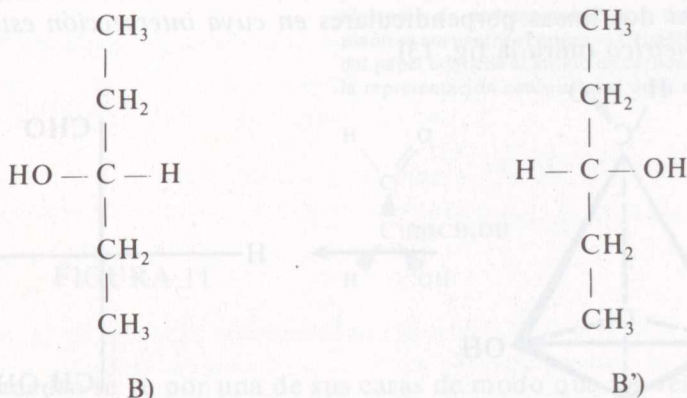


FIGURA 14

La imagen en el espejo plano (fig. 14) de la molécula de D-(+)-Gliceraldehído da lugar a una proyección de Fischer en la que el grupo —OH queda al izquierda y el —H a la derecha. Esa molécula desvía el plano de polarización de la luz hacia la izquierda y se designa como

L-(—)-Gliceraldehído

Ahora ya estamos en condiciones de entender el porqué decíamos al principio de este apartado, que las moléculas B) y B') son las mismas.



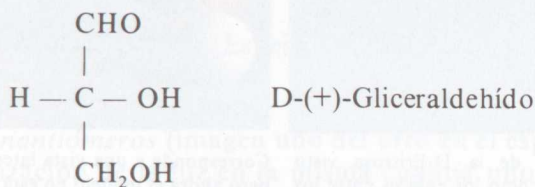
Esto se debe a que en dichas moléculas no existe un carbono asimétrico (cuatro sustituyentes diferentes), en cambio en el Gliceraldehído



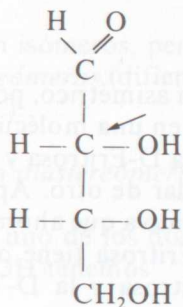
pueden existir dos isómeros ópticos debido a la existencia de un carbono asimétrico.

Sin olvidarnos del significado que hemos expuesto para la proyección de Fischer podemos ya comprender cómo se escriben las fórmulas de los glúcidos y entender la diferencia que existe, por ejemplo, entre la Glucosa y la Galactosa.

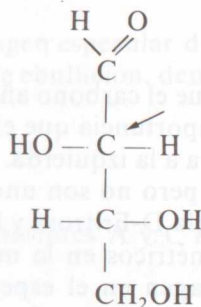
Si partimos del D-(+)-Gliceraldehído y utilizamos las proyecciones de Fischer para representar las moléculas tendremos:



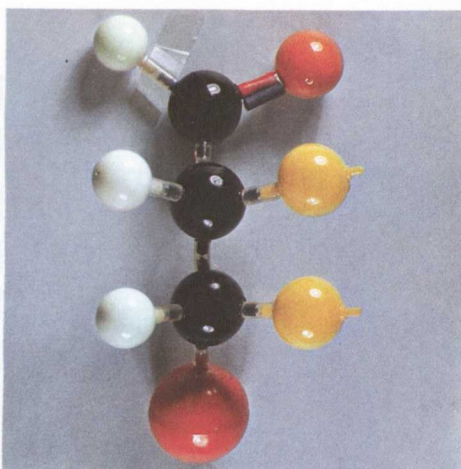
Si a la estructura anterior añadimos un grupo >CHOH (señalado con una flecha) obtendremos dos posibles isómeros:



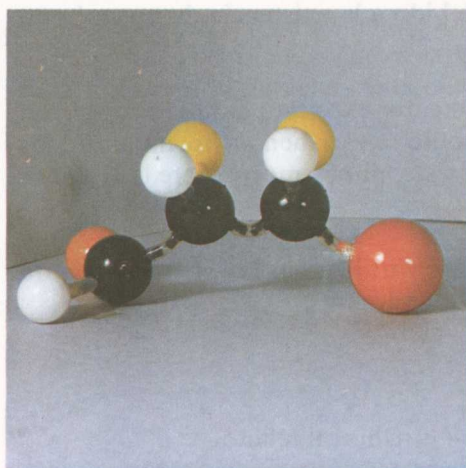
D-Eritrosa



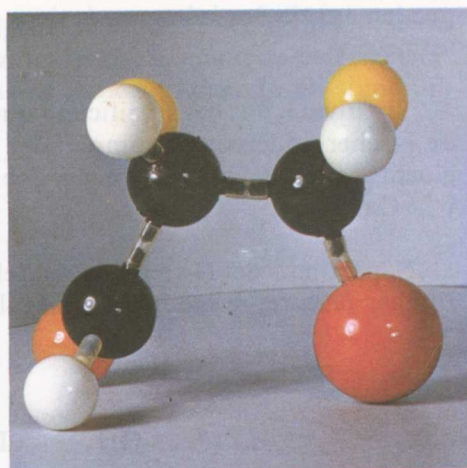
D-Treosa



Molécula de D-Eritrosa. Compara la representación plana de la molécula con el modelo. Observa que hemos tenido que forzar la posición de los átomos del modelo (por eso se ve un papel adhesivo al lado del hidrógeno superior) para «aplanarlo» ya que la tendencia natural es a curvarse.

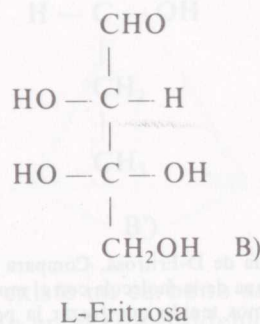
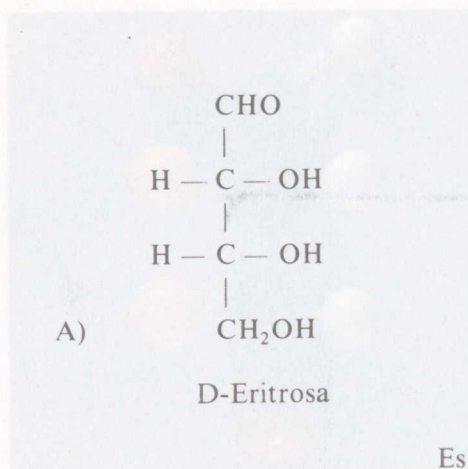


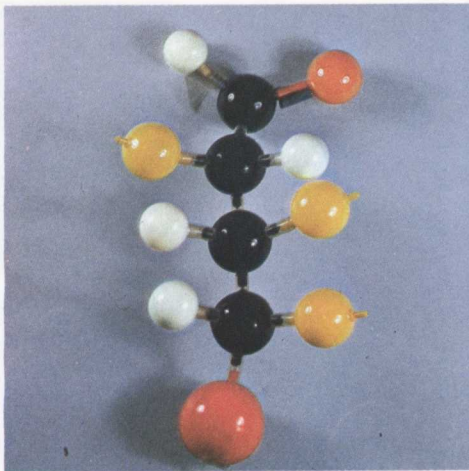
Es el mismo modelo de la D-Eritrosa visto lateralmente. Observa como los enlaces entre los dos carbonos superiores están curvados con el fin de intentar presentar el modelo en forma aplanada.



Corresponde a una vista lateral de la D-Eritrosa, pero ahora el modelo no está forzado. Los carbonos están dispuestos de tal manera que nos hacen pensar que si a esa molécula se añaden nuevos átomos de carbono se puede formar un anillo.

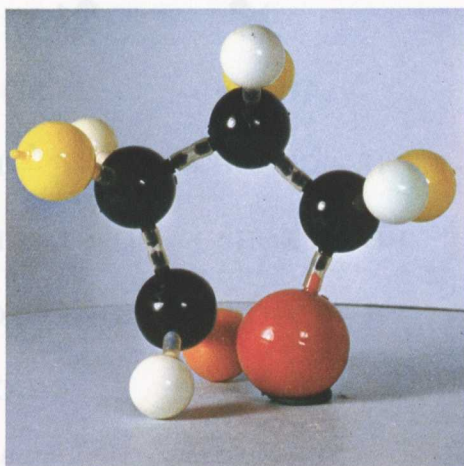
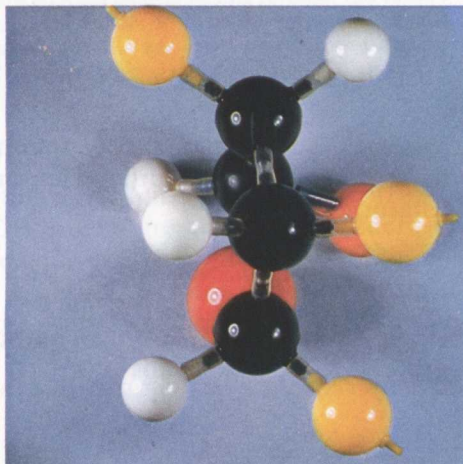
Observa que el carbono añadido es también asimétrico, por esta razón tiene tanta importancia que el grupo OH esté en una molécula a la derecha y en la otra a la izquierda. Fíjate bien que la D-Eritrosa y la D-Treosa son isómeros pero no son una imagen especular de otro. Aparecen aquí dos isómeros (la D-Eritrosa y la D-Treosa) debido a que ahora existen dos carbonos asimétricos en la molécula. La D-Eritrosa tiene otro isómero que es su imagen en el espejo y es la L-Eritrosa y la D-Treosa tiene también otro isómero en el espejo que es la L-Treosa.





La fotografía representa un modelo de molécula de D-Arabinosa. El modelo está muy forzado para poderlo aplanar al máximo, por esta razón los carbonos aparecen mal alineados. Recuerda que las bolas blancas representan al H y las amarillas a la agrupación —OH .

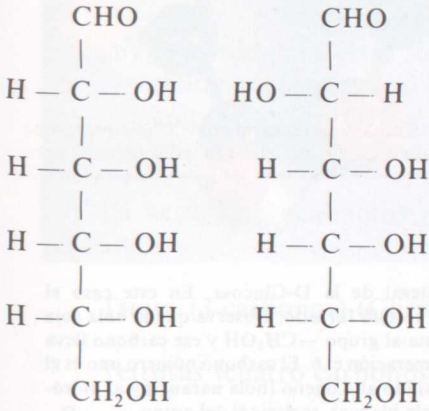
La fotografía representa la molécula de D-Arabinosa vista por encima como en la fotografía superior. Ahora el modelo no está forzado y por eso se observa claramente su tendencia a ciclarse.



Vista lateral de la D-Arabinosa. Observa cómo el modelo presenta claramente la tendencia a formar un ciclo. Fíjate bien que para recordar los números de los carbonos, la bola roja es el grupo CH_2OH y corresponde al carbono cinco, el carbono del grupo aldehído (bola negra unida a la naranja y a la blanca) es el número uno.

De cada uno de los anteriores resulta por nueva adición de un grupo CHOH

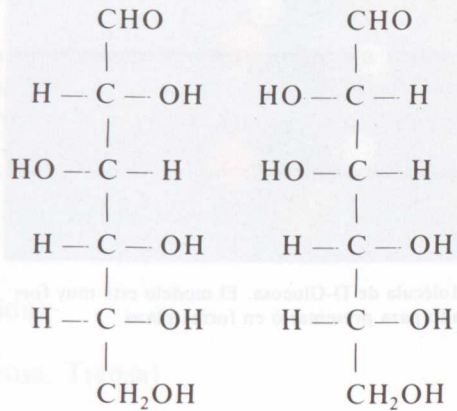
D-Ribosa



D-Alosa

D-Altrosa

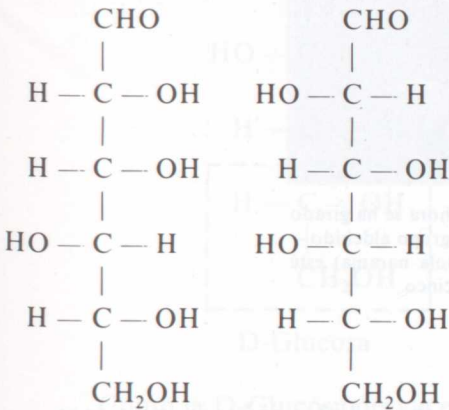
D-Arabinosa



D-Glucosa

D-Manosa

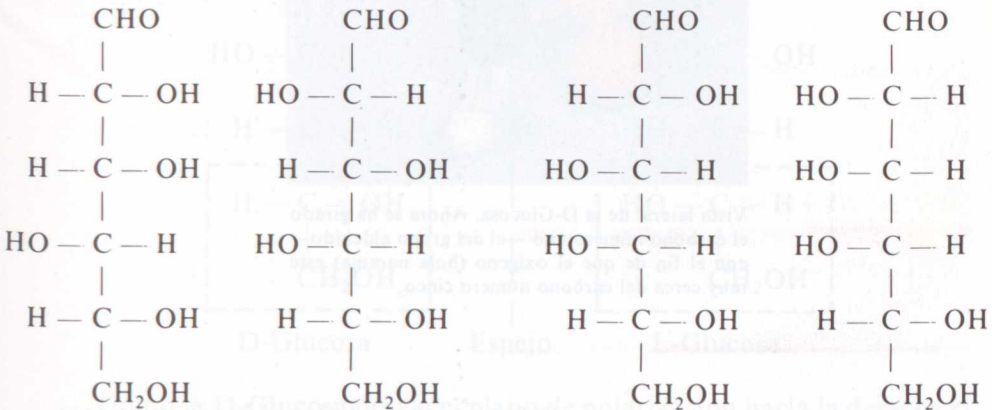
D-Xilosa



D-Gulosa

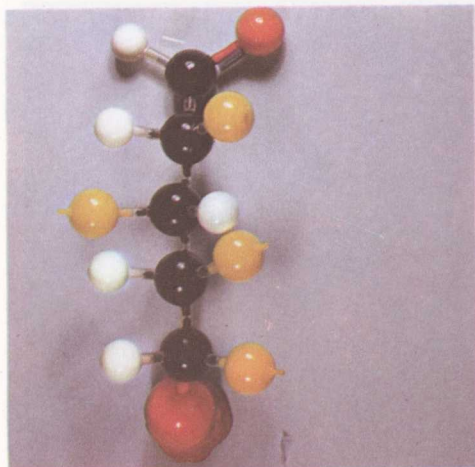
D-Iodosa

D-Lixosa

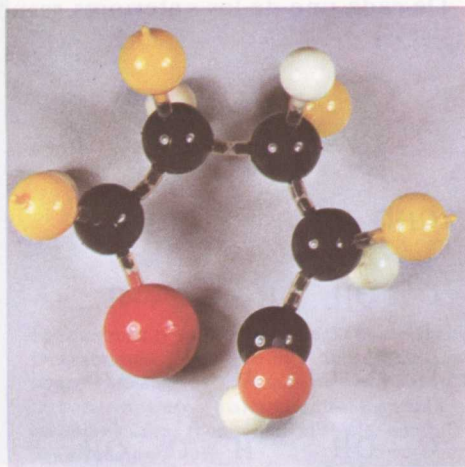


D-Galactosa

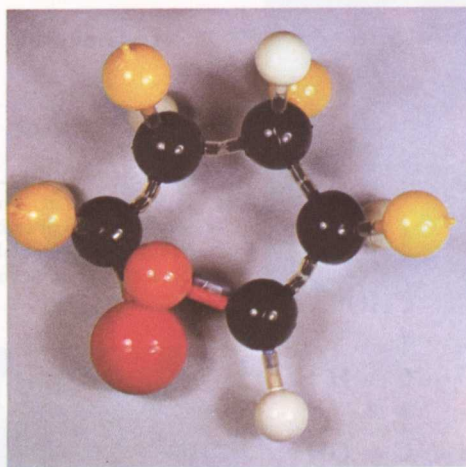
D-Talosa



Molécula de D-Glucosa. El modelo está muy forzado para presentarlo en forma plana.



Vista lateral de la D-Glucosa. En este caso el modelo no está forzado. Observa que la bola roja representa al grupo $-\text{CH}_2\text{OH}$ y ese carbono lleva en la numeración el 6. El carbono número uno es el que va unido al oxígeno (bola naranja) y al hidrógeno (bola blanca), es decir el del grupo



Vista lateral de la D-Glucosa. Ahora se ha girado el carbono número uno —el del grupo aldehído— con el fin de que el oxígeno (bola naranja) esté muy cerca del carbono número cinco.

Aunque nosotros hemos puesto los nombres de los azúcares no tienes que aprenderlos de memoria. Sólo tratamos que entiendas cómo se generan las fórmulas de los distintos azúcares. Es muy importante observar cómo todos los que hemos escrito llevan la letra D para indicar que

proceden del D-Gliceraldehído. Análogamente puede deducirse la serie L tomando como producto de partida el L-Gliceraldehído u obteniendo la imagen en el espejo de cada una de las moléculas.

Lo más importante es:

- Observar los carbonos asimétricos de cada uno de los azúcares.
- Recordar que estas fórmulas planas son un convenio para representar moléculas tridimensionales y esto es lo que determina que colocar los —OH a tu derecha o a tu izquierda tenga tanta importancia.

La serie que acabamos de ver corresponde a D-aldosas y hemos escrito:

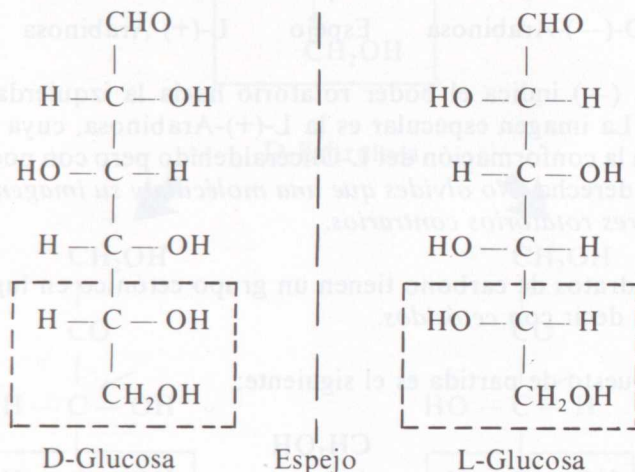
Triosa (3 carbonos) (Gliceraldehído)

Tetrosas (cuatro carbonos) (Eritrosa, Treosa)

Pentosas (cinco carbonos) (Ribosa, etc.)

Hexosas (seis carbonos) (Alosa, etc.)

Cabe preguntarse ahora cuál es la estructura de la L-Glucosa. Basta representar la D-Glucosa y obtener la imagen especular.



Como la D-Glucosa desvía el plano de polarización hacia la derecha el nombre completo es:

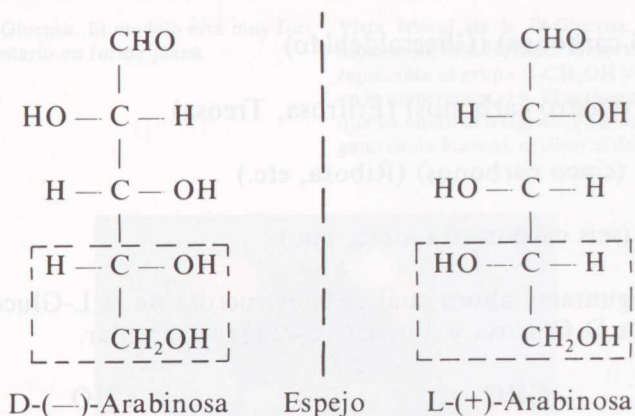
D - (+) - Glucosa

La L-Glucosa es la imagen en el espejo por tanto desviará el plano de polarización hacia la izquierda.

L - (—) - Glucosa

Observa que la D-Glucosa tiene la estructura del D-Gliceraldehído (zona interior al rectángulo rayado) mientras que la L-Glucosa tiene la del L-Gliceraldehído.

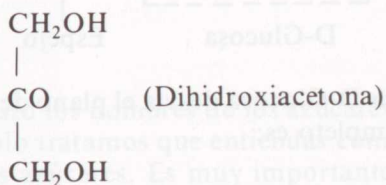
No debes confundirte y suponer que D se asocia con poder rotatorio positivo ni L con negativo. El poder rotatorio se designa con signo + ó —. Podemos encontrar fórmulas como L-(+)-Arabinosa y D-(—)-Arabinosa. Esta última nos indica que D está relacionada con el D-Gliceraldehído y su fórmula de acuerdo con la proyección de Fischer es tal como hemos deducido anteriormente la siguiente:



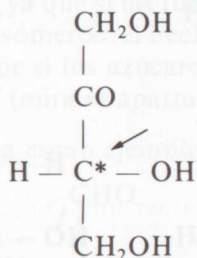
El signo (—) indica el poder rotatorio hacia la izquierda de la D-Arabinosa. La imagen especular es la L-(+)-Arabinosa, cuya estructura está ligada a la conformación del L-Gliceraldehído pero con poder rotatorio hacia la derecha. *No olvides que una molécula y su imagen especular tienen poderes rotatorios contrarios.*

Otros hidratos de carbono tienen un grupo cetónico en lugar de uno aldehído, es decir con *cetósidos*.

El compuesto de partida es el siguiente:

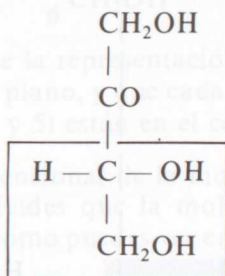


7.1. Observa que este compuesto no tiene carbono asimétrico. Los *cetósidos* se obtienen añadiendo grupos >CHOH a la Dihidroxiacetona.

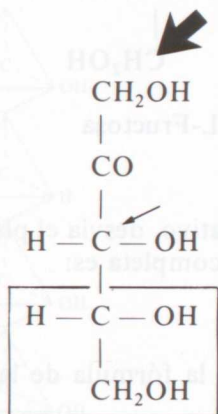


D-Eritrulosa

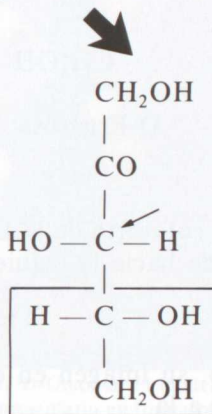
Observa que en el compuesto anterior ya existe un carbono asimétrico, el señalado con asterisco. Del anterior compuesto por adición de $\text{>CH}_2\text{OH}$ se derivan otros dos y de ellos otros cuatro en la siguiente secuencia:



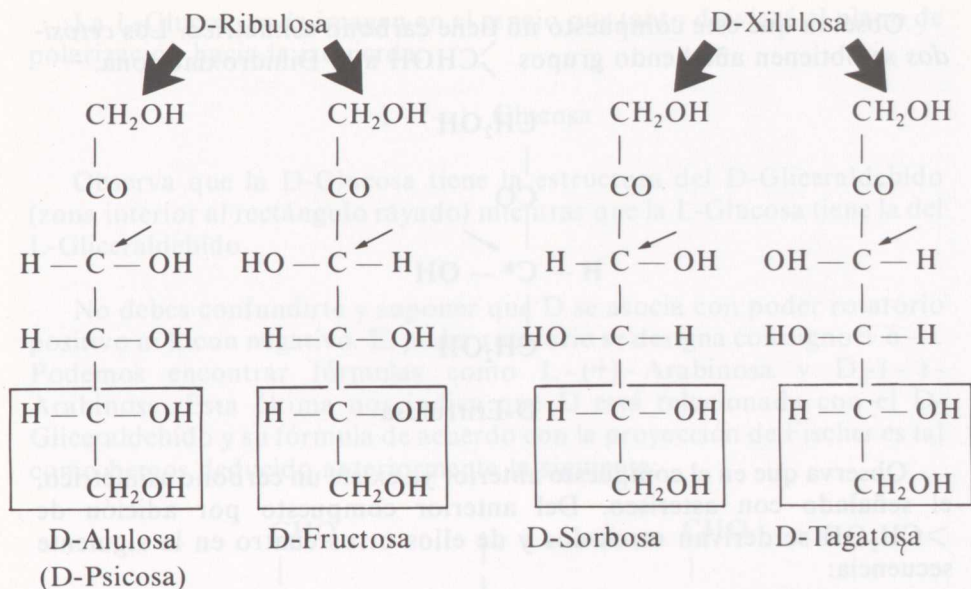
D-Eritrulosa



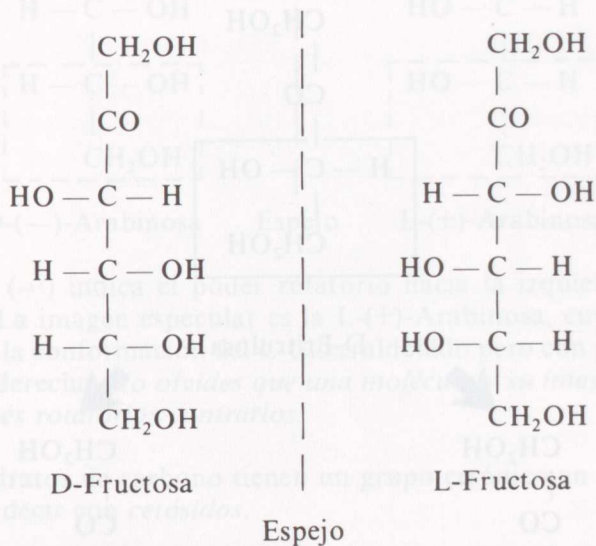
D-Ribulosa



D-Xilulosa



La serie L puede obtenerse sin más que obtener la imagen especular de cada uno de los azúcares, por ejemplo la L-Fructosa es:



El poder rotatorio de la D-Fructosa es negativo, desvía el plano de la luz polarizada hacia la izquierda. Su fórmula completa es:

D - (—) - Fructosa

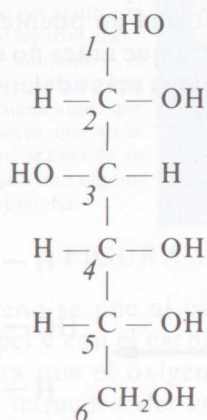
y, por tanto, su imagen en el espejo, es decir la fórmula de la derecha corresponde a la

L - (+) - Fructosa

7.1.2. Fórmulas cíclicas de los azúcares

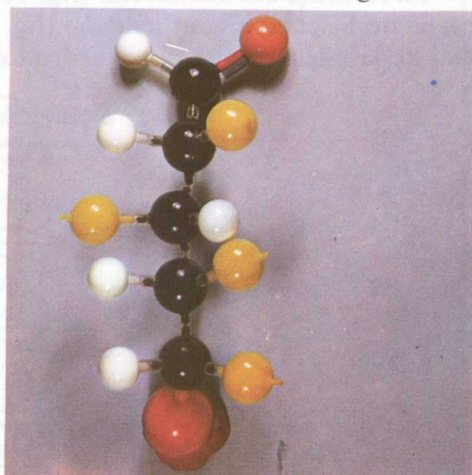
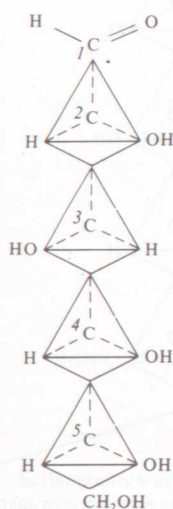
El problema de las estructuras de los azúcares es más complicado que lo expuesto anteriormente, ya que si las fórmulas abiertas nos han permitido entender los distintos isómeros, el hecho experimental es, que ciertas reacciones se explican mejor si los azúcares se representan por fórmulas cíclicas del tipo hemiacetal (mira el apartado 6.5.).

Escojamos la D-Glucosa como ejemplo de aplicación:



No debemos olvidar que la representación anterior corresponde a la proyección de Fischer en el plano, y que cada uno de los carbonos asimétricos de la molécula (2,3,4 y 5) están en el centro de sendos tetraedros.

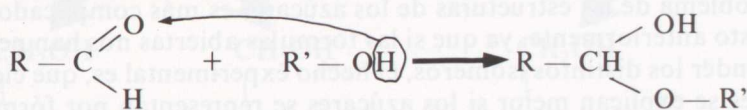
La representación convencional de la molécula en el espacio corresponde a la fig. 15. (No olvides que la molécula en realidad tiene los carbonos no alineados, tal como puedes ver en las otras dos fotografías de la pág. 228).



Molécula de D-Glucosa. El modelo está muy forzado para presentarlo en forma plana.

FIGURA 15

Si reacciona un aldehído con un alcohol se forma el hemiacetal



Como la Glucosa tiene función aldehído y alcohol se produce un hemiacetal, por reacción entre el grupo carbonilo y el hidroxilo del carbono cinco. Ahora el oxígeno forma un puente entre el carbono 1 y el 5 (fig. 16). Observa que el carbono 1 que antes no era asimétrico, ahora sí lo es. Esto determinará, como veremos más adelante, que puedan existir dos isómeros para la propia Glucosa.

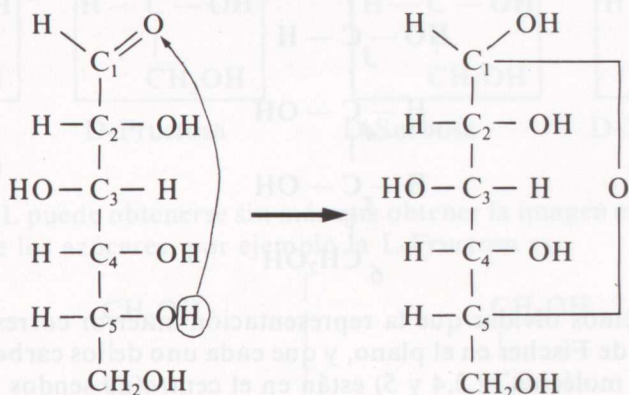


FIGURA 16

La fórmula del hemiacetal (fig. 16) corresponde a una representación plana de Fischer; a continuación (fig. 17) representamos una visión espacial de la misma (mira el tetraedro de la página 221).

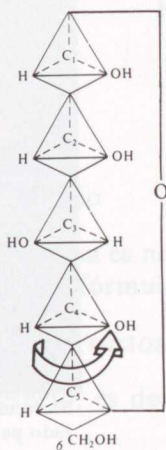


FIGURA 17

La fotografía representa la molécula de D-Glucosa en forma de hemiacetal. El oxígeno del anillo está representado por la bola naranja. Si recorres el anillo, a partir del oxígeno, en sentido antihorario, el carbono primero que encuentras es el número uno y el último el cinco. El plano γ designa aquel que contiene los C y el oxígeno. Observa que en la figura 18 los carbonos están alineados, cuando en realidad forman junto con el oxígeno un exágono tal como se ve claramente en la fotografía.

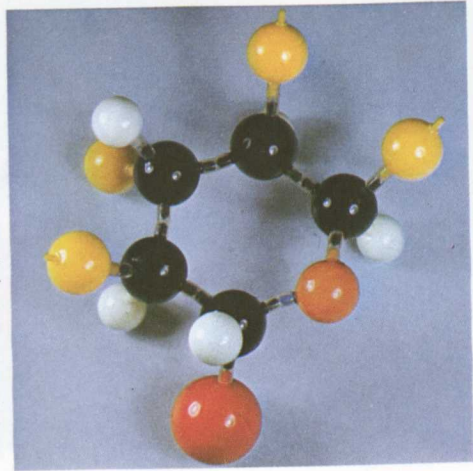


FIGURA 17 b)

Observa que el oxígeno se une al carbono 1 por una unión situada debajo del plano del papel y con el carbono 5 con una unión por encima del plano del papel. Para que el oxígeno esté por debajo del plano del papel se ha de girar el tetraedro del carbono cinco de manera que el CH_2OH pase a ocupar la posición del hidrógeno (fig. 18).

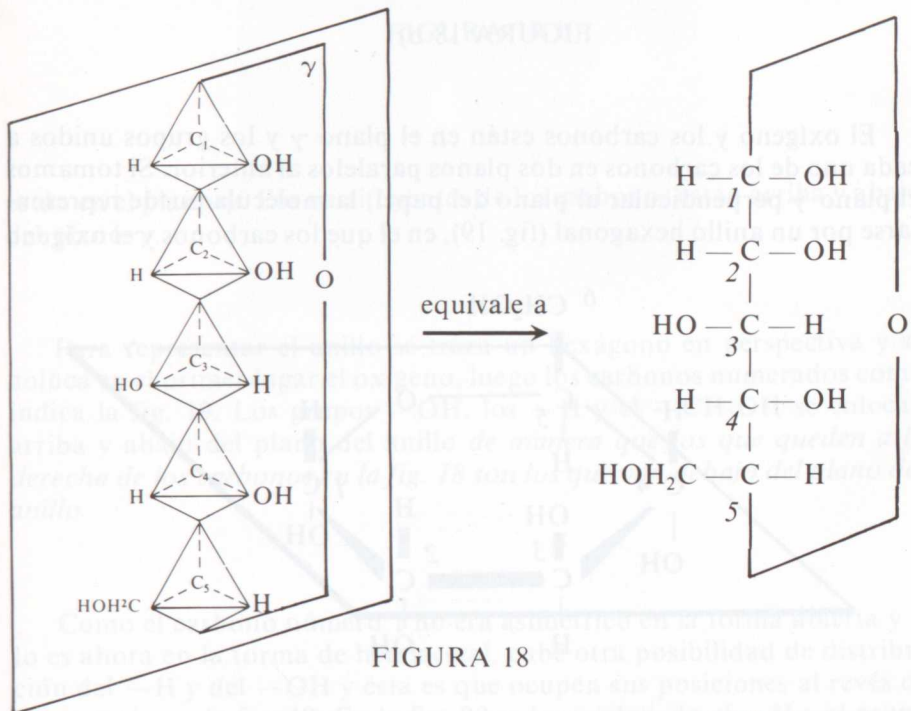
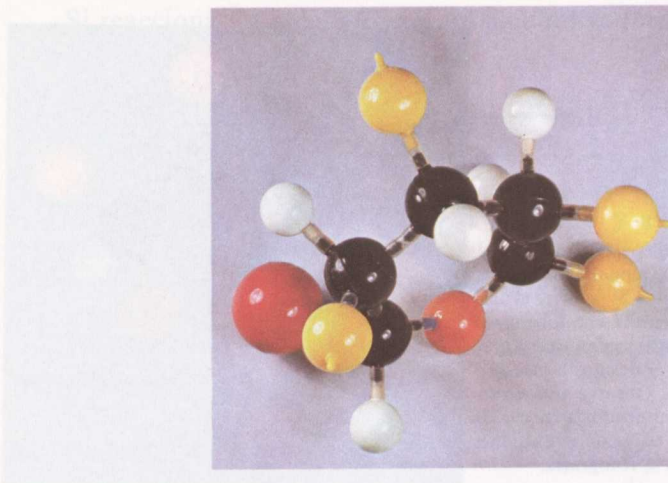


FIGURA 18

Si llamamos γ al plano que contiene los carbonos y el oxígeno, entonces los OH y H indicados con letras más grandes están a un lado de ese plano y los OH, H y CH_2OH con letra más pequeña están al otro lado de ese plano.



Compara la fotografía del modelo con la representación gráfica de la figura 18. El plano γ es el que contiene a los átomos de carbono. Hacia delante de ese plano se observa que los sustituyentes de los carbonos del anillo son:

Carbono uno —OH
 Carbono dos —OH
 Carbono tres —H

Carbono cuatro —OH
 Carbono cinco —H

Hacia atrás del plano γ se observa que los sustituyentes son:

Carbono uno —H
 Carbono dos —H
 Carbono tres —OH
 Carbono cuatro —H
 Carbono cinco —CH₂OH

FIGURA 18 b)

El oxígeno y los carbonos están en el plano γ y los grupos unidos a cada uno de los carbonos en dos planos paralelos al anterior. Si tomamos el plano γ perpendicular al plano del papel, la molécula puede representarse por un anillo hexagonal (fig. 19), en el que los carbonos y el oxígeno

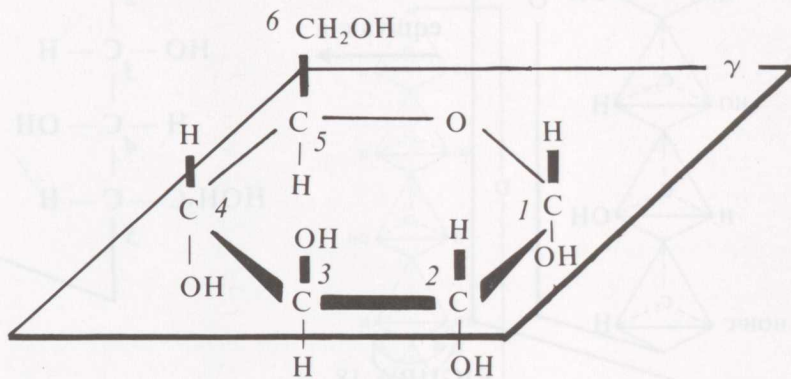
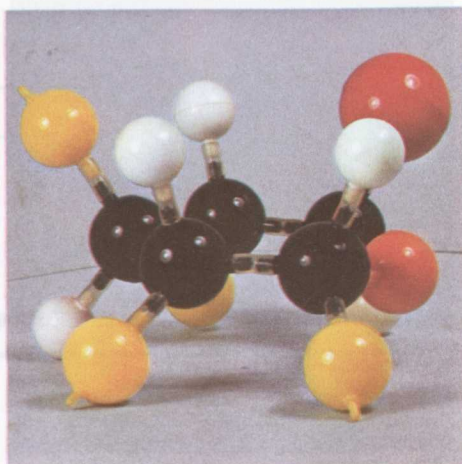
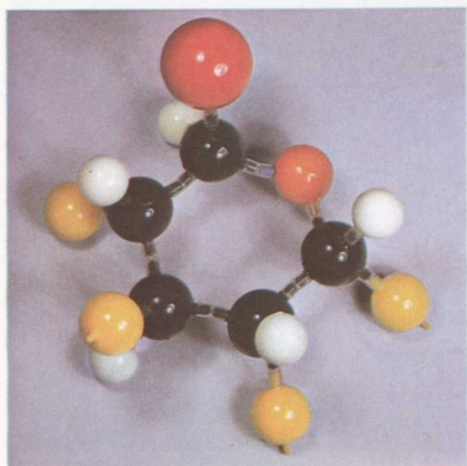


FIGURA 19



Molécula α -D-Glucosa. Compara con la figura 18 b) y observa que ahora el grupo $-\text{CH}_2\text{OH}$ está hacia arriba. Los grupos que unidos a los carbonos aparecen por encima del plano del anillo son los que en la figura 18 b) están hacia atrás y los que allí estaban hacia delante aquí quedan debajo. Compara la fotografía del modelo con el dibujo de la fig. 19.

Vista lateral de la molécula de α -D-Glucosa. Observa que el modelo aparece girado respecto al dibujo de la fig. 19, para así poder ver claramente el átomo de oxígeno del ciclo.

FIGURA 19 b)

están en el plano γ . Los sustituyentes de los carbonos están arriba y abajo del plano γ .

Para representar el anillo se traza un hexágono en perspectiva y se coloca en el primer lugar el oxígeno, luego los carbonos numerados como indica la fig. 19. Los grupos $-\text{OH}$, los $-\text{H}$ y el $-\text{CH}_2\text{OH}$ se colocan arriba y abajo del plano del anillo de manera que los que quedan a la derecha de los carbonos en la fig. 18 son los que van debajo del plano del anillo.

Como el carbono número 1 no era asimétrico en la forma abierta y sí lo es ahora en la forma de hemiacetal, cabe otra posibilidad de distribución del $-\text{H}$ y del $-\text{OH}$ y ésta es que ocupen sus posiciones al revés de como están en la fig. 19. En la fig. 20 se han colocado el $-\text{H}$ y el grupo $-\text{OH}$ de forma diferente que en la 19.

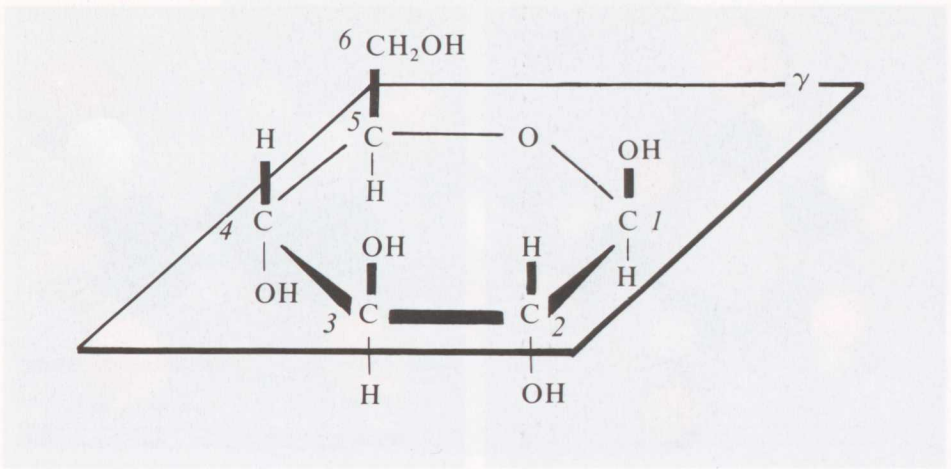
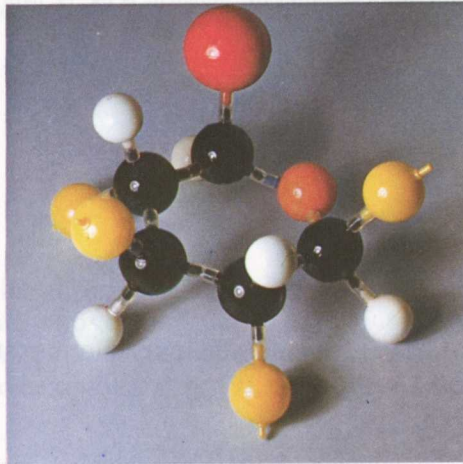


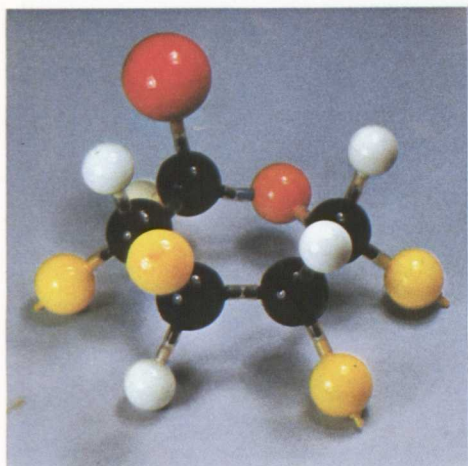
FIGURA 20



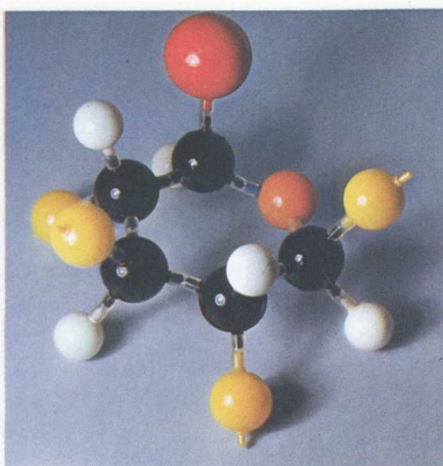
Molécula β -D-Glucosa. Compara con el modelo de la figura 19 b). El —OH del carbono número uno está aquí por encima del plano del anillo, mientras que en la fig. 19 b) está por debajo.

FIGURA 20 b)

La fórmula correspondiente a la fig. 19 recibe el nombre de α -Glucosa y la de la fig. 20 β -Glucosa. (Forma α aquella que el grupo —OH del carbono 1 esté por debajo del plano del anillo).



α -D-Glucosa



β -D-Glucosa

Es evidente que el paso de la forma abierta a la cerrada no es sencillo, ello prueba la dificultad inherente a la Química en la que las moléculas no son simples representaciones planas sino espaciales.

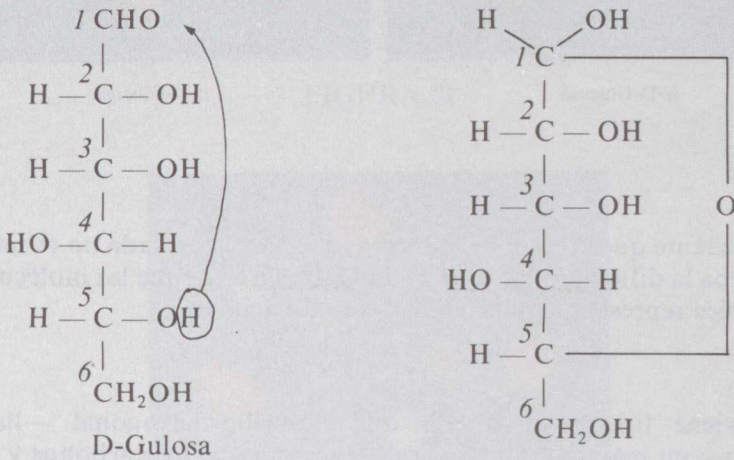
Conviene finalmente añadir que el anillo hexagonal —llamado *piranosa*— en realidad tampoco es plano sino que los carbonos y el oxígeno ocupan planos diferentes. Pero tratar este aspecto creemos que supera el nivel de este libro.

Repetimos que no tratamos de que lo aprendas de memoria, lo interesante es entender el porqué se representan algunos azúcares en estructura de anillo y porqué figuran unos sustituyentes arriba del plano y otros abajo; en definitiva deseamos que las representaciones de las moléculas no sean jeroglíficos que no puedas entender.

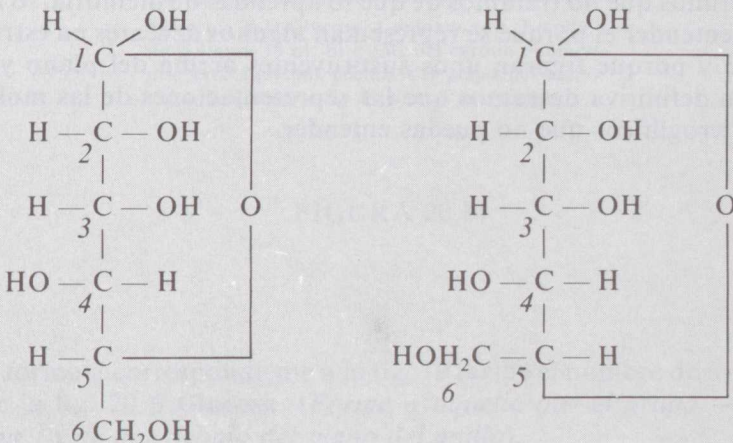
RESUMEN

Los pasos que debes dar para pasar de una forma abierta a una cerrada son:

A) Formar el hemiacetal: Ejemplo



B) Giro del tetraedro del carbono cinco *que en la forma plana equivale a cambiar el $-\text{CH}_2\text{OH}$ por el $-\text{H}$ yendo éste al lado derecho.*



C) Dibujar el anillo hexagonal colocando los carbonos como se indica en la siguiente figura 21.

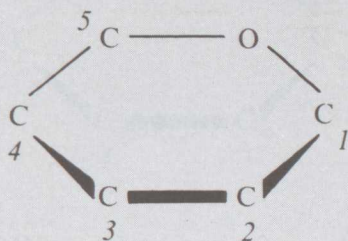
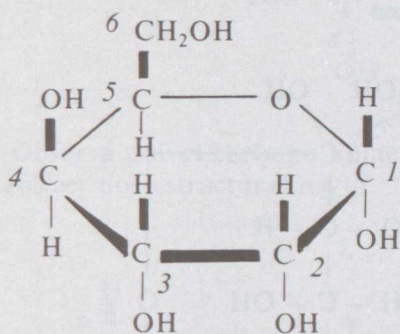


FIGURA 21

D) Dibujar los sustituyentes que están a la derecha de los carbonos debajo del plano del anillo y los de la izquierda por encima.

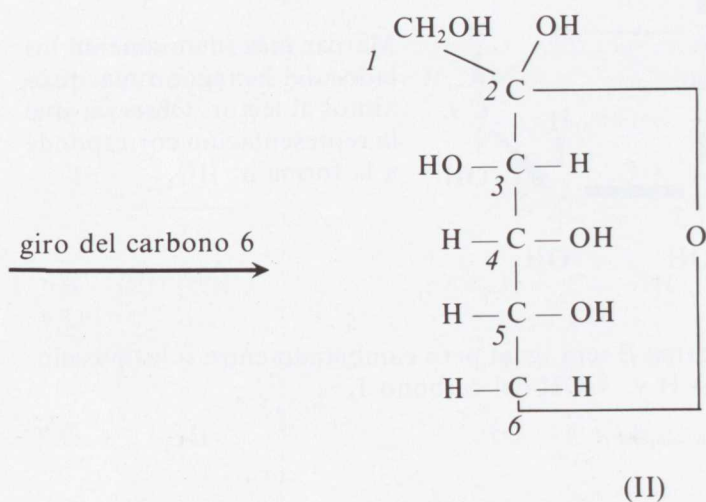
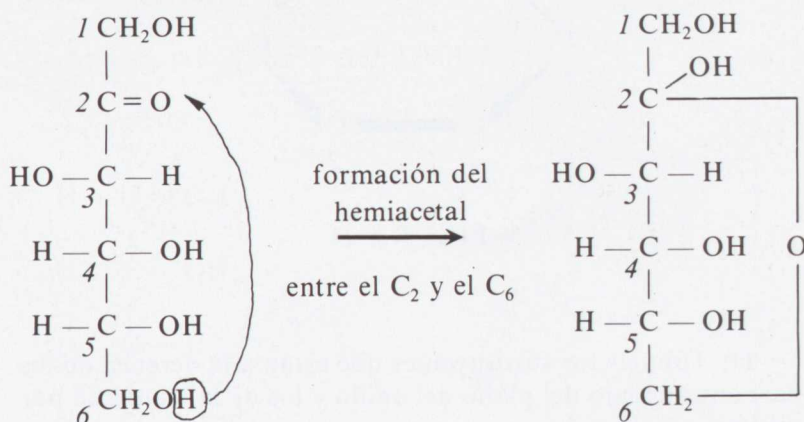


Marcar más intensamente los lados del hexágono más próximos al lector. Observar que la representación corresponde a la forma α .

La forma β será igual pero cambiando entre sí las posiciones del $-\text{H}$ y $-\text{OH}$ del carbono 1.

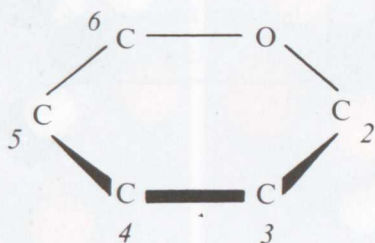
Con un ejemplo vamos a aplicar, de forma resumida, las ideas que hemos expuesto para pasar de una representación abierta a una representación en anillo. Como ejemplo escogimos un azúcar muy importante: la D-Fructosa.

La fórmula abierta de dicho azúcar es:

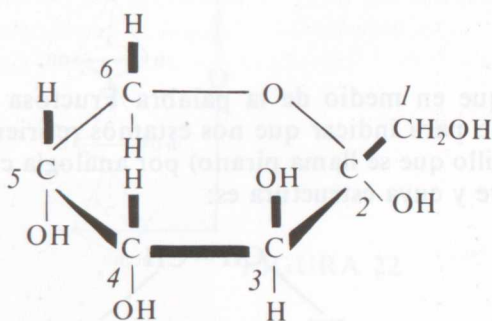


Observa que el carbono número 2 no era asimétrico en la forma abierta y si lo es en la forma de anillo.

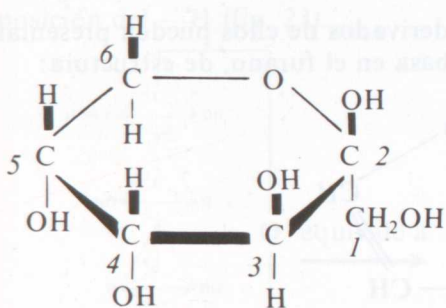
Ahora representamos un anillo hexagonal, visto en perspectiva, colocando los carbonos a partir del oxígeno y en el sentido de las agujas del reloj:



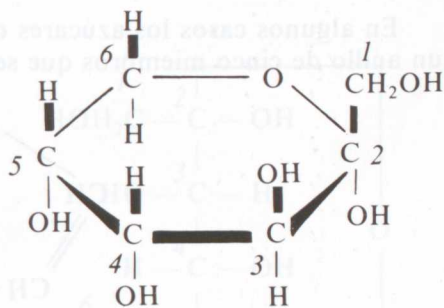
A continuación se colocan los —H y —OH, de manera que los que estén en (II) a la derecha quedan por debajo del plano del anillo y los de la izquierda por encima.



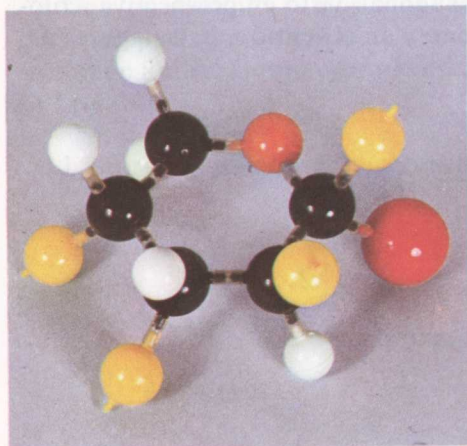
Observa que el carbono número 2 es asimétrico por tanto podemos establecer dos estructuras α y β .



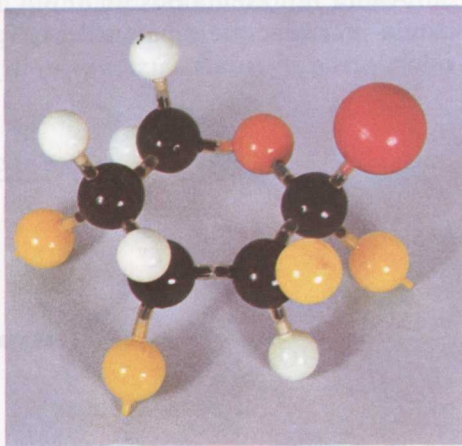
β -D-Fructopiranososa
(—OH hacia arriba)



α -D-Fructopiranososa
(—OH hacia abajo)

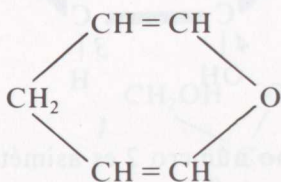


β -D-Fructopiranos. Observa que el carbono número seis está unido a dos hidrógenos. El —OH del carbono dos está por encima del plano del anillo.



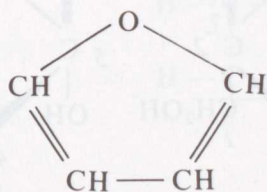
α -D-Fructopiranos. Compara con la forma β . El grupo —OH está aquí por debajo del plano del anillo.

Observa que en medio de la palabra Fructosa hemos colocado el término pirano para indicar que nos estamos refiriendo al anillo de seis miembros (anillo que se llama pirano) por analogía con el compuesto del mismo nombre y cuya estructura es:

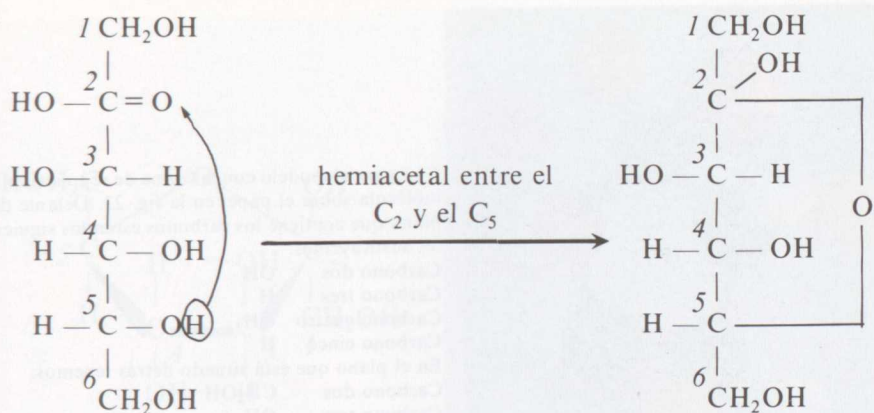


(Recuerda lo que vimos en 6.5)

En algunos casos los azúcares o derivados de ellos pueden presentar un anillo de cinco miembros que se basa en el furano, de estructura:



El ciclo pentagonal se formula análogamente al hexagonal. Vamos a hacerlo con la D-Fructosa:



La fórmula plana anterior corresponde a la siguiente espacial (fig. 22).

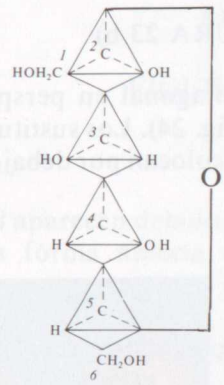


FIGURA 22

Observa que el oxígeno está unido al carbono 2 por debajo del plano del papel y al carbono 5 por encima (no olvides el tetraedro que está dibujado en la página 221).

Para que las dos uniones queden por debajo del plano del papel debemos girar el tetraedro del carbono 5 de manera que el —CH₂OH ocupe la posición del —H (fig. 23).

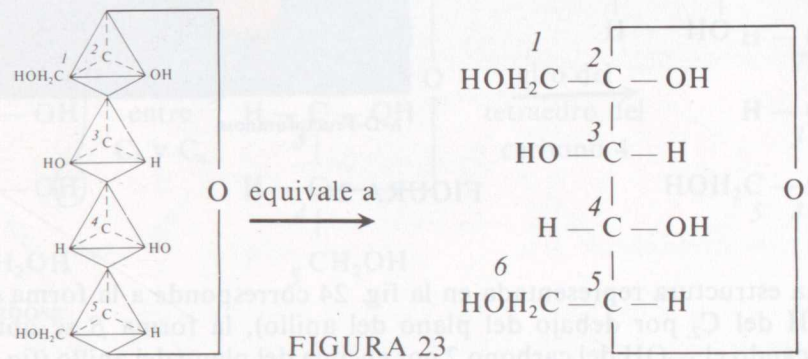
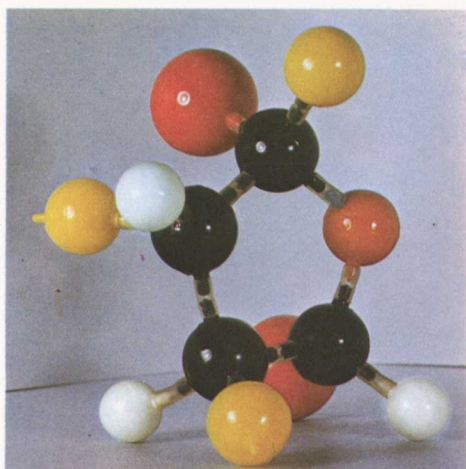


FIGURA 23



Compara el modelo con la forma de representar la molécula sobre el papel en la fig. 23. Delante del plano que contiene los carbonos están los siguientes sustituyentes:

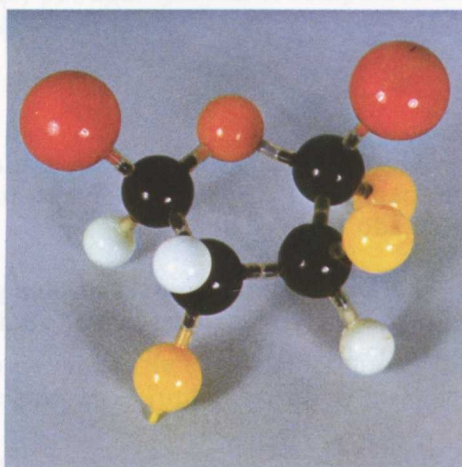
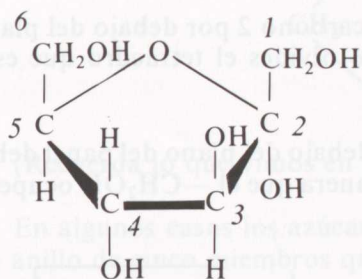
Carbono dos OH
 Carbono tres H
 Carbono cuatro OH
 Carbono cinco H

En el plano que está situado detrás tenemos:

Carbono dos CH₂OH
 Carbono tres OH
 Carbono cuatro H
 Carbono cinco CH₂OH

FIGURA 23 b)

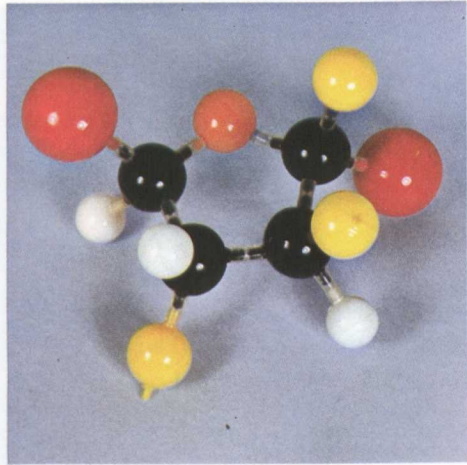
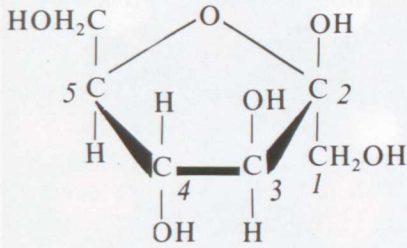
Ahora se dibuja un anillo pentagonal en perspectiva colocando el oxígeno en el vértice más alejado (fig. 24). Los sustituyentes que están a la derecha de los carbonos (fig. 23) se colocan por debajo del plano del anillo (fig. 24).



α -D-Fructofuranosa

FIGURA 24

La estructura representada en la fig. 24 corresponde a la forma α (el —OH del C₂ por debajo del plano del anillo), la forma β se obtiene colocando el —OH del carbono 2 por encima del plano del anillo (fig. 25).



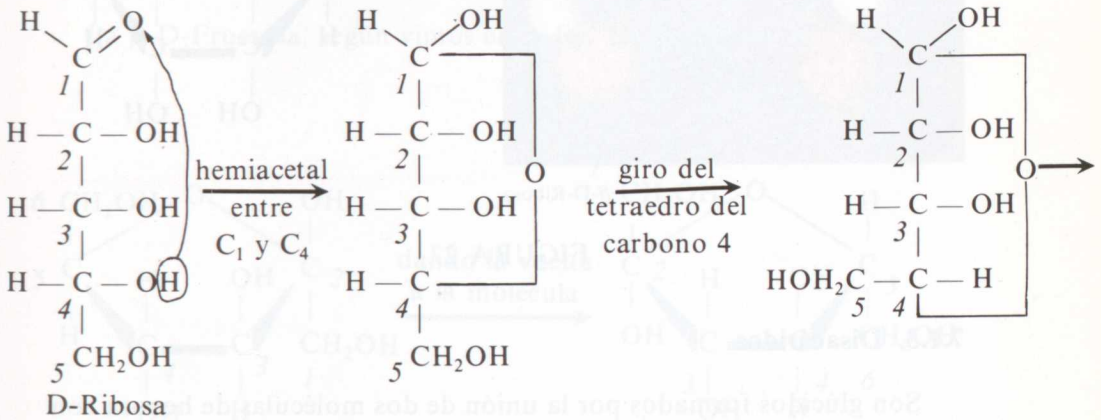
β -D-Fructofuranosa

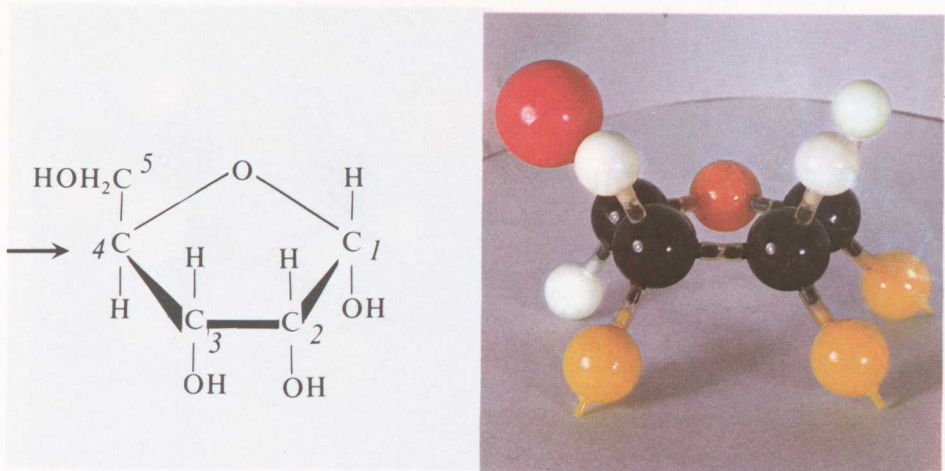
FIGURA 25

Las formas α y β aparecen debido a que el carbono número 2, que no es asimétrico en la forma abierta del azúcar, sí lo es en la forma hemiacetálica.

El nombre de la estructura de la fig. 24 es α -D-Fructofuranosa y la de la fig. 25 es β -D-Fructofuranosa.

Vamos a escribir la estructura de la D-Ribosa (pág. 225) en forma de anillo de furano

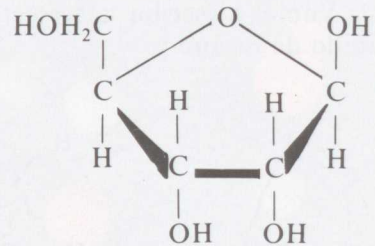
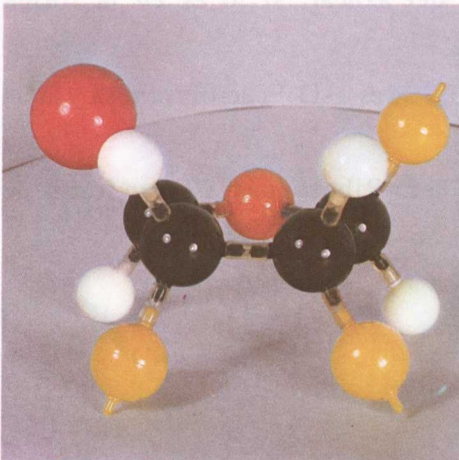




α -D-Ribosa

FIGURA 26

La estructura de la β -D-Ribosa es:



β -D-Ribosa

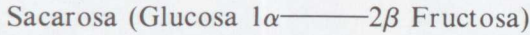
FIGURA 27

7.1.3. Disacáridos

Son glúcidos formados por la unión de dos moléculas de hexosa con pérdida de una molécula de agua. Vamos a tratar de interpretar —no

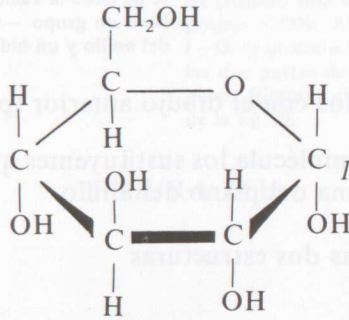
aprender de memoria— lo que quieren decir las fórmulas que ves escritas en los libros de Bioquímica.

Sacarosa: La sacarosa es un disacárido formado por la unión de una molécula de D-Glucosa con una de D-Fructosa (en forma de furano) siendo la unión entre ambas moléculas 1α y 2β es decir

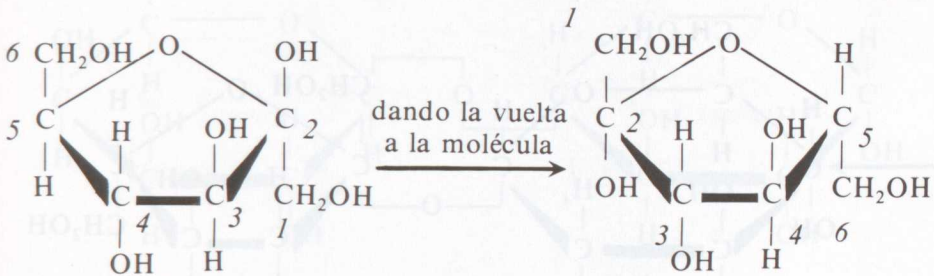


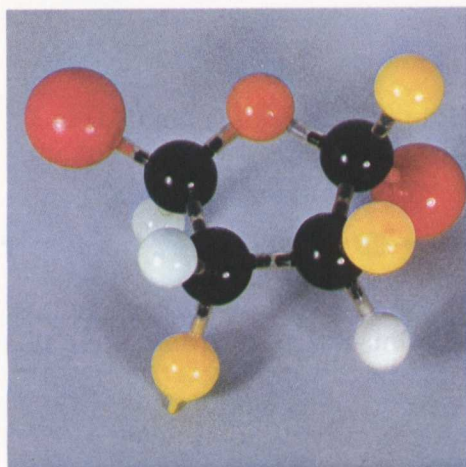
Esto quiere decir que la unión se hace entre el carbono 1 de la D-Glucosa en posición α (es decir la α -D-Glucosa) y el carbono 2 de la D-Fructosa en posición β .

Escribamos la α -D-Glucosa que vimos en la fig. 19 (pág. 236).

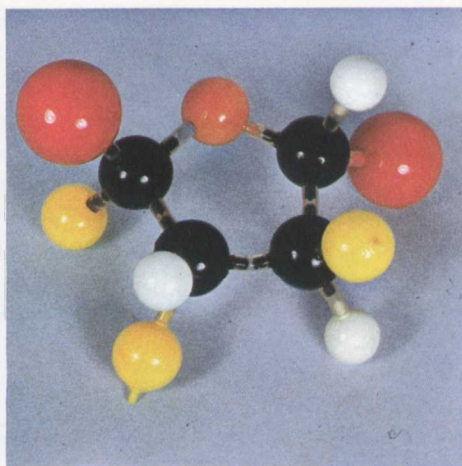


La β -D-Fructosa, según vimos en la fig. 25 (pág. 247) es:





β -D-Fructosa

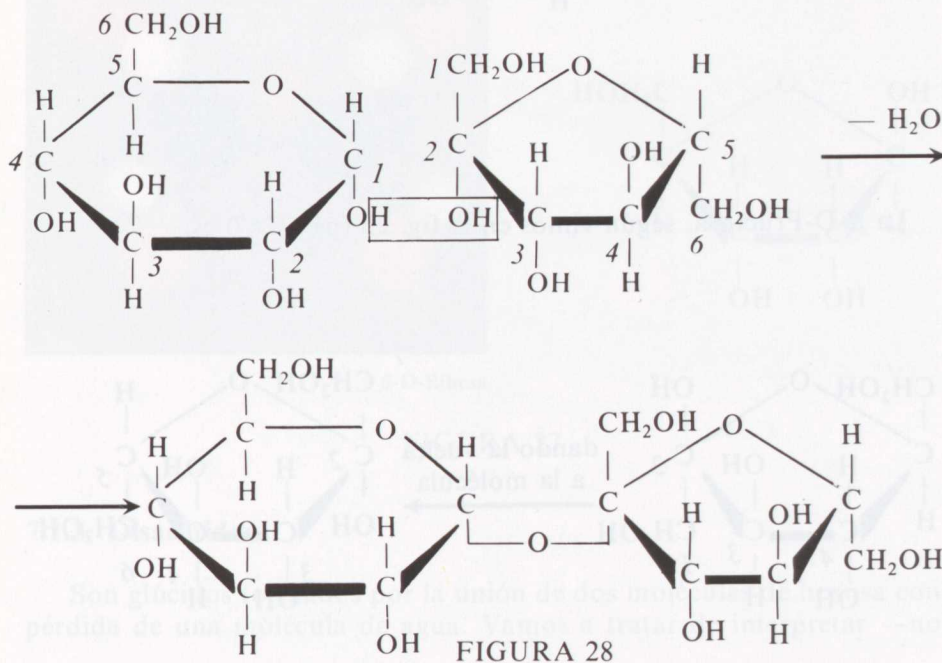


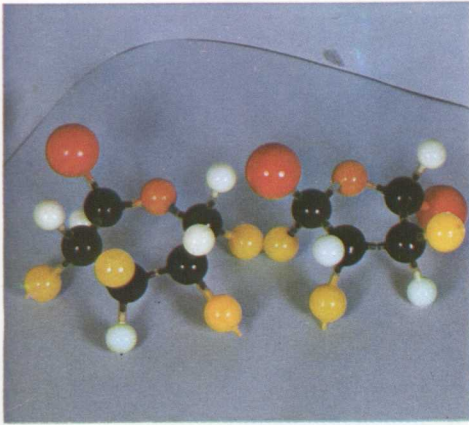
Observa la molécula de β -D-Fructosa a la que se ha dado la vuelta. Aquí el carbono número dos lleva un grupo $-\text{CH}_2\text{OH}$ hacia arriba del plano del anillo y un hidrógeno debajo del mismo.

Compara los modelos con el dibujo anterior (pág. 249).

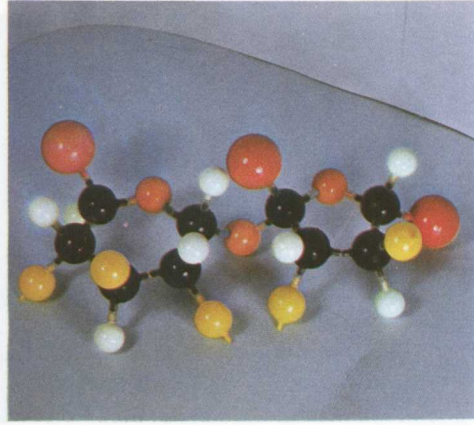
Al dar la vuelta a la molécula los sustituyentes que estaban por debajo ahora quedan por encima del plano del anillo.

Colocamos juntas las dos estructuras





Se han colocado juntas las moléculas de α -Glucosa y β -Fructosa.



Sacarosa. Compara con la fotografía contigua. Se ha perdido una molécula de agua entre los dos grupos $-\text{OH}$. Ahora aparece una bola naranja ($-\text{O}-$) uniendo los dos azúcares. Observa cómo las dos partes de la molécula están en el mismo plano. Fíjate en el oxígeno del modelo y del dibujo de la fig. 28.

(FIGURA 28 b)

Como ves la unión por puente de oxígeno se realiza entre el carbono 1 de la α -D-Glucosa y el 2 de la β -D-Fructosa, o sea una unión $1\alpha-2\beta$

Lactosa: En un libro de Bioquímica puedes encontrar para este azúcar la siguiente estructura:

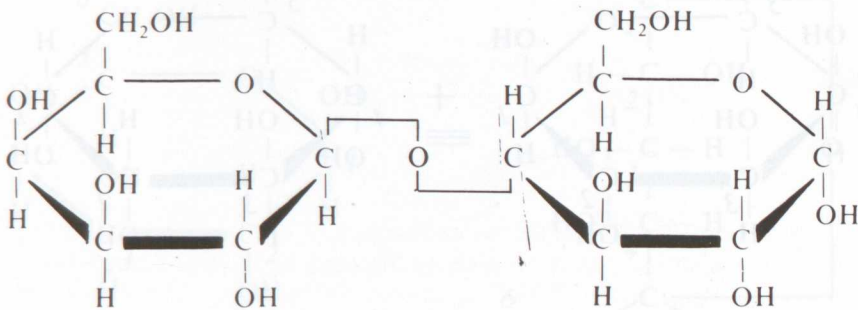
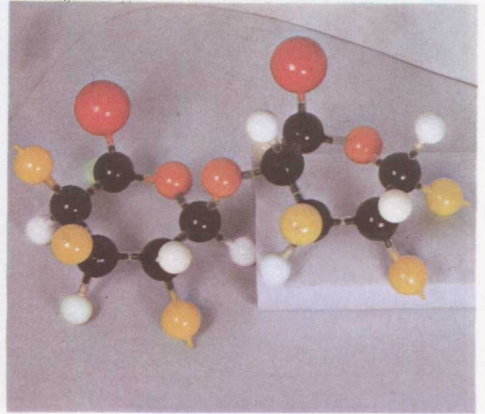
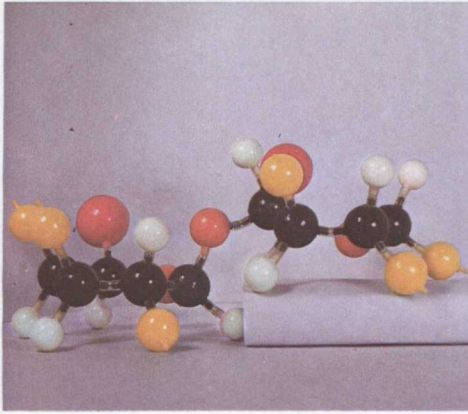


FIGURA 29

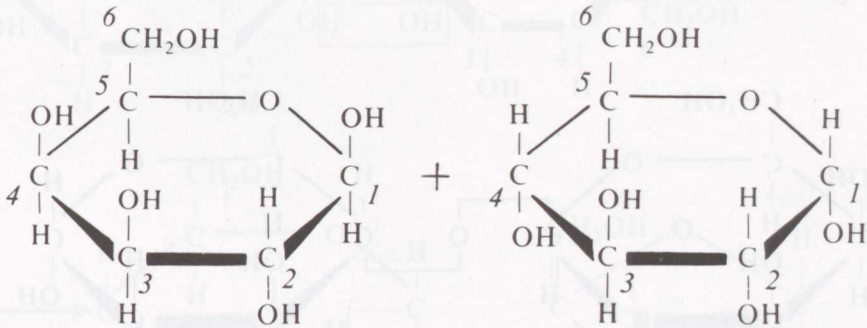


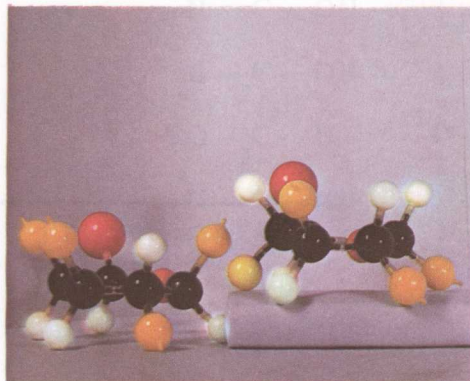
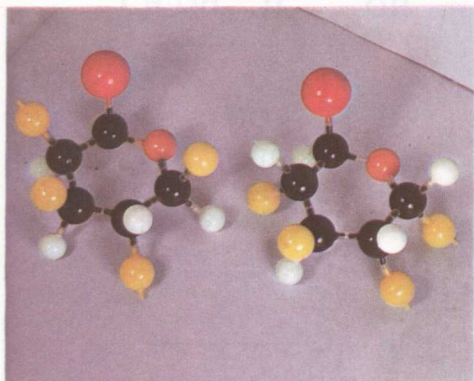
Lactosa. Observa que las dos partes de la molécula están en planos distintos. Compara la posición del oxígeno que une las dos partes de la molécula (bola naranja del centro) con la representación del dibujo (fig. 29).

Molécula de lactosa, vista desde otro ángulo.

FIGURA 29 b)

Con objeto de saber de qué disacárido se trata, lo primero que hacemos es sumar agua y separar las dos hexosas



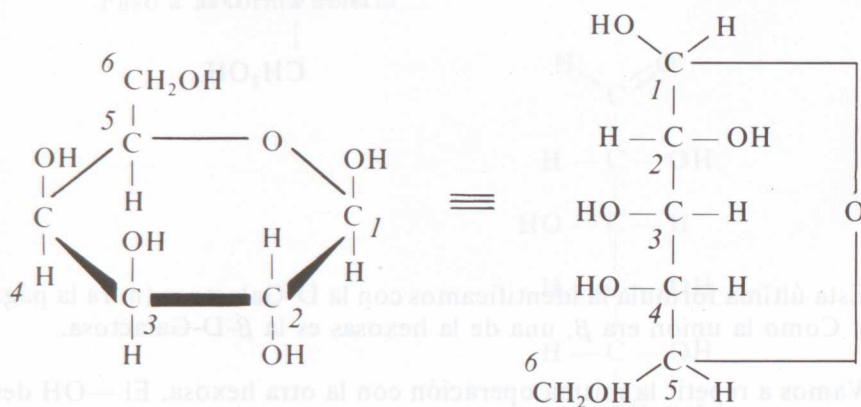


Observa las dos hexosas que forman la Lactosa. Fíjate que están en el mismo plano las dos moléculas. Observa la distancia que existe entre el —OH del carbono uno de la hexosa de la izquierda y el —OH del carbono cuatro de la hexosa de la derecha. No olvides que la pérdida de agua entre esos dos grupos —OH da lugar a la molécula de Lactosa.

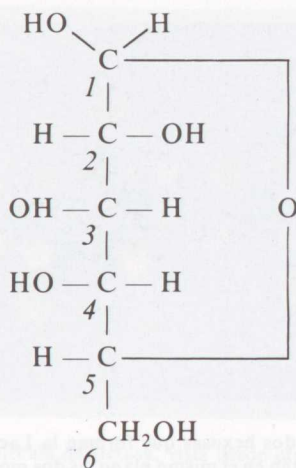
En la fotografía se ve claramente que una hexosa está en un plano más alto que la otra, para que los dos grupos —OH queden enfrentados entre sí.

En la estructura de la izquierda se observa que es forma β ya que el —OH del carbono 1 está hacia arriba. La de la derecha es forma α . Observa que la unión se hace entre el carbono 1 de la estructura de la izquierda y el carbono 4 de la derecha.

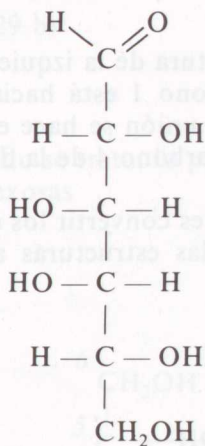
Lo segundo es convertir los anillos en formas abiertas para así poder comparar con las estructuras abiertas de la pág. 227 e identificar la hexosa.



giro del tetraedro del C₅

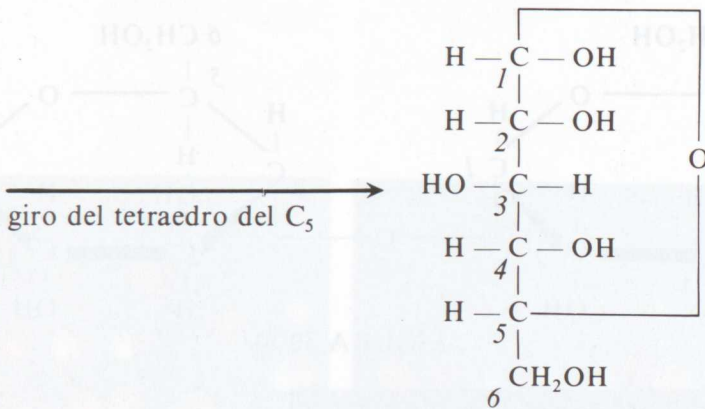
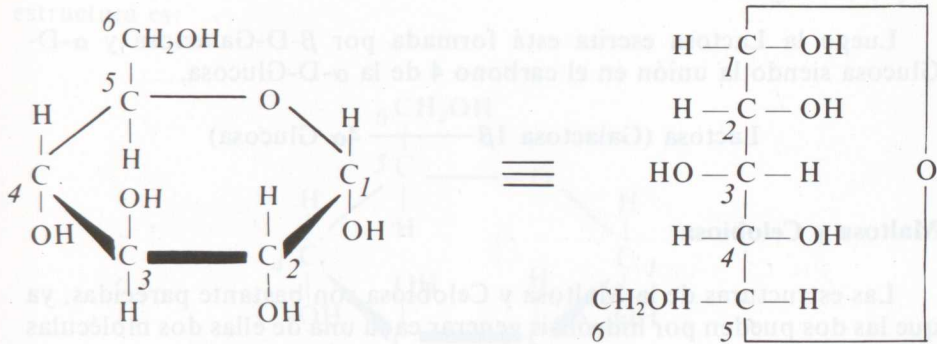


paso a la forma abierta

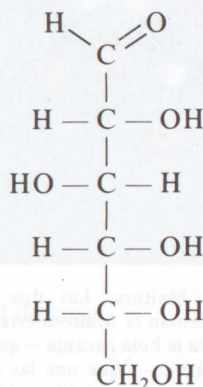


Esta última fórmula la identificamos con la D-Galactosa (mira la pág. 227). Como la unión era β , una de la hexosas es la β -D-Galactosa.

Vamos a repetir la misma operación con la otra hexosa. El —OH del carbono 1 está hacia abajo, es forma α .



Paso a la forma abierta



Esta fórmula se identifica con la D-Glucosa.

Luego la Lactosa escrita está formada por β -D-Galactosa y α -D-Glucosa siendo la unión en el carbono 4 de la α -D-Glucosa.

Lactosa (Galactosa 1β ——— 4 α Glucosa)

Maltosa y Celobiosa

Las estructuras de la Maltosa y Celobiosa son bastante parecidas, ya que las dos pueden por hidrólisis generar cada una de ellas dos moléculas de Glucosa.

La estructura de la Maltosa es:

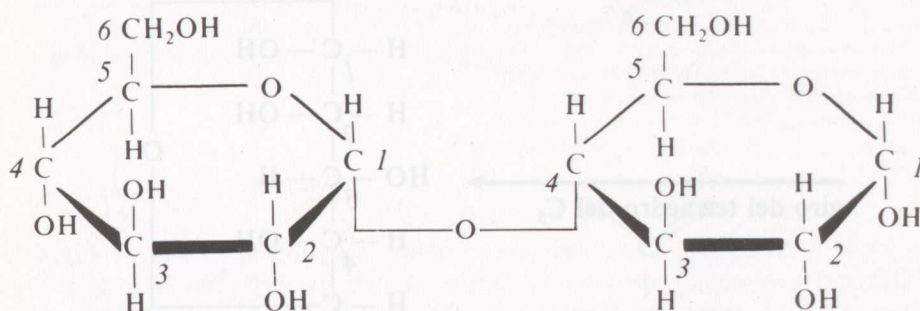
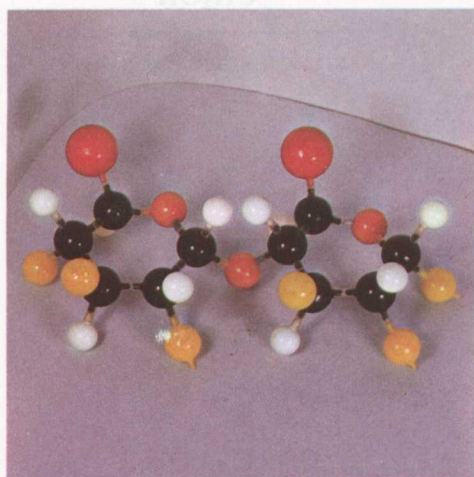


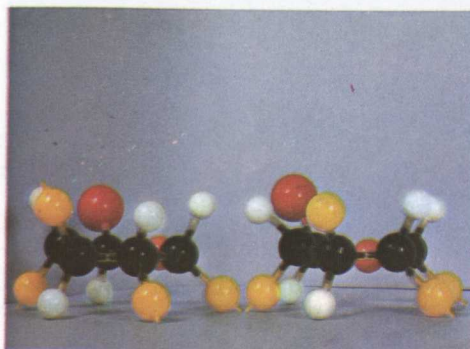
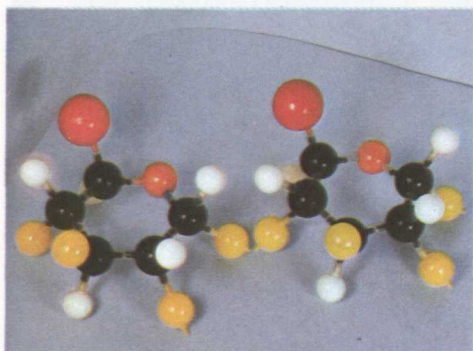
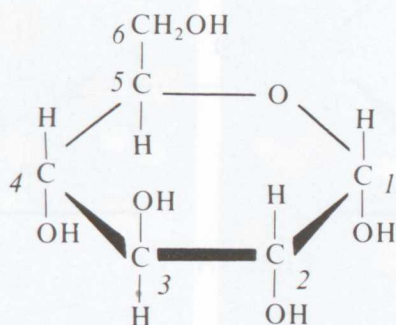
FIGURA 30 b)



Molécula de Maltosa. Las dos moléculas de hexosa que forman la Maltosa están en el mismo plano. Observa la bola naranja —que representa el átomo de oxígeno— que une las dos hexosas y compara el modelo con el dibujo (fig. 30 b).

FIGURA 30

Por hidrólisis se obtendrán dos moléculas de hexosa iguales, cuya estructura es:



Representa los modelos de las dos hexosas que forman la molécula de Maltosa. En este caso las dos hexosas son iguales. Las mismas hexosas vistas desde otra perspectiva.

Observa que el —OH del carbono 1 está por debajo del plano del anillo, por tanto las dos hexosas que se obtienen son de $\alpha\text{-D-Glucosa}$.

Como la unión se realiza entre el carbono 1 de una molécula de $\alpha\text{-D-Glucosa}$ y el 4 de otra igual, la Maltosa es:



La estructura de la Celobiosa es:

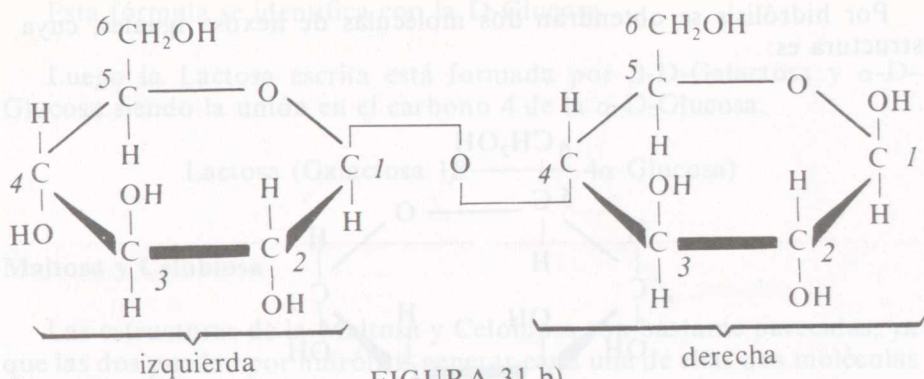
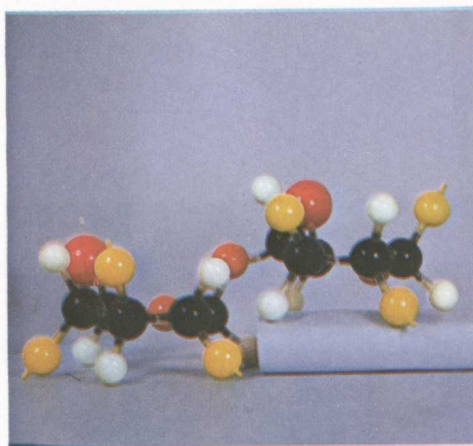
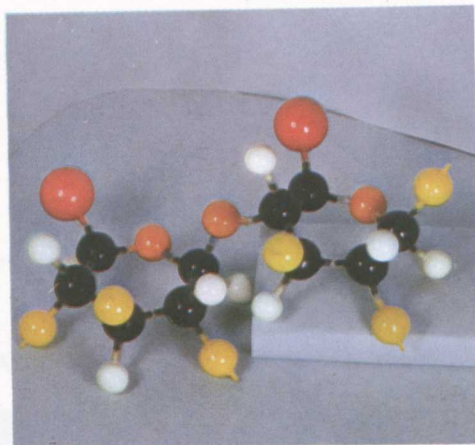


FIGURA 31 b)



Molécula de Celobiosa. Compara la disposición del oxígeno en el modelo con la forma de representarlo en la figura 31 b).

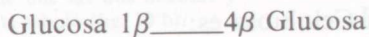


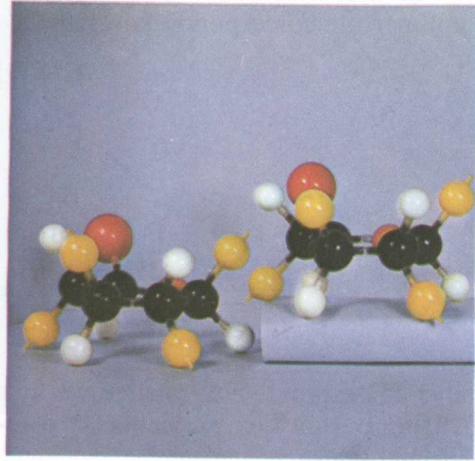
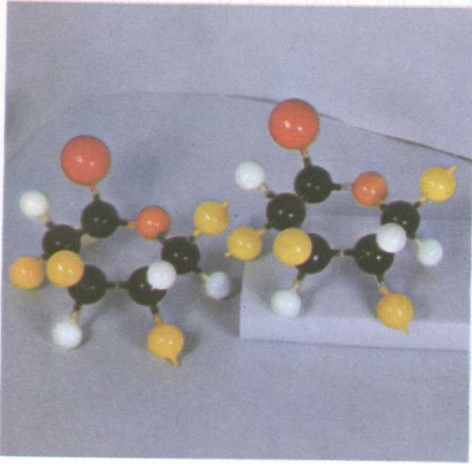
La misma molécula de Celobiosa vista desde otra perspectiva.

FIGURA 31

El carbono 1 de la estructura de la izquierda, que corresponde a la β -D-Glucosa, se une con el carbono 4 de la estructura de la derecha, que es también la β -D-Glucosa, luego, por hidrólisis de la Celobiosa se obtienen dos moléculas de β -D-Glucosa.

La Celobiosa es, por tanto:





La fotografía representa las dos moléculas que pueden dar lugar a la de Celobiosa, por pérdida de una molécula de agua entre los dos grupos -OH enfrentados entre sí, y que están enlazados sobre los carbonos uno y cuatro. Observa que para lograr enfrentarse los dos grupos -OH las moléculas están situadas en planos diferentes.

Las dos hexosas vistas desde otra perspectiva.

7.1.4. Polisacáridos

Celulosa.— Es un polisacárido de fórmula $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Una posible estructura de la celulosa es la siguiente

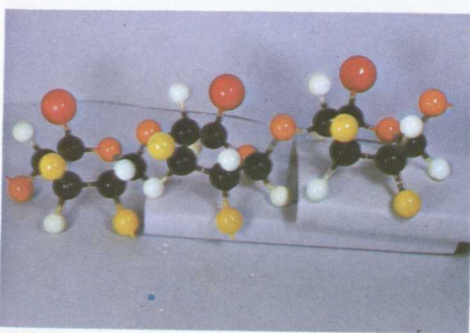
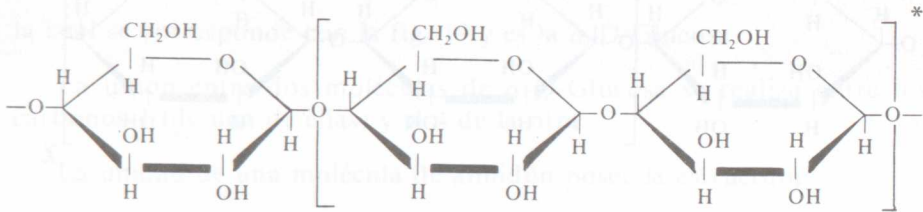
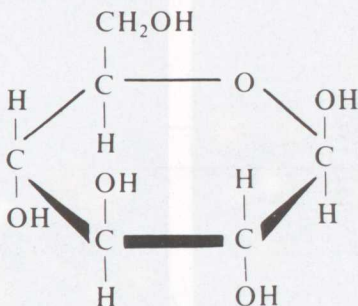


FIG. 32

Parte de una molécula de Celulosa. Observa los oxígenos en los dos extremos, que nos indican que por ambos lados pueden seguir unidas moléculas de hexosa.

* Observa que hemos eliminado la C de las fórmulas para mayor claridad.

Si hidrolizamos y obtenemos una de las unidades que forman el polímero le corresponde la estructura:

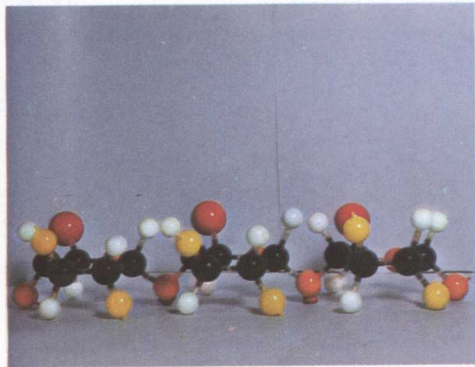
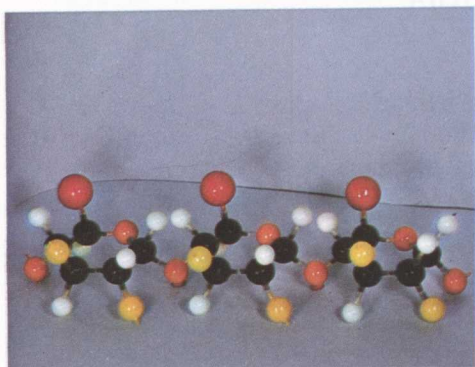
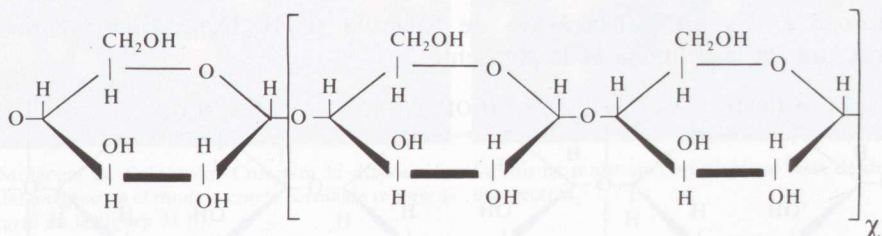


que corresponde a la estructura de la fig. 20, es decir la β -D-Glucosa. El carbono 1 de una molécula de β -D-Glucosa se une con el 4 de otra de β -D-Glucosa.

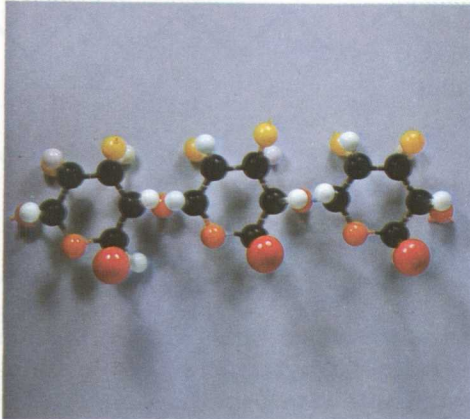
La unidad de una molécula de Celulosa (lo indicado entre paréntesis cuadrado de la fig. 32) posee la estructura, estudiada anteriormente, de la Celobiosa.

Almidón

La estructura del almidón es



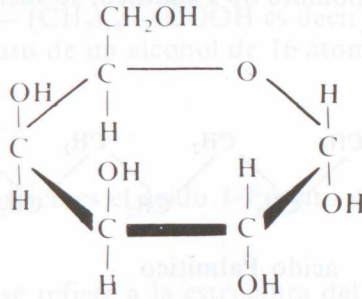
Parte de una molécula de Almidón vista desde distintas perspectivas.



La molécula de almidón vista desde arriba.

FIG. 33

Una hidrólisis cuidadosa del almidón nos daría la siguiente hexosa:



la cual se corresponde con la fig. 19 y es la α -D-Glucosa.

La unión entre dos moléculas de α -D-Glucosa se realiza entre los carbonos 1 (de una de ellas) y el 4 de la otra.

La unidad de una molécula de almidón posee la estructura:



que es la de la Maltosa.

Compara cuán parecidas son las estructuras del almidón y la celulosa: una tiene unión α -Glucosa y la otra β -Glucosa.

7.2. LIPIDOS

Dentro de los lípidos pueden distinguirse los siguientes grupos:

Lípidos simples $\left\{ \begin{array}{l} \text{Grasas} \\ \text{Ceras} \end{array} \right.$

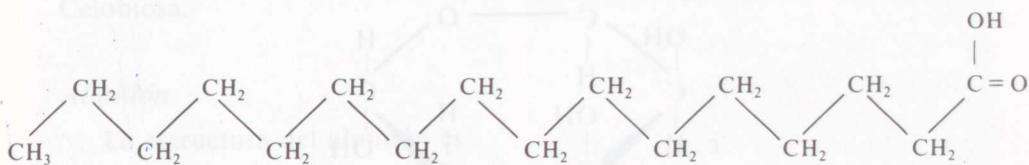
Lípidos complejos

- Fosfolípidos
- Glucolípidos
- Carotenoides
- Esteroides

7.2.1. Grasas y Ceras

Con tus conocimientos actuales no debes tener dificultad en entender las fórmulas que puedan aparecer en este epígrafe. Tal vez lo único distinto es que los libros de Bioquímica utilizan fórmulas simplificadas para representar los ácidos grasos.

Por ejemplo el ácido graso de 16 átomos de carbono el decahexanoico que se conoce con el nombre de **Palmítico**, se suele representar así:



ácido Palmítico

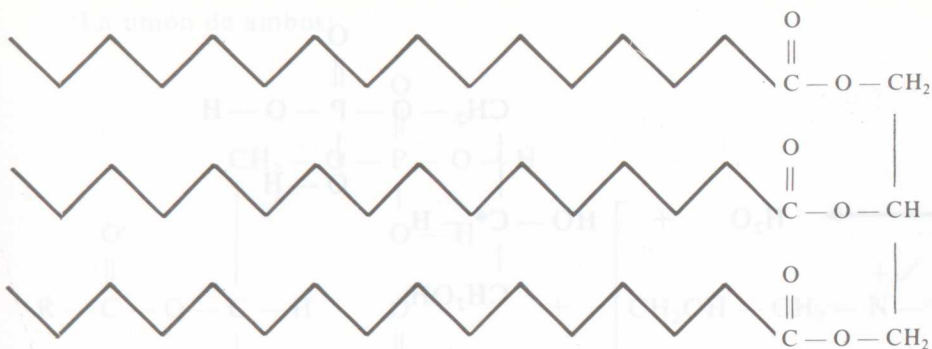
o bien:



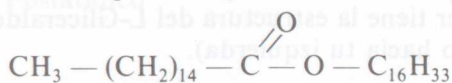
ácido Palmítico (fórmula simplificada)

Por lo tanto puedes encontrar estas representaciones de líneas en zigzag, en cada uno de cuyos vértices se supone situado un átomo de carbono.

— Las grasas están formadas por ésteres del Propanotriol con los ácidos grasos. la representación esquemática de uno de estos ésteres puede ser:



— El éster del ácido Palmítico y un alcohol de 16 átomos de carbono, constituyente de una cera, puede expresarse así:

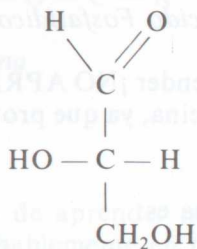


El ácido es $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$ es decir el Palmítico, por tanto el éster es un Palmitato de un alcohol de 16 átomos de carbono.

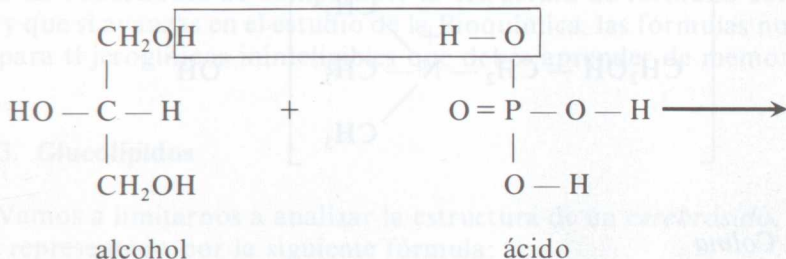
7.2.2. Fosfolípidos

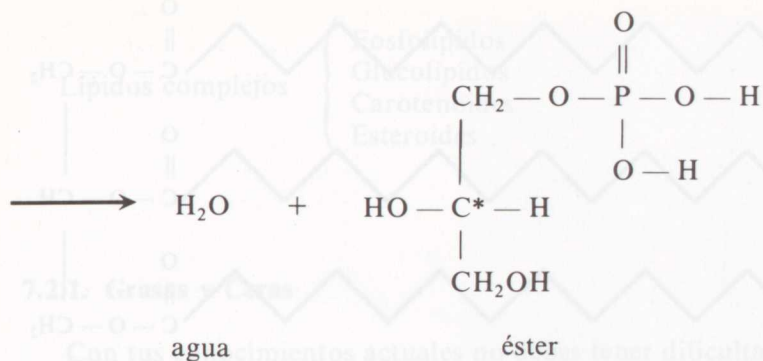
El componente básico es el ácido 1-Fosfato de glicerol (L- α -Glicerofosfórico).

Recuerda que L se refiere a la estructura del L-Gliceraldehído (pág. 222).



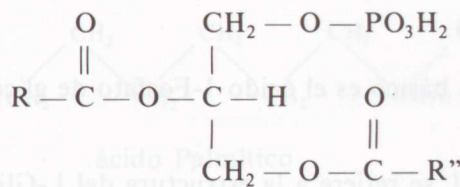
El glicerol o glicerina es el Propanotriol.





Observa que en el éster obtenido, el carbono señalado con asterisco es asimétrico y el éster tiene la estructura del L-Gliceraldehído (el —OH del carbono asimétrico hacia tu izquierda).

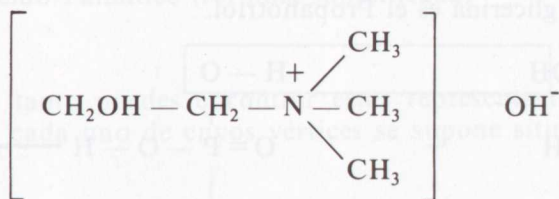
Si los dos grupos alcohol del éster reaccionan con dos ácidos grasos de cadena larga se obtiene:



Recibe el nombre de *ácido Fosfatídico*.

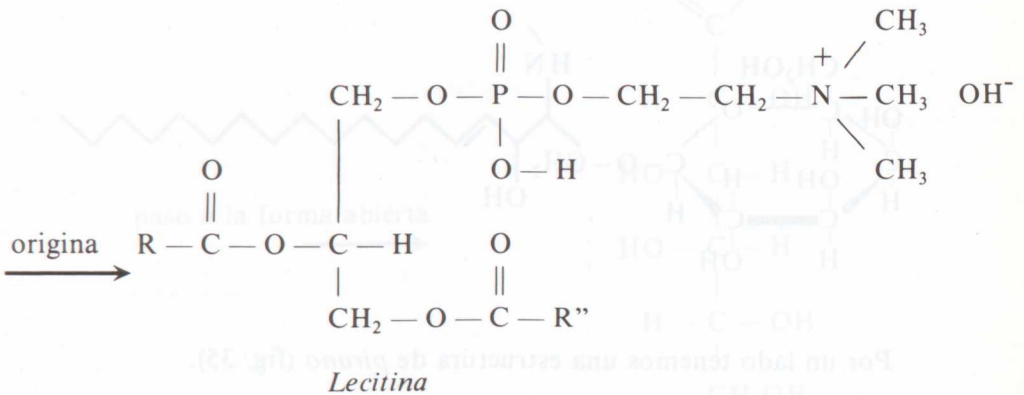
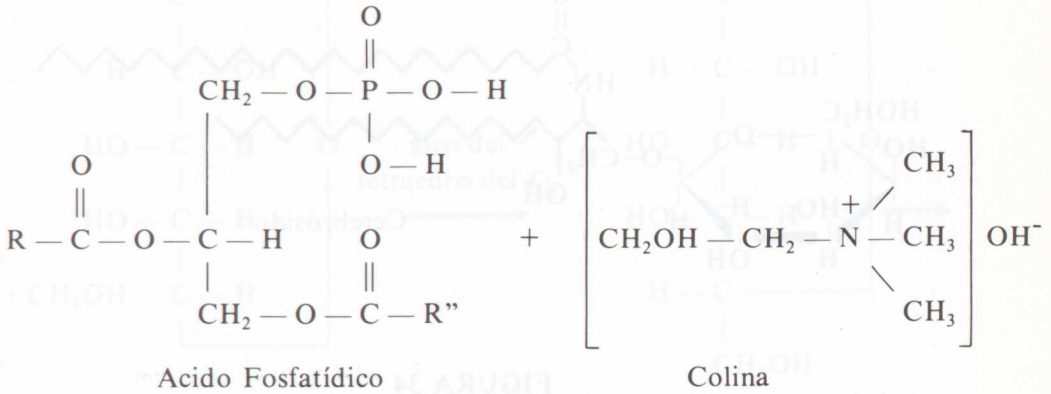
Ahora ya podemos entender ¡NO APRENDER DE MEMORIA! cual es la estructura de una lecitina, ya que proviene del ácido Fosfatídico y la Colina.

La fórmula de la Colina es:



Colina

La unión de ambos:



Insistimos que no se trata de aprender nada de memoria sólo que entiendas las estructuras. Probablemente en tu curso de Biología no te exijan estas fórmulas, sólo queremos decirte que, con tus conocimientos, estás en condiciones de comprender la estructura de fórmulas complicadas y que si avanzas en el estudio de la Bioquímica, las fórmulas no deben ser para tí jeroglíficos ininteligibles que debes aprender de memoria.

7.2.3. Glucolípidos

Vamos a limitarnos a analizar la estructura de un *cerebrósido*, el cual está representado por la siguiente fórmula:

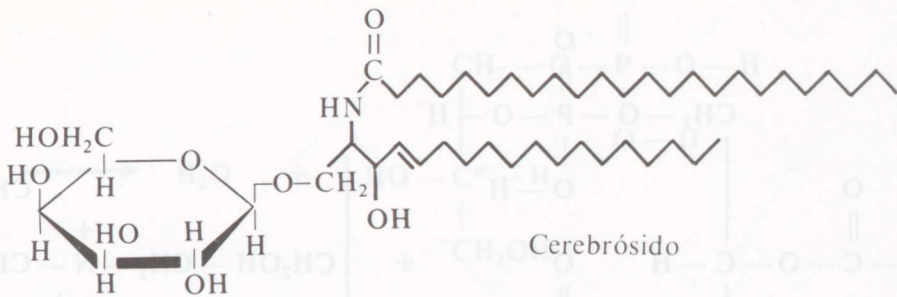
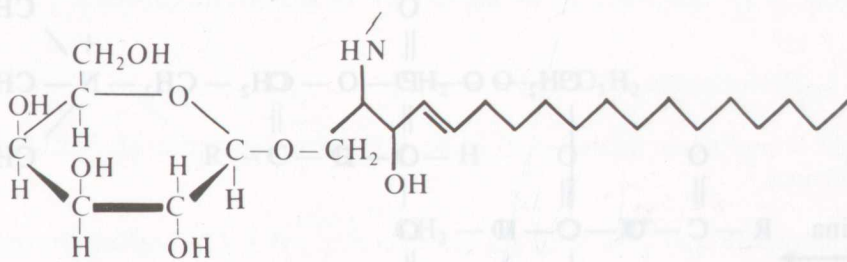


FIGURA 34

Representa una amida N sustituida de un ácido graso de cadena larga, (24 átomos de carbono). El sustituyente en la amida es:



Por un lado tenemos una estructura de *pirano* (fig. 35).

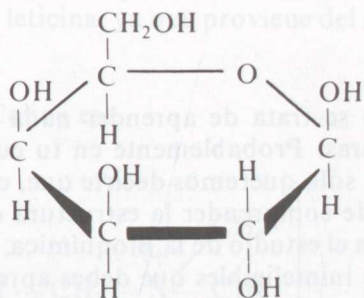
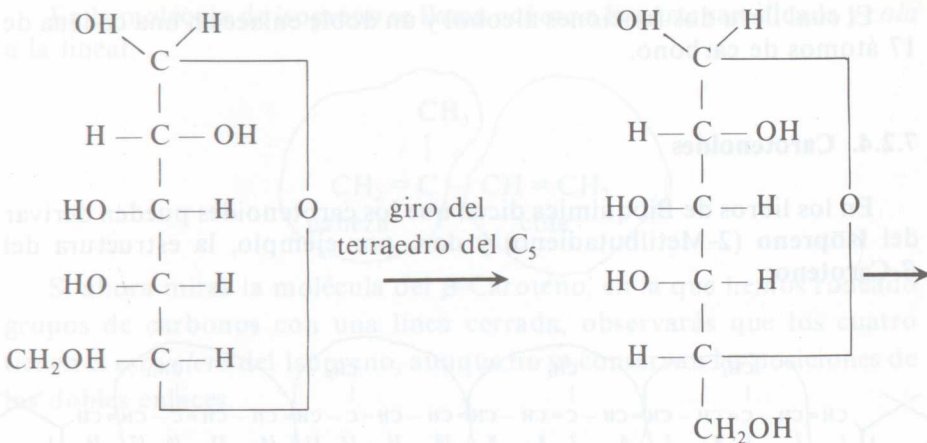
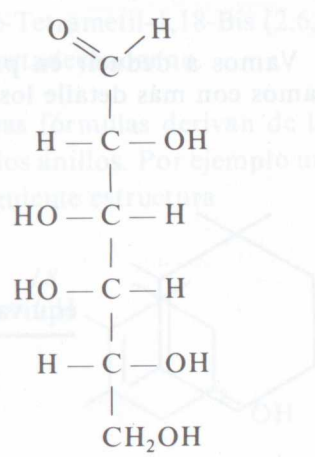


FIGURA 35

Si pasamos esta estructura a la forma abierta podemos identificar el azúcar.



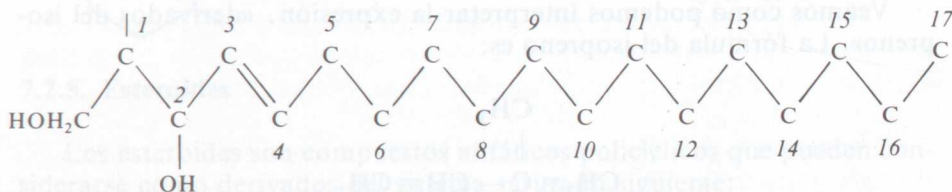
paso a la forma abierta



En la pág. 227 tenemos las fórmulas abiertas de los azúcares.

Podemos así determinar que el azúcar anterior es la D-Galactosa.

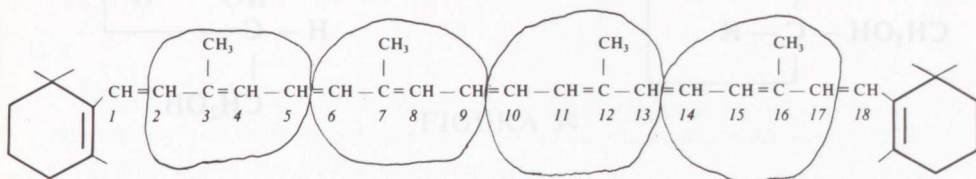
La parte de la molécula del cerebrósido que está sustituida en la amida es el resultado de la unión de la D-Galactosa y el siguiente resto:



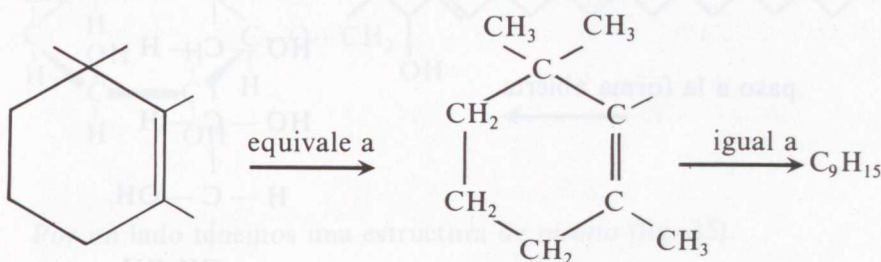
El cual lleva dos funciones alcohol y un doble enlace en una cadena de 17 átomos de carbono.

7.2.4. Carotenoides

En los libros de Bioquímica dicen que los carotenoides pueden derivar del **Isopreno** (2-Metilbutadieno) y dan, por ejemplo, la estructura del **β -Caroteno**:



Vamos a deducir en primer lugar la fórmula molecular, para ello veamos con más detalle los átomos que hay en los anillos extremos.

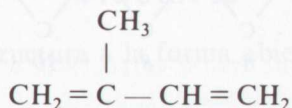


Esto se repite dos veces en la molécula. La fórmula molecular es igual a:

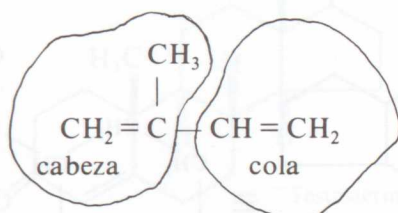
$$2 C_9H_{15} + \text{Cadena lineal central} + 4 -CH_3 =$$

$$= 2 C_9H_{15} + C_{18}H_{14} + 4 -CH_3 = C_{40}H_{56}$$

Veamos como podemos interpretar la expresión. «derivados del isopreno». La fórmula del isopreno es:



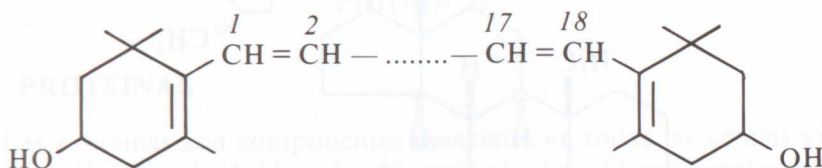
En la molécula de isopreno se llama *cabeza* a la parte ramificada y *cola* a la lineal.



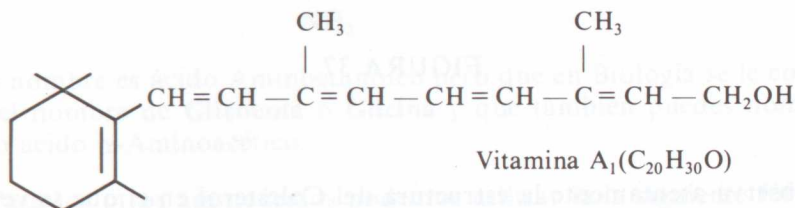
Si ahora miras la molécula del β -Caroteno, en la que hemos rodeado grupos de carbonos con una línea cerrada, observarás que los cuatro tienen el *esqueleto* del Isopreno, aunque no se conservan las posiciones de los dobles enlaces.

El primero y el segundo se une cola con cabeza, el segundo y tercero cola con cola y el tercero y cuarto cabeza con cola. Este es el significado de derivados de Isopreno que mencionan los libros de Bioquímica. El nombre sistemático del β -Caroteno sería 3,7,12,16-Tetrametil-1,18-Bis (2,6,6-trimetil-1-ciclohexenil) -1,3,5,7,9,11,13,15,17-octadecanono.

Otros carotenoides son las **xantofilas** cuyas fórmulas derivan de los carotenoides por adición de grupos $-\text{OH}$ en los anillos. Por ejemplo una xantofila derivada del β -Caroteno tiene la siguiente estructura

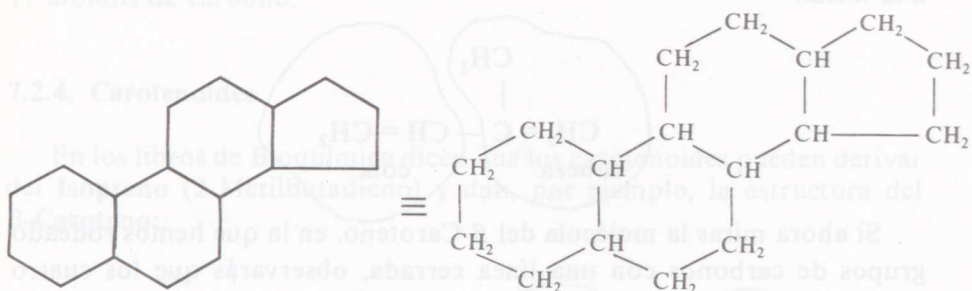


En el organismo de los mamíferos la Carotina se desdobra dando lugar a la vitamina A_1 cuya estructura deriva del β -Caroteno.



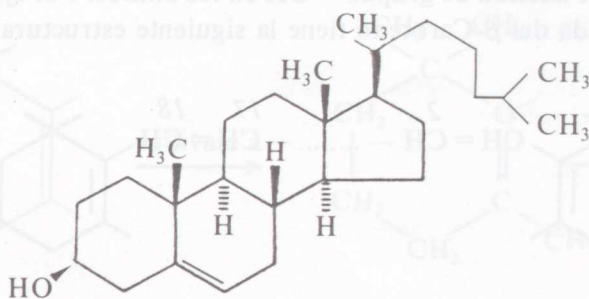
7.2.5. Esteroides

Los esteroides son compuestos alifáticos policíclicos que pueden considerarse como derivados del sistema saturado siguiente:



Esterano

En los libros de Bioquímica te encuentras en general con dos tipos de representación para los esteroides. Por ejemplo el **Colesterol** puede aparecer representado así:



Colesterol

FIGURA 37

Observa atentamente la estructura del **Colesterol** en el que se ve claramente el anillo del **Esterano**. Los enlaces arriba y abajo de los anillos están representados claramente por las líneas gruesas y de rayas.

Si escogemos una hormona sexual como la **Testosterona** también se distingue fácilmente el anillo del **Esterano** (fig. 38).

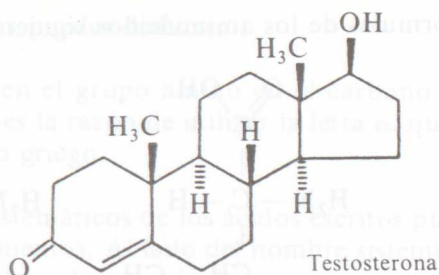


FIGURA 38

La segunda forma de representación (fig. 39) es totalmente plana sin indicar la posición de los grupos sustituyentes en el Esterano. Por ejemplo véase la Testosterona y compárese con la forma de representación anterior (fig. 38).

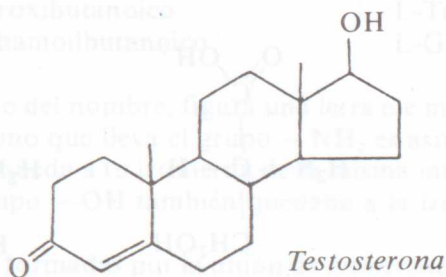
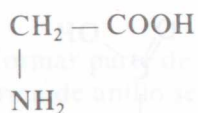


FIGURA 39

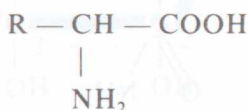
7.3. PROTEINAS

Las proteínas son componentes esenciales en todas las células vivas. Por hidrólisis se desdoblán dando aminoácidos. El representante más sencillo de los aminoácidos es el siguiente compuesto:

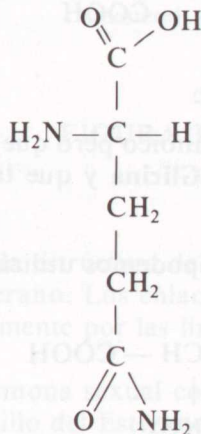
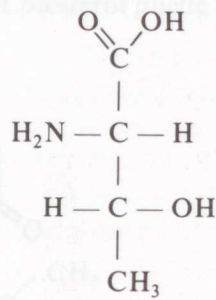
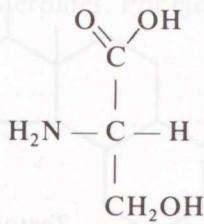
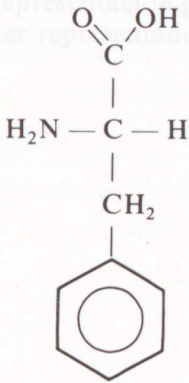
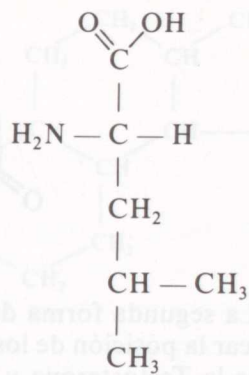
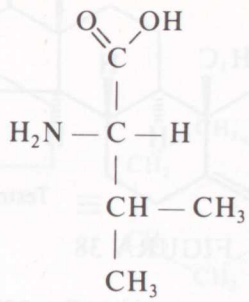
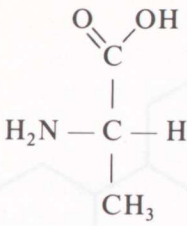


cuyo nombre es ácido Aminoetanoico pero que en Biología se le conoce con el nombre de **Glicocola** o **Glicina** y que también puedes nombrar como ácido α -Aminoacético.

Para los otros aminoácidos podemos utilizar la la siguiente fórmula general:



Observa las fórmulas de los aminoácidos siguientes:



Ante estas fórmulas puedes deducir:

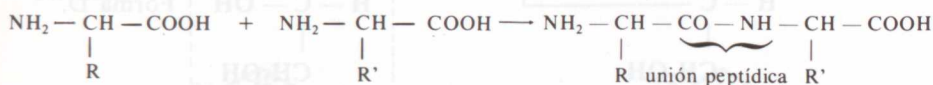
— Que todas tienen el grupo amino en el carbono contiguo al del grupo carboxilo. Esta es la razón de utilizar la letra α , que corresponde a la primera del alfabeto griego.

— Los nombres sistemáticos de los ácidos escritos puedes deducirlos a partir de tus conocimientos. Al lado del nombre sistemático colocamos el nombre autorizado con el que se les conoce

| | | |
|-------|------------------------------|-----------------|
| ácido | 2-Aminopropanoico | L-Alanina |
| ácido | 2-Amino-3-metilbutanoico | L-Valina |
| ácido | 2-Amino-4-metilpentanoico | L-Leucina |
| ácido | 2-Amino-3-fenilpropanoico | L-Feniltalanina |
| ácido | 2-Amino-3-hidropropanoico | L-Serina |
| ácido | 2-Amino-3-hidroxibutanoico | L-Treonina |
| ácido | 2-Amino-4-carbamoilbutanoico | L-Glutamina |

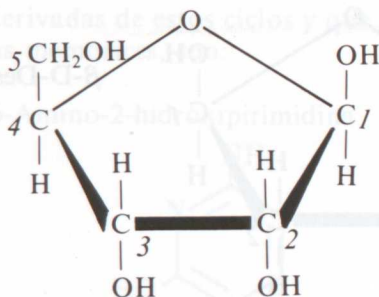
Observa que, al lado del nombre, figura una letra ele mayúscula. Esto nos indica que el carbono que lleva el grupo —NH_2 es asimétrico y en la proyección de Fischer queda a tu izquierda de la misma manera que en el L-Gliceraldehído el grupo —OH también quedaba a la izquierda.

Las proteínas están formadas por la unión de numerosos aminoácidos mediante la unión peptídica que aquí describimos mediante dos aminoácidos:



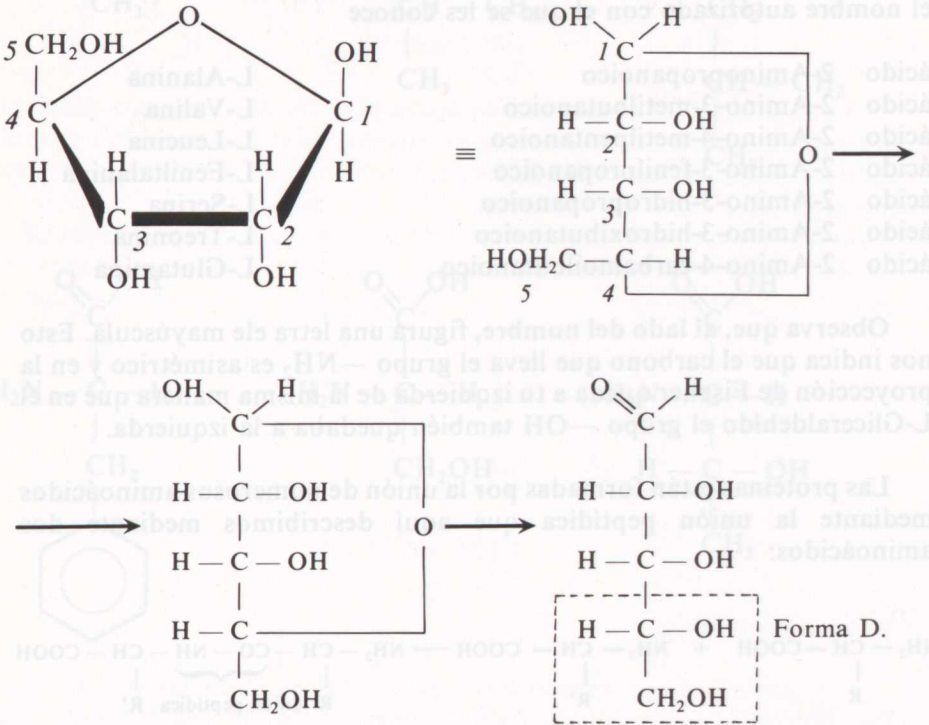
7.4. ACIDOS NUCLEICOS

Las pentosas que entran a formar parte de los ácidos nucleicos son la **Ribosa** y **Disoxirribosa**. En forma de anillo se presenta la Ribosa como:



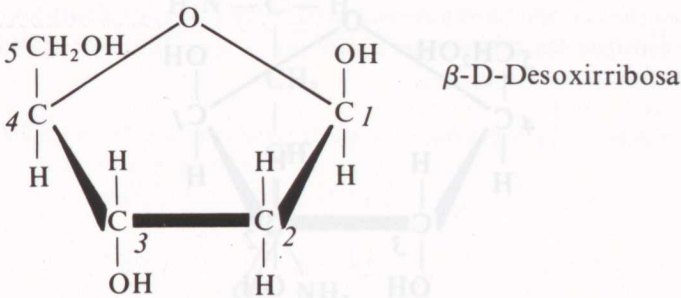
Observa que el carbono número 1 tiene el —OH hacia arriba del plano por tanto se trata de la β -Ribosa.

Si queremos deducir a qué serie pertenece, a la L o a la D, hemos de pasar de forma de anillo a la forma plana de Fischer recordando los pasos explicados en la pág. 247.

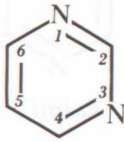


El nombre completo de la Ribosa escrita anteriormente es β -D-Ribosa.

La Desoxirribosa es igual a la Ribosa, salvo que no hay grupo —OH en el carbono número dos, por tanto la forma cíclica es:

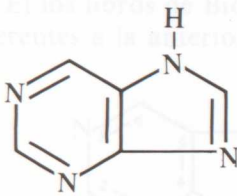
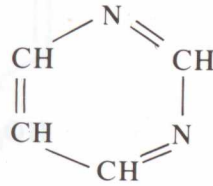


La unión del azúcar con una base da lugar al **nucléosido**. Las bases más importantes derivan de los siguientes heterociclos:



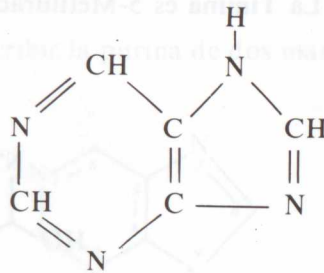
Pirimidina

equivale a



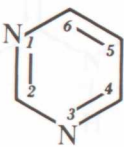
Purina

equivale a

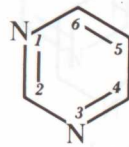


El nombre de «heterociclo» se debe a que en estos ciclos, además del carbono, interviene otro elemento, en este caso el nitrógeno.

En los libros de Bioquímica la fórmula de la Pirimidina se suele escribir así:



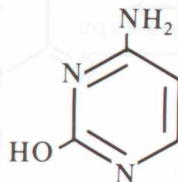
equivale a



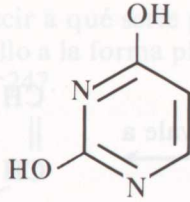
en lugar de la forma anterior que es la recomendada por la IUPAC.

Algunas bases derivadas de estos ciclos y que debes conocer, aunque no es preciso que las memorices, son:

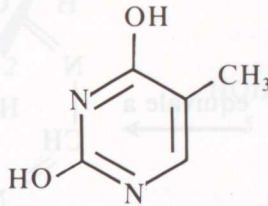
La **Citosina** es 6-Amino-2-hidroxipirimidina



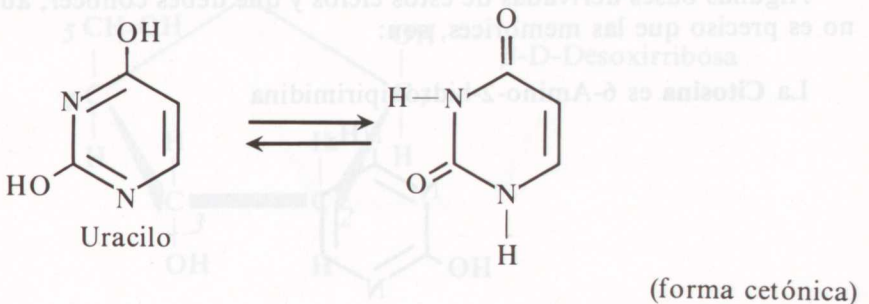
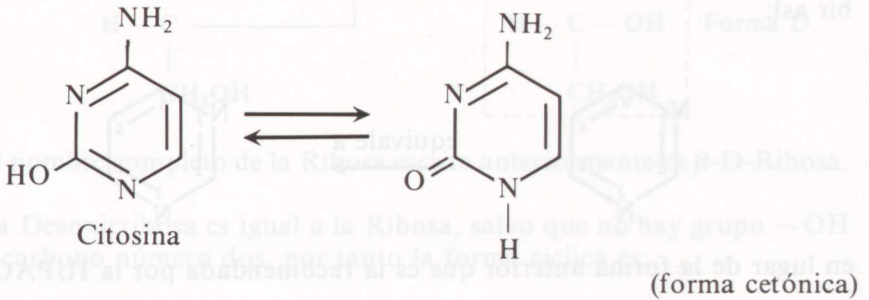
El **Uracilo** es 2,6-Dihidroxipirimidina

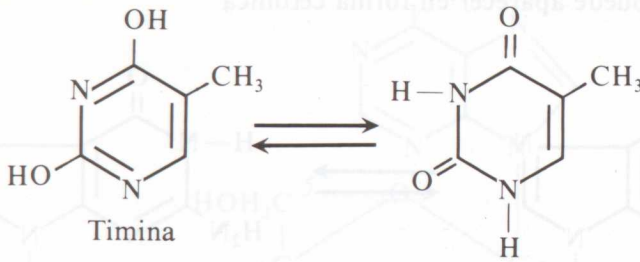


La **Timina** es 5-Metiluracilo



Una posible causa de confusión es que las bases las encuentres escritas en forma *cetónica* en lugar de los grupos hidroxilo. Por esta razón escribimos las dos formas de representar las bases.



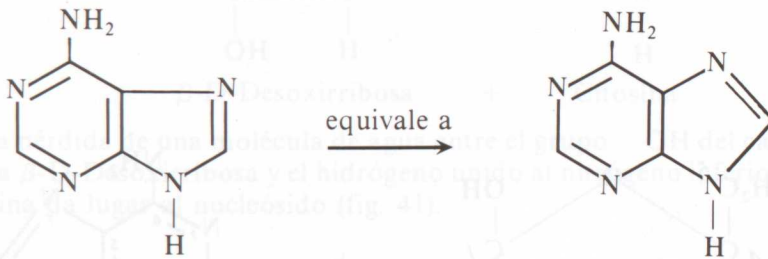


(forma cetónica)

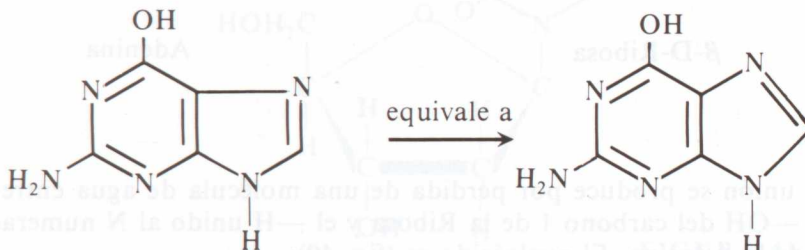
En los libros de Bioquímica se suele escribir la purina de dos maneras diferentes a la anteriormente escrita.



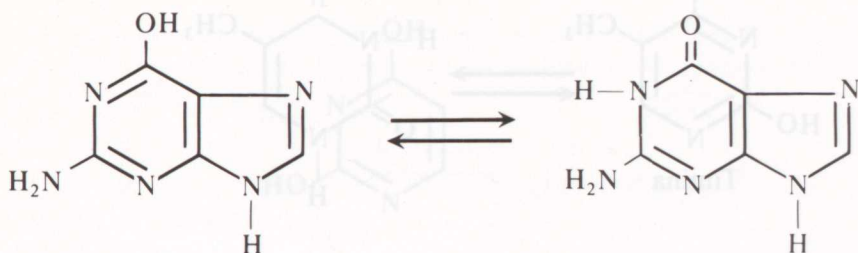
La **Adenina** es la 6-Aminopurina



y la **Guanina** es 2-Amino-6-hidroxipurina



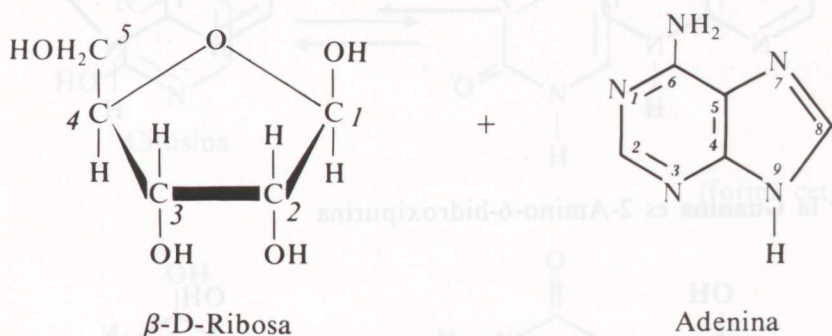
La Guanina puede aparecer en forma cetónica



No tratamos de que aprendas estas fórmulas de memoria, sólo pretendemos que al leer más de un libro de Bioquímica que use notaciones diferentes, puedas identificar fórmulas iguales aunque no estén escritas de la misma manera.

Volviendo a los *nucleósidos* repetimos que es la unión de la Ribosa o de la Desoxirribosa con una de las bases.

De las posibles combinaciones entre los azúcares y las bases *analicemos* un ejemplo en que intervenga la Ribosa y otro con la Desoxirribosa:



La unión se produce por pérdida de una molécula de agua entre el grupo —OH del carbono 1 de la Ribosa y el —H unido al N numerado con 9 de la Adenina. El nucleósido es (fig. 40):

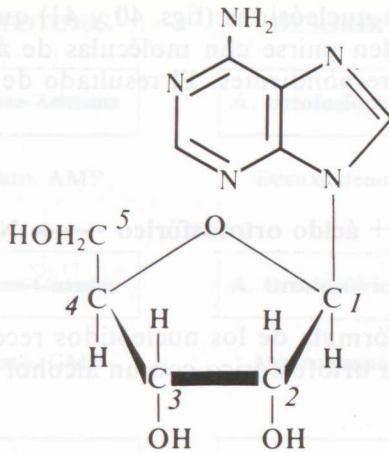
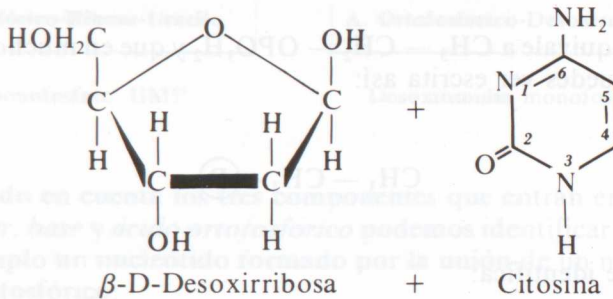


FIGURA 40

Si el lugar de la β -D-Ribosa interviene la β -D-Desoxirribosa con la Citosina podemos formar el nucleósido por pérdida de una molécula de agua entre la β -D-Desoxirribosa y la Citosina.



La pérdida de una molécula de agua entre el grupo —OH del carbono 1 de la β -D-Desoxirribosa y el hidrógeno unido al nitrógeno inferior de la Citosina da lugar al nucleósido (fig. 41).

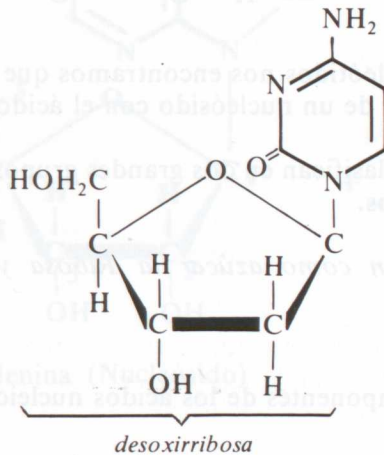
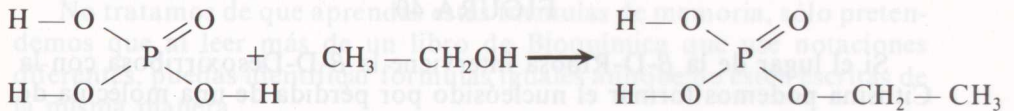


FIGURA 41

Observa que en los nucleósidos (figs. 40 y 41) quedan grupos —OH libres, los cuales pueden unirse con moléculas de ácido fosfórico formando los ésteres correspondientes. El resultado de tal unión recibe el nombre de **nucleótido**.



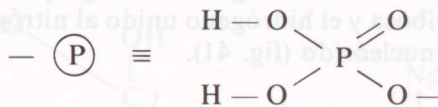
Para entender la fórmula de los nucleótidos recordemos primero la esterificación del ácido ortofosfórico con un alcohol como el etanol:



fórmula que equivale a $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OPO}_3\text{H}_2$ y que en muchos libros de Bioquímica puedes ver escrita así:



con lo cual se identifica:



Volviendo a los nucleótidos nos encontramos que éstos son el resultado de la esterificación de un nucleósido con el ácido ortofosfórico.

Los nucleósidos se clasifican en dos grandes grupos: **Ribonucleótidos** y **Desoxirribonucleótidos**.

Los primeros llevan como azúcar la Ribosa y los segundos la Desoxirribosa.

Los nucleótidos componentes de los ácidos nucleicos son:

RIBONUCLEOTIDOS

DESOXIRRIBONUCLEOTIDOS

A. Ortofosfórico-Ribosa-Adenina

Adenosín monofosfato, AMP

A. Ortofosfórico-Desoxirribosa-Adenina

Desoxiadenosín monofosfato, dAMP

A. Ortofosfórico-Ribosa-Guanina

Guanosín monofosfato, GMP

A. Ortofosfórico-Desoxirribosa-Guanina

Desoxiguanosín monofosfato, dGMP

A. Ortofosfórico-Ribosa-Citosina

Citidín monofosfato, CMP

A. Ortofosfórico-Desoxirribosa-Citosina

Desoxicitidín monofosfato, dCTP

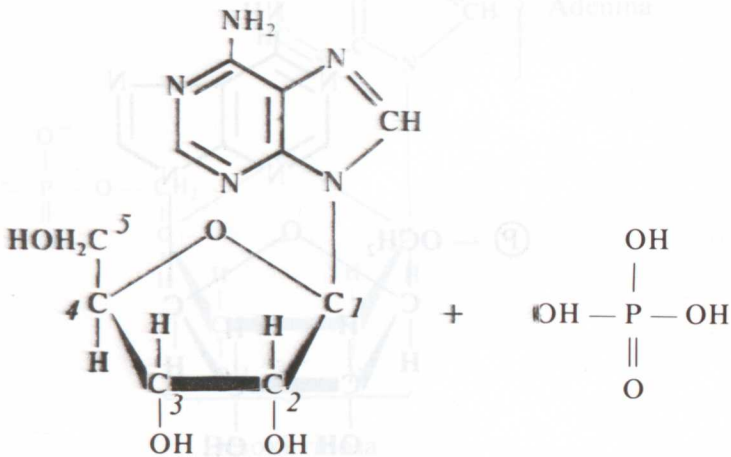
A. Ortofosfórico-Ribosa-Uracilo

Uridín monofosfato, UMP

A. Ortofosfórico-Desoxirribosa-Timina

Desoxitimidín monofosfato, dTMP

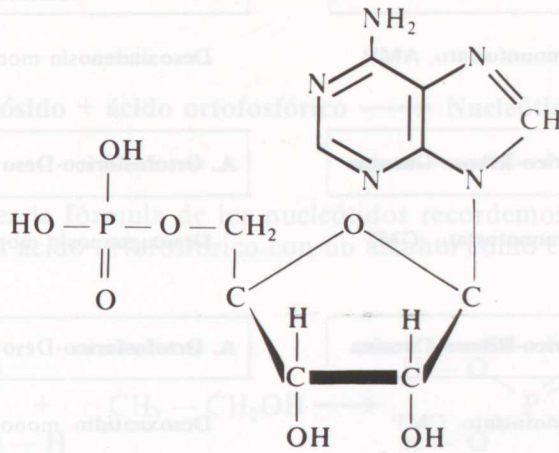
Teniendo en cuenta los tres componentes que entran en los nucleótidos: *azúcar*, *base* y *ácido ortofosfórico* podemos identificarlos. Tomemos como ejemplo un nucleótido formado por la unión de un nucleósido con ácido ortofosfórico:



Ribosa-Adenina (Nucleósido)

ácido ortofosfórico

Si esta unión se realiza por esterificación entre el ácido y el grupo alcohol que se encuentra en el carbono 5 de la Ribosa:



AMP (Adenosin monofosfato)

(Nucleótido)

FIGURA 42

Este mismo compuesto lo puedes ver escrito también de la manera que está en la fig. 43.

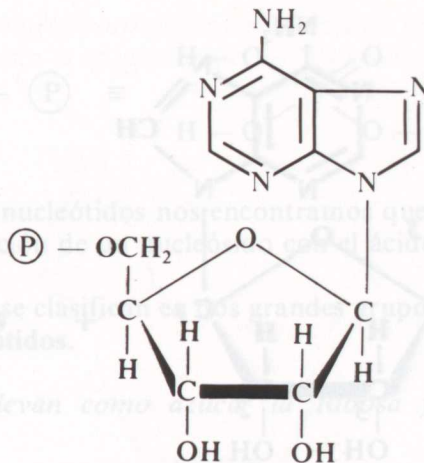


FIGURA 43

Observa que es el mismo nucleótido salvo que el anillo pentagonal de la base Adenina está escrito en forma diferente.

También se puede encontrar escrito como en la fig. 44.

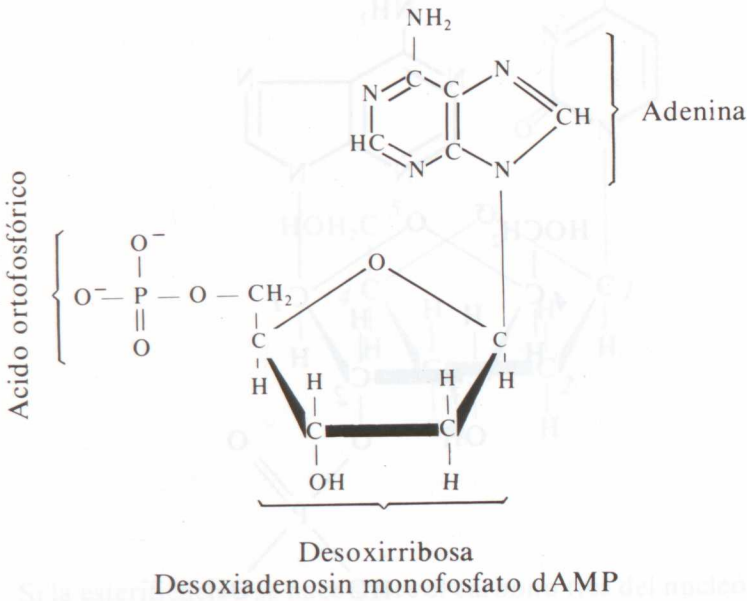
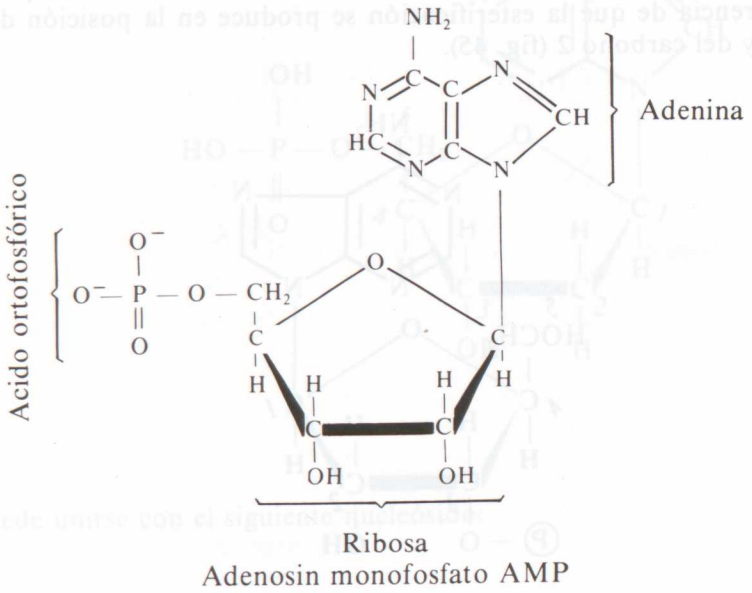


FIGURA 44

Esta última representación nos indica, que los hidrógenos de la parte de la molécula perteneciente al ácido ortofosfórico han desaparecido como consecuencia de la ionización del ácido y por esto aparecen cargas negativas sobre los oxígenos.

Está claro que pueden existir otros nucleótidos como el citado, pero con la diferencia de que la esterificación se produce en la posición del carbono 3 y del carbono 2 (fig. 45).

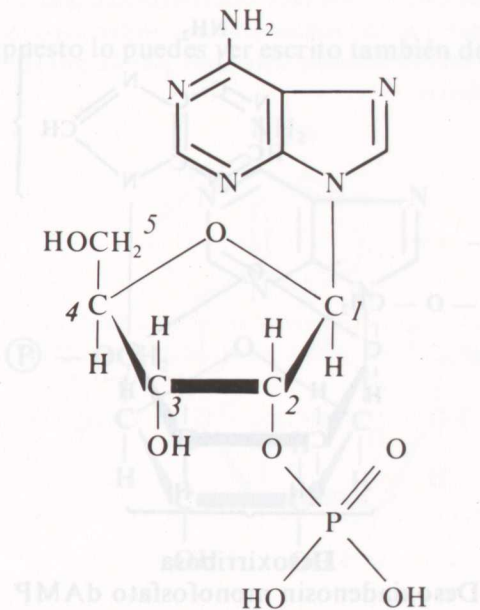
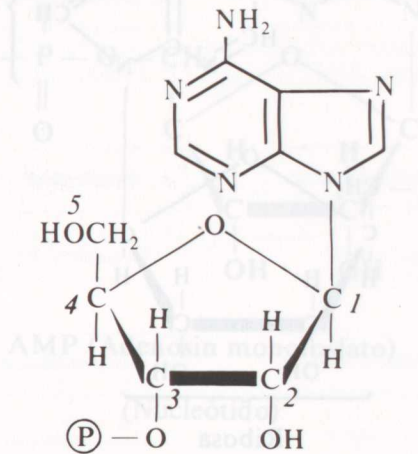
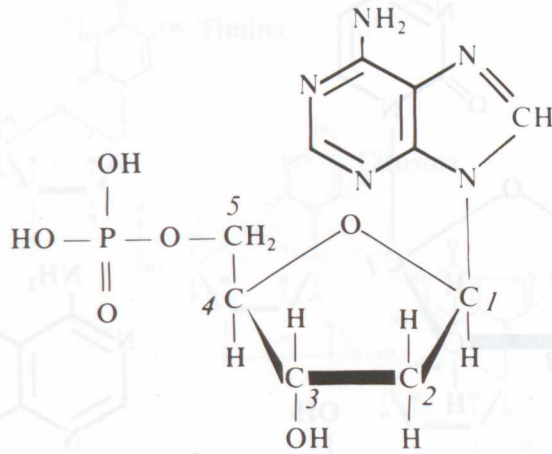
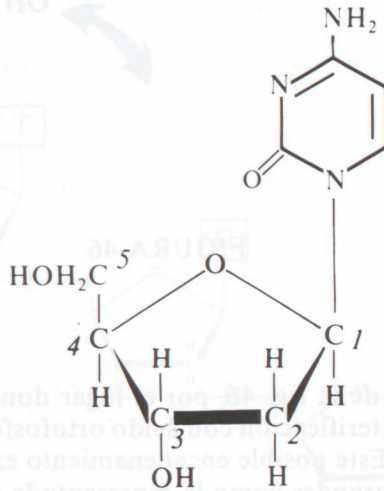


Fig. 45

Pero el ácido ortofosfórico tiene posibilidad de una doble esterificación. Por ejemplo un nucleótido como el siguiente:



puede unirse con el siguiente nucleósido:



Si la esterificación se hace sobre el carbono tres del nucleósido resulta la agrupación molecular de la fig. 46.

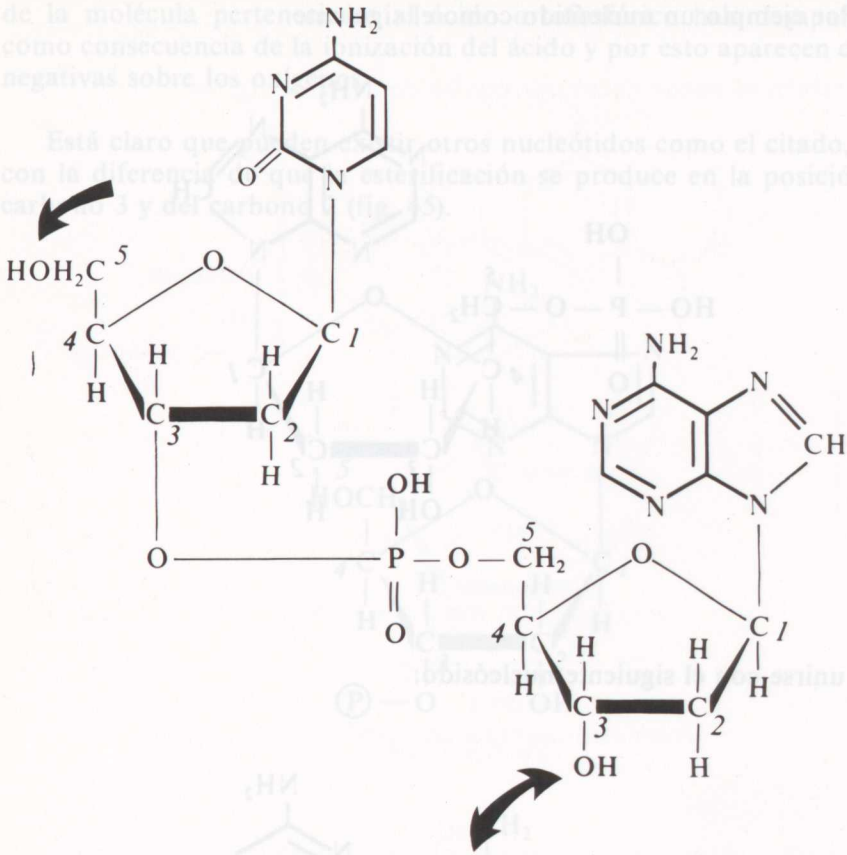


FIGURA 46

En la molécula de la fig. 46, por el lugar donde está la flecha puede existir una nueva esterificación con ácido ortofosfórico y otra por el lugar de la doble flecha. Este posible encadenamiento explica que puedan existir moléculas muy grandes como la representada en la figura 47 y que se debe al encadenamiento de nucleósidos por medio del ácido fosfórico.

Lo representado en la figura 47, constituye un fragmento de **ADN monocatenario**. Ese mismo fragmento puede representarse de una manera más esquemática como en la fig. 48.

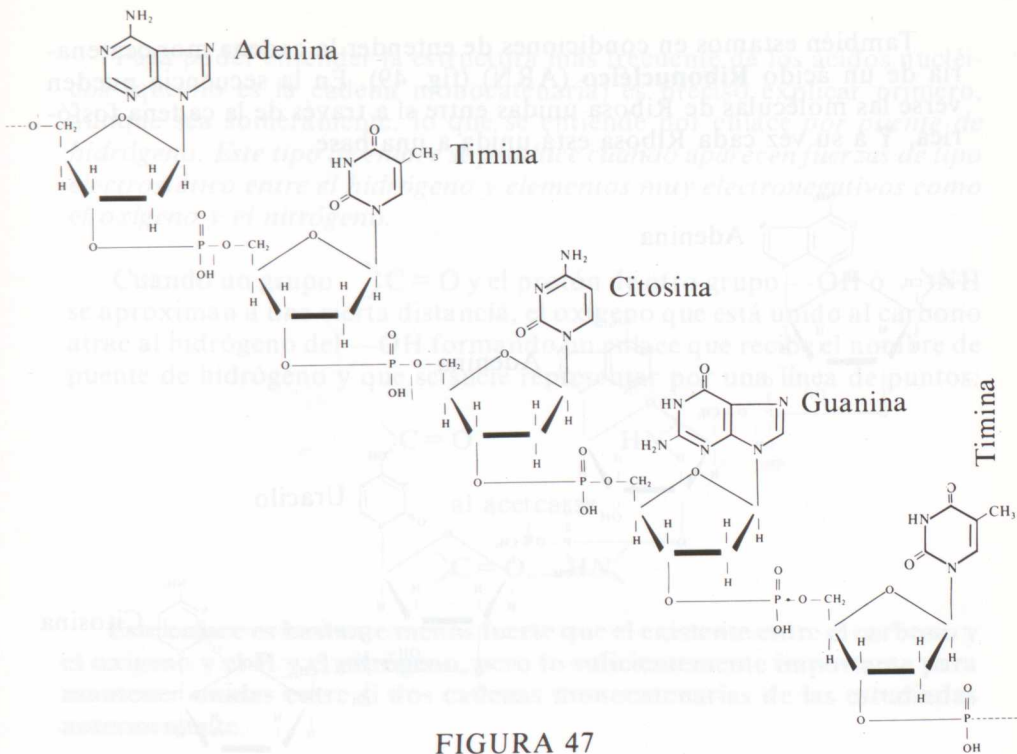


FIGURA 47

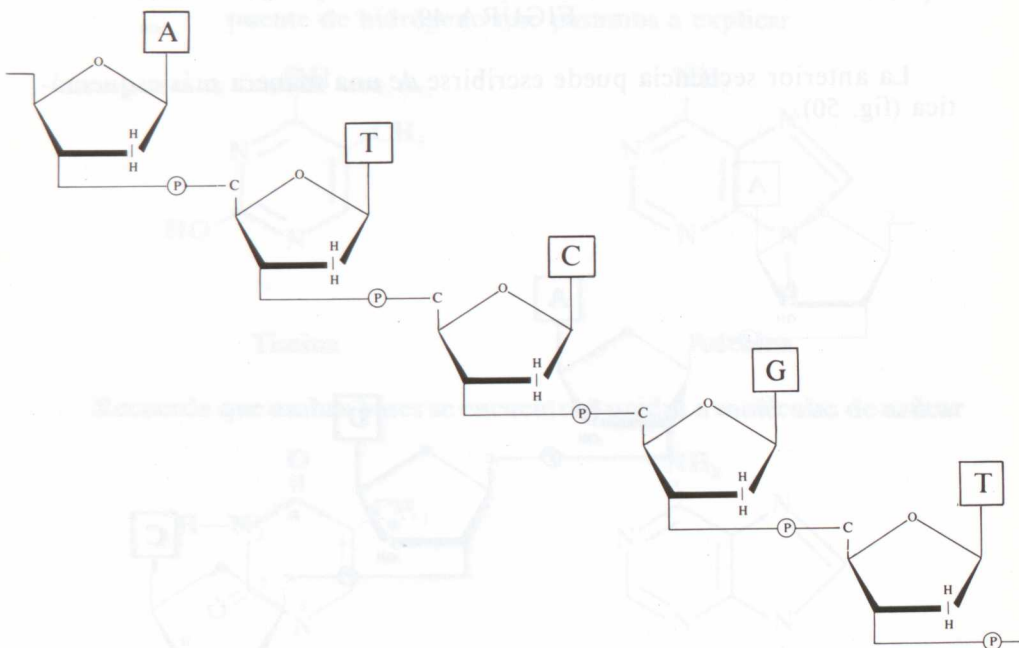


FIGURA 48

También estamos en condiciones de entender la cadena monocatenaria de un ácido **Ribonucleico** (ARN) (fig. 49). En la secuencia pueden verse las moléculas de Ribosa unidas entre sí a través de la cadena fosfórica. Y a su vez cada Ribosa está unida a una base.

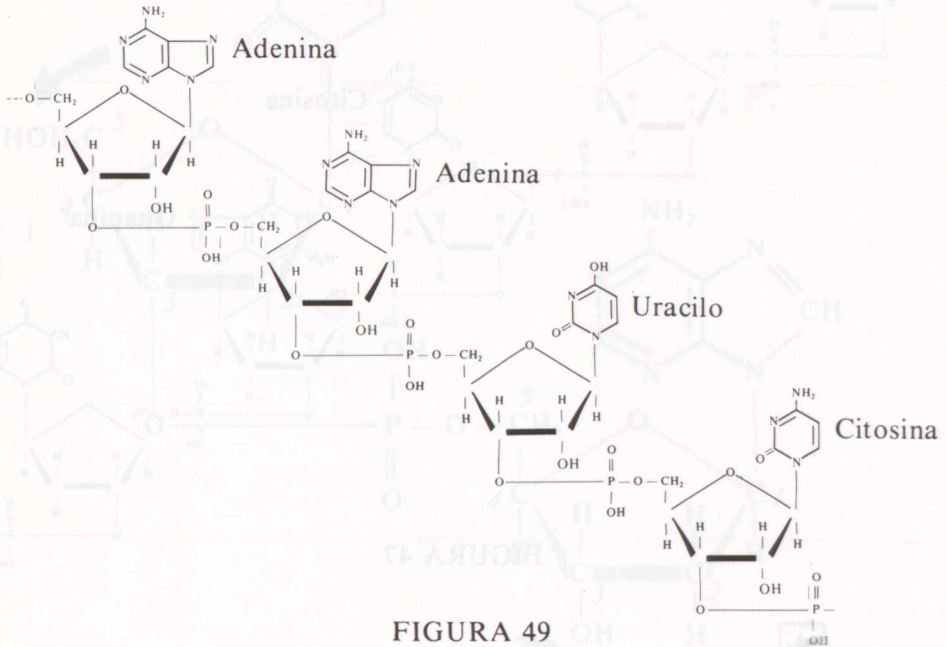


FIGURA 49

La anterior secuencia puede escribirse *de una manera más esquemática* (fig. 50).

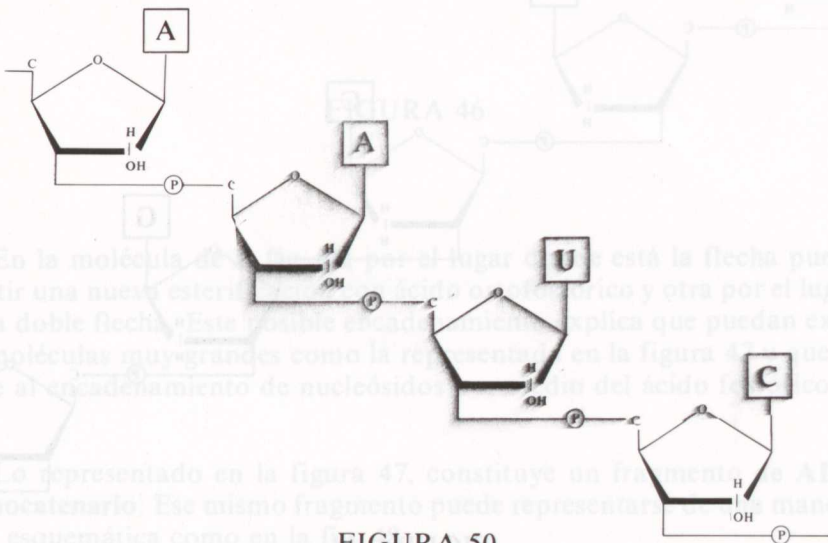


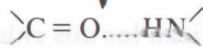
FIGURA 50

Para poder entender la estructura más frecuente de los ácidos nucleicos (que no es la cadena monocatenaria) es preciso explicar primero, aunque sea someramente, lo que se entiende por enlace *por puente de hidrógeno*. Este tipo de enlace se produce cuando aparecen fuerzas de tipo electrostático entre el hidrógeno y elementos muy electronegativos como el oxígeno y el nitrógeno.

Cuando un grupo $>C=O$ y el protón de otro grupo $-OH$ ó $>NH$ se aproximan a una cierta distancia, el oxígeno que está unido al carbono atrae al hidrógeno del $-OH$ formando un enlace que recibe el nombre de puente de hidrógeno y que se suele representar por una línea de puntos:

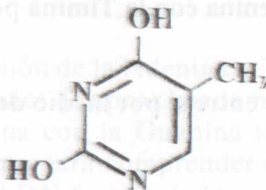


al acercarse

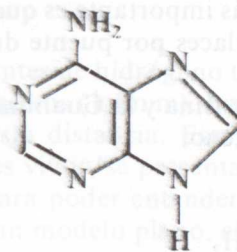


Este enlace es bastante menos fuerte que el existente entre el carbono y el oxígeno y el H y el nitrógeno, pero lo suficientemente importante para mantener unidas entre sí dos cadenas monocatenarias de las estudiadas anteriormente.

Entre la Timina y la Adenina pueden establecerse dos enlaces por puente de hidrógeno que pasamos a explicar

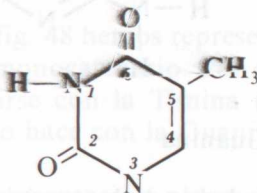


Timina

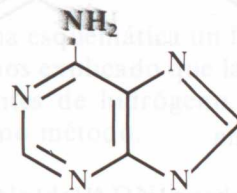


Adenina

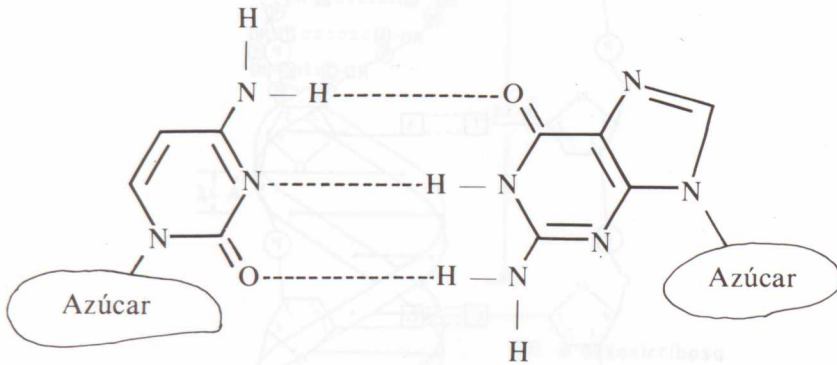
Recuerda que ambas bases se encuentran unidas a moléculas de azúcar



(I) Azúcar



(II) Azúcar



En Bioquímica este tipo de enlace se suele representar de una manera simplificada de la siguiente forma:



La unión de la Adenina y Timina por puentes de hidrógeno tiene unas dimensiones de aproximadamente 1,1 nanómetros (1,1 nm). La unión de la Citosina con la Guanina tiene también esta distancia. Este hecho es importante para comprender que, en los seres vivos, se presenta la molécula de ADN formando una doble hélice. Para poder entender cómo es esta molécula vamos a comenzar utilizando un modelo plano, el cual nos indica como se unen las bases entre sí.

Una vez entendido el modelo plano, puede comprenderse con más facilidad el modelo de doble hélice.

En la fig. 48 hemos representado en forma esquemática un fragmento de ADN monocatenario. Por otra parte hemos explicado que la Adenina puede unirse con la Timina mediante puentes de hidrógeno, y que la Citosina lo hace con la Guanina por el mismo método.

La representación plana de una molécula de ADN puede surgir a partir de dos ADN monocatenarios en los que se acoplan entre sí las bases por medio de enlaces por puentes de hidrógeno (fig. 51).

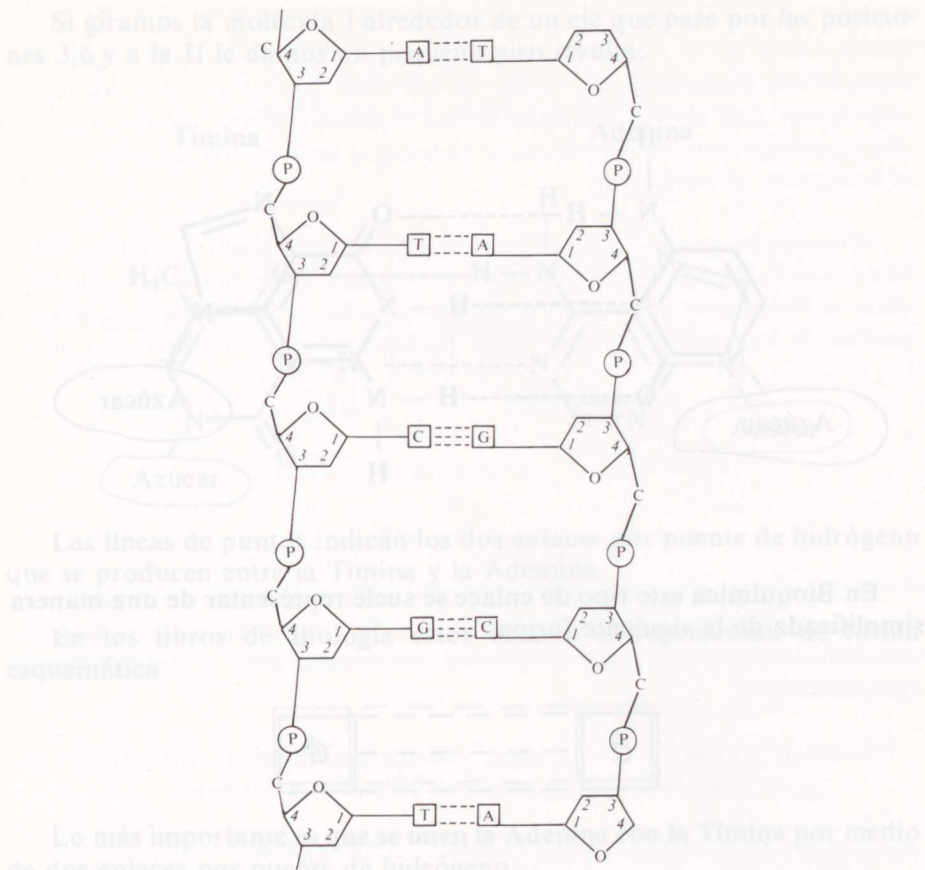


FIGURA 51

Observa cómo las moléculas de ácido fosfórico encadenan las moléculas de Desoxirribosa uniendo el carbono 3 de una con el carbono 5 de la otra. Observa también las posiciones de las dos cadenas monocatenarias que están en posición distinta una de la otra: a la izquierda arriba el oxígeno, y a la derecha abajo.

Fíjate que para esta molécula es necesario que las longitudes $\boxed{C} \text{-----} \boxed{G}$ y $\boxed{T} \text{-----} \boxed{A}$ sean aproximadamente iguales.

La posible unión entre Timina y Citosina daría lugar a una distancia más pequeña, y la unión entre Adenina y Guanina, más grande. Es decir:

$\boxed{T} \text{-----} \boxed{C}$ es menor que $\boxed{A} \text{-----} \boxed{G}$

La molécula de ADN tiene una disposición en el espacio en forma de una doble hélice tal como indica la fig. 52.

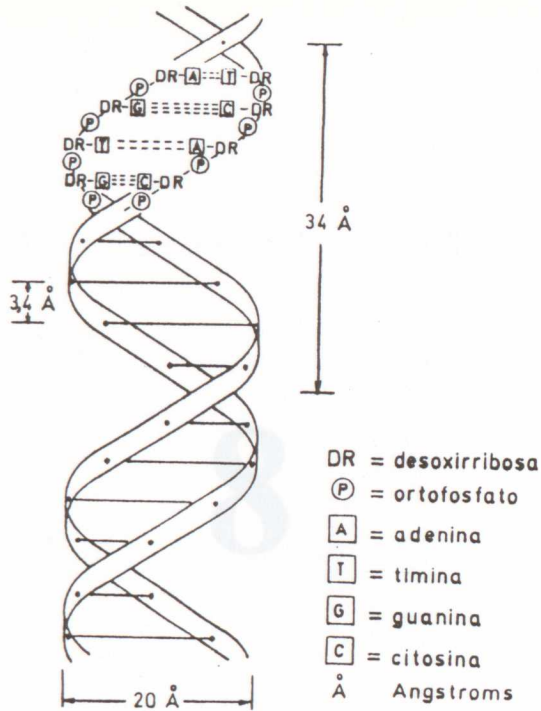


FIGURA 52

Observa cómo hay una doble hebra formada por los encadenamientos Desoxirribosa-Fosfórico y que ambas hebras están unidas por los puentes de hidrógeno entre las bases. El ancho total de la hélice es de unos $20 \text{ \AA} = 2 \text{ nm}$ (manómetros). La unión entre las dos bases tiene, como ya hemos dicho, unos $11 \text{ \AA} = 1,1 \text{ nm}$. Observa que cada $34 \text{ \AA} = 3,4 \text{ nm}$, se repite la forma de la hélice, por esta razón la distancia que figura entre cada unión base—base es $3,4 \text{ \AA}$, lo cual significa que entre los dos surcos de la hélice existen diez uniones base—base.

8

1.1.4. Ejercicios

1)

1. -- Metileno



2. -- Metilpropilo



SOLUCIONARIO

3. -- 1-Metilpropilo



4. -- Dimetileno



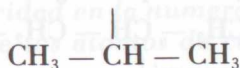
5. -- 3-Metilbutilo



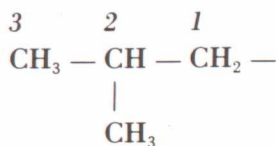
1.1.4. Ejercicios

A)

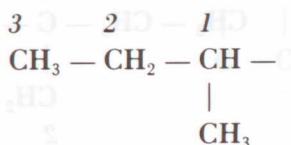
1.— Metiletilo



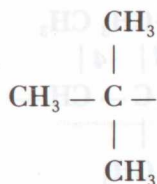
2.— Metilpropilo



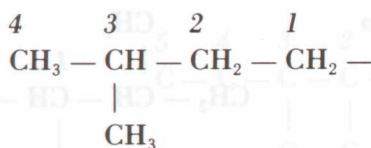
3.— 1-Metilpropilo



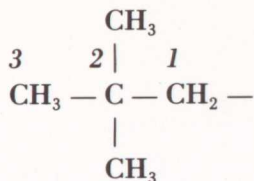
4.— Dimetiletilo



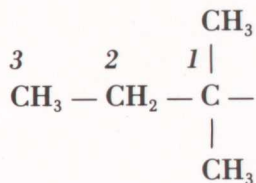
5.— 3-Metilbutilo



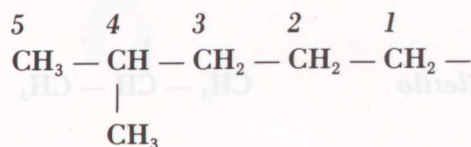
6.— 2,2-Dimetilpropilo



7.— 1,1-Dimetilpropilo

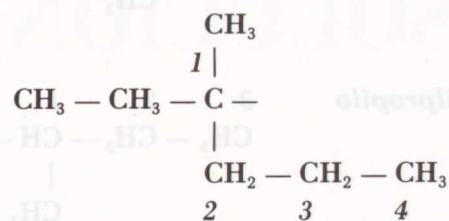


8.— 4-Metilpentilo

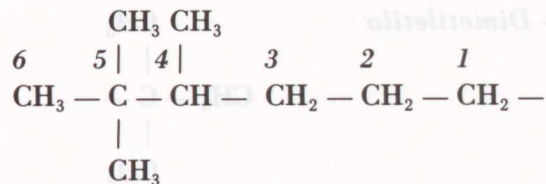


B)

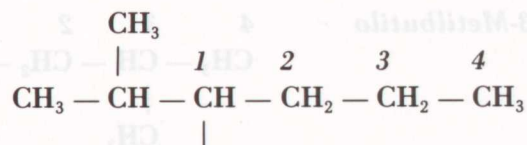
1-Etil-1-metilbutilo



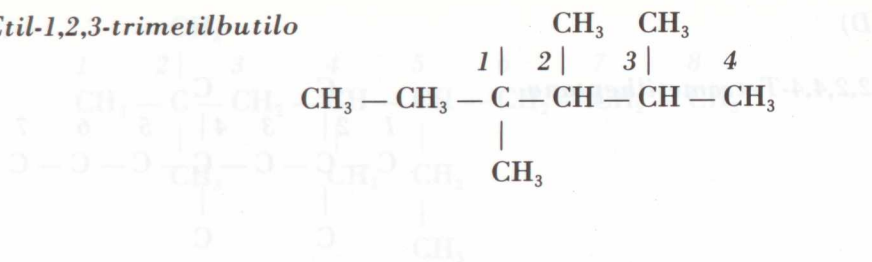
4,5,5-Trimetilhexilo



1-Isopropilbutilo



1-Etil-1,2,3-trimetilbutilo



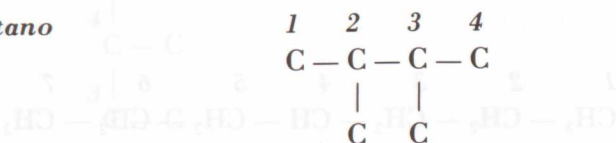
1.1.6. Ejercicios

NOTA... Para mayor claridad en la numeración de las cadenas representamos exclusivamente los átomos de carbono, eliminando todos aquellos sustituyentes que no sean imprescindibles.

1.1.6.1.

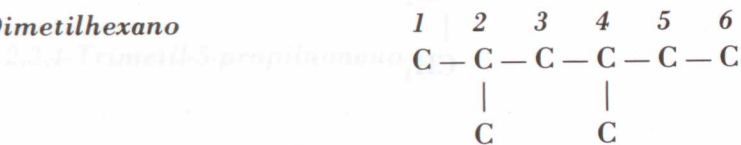
A)

2,3-Dimetilbutano



B)

2,4-Dimetilhexano



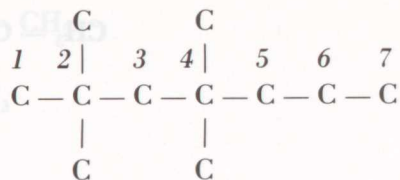
C)

2,3-Dimetilpentano



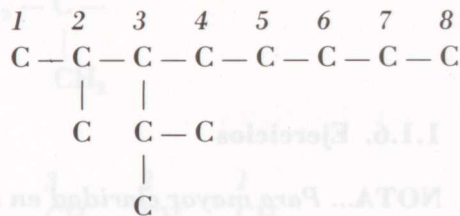
D)

2,2,4,4-Tetrametilheptano



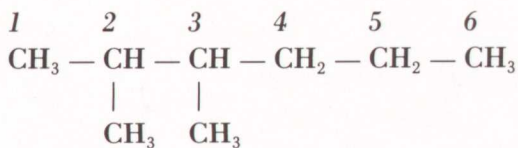
E)

3-Isopropil-2-metiloctano

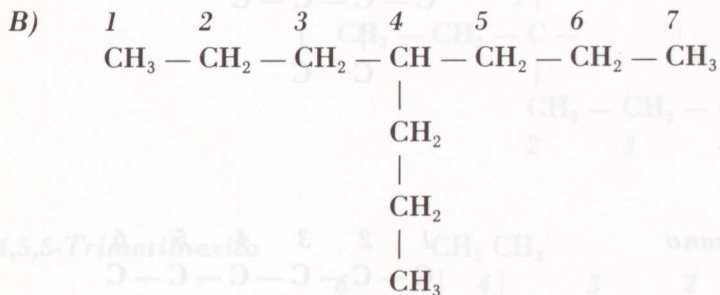


1.1.6.2.

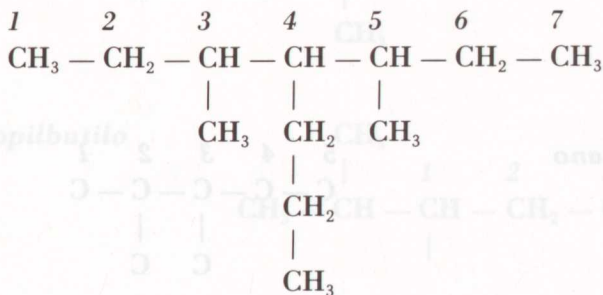
A)

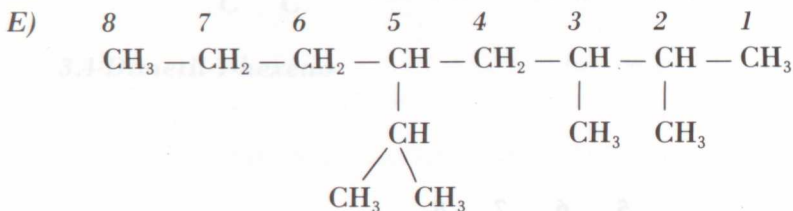
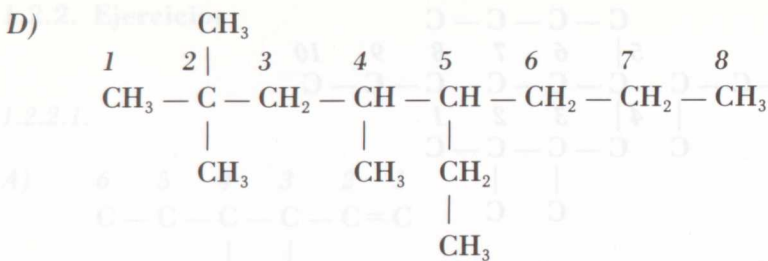


B)

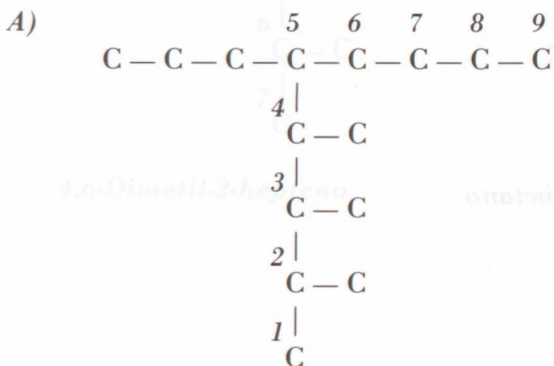


C)

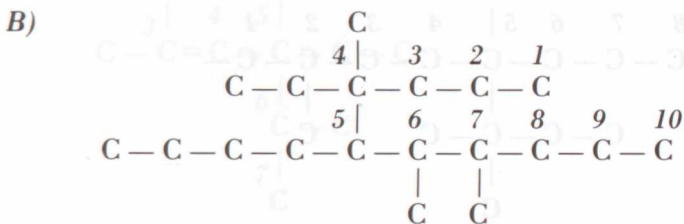




1.1.6.3.



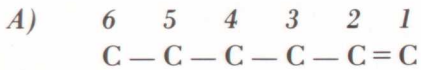
2,3,4-Trimetil-5-propilnonano



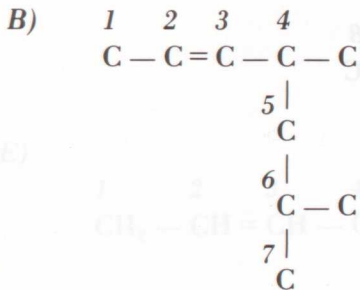
5-Butil-4-etil-4,6,7-trimetildecano

1.2.2. Ejercicios

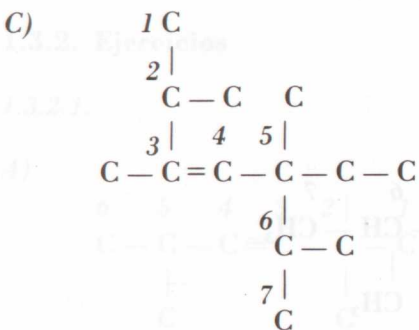
1.2.2.1.



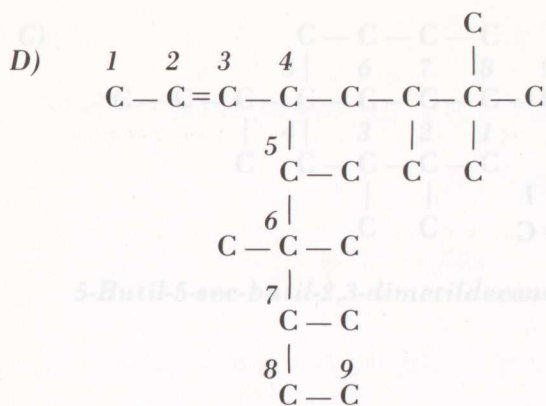
3,4-Dimetil-1-hexeno



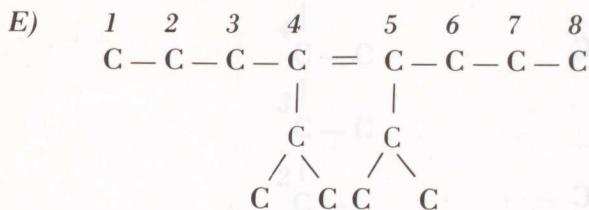
4,6-Dimetil-2-hepteno



5-Etil-2,3,5,6-tetrametil-3-hepteno

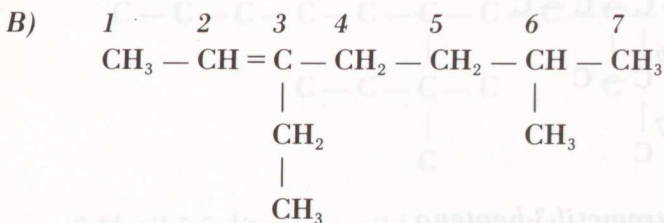
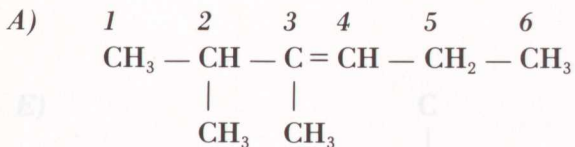


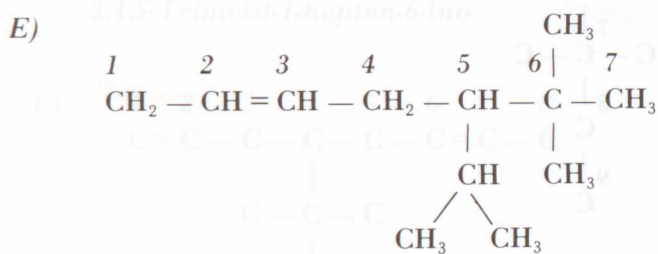
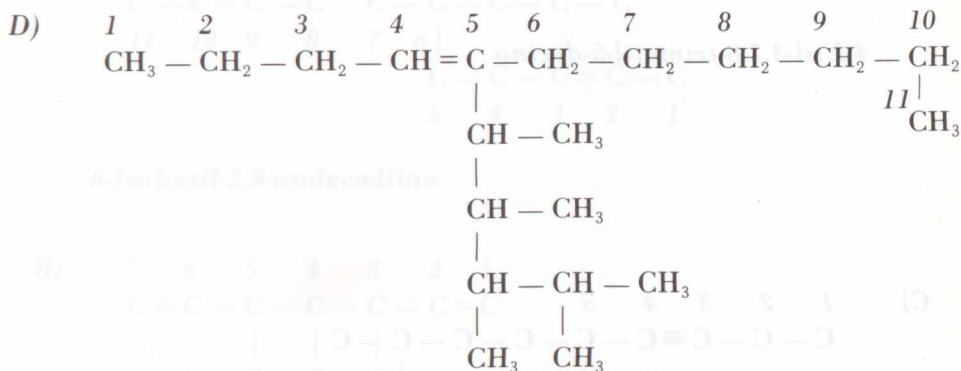
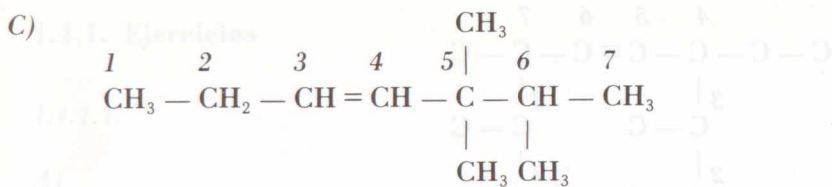
5,6,6,7-Tetrametil-4-(2,3,3-trimetilbutil)-2-noneno



4,5-Diisopropil-4-octeno

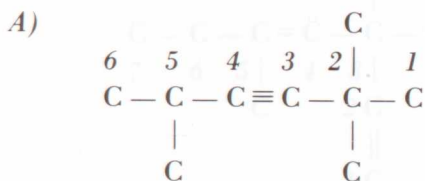
1.2.2.2.



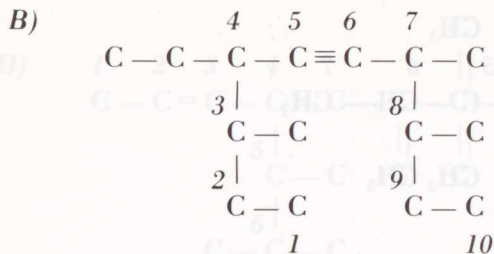


1.3.2. Ejercicios

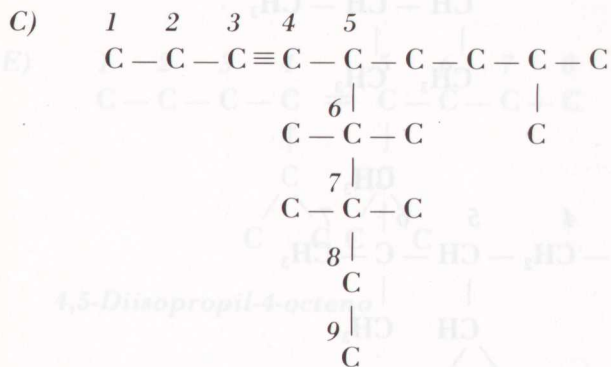
1.3.2.1.



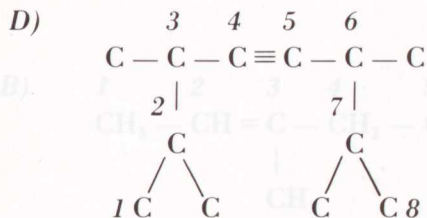
2,2,5-Trimetil-3-hexino



4-Etil-3,7,8-trimetil-5-decino



5-Isopentil-6,6,7,7-tetrametil-3-nonino

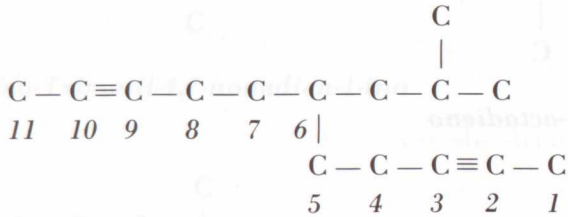


2,3,6,7-Tetrametil-4-octino

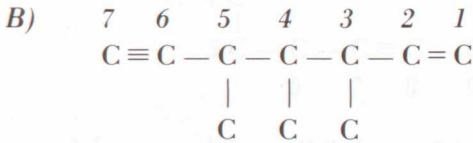
1.4.1. Ejercicios

1.4.1.1.

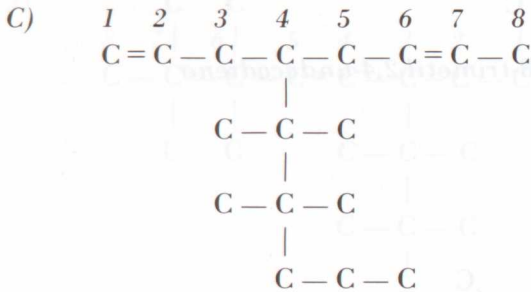
A)



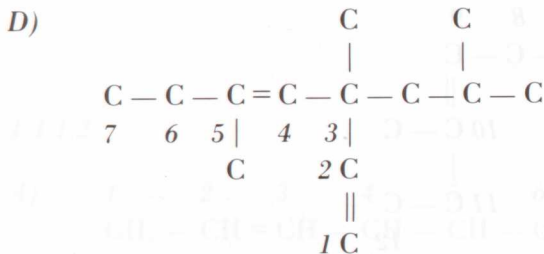
6-Isobutil-2,9-undecadieno



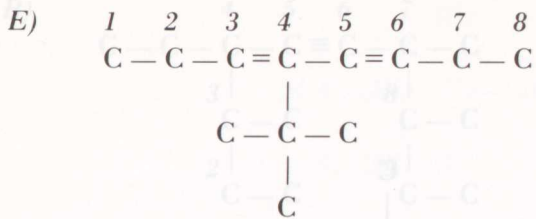
3,4,5-Trimetil-1-hepten-6-ino



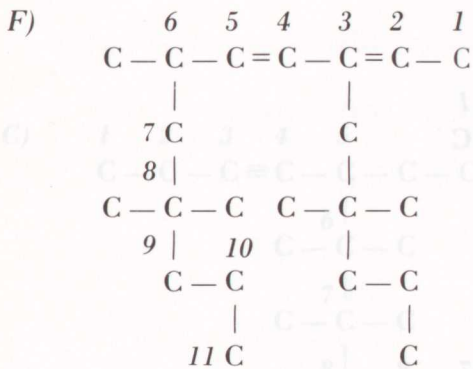
4-(1,1,2,2-tetrametilpentil)-1,6-octadieno



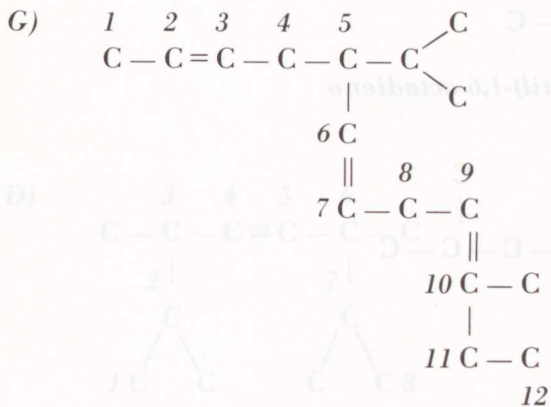
3-Isobutil-3,5-dimetil-1,4-heptadieno



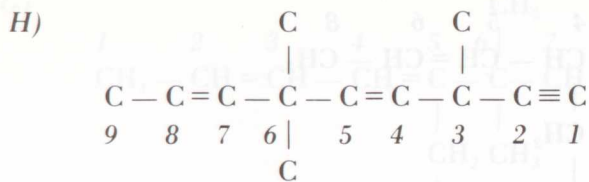
4-terc-Butil-3,5-octadieno



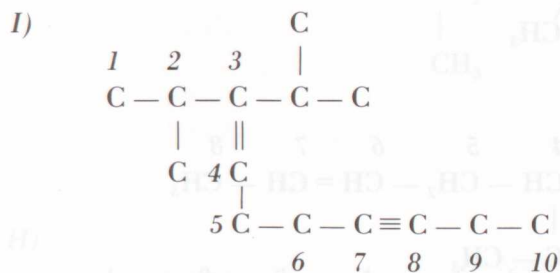
3-(2,2-Dimetilpentil)-6,8,8-trimetil-2,4-undecadieno



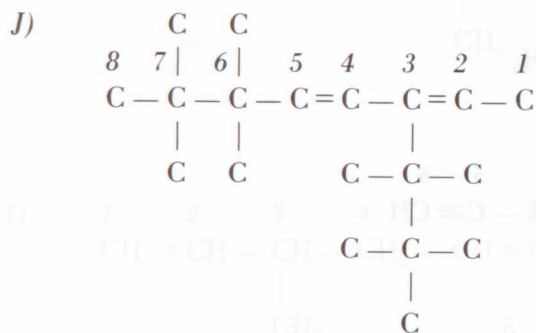
5-Isopropil-10-metil-2,6,9-dodecatrieno



3,6,6-Trimetil-4,7-nonadien-1-ino

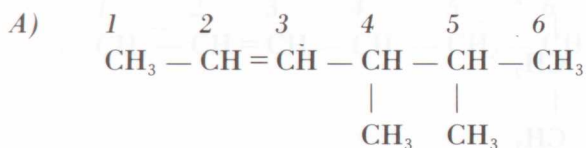


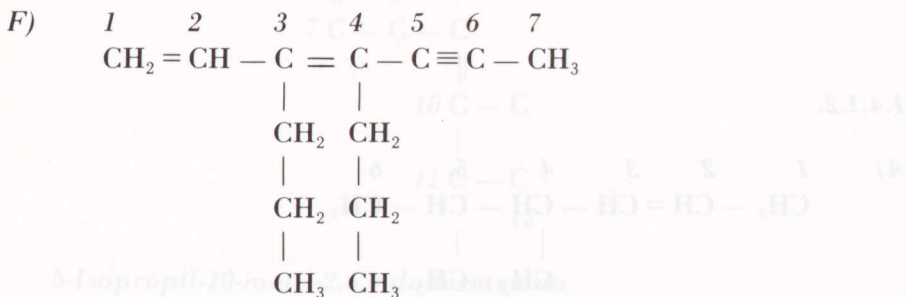
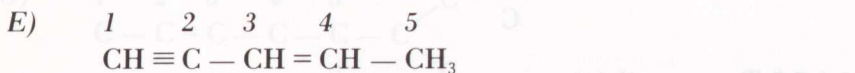
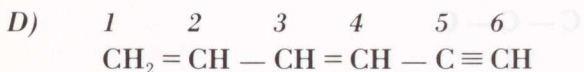
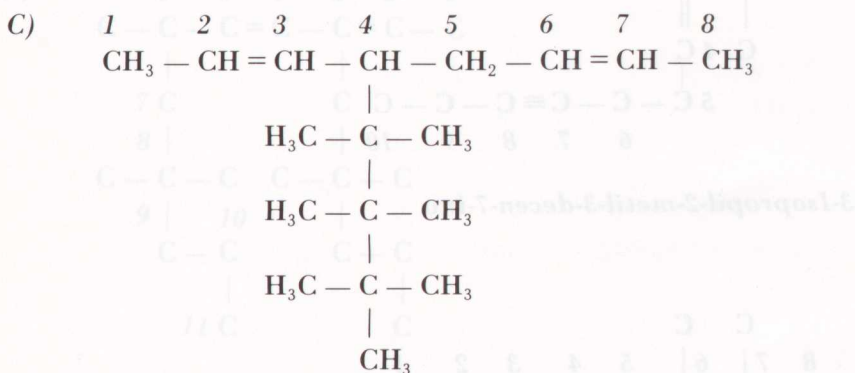
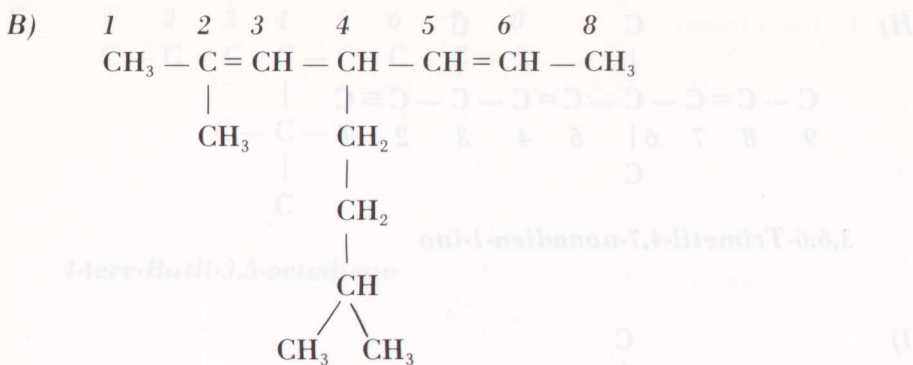
3-Isopiril-2-metil-3-decen-7-ino



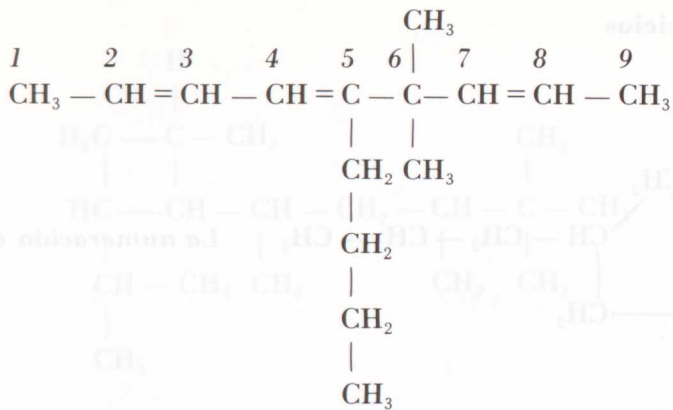
6,6,7,7-Tetrametil-3-(tetrametilpropil)-2,4-octadieno

1.4.1.2.

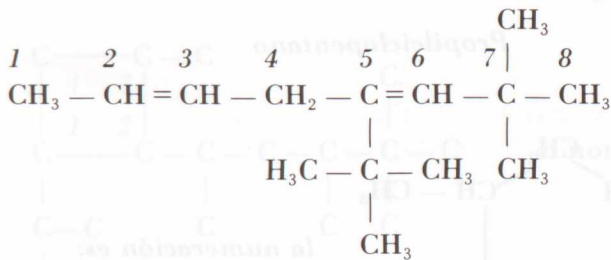




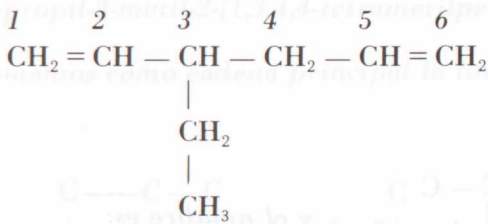
G)



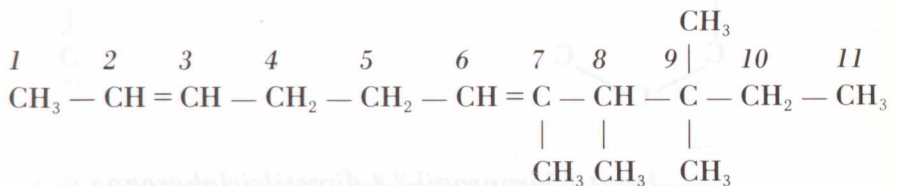
H)



I)



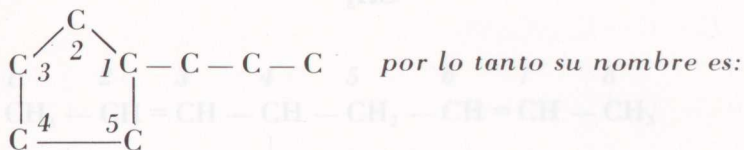
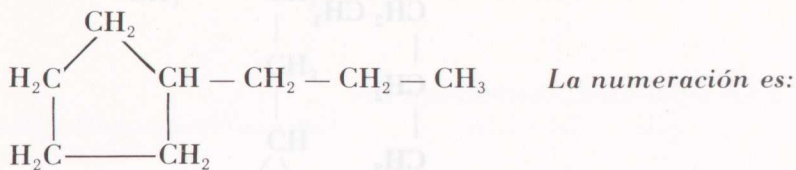
J)



1.6.1. Ejercicios

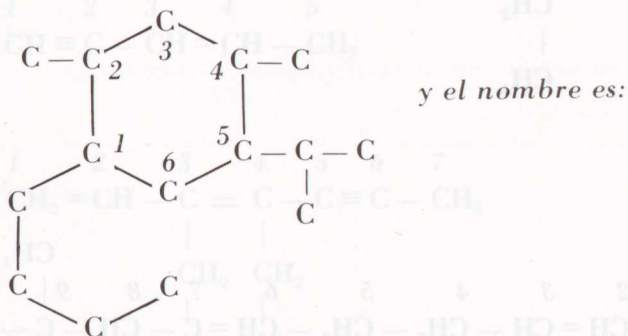
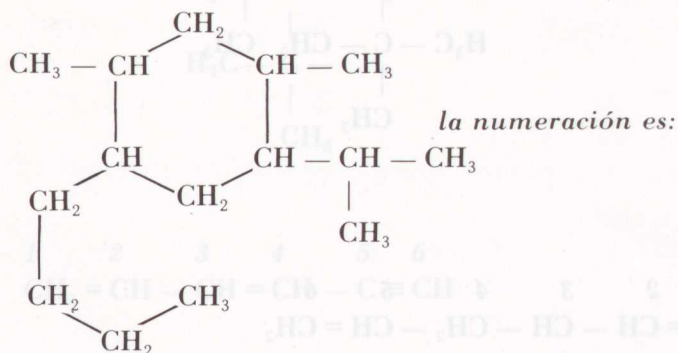
1.6.1.1.

A)



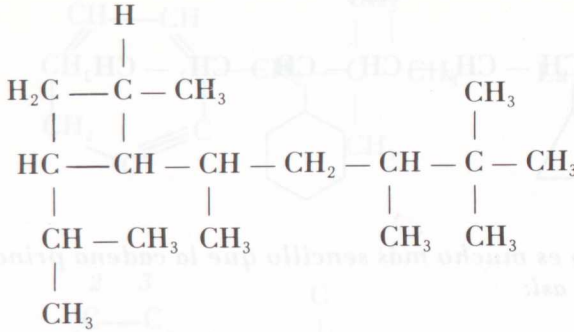
Propilciclopentano

B)

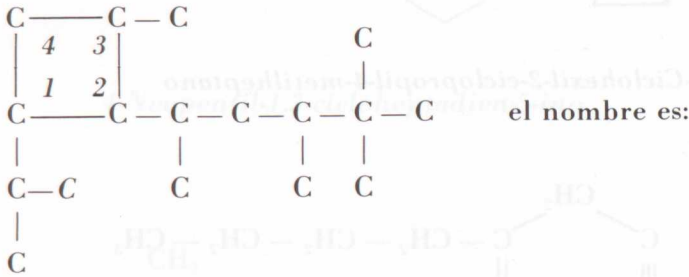


1-Butil-5-isopropil-2,4-dimetilciclohexano

C)

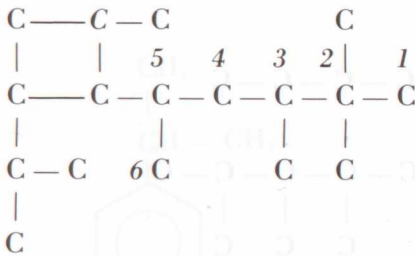


Podemos darle dos nombres: (I) tomamos como cadena principal el ciclo y lo numeramos así:



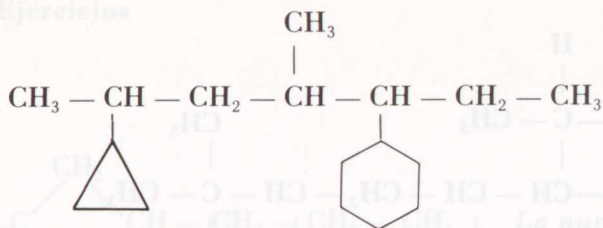
1-Isopropil-3-metil-2-(1,3,4,4-tetrametilpentil)-ciclobutano

(II) Tomamos como cadena principal la líneal:

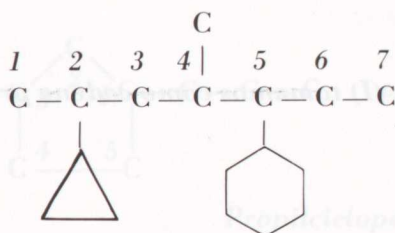


5-(2-Isopropil-4-metilciclobutil)-2,2,3-trimetilhexano

D)

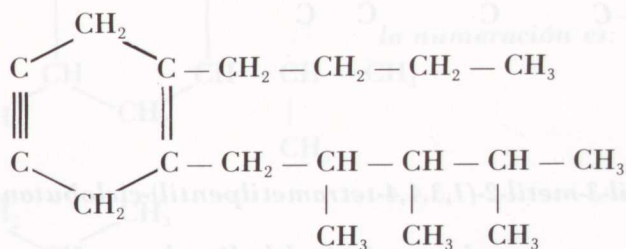


En este caso es mucho más sencillo que la cadena principal sea la lineal, y queda así:

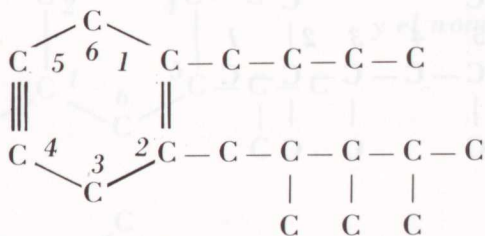


5-Ciclohexil-2-ciclopropil-4-metilheptano

E)



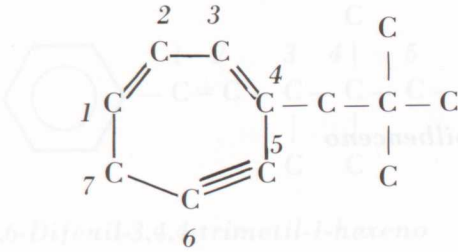
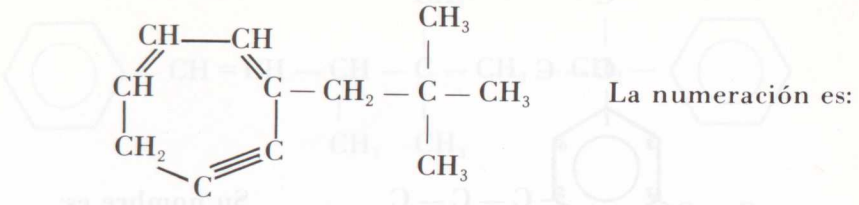
Vamos a tomar como cadena principal el ciclo, que numeramos así:



El nombre del compuesto es:

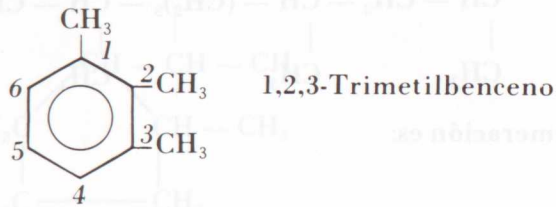
1-Butil-2-(2,3,4-trimetilpentil)-1-ciclohexen-6-ino

F)

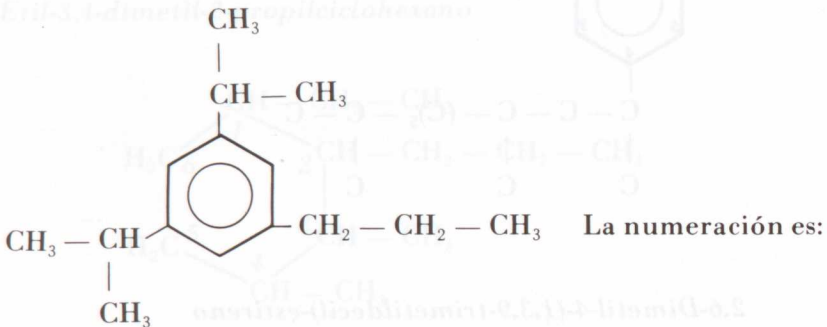


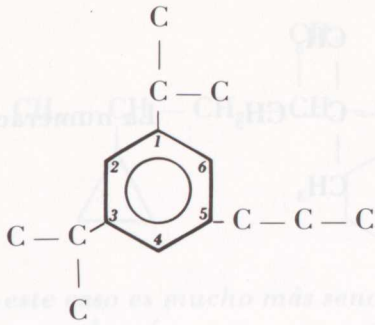
4-Neopentil-1,3-cicloheptadien-5-ino

G)



H)

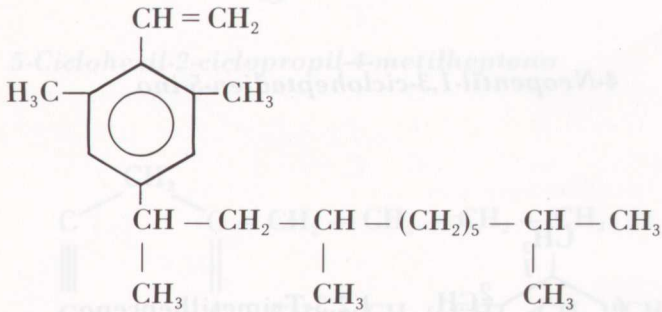




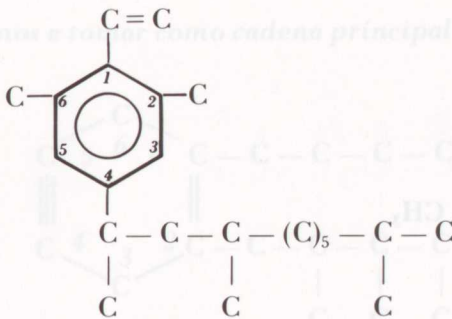
Su nombre es:

1,3-Diisopropil-5-propilbenceno

I)

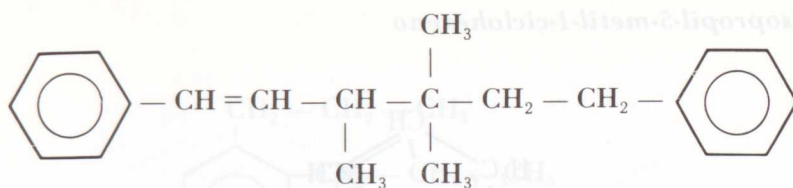


La numeración es:

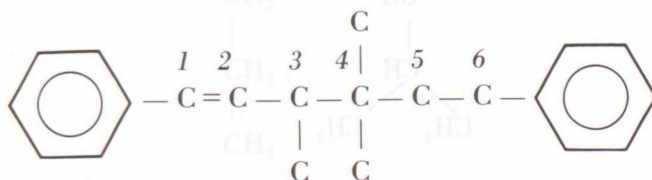


2,6-Dimetil-4-(1,3,9-trimetildecil)-estireno

J)



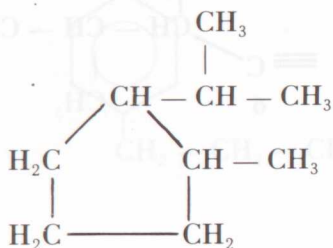
La numeración es:



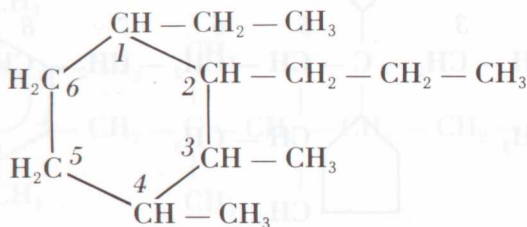
1,6-Difenil-3,4,4-trimetil-1-hexeno

1.6.1.2.

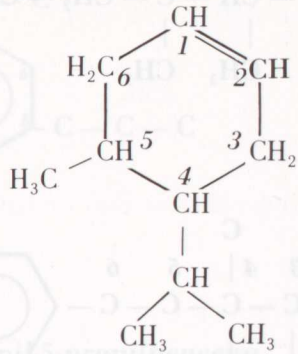
A) 1-Isopropil-2-metilciclopentano



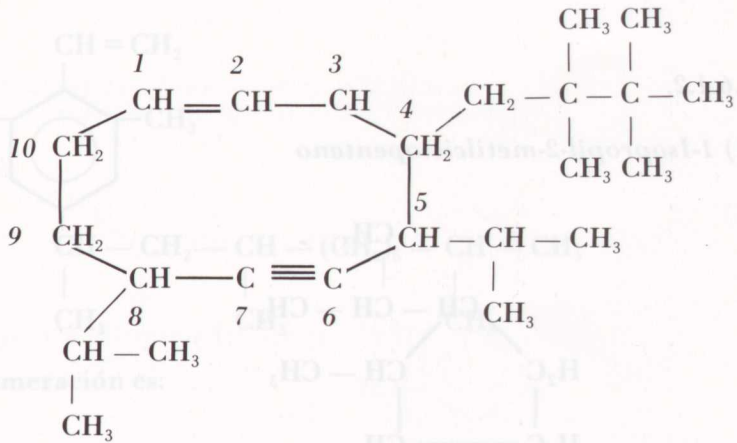
B) 1-Etil-3,4-dimetil-2-propilciclohexano



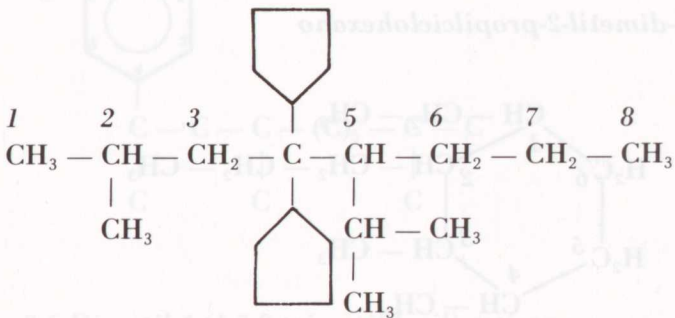
C) 4-Isopropil-5-metil-1-ciclohexeno



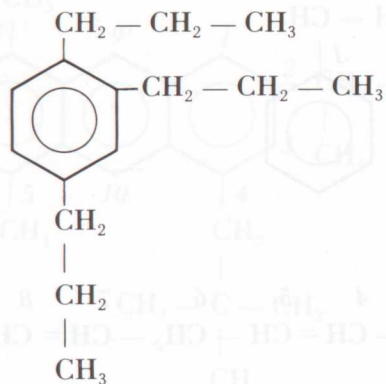
D)



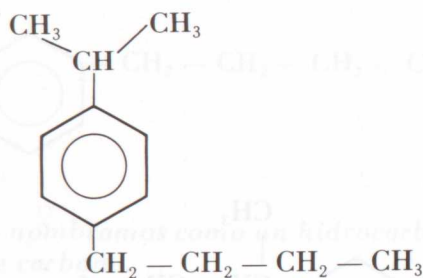
E)



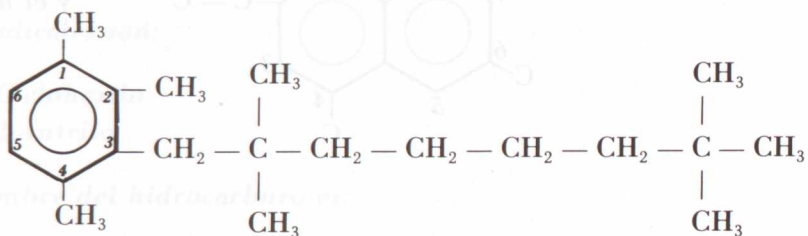
F)



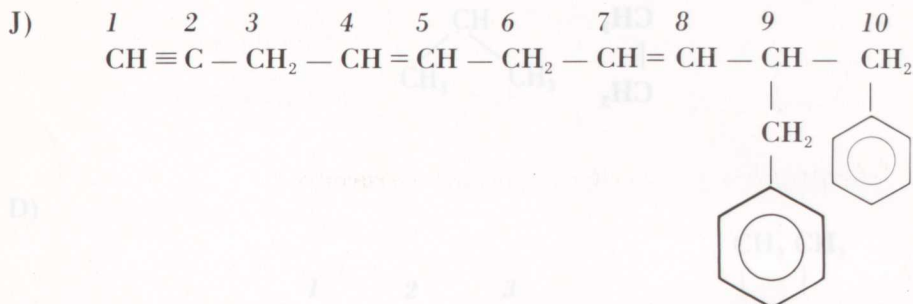
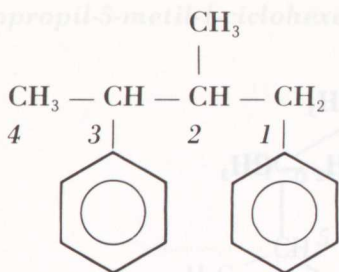
G)



H)



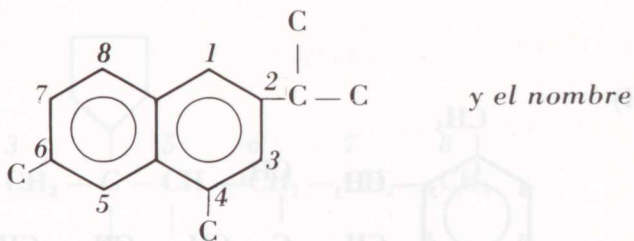
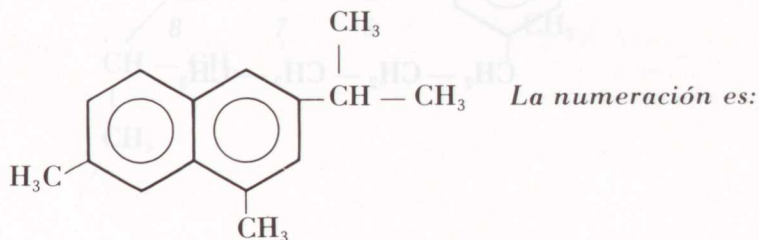
I) 4-Isopropil-5-metilciclohexeno



1.7.1. Ejercicios

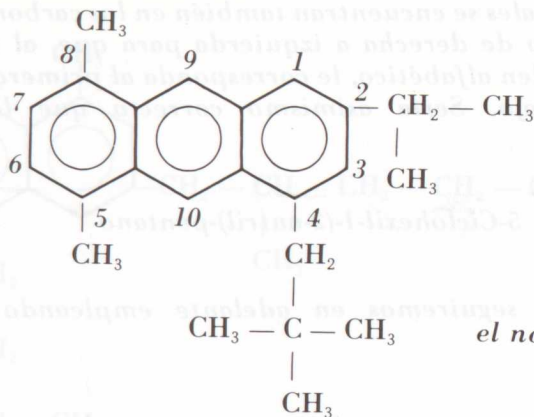
1.7.1.1.

A)



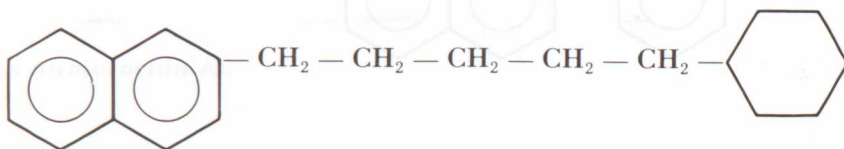
2-Isopropil-4,6-dimetilnaftaleno

B)

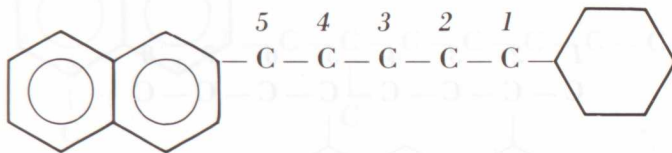


2-Isopropil-5,8-dimetil-4-neopentilantraceno

C)



En este caso lo nombramos como un hidrocarburo de cadena abierta de 5 átomos de carbono.



Los radicales son:

Ciclohexilo

2-Antrilo

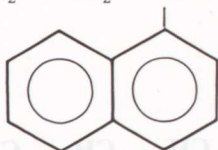
El nombre del hidrocarburo es:

1-Ciclohexil-5-(2-antril)-pentano

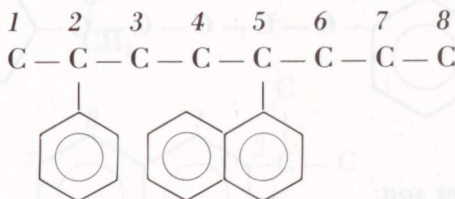
Observa que si numeramos la cadena principal de izquierda a derecha los radicales se encuentran también en los carbonos 1 y 5. La hemos numerado de derecha a izquierda para que, al escribir los radicales por orden alfabético, le corresponda al primero de ellos el número más bajo. Sería asimismo correcto que lo hubieses nombrado:

5-Ciclohexil-1-(2-antril)-pentano

No obstante seguiremos en adelante empleando la norma anterior.



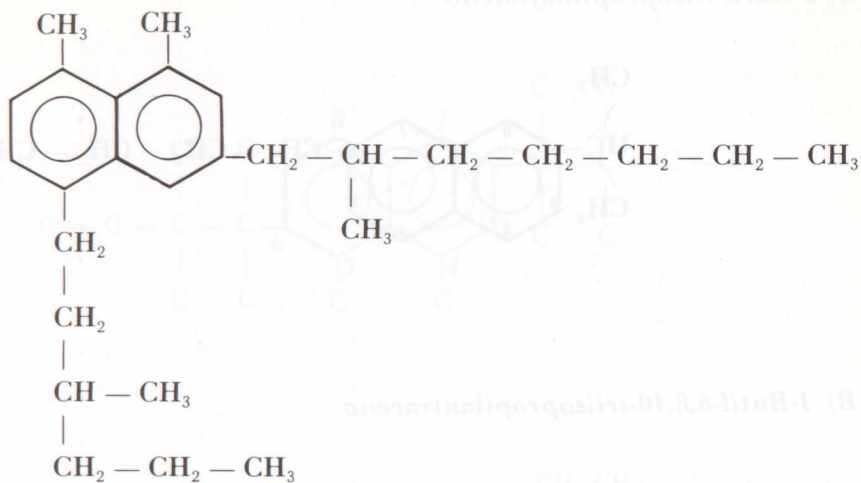
Si consideramos como cadena principal la cadena lineal, la numeración que asigna los números más bajos a los carbonos que tienen radicales es:



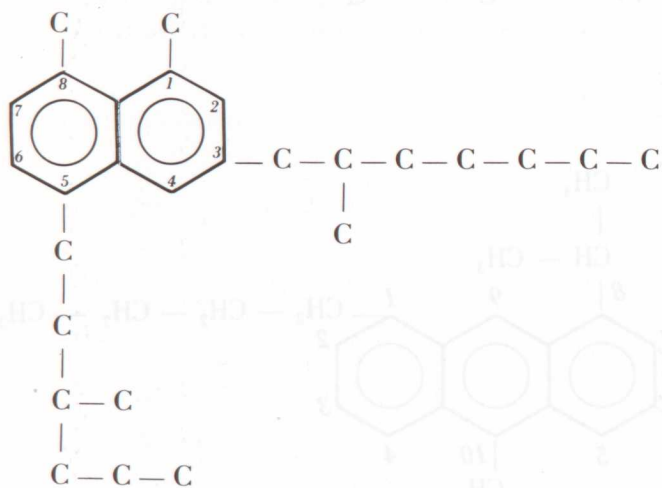
El nombre es:

2-Fenil-5-(1-naftil)-octano

E)



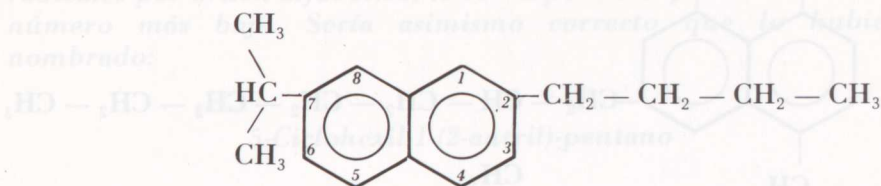
La numeración es:



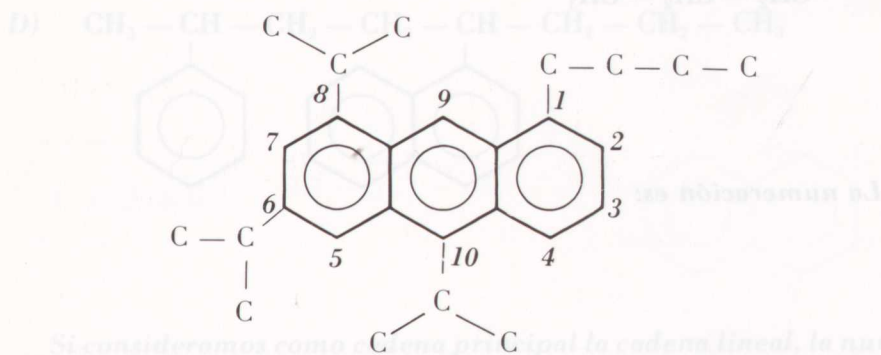
1,8-Dimetil-3-(2-metilheptil)-5-(3-metilhexil)-naftaleno

1.7.1.2.

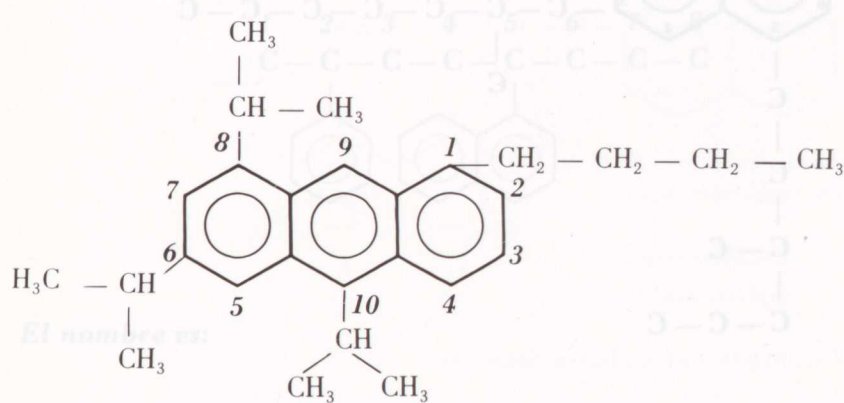
A) 2-Butil-7-isopropilnaftaleno



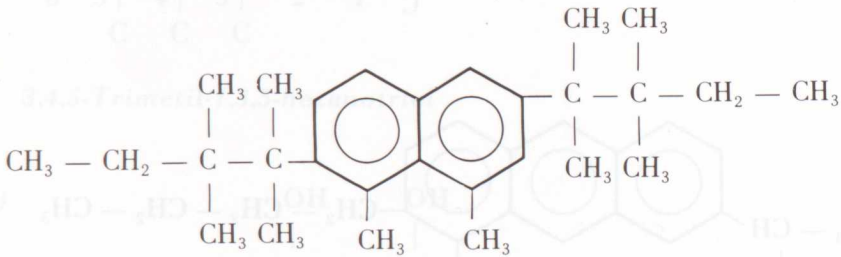
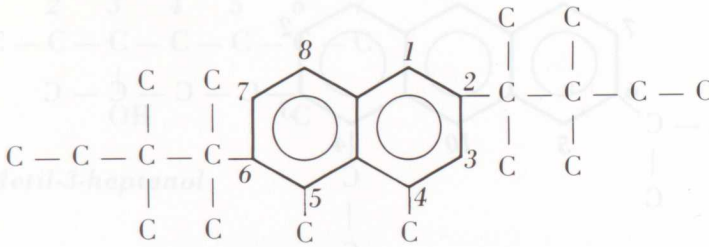
B) 1-Butil-6,8,10-triisopropilantraceno



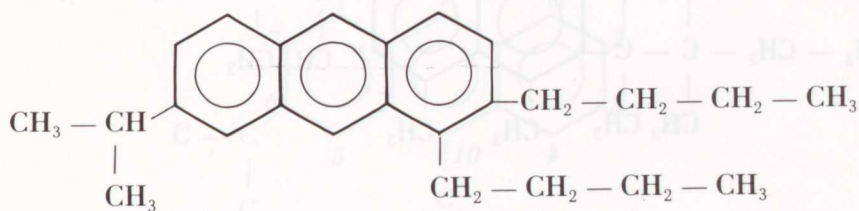
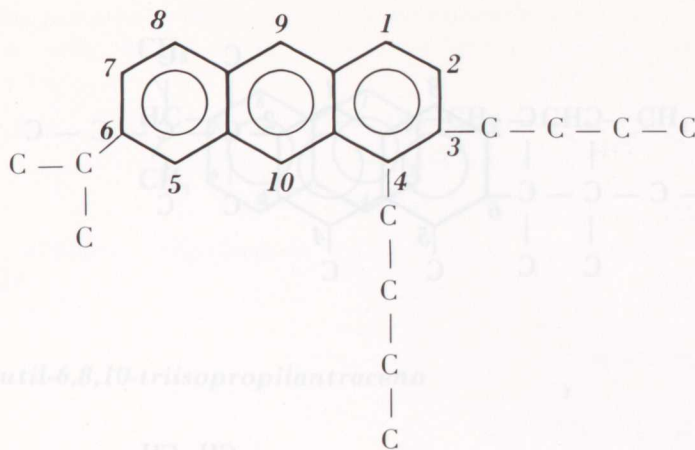
Si consideramos como cadena principal la cadena lineal, la nomenclatura que asigna los números más bajos a los carbonos que tienen radicales es:



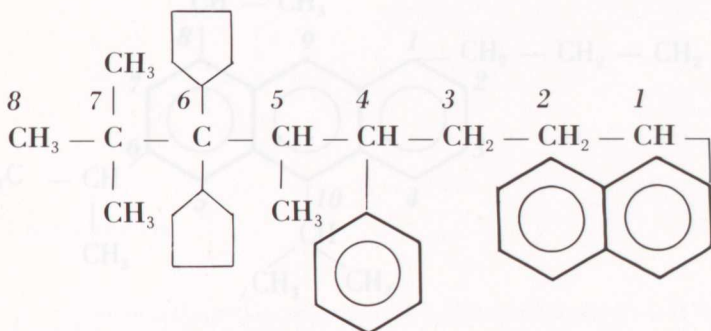
C) 4,5-Dimetil-2,6-bis(1,1,2,2-tetrabutil)-naftaleno



D) 3,4-Dibutil-6-isopropilantraceno

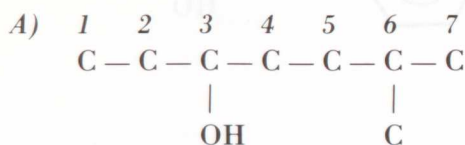


E) 6,6-Diciclopentil-4-fenil-5,7,7-trimetil-1-(2-naftil)-octano

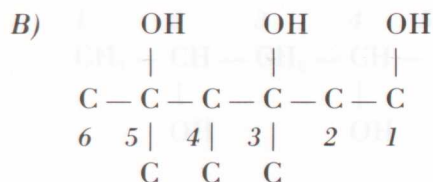


2.1.1. Ejercicios

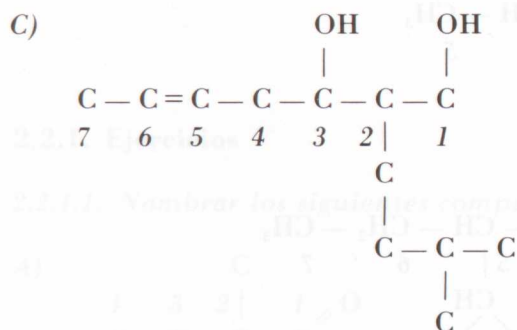
2.1.1.1.



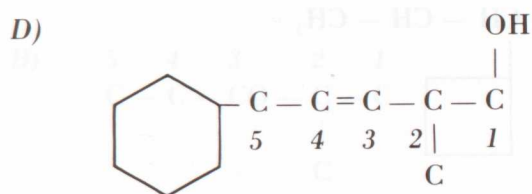
6-Metil-3-heptanol



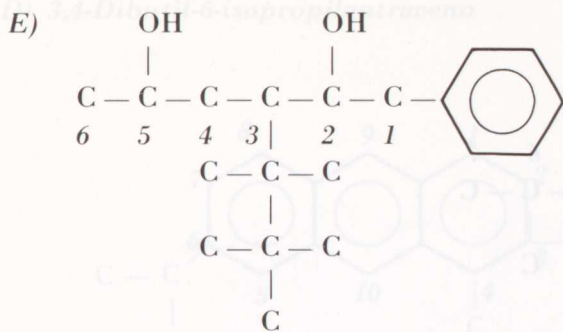
3,4,5-Trimetil-1,3,5-hexanotriol



2-Isopentil-5-hepten-1,3-diol

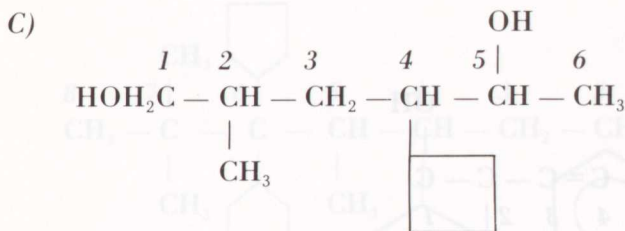
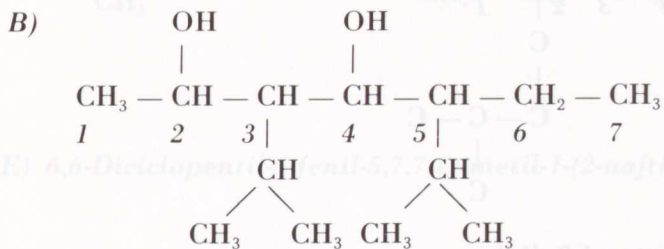
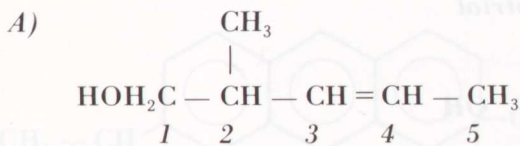


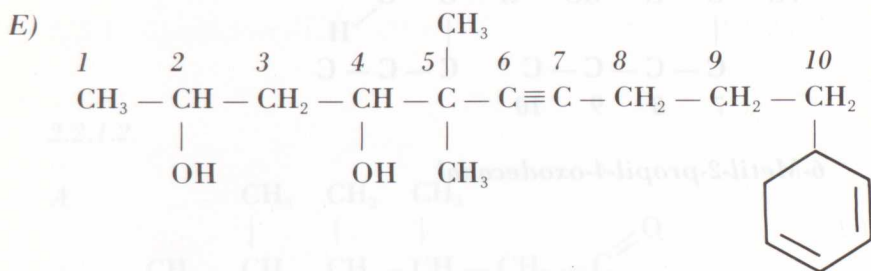
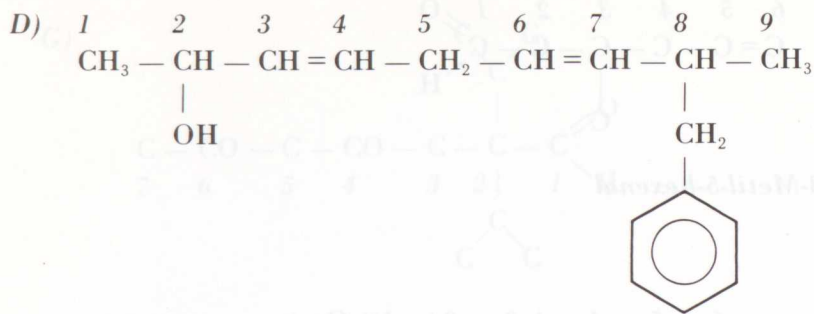
5-Ciclohexil-2-metil-3-penten-1-ol



1-Fenil-3-(tetrametilpropil)-2,5-hexanodiol

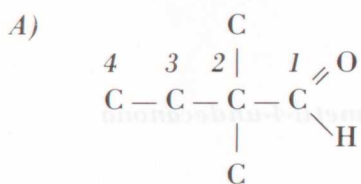
2.1.1.2.



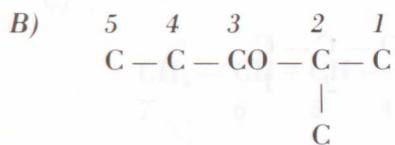


2.2.1. Ejercicios

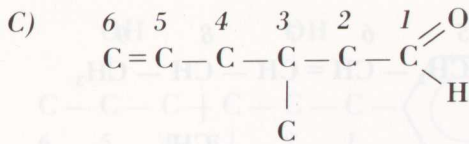
2.2.1.1. Nombrar los siguientes compuestos:



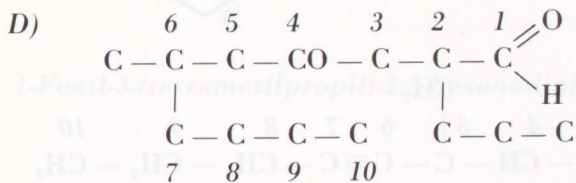
2,2-Dimetilbutanal



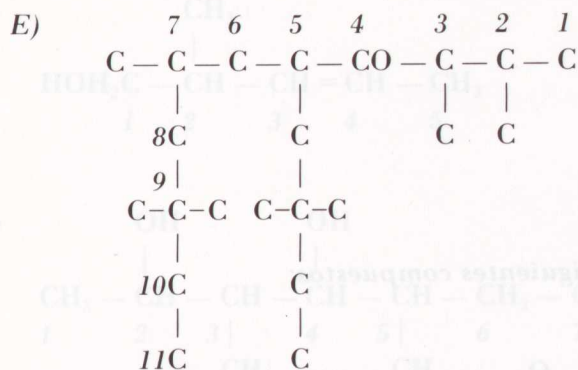
2-Metil-3-pentanona



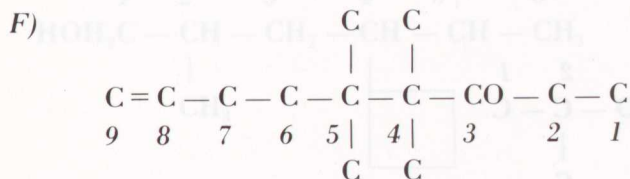
3-Metil-5-hexenal



6-Metil-2-propil-4-oxodecanal

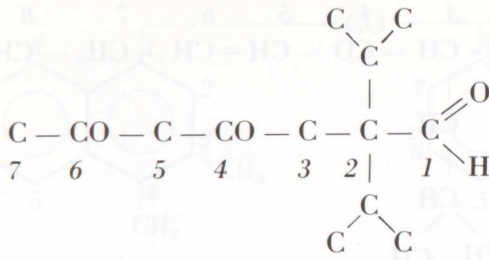


5-(2,2-Dimetilbutil)-2,3,7,9,9-pentametil-4-undecanona



4,4,5,5-Tetrametil-8-nonen-3-ona

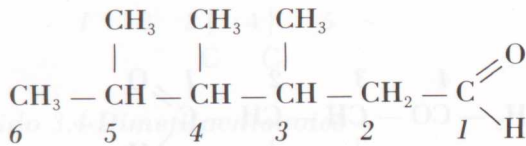
G)



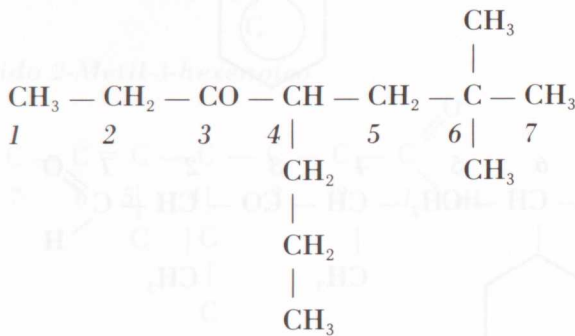
2,2-Diisopropil-4,6-dioxoheptanal

2.2.1.2.

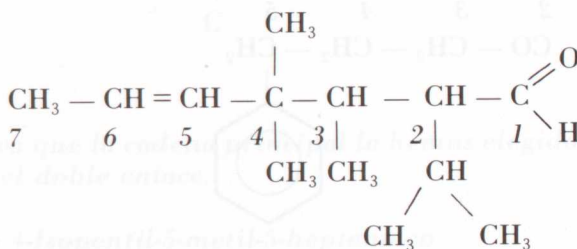
A

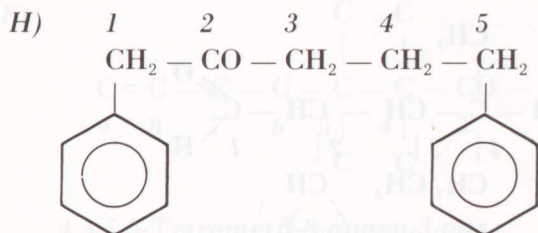
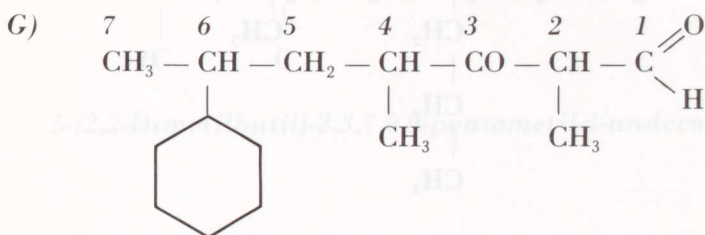
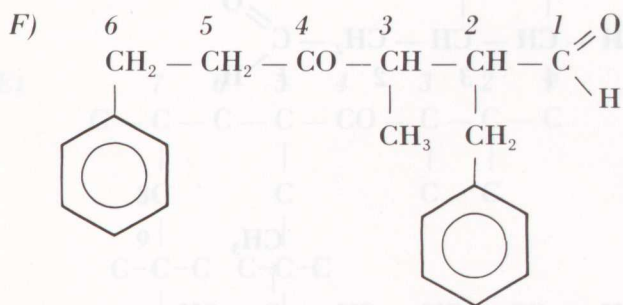
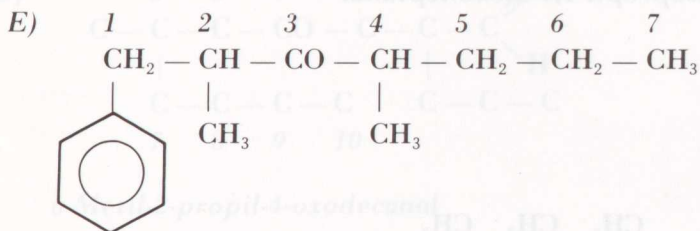
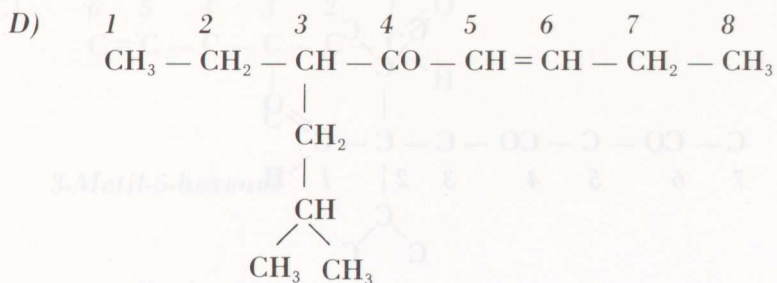


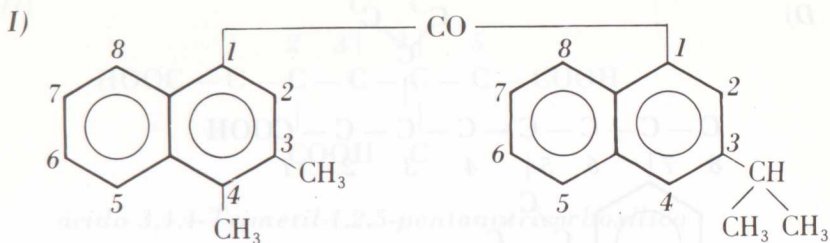
B)



C)

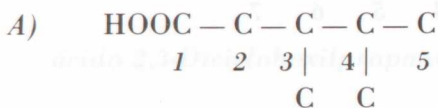




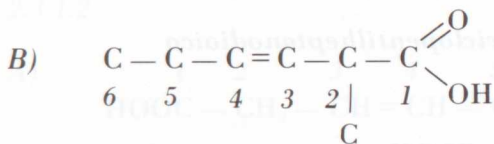


2.3.1. Ejercicios

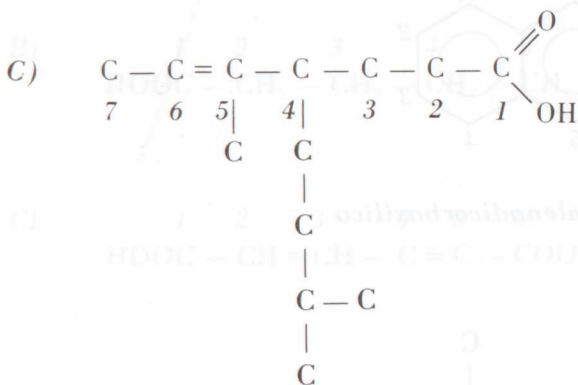
2.3.1.1.



ácido 3,4-Dimetilpentanoico



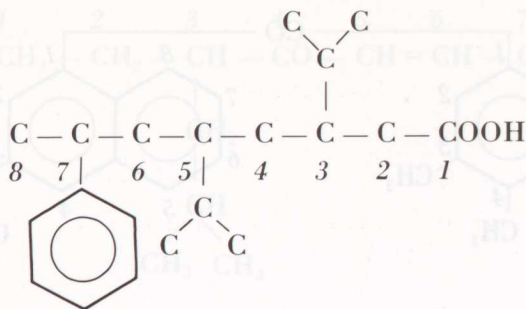
ácido 2-Metil-3-hexenoico



Observa que la cadena principal la hemos elegido de manera que contenga el doble enlace.

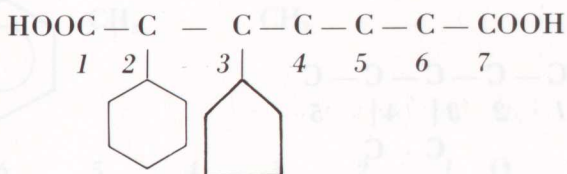
ácido 4-Isopentil-5-metil-5-heptenoico

D)



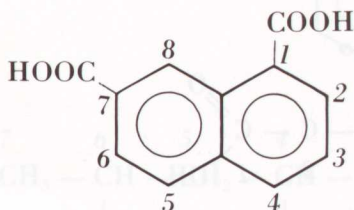
ácido 7-Fenil-3,5-diisopropil-octanoico

E)



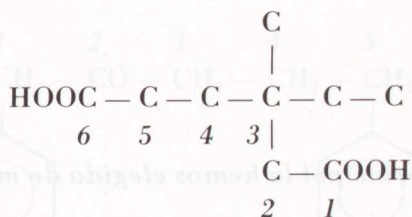
ácido 2-Ciclohexil-3-ciclopentilheptanoico

F)



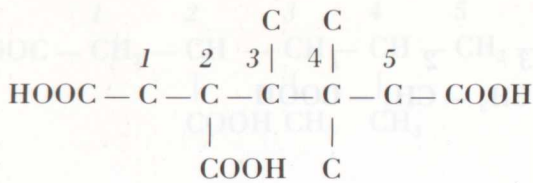
ácido 1,7-Naftalenodicarboxílico

G)



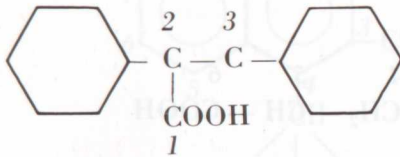
ácido 3-Etil-3-metilhexanoico

H)



ácido 3,4,4-Trimetil-1,2,5-pentanotricarboxílico

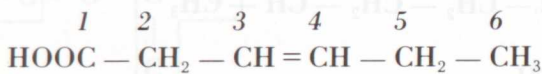
I)



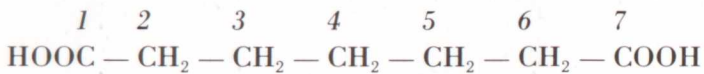
ácido 2,3-Diciclohexilpropanoico

2.3.1.2.

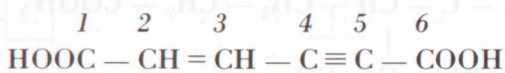
A)



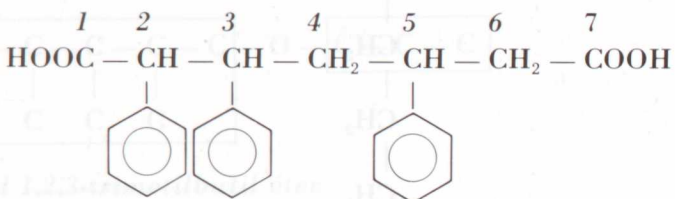
B)

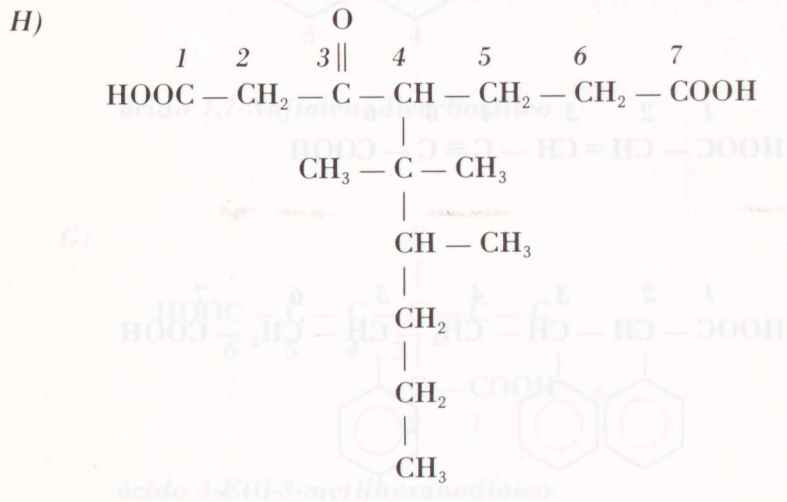
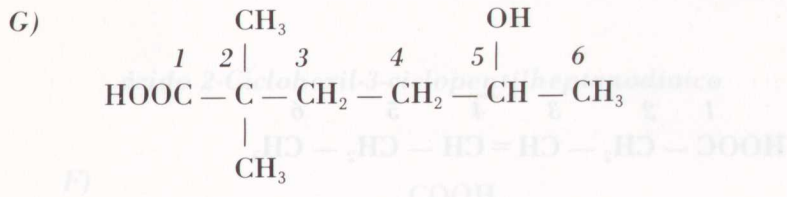
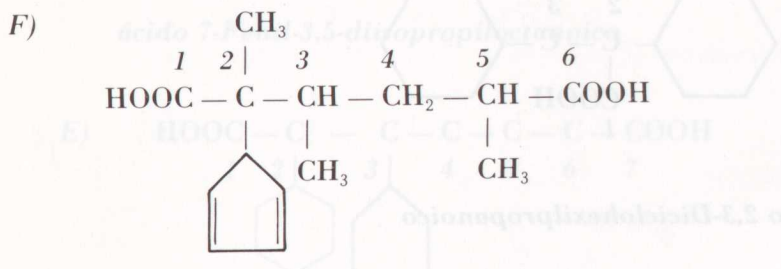
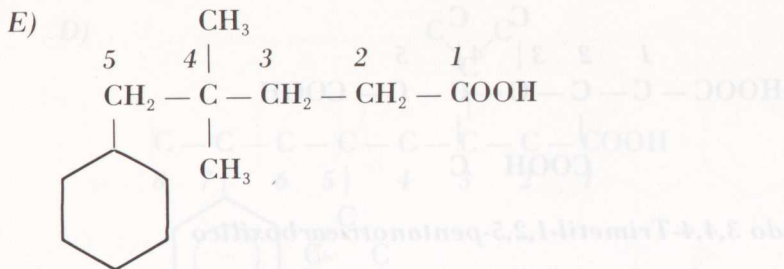


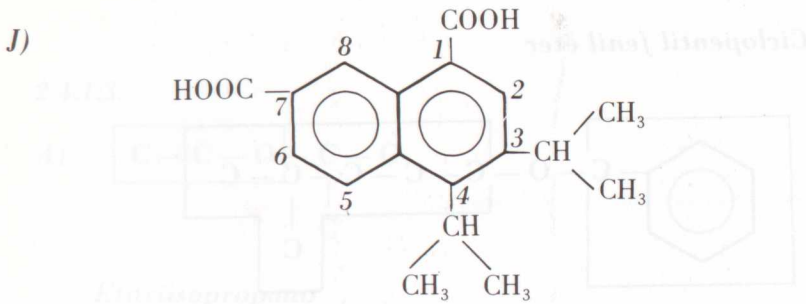
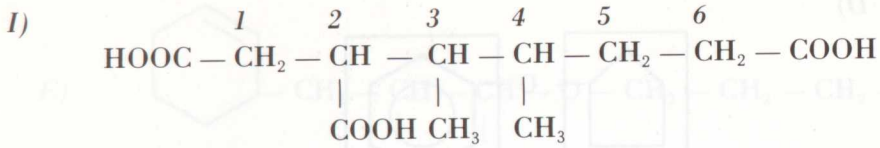
C)



D)

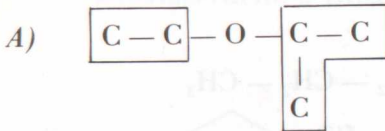




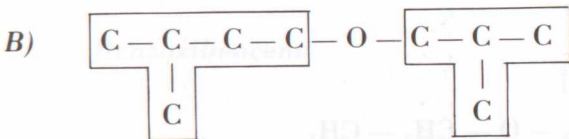


2.4.1. Ejercicios

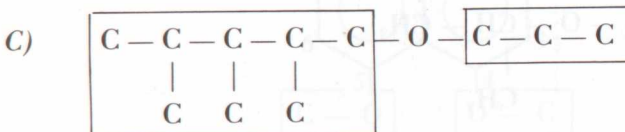
2.4.1.1.



Etil isopropil éter

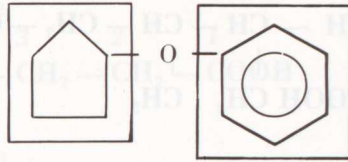


Isobutil isopentil éter



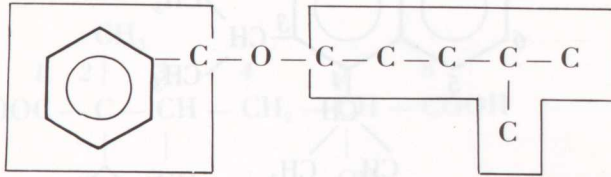
Propil 1,2,3-trimetilbutil éter

D)



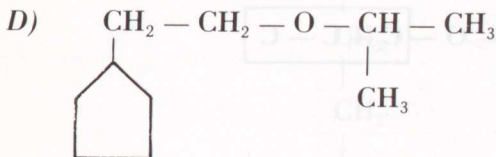
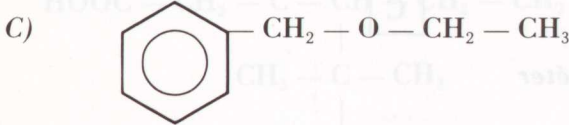
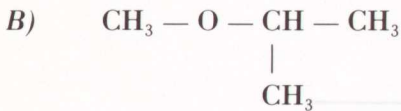
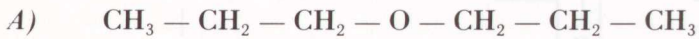
Ciclopentil fenil éter

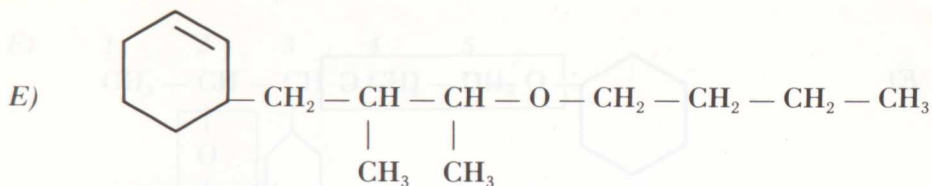
E)



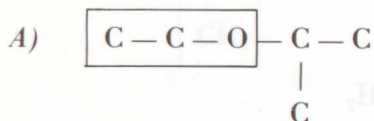
Bencil isohexil éter

2.4.1.2.

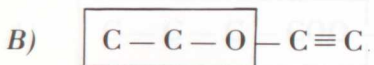




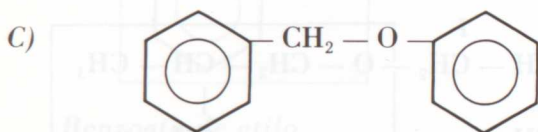
2.4.1.3.



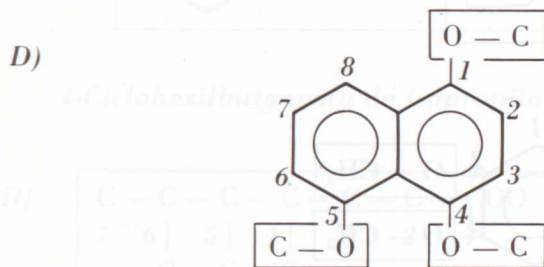
Etoxiisopropano



Etoxiacetileno o Etoxielino

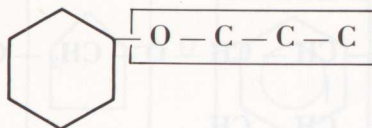


Benzoxibenceno



1,4,5-Trimetoxinaftaleno

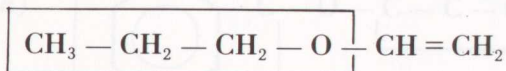
E)



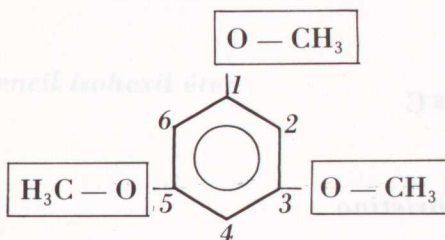
Propoxiciclohexano

2.4.1.4.

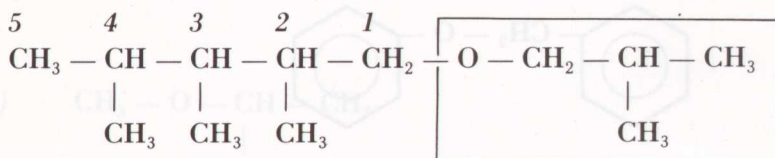
A)



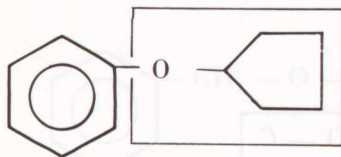
B)



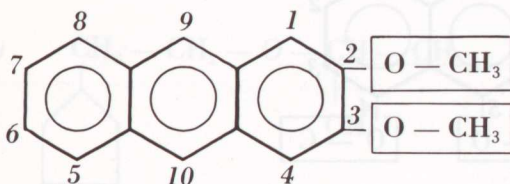
C)

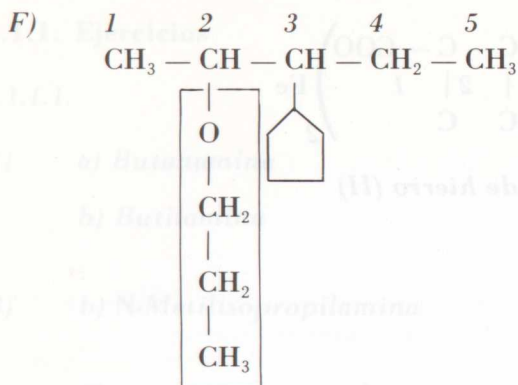


D)



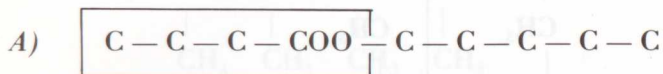
E)



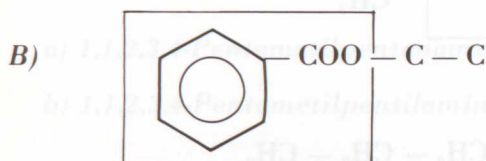


2.5.1. Ejercicios

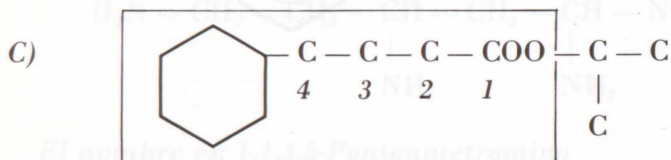
2.5.1.1.



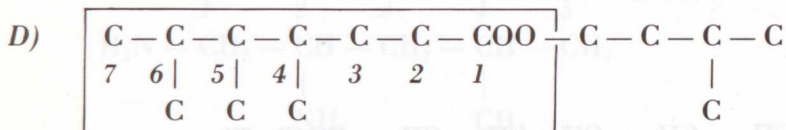
Butanoato de pentilo



Benzoato de etilo



4-Ciclohexilbutanoato de isopropilo



4,5,6-Trimetilheptanoato de isopentilo

3.1.1. Ejercicios

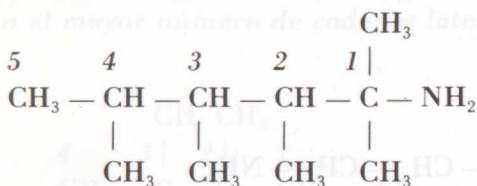
3.1.1.1.

A) a) *Butanamina*

b) *Butilamina*

B) b) *N-Metilisopropilamina*

C) *Teniendo en cuenta la numeración:*

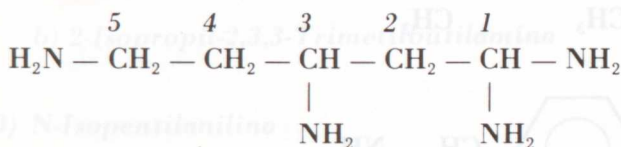


el nombre de la amina es:

a) *1,1,2,3,4-Pentametilpentanamina*

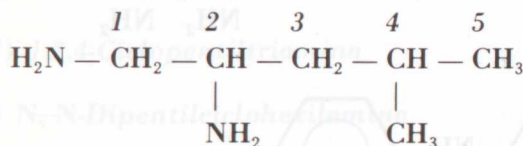
b) *1,1,2,3,4-Pentametilpentilamina*

D) *La numeración "más baja" para los grupos NH₂ es:*



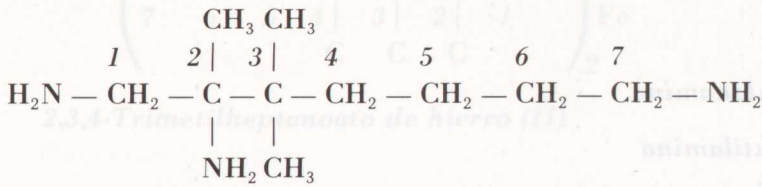
El nombre es: 1,1,3,5-Pentanotetramina

E) *La numeración es:*



El nombre: 4-Metil-1,2-pentanodiamina

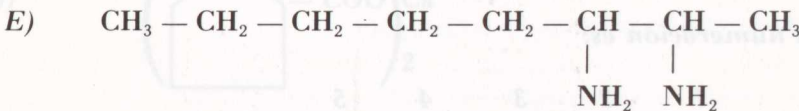
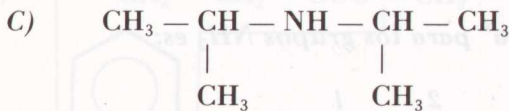
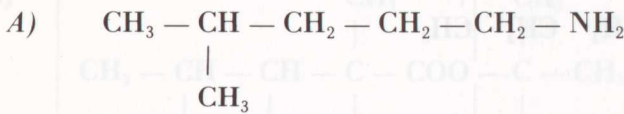
F) La numeración es:



porque, en igualdad de condiciones para los grupos NH_2 , asigna los números más bajos a los carbonos con cadenas laterales.

El nombre es: 2,3,3-Trimetil-1,2,7-heptanotriamina

3.1.1.2.



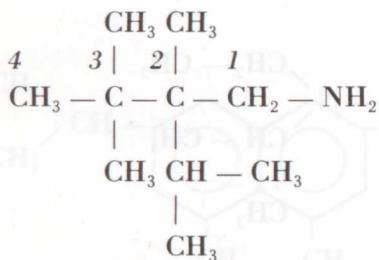


3.1.1.3.

A) *N*-Etiltilenamina

B) *Dibencilamina*

C) *La numeración correcta asignando el número más bajo el NH₂ y con el mayor número de cadenas laterales posibles es:*



El nombre del compuesto:

a) *2-Isopropil-2,3,3-Trimetilbutanamina*

b) *2-Isopropil-2,3,3-Trimetilbutilamina*

D) *N-Isopentilanilina*

E) *N-Isopentil-N-pentilanilina*

F) *N-Metil-N-propilciclopentilamina*

G) *N-Etil-N-metil-2,2,3,3,4,4,5-heptametilhexasilamina*

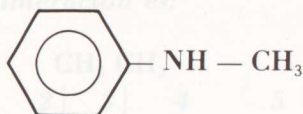
H) *1,2,4-Ciclopentiltrialmina*

I) *N, N-Dipentilciclohexilamina*

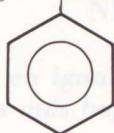
J) *N-(4,5-Dimetilhexil)-3-isopropil-1,2,5-trimetilhexasilamina*

3.1.1.4.

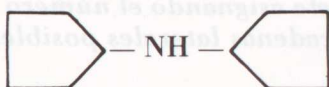
A)



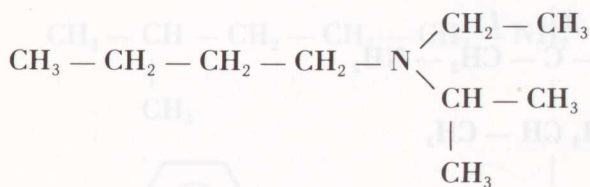
B)



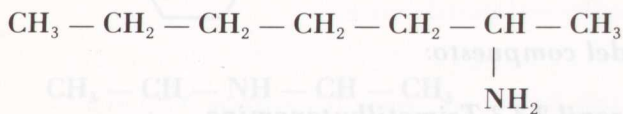
C)



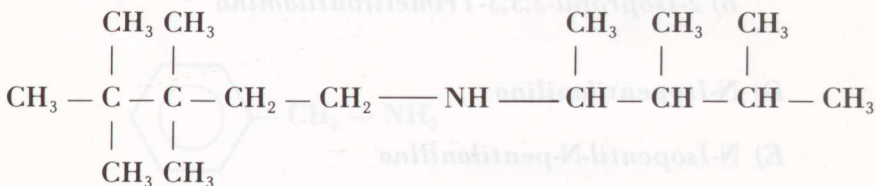
D)



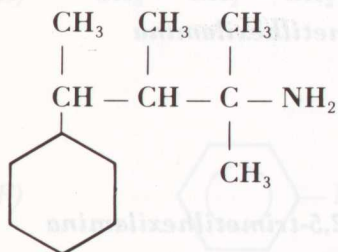
E)



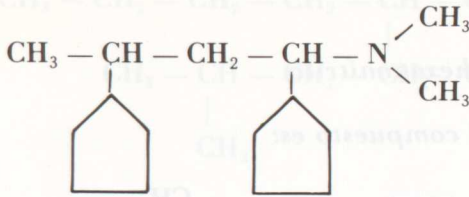
F)



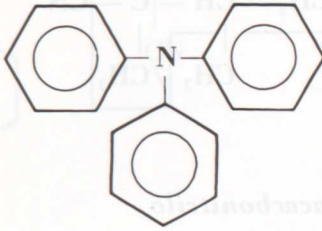
G)



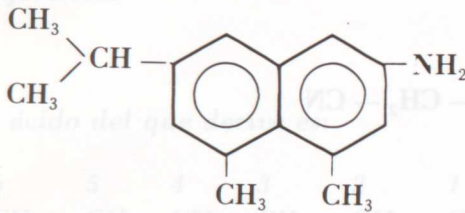
H)



I)



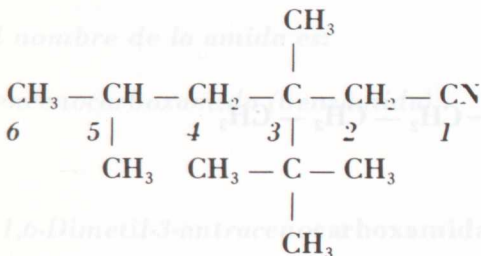
J)



3.2.1. Ejercicios

3.2.1.1.

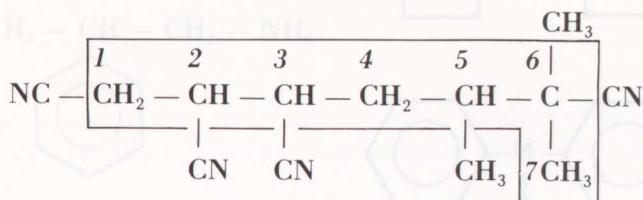
- A) *Pentanonitrilo*
- B) *Bencenocarbonitrilo*
- C) *1,5-Naftalenodicarbonitrilo*
- D) *La numeración del compuesto es:*



y su nombre:

3-terc-Butil-3,5-dimetilhexanonitrilo

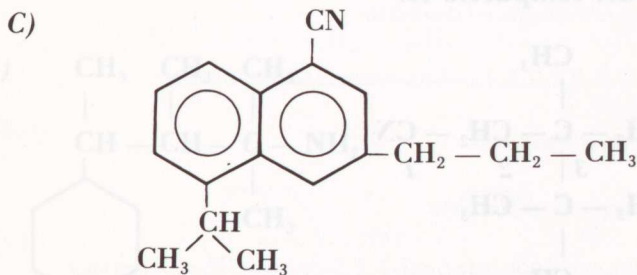
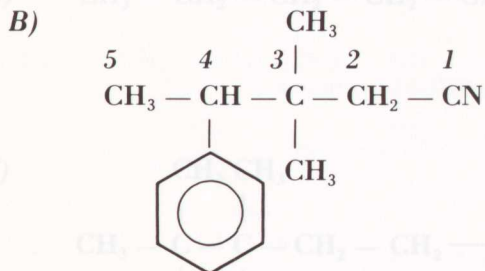
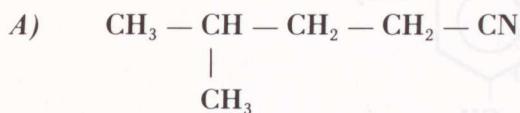
E) La numeración del compuesto es:

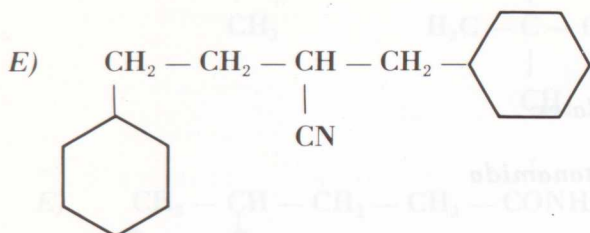
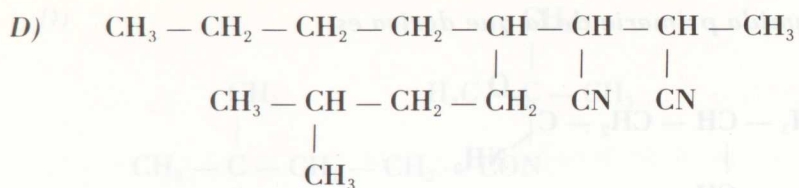


El nombre:

5,6-Dimetil-1,2,3,6-heptanotetracarbonitrilo

3.2.1.2.

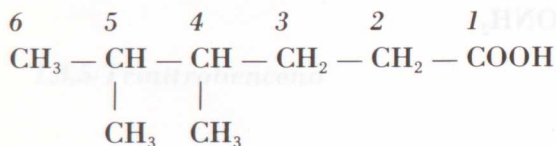




4.1.1. Ejercicios

4.1.1.1.

A) El ácido del que deriva es:



Acido 4,5-Dimetilhexanoico

El nombre de la amida es:

4,5-Dimetilhexanamida

B) El ácido del que procede es:

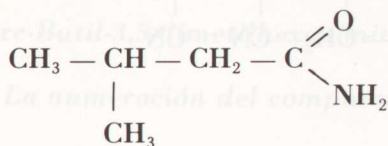
ácido benzenocarboxílico (ácido benzoico)

El nombre de la amida es:

Benzenocarboxamida (benzamida)

C) 1,6-Dimetil-3-antracencarboxamida

D) La amida primaria de la que deriva es:



3-Metilbutanamida

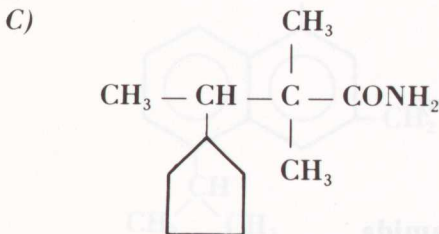
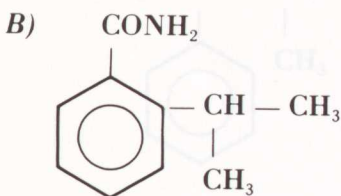
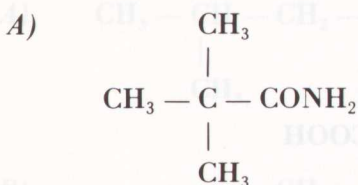
El nombre de la amida es:

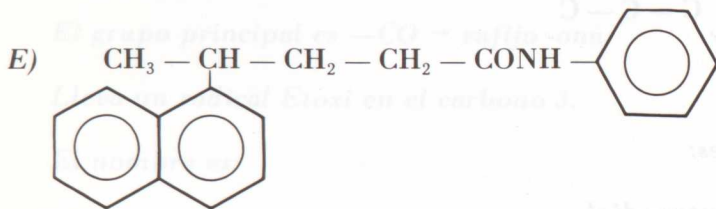
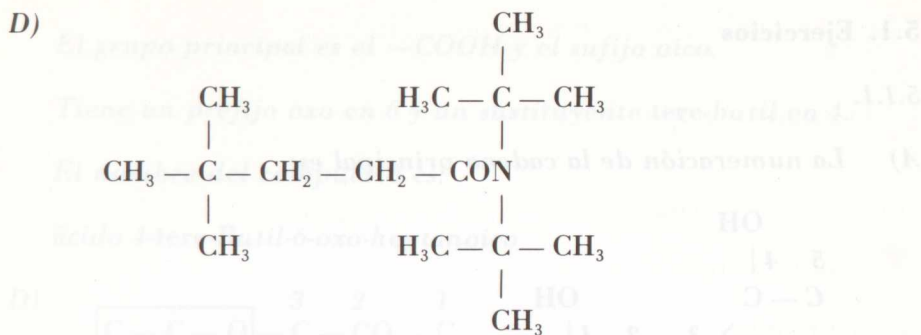
N-Isopropil-3-metilbutanamida

El nombre:

E) N-Fenil-5-(2-naftil)-pentanamida

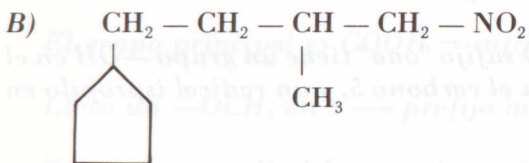
4.1.1.2.





4.2.1. Ejercicios

A) *1,3,5-Trinitrobenceno*



C) *1,2,5-Trinitro-3-pentino*



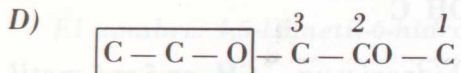
E) *3-Fenil-2-ciclopentil-4-metilnitropentano*

El grupo principal es el $-\text{COOH}$ y el sufijo *oico*.

Tiene un prefijo *oxo* en 6 y un sustituyente *terc-butil* en 4.

El nombre del compuesto es:

ácido 4-terc-Butil-6-oxo-heptanoico



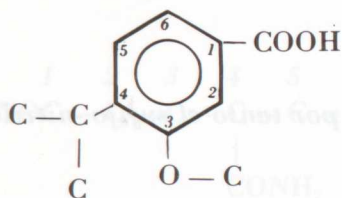
El grupo principal es $-\text{CO}$ \rightarrow sufijo *-ona*.

Lleva un radical *Etoxi* en el carbono 3.

El nombre es:

3-Etoxi-2-propanona.

E)



El grupo principal es COOH \rightarrow sufijo *-oico*.

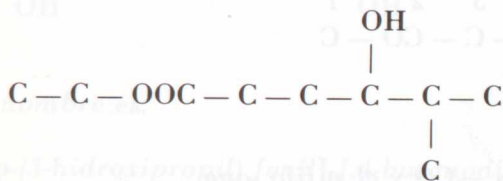
Lleva un $-\text{OCH}_3$ en 3 \rightarrow prefijo *metoxicarbonil*.

También un radical *Isopropilo* en 4.

El nombre es:

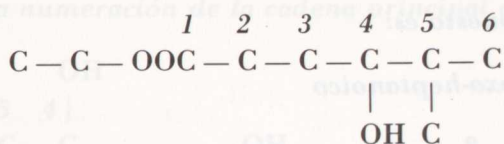
ácido 4-Isopropil-3-metoxicarbonil-bencenocarboxílico

F)



El grupo principal es $-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow$ -ato de etilo.

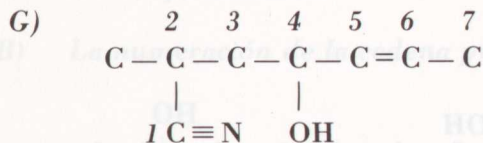
La numeración de la cadena principal es:



Lleva un grupo $-\text{OH}$ en 4 \rightarrow 4 hidroxilo y un $-\text{CH}_3$ en 5 \rightarrow 5 metilo.

El nombre es:

4-Hidroxilo-5-metilhexanoato de etilo



El grupo principal es $\text{C} \equiv \text{N}$, por tanto el sufijo -nitrilo.

Sustituyentes:

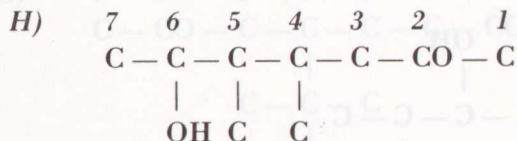
$-\text{CH}_3$ metilo en 2

grupo $-\text{OH}$ en 4.

Insaturaciones: un doble enlace en 5.

El nombre es:

2-Metil-4-hidroxilo-5-heptenitrilo



El grupo principal es $-\text{CO}$ y el sufijo -ona.

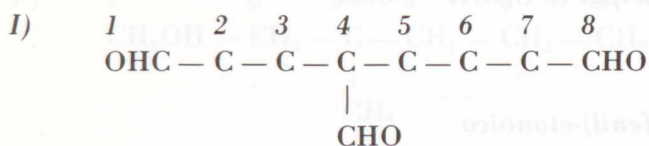
Sustituyentes:

— CH₃ en 4

— CH₃ en 5

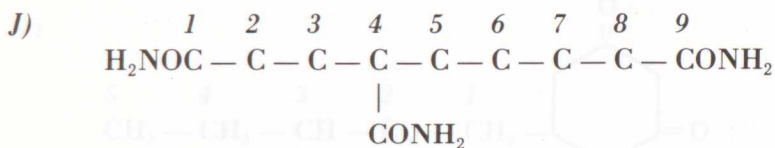
— OH en 6

El nombre: 4,5-Dimetil-6-hidroxi-2-heptanona.



Sólo tiene grupos —CHO.

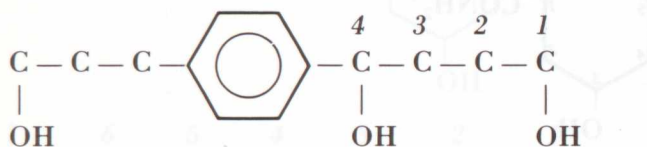
Su nombre es: 4-Formiloctanodial



4-Carbamoil-1,9-nonanodiamida

K) Grupo principal —OH

Cadena principal:



El nombre es:

4-[p-(3-hidroxiopropil) fenil]-1,4-butanodiol

L) El grupo principal es el $-\text{COOH}$ y el sufijo carboxílico.

En 3 hay un radical 4-oxohexilo

En 4 y en 5, dos Cl.

El nombre es:

ácido 4,5-Dicloro-3-(4-oxohexil)bencenocarboxílico

LL) El grupo principal es $\text{COOH} \rightarrow$ -oico.

El nombre es:

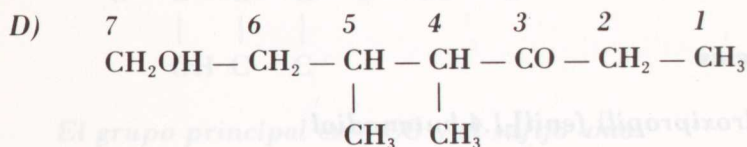
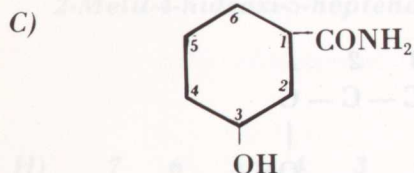
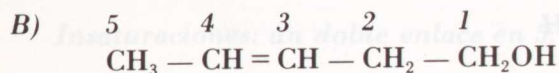
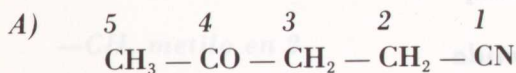
ácido 2-(p-formilfenil)-etanoico

M) El nombre es:

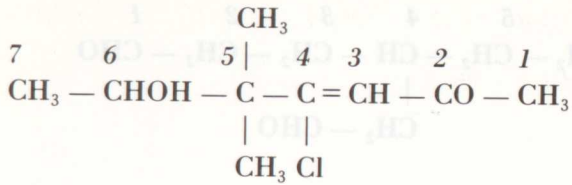
ácido 3-Ciclohexil-3-oxopropanoico

N) ácido p-(2-oxobutil)bencenocarboxílico

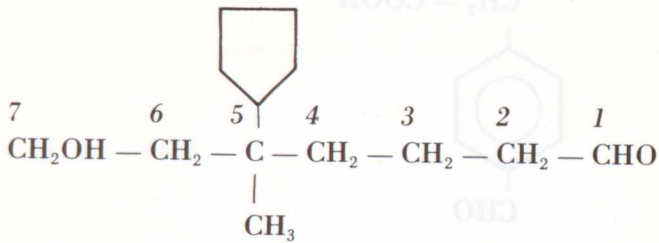
5.1.2.



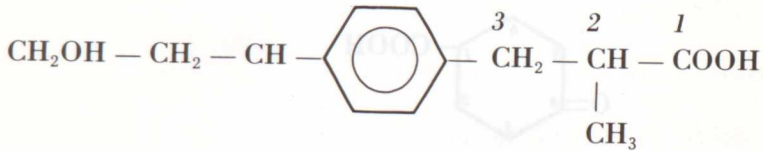
E)



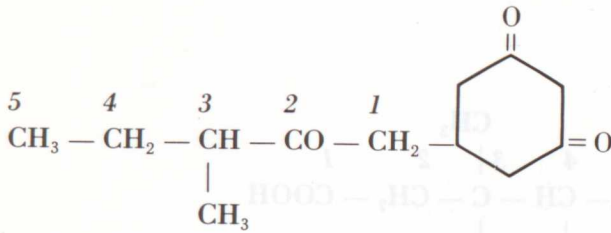
F)



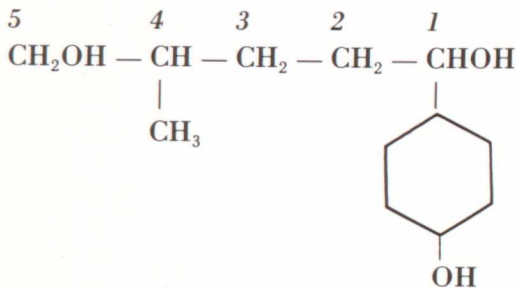
G)



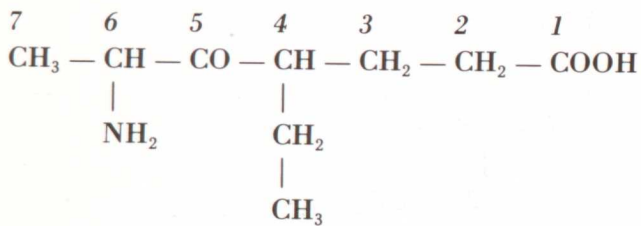
H)

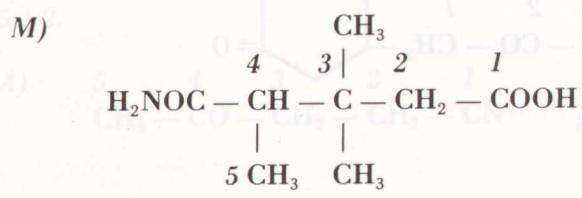
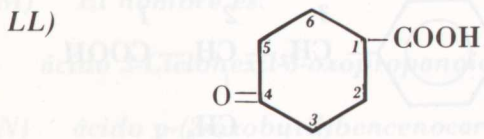
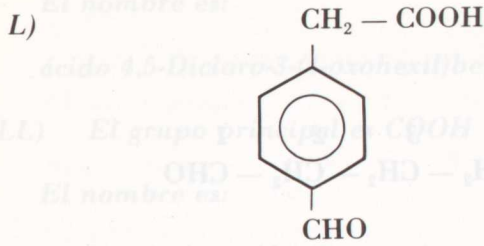
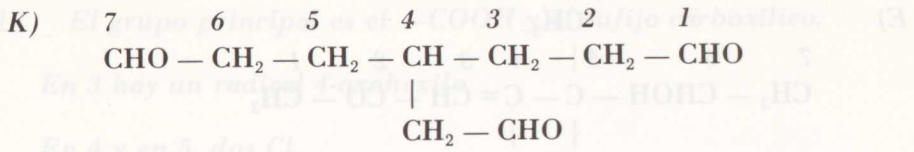


I)



J)





MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA
CENTRO DE PUBLICACIONES