

QUÍMICA DEL CARBONO: CONCEPTOS Y COMPUESTOS ORGÁNICOS

Juan Francisco González Hernández

Resumen

Se resumen los contenidos y conceptos del tema que hemos estudiado en clase.

Índice

1. Generalidades sobre el átomo de carbono	3
2. Compuestos de carbono e hidrógeno	3
2.1. Hidrocarburos saturados de cadena abierta	4
2.2. Hidrocarburos insaturados de cadena abierta	4
2.3. Hidrocarburos cíclicos	4
2.4. Propiedades generales de los hidrocarburos	5
3. Halogenuros de alquilo	5
3.1. Propiedades generales de los halogenuros de alquilo	5
4. Compuestos orgánicos con oxígeno	6
4.1. Alcoholes	6
4.2. Propiedades generales de los alcoholes	6
4.3. Aldehídos y cetonas	6
4.4. Propiedades generales de los aldehídos y cetonas	6
4.5. Ácidos carboxílicos	7
4.6. Propiedades generales de los ácidos carboxílicos	7
4.7. Ésteres	7
4.8. Propiedades generales de los ésteres	7
4.9. Éteres	8
4.10. Propiedades generales de los éteres	8

5. Compuestos orgánicos con nitrógeno	8
5.1. Aminas	8
5.2. Propiedades generales de las aminas	8
5.3. Nitrilos (cianuros de alquilos)	8
5.4. Propiedades generales de los nitrilos	9
5.5. Amidas	9
5.6. Propiedades generales de las amidas	9
6. Isomería	9
6.1. Isomería estructural	10
6.2. Isomería espacial	10
7. Polímeros	11
7.1. Polímeros de adición	11
7.2. Polímeros de condensación	11
A. FORMULACIÓN ORGÁNICA:Teoría y ejercicios	12

1. Generalidades sobre el átomo de carbono

El carbono es un elemento situado en el segundo período, grupo catorce, del Sistema Periódico, cuya estructura electrónica en su estado fundamental es $1s^2 2s^2 2p^2$. Esta estructura confiere al átomo de hidrógeno una serie de propiedades especiales características:

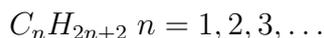
- Puede formar hasta cuatro enlaces covalentes, contando su multiplicidad, con otros átomos (como hidrógeno, oxígeno y nitrógeno) y, también, con otros átomos de carbono.
- Los enlaces del carbono con otros átomos de carbono son fuertes, lo que explica la estabilidad de los compuestos orgánicos y su poca o lenta reactividad.
- Según el átomo de carbono donde esté enlazado otro átomo de carbono, recibe un nombre determinado.
- La estructura electrónica le permite formar tanto enlaces simples, como dobles y triples.
- La variedad de compuestos orgánicos o del carbono es enormemente grande.
- El carbono forma parte esencial de los compuestos que constituyen los seres vivos en el planeta Tierra, tales como proteínas, hidratos de carbono, ácidos nucleicos y otros varios. Se establece así una diferencia entre la Química Orgánica o del Carbono, y la Química Inorgánica, aunque hoy día los compuestos orgánicos se pueden sintetizar en algunos casos en el laboratorio, antiguamente no se creía que ello fuera posible.

2. Compuestos de carbono e hidrógeno

Los compuestos formados **exclusivamente** por carbono e hidrógeno, reciben el nombre de **hidrocarburos**. Estos hidrocarburos se dividen en varios grupos en función de su estructura (de cadena abierta o cerrada) y de la presencia o no entre sus enlaces de enlaces carbono-carbono múltiples (insaturados y saturados).

2.1. Hidrocarburos saturados de cadena abierta

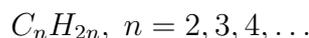
Los hidrocarburos saturados son aquellos compuestos formados por átomos de carbono unidos solamente por enlaces simples o sencillos entre sí. Se llaman también **alcanos** o **parafinas**. Además, su fórmula general es la siguiente



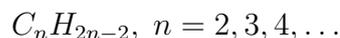
2.2. Hidrocarburos insaturados de cadena abierta

Son hidrocarburos de cadena abierta que poseen en su estructura enlaces múltiples carbono-carbono, al menos, un doble o triple enlace. Estos enlaces se llaman de forma general insaturaciones. Además, entre ellos podemos distinguir dos clases:

- Hidrocarburos con doble enlace, llamados **olefinas** o **alquenos**. Estos compuestos, si sólo tienen un doble enlace, presentan la fórmula general



- Hidrocarburos con triple enlace, llamados **alquinos** o **acetilénicos**. Estos compuestos, si sólo tienen un triple enlace, presentan la fórmula general



2.3. Hidrocarburos cíclicos

Son hidrocarburos que presentan una estructura en forma de *ciclos* o cadenas cerradas. Se dividen en tres categorías: *saturados* (**cicloalcanos**, que sólo presentan enlaces sencillos carbono-carbono), *insaturados* (pueden ser **cicloalquenos** y **cicloalquinos**) y *aromáticos* (también llamados **bencénicos**).

Mención especial merece el benceno, también llamado 1,3,5-ciclohexatrieno en la nomenclatura orgánica, debido a sus especiales propiedades. De fórmula molecular C_6H_6 , tiene una estructura en la que los enlaces carbono-carbono son todos idénticos. El primero en establecer su estructura de forma aproximada fue el químico alemán Kekulé.

2.4. Propiedades generales de los hidrocarburos

1. Su estado físico depende del número de átomos de carbono. Los de menor número de carbonos (hasta cinco, aproximadamente) suelen ser gases, mientras que aquellos con una estructura de cadena más larga son líquidos (con densidad inferior a la del agua) y los de mayor número de átomos de carbono son sólidos.
2. Todos los hidrocarburos son inmiscibles en agua.
3. Los hidrocarburos con dobles y triples enlaces son reactivos en los lugares donde existe dicha insaturación.
4. Si un hidrocarburo insaturado se combina con hidrógeno molecular, se obtiene un hidrocarburo saturado.
5. Si un hidrocarburo insaturado se combina con un halógeno en forma molecular (X_2), se obtiene un dihalogenuro de alquilo.
6. Si un hidrocarburo insaturado se combina con un haluro de hidrógeno (HX), se obtiene un halogenuro de alquilo.
7. Todos son combustibles, y se combinan con el oxígeno para obtener dióxido de carbono y agua, junto a un desprendimiento de energía en forma de calor.
8. La principal fuente natural de hidrocarburos, es el petróleo.

3. Halogenuros de alquilo

Son hidrocarburos de cualquier tipo en los que uno o más hidrógenos han sido sustituidos por átomos de algún halógeno (flúor, cloro, bromo o yodo).

3.1. Propiedades generales de los halogenuros de alquilo

1. Los más utilizados en la industria y en los laboratorios son líquidos incoloros.
2. Los puntos de ebullición aumentan con la masa atómica del halógeno que se ha sustituido y con el número de átomos de carbono del grupo alquilo.

3. No son solubles en agua, pero sí en disolventes orgánicos.

4. Compuestos orgánicos con oxígeno

El siguiente grupo de compuesto orgánicos está formado por tres elementos: carbono, hidrógeno y oxígeno.

4.1. Alcoholes

Son moléculas orgánicas que contienen el grupo **alcohol** o **hidroxilo**, $-OH$, en algún punto de su estructura.

4.2. Propiedades generales de los alcoholes

1. Los alcoholes con menor número de átomos de carbono son líquidos y solubles en agua.
2. Los alcoholes con mayor masa molecular, son sólidos y miscibles parcialmente con agua, inicialmente, hasta que llega un punto en que llegan a ser totalmente inmiscibles en ella.
3. Son combustibles, dando lugar como productos de la combustión con oxígeno, dióxido de carbono y agua.
4. Es posible convertir un alcohol en un hidrocarburo alquénico y viceversa, mediante la adición o eliminación de agua.

4.3. Aldehídos y cetonas

Se caracterizan por poseer en su estructura el grupo carbonilo, $-CO-$, en donde el carbono y el oxígeno están unidos por un doble enlace.

4.4. Propiedades generales de los aldehídos y cetonas

1. El aldehído con un solo carbono, el metanal, es un **gas soluble en agua** que da una disolución cuyo nombre vulgar es **formol**.
2. Los aldehídos de mayor masa molecular son líquidos o sólidos.
3. Mediante procesos redox, se pueden realizar transformaciones químicas entre aldehídos y cetonas:



Aldehído \longrightarrow *Alcohol primario*, Si hay reducción

Alcohol secundario \longrightarrow Cetona, Si hay oxidación

Cetona \longrightarrow *Alcohol secundario*, Si hay reducción

4.5. Ácidos carboxílicos

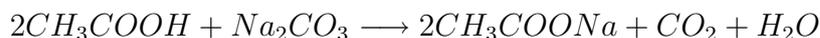
Son una familia de compuestos orgánicos que contienen el grupo $-COOH-$. Este grupo se llama **carboxilo**, y posee un átomo de carbono enlazado con un doble enlace a un átomo de oxígeno, por un lado, y con un enlace sencillo a un grupo hidroxilo.

4.6. Propiedades generales de los ácidos carboxílicos

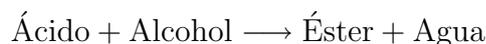
1. Los ácidos carboxílicos con baja masa molecular son líquidos miscibles con agua.
2. Forman sales, al igual que los ácidos inorgánicos, cuando se les combina con una base, desprendiéndose agua en el proceso. Ejemplo:



3. Reaccionan con los carbonatos, desprendiéndose dióxido de carbono.



4. Reaccionan con los alcoholes, en una reacción importante conocida como **esterificación**:



4.7. Ésteres

Son compuestos que se derivan de un ácido carboxílico, en el que se sustituye el hidrógeno del grupo hidroxilo por una cadena carbonada.

4.8. Propiedades generales de los ésteres

1. Los ésteres son compuestos insolubles en agua.
2. Muchos ésteres son líquidos, de olor agradable, y se emplean como aditivos.

4.9. Éteres

Cuando un ácido carboxílico reacciona con un alcohol, se desprende agua y la sustitución de radicales alquilo en la posición del hidrógeno del grupo hidroxilo del ácido carboxílico. El compuesto resultante se denomina **éter**.

4.10. Propiedades generales de los éteres

1. Son líquidos ligeros, muy volátiles, con puntos de ebullición muy inferior al de los alcoholes que tienen el mismo número de átomos de carbono.
2. Los éteres son insolubles en agua y buenos disolventes de compuestos orgánicos.
3. Son estables y bastante inactivos.

5. Compuestos orgánicos con nitrógeno

Se consideran compuestos orgánicos con nitrógeno los tres grupos denominados como aminas, nitrilos y amidas.

5.1. Aminas

Son derivados del amoníaco, NH_3 , en el que uno, dos o los tres hidrógenos son sustituidos por radicales orgánicos, en cuyo caso se denominan aminas primarias, secundarias o terciarias (si se sustituye uno, dos o tres átomos de hidrógeno).

5.2. Propiedades generales de las aminas

1. Son sustancias de carácter básico débil, por lo que forman sales cristalinas estables cuando reaccionan con ácidos inorgánicos.
2. Son compuestos de olor desagradable.

5.3. Nitrilos (cianuros de alquilos)

Son compuestos que poseen en su estructura el grupo **nitrilo** o **cianuro**, que consiste en el átomo de carbono unido al nitrógeno con un triple enlace, que se denota generalmente como $-CN$, o bien, $-C \equiv N$.

5.4. Propiedades generales de los nitrilos

1. Por eliminación de agua producen aminas, reacción denominada de deshidratación.
2. El nitrilo más sencillo, el metanonitrilo, conocido también como ácido cianhídrico, es altamente venenoso.

5.5. Amidas

Son compuestos que se consideran derivados de un ácido carboxílico, en el que se ha sustituido el grupo hidroxilo por el grupo nitrilo. Existen también amidas primarias, secundarias y terciarias según el nitrógeno tenga sustituidos sus hidrógenos. El grupo para una amida primaria, la amida más común, presenta la estructura $-CONH_2$, en donde hay un doble enlace del carbono con el átomo de oxígeno.

5.6. Propiedades generales de las amidas

1. La urea o diamida del ácido carbónico fue el primer compuesto orgánico sintetizado en un laboratorio.
2. Se forman por la combinación de un ácido carboxílico con una amina.
3. Son importantes en la elaboración de polímeros de condensación.
4. Son poco solubles en agua en comparación a los alcoholes, aunque su solubilidad en agua es similar a la de los ésteres.

6. Isomería

Los compuestos orgánicos pueden diferenciarse a través de su estructura desarrollada, pero no a través solamente de su fórmula molecular porque, en ocasiones, es la misma para diferentes sustancias.

Los compuestos que presentan la misma fórmula molecular, pero que tienen estructuras y propiedades físicas y químicas diferentes se denominan **isómeros**.

Hay dos grandes categorías de isomería: estructural y espacial.

6.1. Isomería estructural

Es la isomería debida a los compuestos que presentan átomos unidos de manera diferente. Puede ser de tres tipos:

- **Isomería de cadena.** Son isómeros diferenciados en la forma de la estructura de la cadena carbonada. Ejemplo: pentano ($CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$) y metilbutano ($CH_3CHCH_3CH_2CH_3$).
- **Isomería de posición.** Son isómeros que se distinguen por la posición del grupo funcional de la cadena carbonada. Ejemplo: 1-butanol ($CH_2OH-CH_2-CH_2-CH_3$) y 2-butanol ($CH_3-CHOH-CH_2-CH_3$).
- **Isomería de función.** Son isómeros que se refieren a compuestos distinguidos por grupos funcionales diferentes. Ejemplo: propanal (CH_3CH_2CHO) y propanona (CH_3COCH_3).

6.2. Isomería espacial

Es un tipo de isomería relacionada con la forma geométrica de la molécula orgánica. Se llama también **estereoisomería**. Puede ser de dos tipos:

- **Isomería geométrica.** Se llama también isomería *cis-trans*, y se presenta especialmente en moléculas que poseen enlaces dobles (también hay casos de isomería geométrica sin enlaces dobles que no se estudiarán en este curso). Ejemplo: 2-buteno tiene dos isómeros geométricos (*cis* cuando los dos alquilo están al mismo lado de la línea imaginaria que se obtendría prolongando el doble enlace, y *trans* cuando los tiene a lados distintos).
- **Isomería óptica.** Se produce en compuestos que poseen un átomo de carbono asimétrico, es decir, un átomo de carbono que tiene diferentes los cuatro sustituyentes enlazados. Un ejemplo típico se produce en el ácido 2-hidroxi-propanoico (o ácido láctico, como se le conoce vulgarmente). Esta asimetría provoca que al aplicar sobre ellos luz polarizada, unos desvían el haz hacia un plano “a la derecha” y otros “a la izquierda”. Equivalentemente, hacen que la luz “gire” en un sentido u otro. Los que hacen que la luz se desvíe hacia la derecha se llaman **dextrógiros** o **dextro**, mientras los que hacen que se desvíe hacia el plano de la izquierda se llaman **levógiros** o **levo**. En Biología, los isómeros ópticos son muy importantes porque su actividad química es diferente en un organismo dependiendo de si es levo o dextro.

7. Polímeros

Las moléculas de gran tamaño que existen en la Naturaleza se denominan **macromoléculas**, como el ADN, la celulosa, . . . También existen moléculas “gigantes” construidas en el laboratorio. Al conjunto formado por las macromoléculas naturales y artificiales se las llama **polímeros**.

Los polímeros se dividen en dos grandes categorías: los polímeros de adición y los polímeros de condensación.

7.1. Polímeros de adición

Se obtienen a partir de los denominados **monómeros**, moléculas simples y pequeñas, con doble enlace, de modo que el polímero es una repetición del monómero sin el doble enlace. Ejemplos de polímeros de adición son: polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo (PVC), . . .

7.2. Polímeros de condensación

Se forman por la reacción entre grupos funcionales de dos monómeros diferentes, perdiendo una molécula sencilla, en general, agua. Así, la forma del polímero de condensación es ligeramente diferente a los monómeros de partida. Ejemplo: tergal (a partir de la adición de etanodiol a un diácido). Los polímeros de condensación han permitido la aparición de todo tipo de prendas de ropa: impermeables, transpirables, aislantes térmicos, etcétera.

A. FORMULACIÓN ORGÁNICA: Teoría y ejercicios

FORMULACIÓN Y NOMENCLATURA DE QUÍMICA ORGÁNICA

En Química Orgánica a cada compuesto se le solía dar un nombre que generalmente hacía referencia a su procedencia como, por ejemplo, geraniol (presente en los geranios), ácido fórmico (presente en las hormigas), ácido láctico (presente en la leche), etc. Sin embargo debido al enorme número de compuestos del carbono, se vio la necesidad de nombrarlos de una forma sistemática. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) desarrolló un sistema de formulación y nomenclatura que es el que vamos a seguir en las siguientes páginas. Hemos seguido las recomendaciones de Nomenclatura de Química orgánica de la IUPAC de 1993 que modifican las anteriores de 1979. Los cambios propuestos están relacionados con la nomenclatura de algunos compuestos y consisten básicamente en colocar los numerales que indican la posición del doble o triple enlace o del grupo funcional inmediatamente delante de la terminación del nombre.

Nos puede servir de ayuda en la modificación de la nomenclatura del año 1993 tener en cuenta que al quitar los numerales leemos correctamente el nombre de la sustancia sin indicadores de posición.

Ejemplos:

Formula	Nomenclatura de 1979	Nomenclatura de 1993
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH}_2$	1-Buteno	But-1-eno
$\text{CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)-CH=CH}_2$	3-Metil-1-buteno	3-Metilbut-1-eno
$\text{CH}_2\text{=CH-CH}_2\text{=CH}_2$	1,3-Butadieno	Buta-1,3-dieno
$\text{CH}_2\text{=CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$	3-Buten-1-ol	But-3-en-1-ol
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_2\text{OH}$	1,2-Butanodiol	Butano-1,2-diol
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$	1-Butanol	Butan-1-ol
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-CH}_3$	2-Butanamina	Butan-2-amina

En los ejemplos de nomenclatura que proponemos hemos nombrado las sustancias de las dos formas, colocando entre paréntesis las recomendadas por la nomenclatura de 1993.

Las sustancias orgánicas se clasifican en bloques que se caracterizan por tener un átomo o grupo atómico definido (**grupo funcional**) que le confiere a la molécula sus propiedades características. Al conjunto de sustancias que tienen el mismo grupo funcional se le llama **función química**. Una **serie homóloga** es el conjunto de compuestos orgánicos que tienen el mismo grupo funcional.

Las funciones orgánicas se clasifican de la siguiente manera:

- **Funciones hidrogenadas.** Sólo existen en la molécula átomos de carbono e hidrógeno. Son los **hidrocarburos**, que pueden ser de cadena cerrada o abierta. A su vez pueden ser saturados (enlaces simples), o insaturados (enlaces dobles o triples).
- **Funciones oxigenadas.** En la molécula existen átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno. Son **alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, éteres y ésteres**.
- **Funciones nitrogenadas.** Las moléculas están constituidas por átomos de carbono, nitrógeno e hidrógeno y a veces de oxígeno. Son **amidas, aminas y nitrilos**.

Apéndice: Formulación de química orgánica

A veces sucede que en un mismo compuesto participan a la vez varias funciones por lo que se les denominan **sustancias polifuncionales**. En estos casos hay que tener en cuenta el siguiente orden de preferencia de los grupos funcionales:

Ácidos > ésteres > amidas = sales > nitrilos > aldehídos > cetonas > alcoholes > aminas > éteres > hidrocarburos

La IUPAC ha establecido las siguientes reglas generales para la nomenclatura y formulación de compuestos orgánicos:

- La **cadena** principal es la **más larga** que contiene al **grupo funcional más importante**.
- El número de carbonos de la cadena se indica con los siguientes prefijos:

Nº de carbonos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prefijo	Met-	Et-	Prop-	But-	Pent-	Hex-	Hept-	Oct-	Non-	Dec-

- El sentido de la numeración será aquél que otorgue el **localizador más bajo** a dicho grupo funcional.
- Las cadenas laterales se nombran antes que la cadena principal, precedidas de su correspondiente número de localizador separado de un guión y con la terminación “il” o “ilo” para indicar que son radicales. Varias cadenas laterales idénticas se nombran con prefijos **di-, tri-, tetra-, etc.**
- Se indicarán los sustituyentes por **orden alfabético**, a continuación el prefijo indicativo del **número de carbonos** que contiene la cadena principal y por último, la terminación (sufijo) característica del **grupo funcional más importante**.
- Cuando haya más de un grupo funcional, el sufijo de la cadena principal es el correspondiente al del grupo funcional principal, que se elige atendiendo al orden de preferencia mencionado anteriormente.

Empezaremos por describir la nomenclatura y formulación de las cadenas hidrocarbonadas, ya que el resto de los compuestos pueden considerarse derivados de los hidrocarburos, por sustitución de uno o más átomos de hidrógeno por átomos diferentes, que son los que aportan al compuesto determinada reactividad y que constituyen los grupos funcionales propiamente dichos.

I. FUNCIONES HIDROGENADAS: HIDROCARBUROS.

Los hidrocarburos son compuestos formados exclusivamente por átomos de carbono e hidrógeno que se clasifican de la siguiente manera:

1. ALCANOS

1.1 Alcanos Acíclicos Lineales

Son hidrocarburos saturados de cadena abierta. Se **nombran** con **un prefijo** que indica el número de átomos de carbono y el sufijo **-ano**. Se **representan** dibujando la cadena hidrocarbonada en la que cada átomo de carbono se une al siguiente con enlaces sencillos y se completa con los átomos de hidrógeno correspondientes a la tetravalencia propia del átomo de carbono.

Ejemplos:

Apéndice: Formulación de química orgánica

n	Nombre	Fórmula molecular	Fórmula semidesarrollada
4	Butano	C ₄ H ₁₀	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃
5	Pentano	C ₅ H ₁₂	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
6	Hexano	C ₆ H ₁₄	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃

1.2 Alcanos Acíclicos Ramificados

Son iguales que los anteriores pero con sustituyentes que constituyen las ramificaciones. El nombre del hidrocarburo se forma con los **nombres de los sustituyentes por orden alfabético, añadiendo al final, sin separación, el nombre de la cadena principal**. Varias cadenas laterales idénticas se nombran con prefijos **di-, tri-, tetra-, etc.**

Para ello se siguen las reglas de la IUPAC:

- Localizar la cadena principal: **la que tenga mayor longitud**. A igual longitud, la que tenga **mayor número de sustituyentes**.
- Numerar la cadena principal. Utilizar la numeración que asigne los **números más bajos a los sustituyentes**. A iguales combinaciones, se escoge la menor numeración por orden alfabético de sustituyentes.
- Nombrar las cadenas laterales como **grupos alquilo precedidos por su localizador** separado por un guión.

La representación de estos compuestos a partir de su nombre sistemático se hace dibujando la cadena principal, numerándola e identificando los sustituyentes con sus respectivos localizadores.

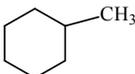
Ejemplos:

Nombre	Fórmula
2,2-Dimetilhexano	CH ₃ C(CH ₃) ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃
3-Etil-2-metilhexano	CH ₃ CH(CH ₃)CH(CH ₂ CH ₃)CH ₂ CH ₂ CH ₃

1.3 Alcanos Cíclicos

Son hidrocarburos saturados de cadena cerrada. Se nombran igual que los de cadena abierta pero anteponiendo el prefijo ciclo. Se representan de la misma manera que los de cadena abierta y se pueden omitir los símbolos de C e H que se suponen localizados en los vértices de la figura.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
Ciclopentano	
Metilciclohexano	

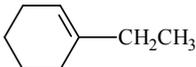
2. ALQUENOS

Se llaman **alquenos** a los hidrocarburos que tienen uno o más dobles enlaces. Se **nombran** igual que los alcanos pero terminan en **-eno**, y se indica la posición del doble enlace con el localizador más bajo posible. Se **representan** dibujando la cadena hidrocarbonada señalando el o los dobles enlaces y se completa con los átomos de hidrógeno correspondientes a la tetravalencia propia del átomo de carbono. Si hay

Apéndice: Formulación de química orgánica

ramificaciones, se toma como cadena principal la más larga de las que contienen al doble enlace y se comienza a numerar por el extremo más próximo al doble enlace. Cuando existe más de un doble enlace, la terminación es **-diene**, **-triene**, etc.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
2-Penteno (pent-2-eno)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_3$
2,4-Hexadieno (hexa-2,4-dieno)	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}_3$
2-Metil-1-hexeno (2-metilhex-1-eno)	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
1-Etilciclohexeno	

3. ALQUINOS

Se llaman **alquinos** los hidrocarburos que tienen uno o más triples enlaces. Se **nombran** igual que los alcanos pero terminan en **-ino**, y se indica la posición del triple enlace con el localizador más bajo posible. Se **representan** dibujando en la cadena hidrocarbonada el o los triples enlaces y completandola con los átomos de hidrógeno que satisfagan la tetravalencia propia del átomo de carbono. Si hay ramificaciones y/o más de un triple enlace, la nomenclatura es análoga a la de los alquenos. La cadena se nombra de forma que los localizadores de las insaturaciones sean lo más bajos posible. Cuando hay dobles y triples enlaces, hay que tener en cuenta lo siguiente:

1. Se nombra siempre en primer lugar la terminación correspondiente al doble enlace (**en**) y después la terminación del triple enlace (**ino**).
2. La cadena se numera de manera que las insaturaciones (dobles y triples enlaces) caigan sobre los carbonos con los localizadores más bajos.
Ejemplo: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$
(Nombre correcto: 6-octen-1-ino, nombre incorrecto: 2-octen-7-ino)
3. En caso de que haya igualdad en la numeración de los dobles y triples enlaces, se numera la cadena dando preferencia al doble enlace.
Ejemplo: $\text{HC}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$
(Nombre correcto: 1-hepten-6-ino, nombre incorrecto: 6-hepten-1-ino)

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
2-Pentino (Pent-2-ino)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CCH}_3$
2,4-Hexadiino (Hexa-2,4-diino)	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CC}\equiv\text{CCH}_3$
6-Metil-1,4-heptadiino (6-Metilhepta-1,4-diino)	$\text{CH}\equiv\text{CCH}_2\text{C}\equiv\text{CCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
4-Hexen-1-ino (Hex-4-en-1-ino)	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$
1,3-Heptadien-5-ino (Hepta-1,3-dien-5-ino)	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}=\text{CHCH}=\text{CH}_2$
Ciclopentino	

4. DERIVADOS HALOGENADOS

Se trata de compuestos hidrocarbonados en los que se sustituye uno o varios átomos de hidrógeno por uno o varios átomos de halógenos X. Se **nombran** igual que el hidrocarburo del que proceden indicando, previamente, el localizador y nombre del halógeno como si fuera un sustituyente alquílico.

Ejemplos:

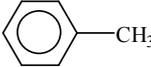
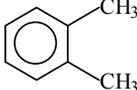
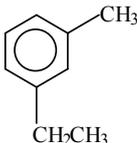
Nombre	Fórmula
2,2-Diclorohexano	$\text{CH}_3\text{C}(\text{Cl})_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
1-Bromo-2-pentino (1-Bromopent-2-ino)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CC}(\text{Br})\text{H}_2$

5. HIDROCARBUROS AROMÁTICOS.

Se trata, fundamentalmente, de derivados del benceno mono y polisustituídos.

Para bencenos monosustituídos, el localizador nº 1 se asigna al carbono con el sustituyente. Para bencenos polisustituídos, se siguen las mismas normas que para los cicloalcanos. Los sustituyentes en posiciones 1,2-, 1,3-, 1,4-, pueden nombrarse con los prefijos *o*- (orto), *m*- (meta) y *p*- (para). Cuando el anillo bencénico es un sustituyente se le denomina **fenil**.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
Metilbenceno (Tolueno)	
1,2-Dimetilbenceno (o- Dimetilbenceno)	
1,3-Etilmetilbenceno (m-Etilmetilbenceno)	

II. FUNCIONES OXIGENADAS

Las funciones oxigenadas son las que contienen, además de átomos de carbono y de hidrógeno, átomos de oxígeno. Se clasifican en:

1. ALCOHOLES (R – OH)

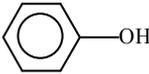
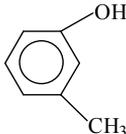
Un alcohol es un compuesto que contiene uno o más grupos hidroxilos (-OH) enlazados a un radical carbonado R. Los alcoholes que contienen sólo un grupo -OH se nombran añadiendo la terminación **-ol** al nombre del hidrocarburo correspondiente del cual deriva. Para ello el primer paso es elegir como cadena principal la cadena más larga que contiene al grupo -OH, de forma que se le asigne el localizador más bajo posible. Si hay más de un grupo -OH se utilizan los términos **-diol**, **-triol**, etc, según el número de grupos hidroxilo presentes, eligiéndose como cadena principal, la cadena más larga que

Apéndice: Formulación de química orgánica

contenga el mayor número de grupos -OH , de forma que se le asignen los localizadores más bajos.

Cuando el grupo -OH se encuentra unido a un anillo aromático (benceno) el compuesto recibe el nombre de **fenol**. Cuando el grupo -OH va como sustituyente se utiliza el prefijo **hidroxi-**.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
2-Hexanol (Hexan-2-ol)	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
4-Metil-2-pentanol (4-Metilpentan-2-ol)	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
3-Etil-1,4-hexanodiol (3-Etilhexano-1,4-diol)	$\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{CHOHCH}_2\text{CH}_3$
3-Penten-1-ol (Pent-3-en-1-ol)	$\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_3$
2,4-Pentanodiol (Pentano-2,4-diol)	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CHOHCH}_3$
Fenol (Hidroxibenceno)	
<i>m</i> -Metilfenol (1,3-Metilfenol)	

2. ÉTERES ($\text{R} - \text{O} - \text{R}'$)

Podemos considerar los éteres como derivados de los alcoholes en los que el hidrógeno del grupo -OH es reemplazado por un radical R' . Para nombrar los éteres se nombra la cadena más sencilla unida al oxígeno (RO-) terminada en -oxi (grupo **alcoxi**) seguido del nombre del hidrocarburo que corresponde al otro grupo sustituyente. También se pueden nombrar indicando los nombres de los radicales R y R' por orden alfabético, seguidos de la palabra **éter**.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
Metoxietano (Etilmetiléter)	$\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_3$
Dietiléter (Etoxietano)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
Etilfeniléter (Etoxibenceno)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}$ 

3. ALDEHÍDOS ($\text{R} - \text{CHO}$)

En los aldehídos, el grupo carbonilo (C=O) se encuentra unido a un radical R y a un hidrógeno. El grupo -CHO es un grupo terminal, es decir, siempre se encontrará en un

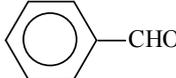
Apéndice: Formulación de química orgánica

extremo de la cadena y por lo tanto se le asigna el número localizador más bajo. Para nombrar un aldehído se elige como cadena principal la cadena más larga que contenga al grupo -CHO . Si se encuentra alguna insaturación (doble o triple enlace) se elegirá como cadena principal la que contenga al grupo -CHO y la citada insaturación. El nombre del compuesto se obtiene añadiendo al nombre del compuesto que constituye la estructura principal la terminación -al .

Si existen dos grupos -CHO se elegirá como cadena principal la que contiene a dichos grupos y se nombran de igual manera que en el caso anterior finalizando con el sufijo -dial y si además hay presentes insaturaciones se les debe asignar los localizadores más bajos. Cuando el grupo -CHO , siendo el grupo principal, se encuentra unido a un sistema cíclico el nombre se formará indicando el sistema cíclico seguido de la terminación -carbaldehído .

Cuando el grupo -CHO no es grupo principal entonces se nombra con el prefijo -formil .

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
2-Metilpentanal	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$
4-Hidroxipentanal	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$
4-Hexenal (Hex-4-enal)	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$
Bencenocarbaldehído	

4. CETONAS ($\text{R}-\text{CO}-\text{R}'$)

En las cetonas el grupo principal es también el grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$), pero a diferencia de los aldehídos no es un grupo terminal por lo que para nombrar estos compuestos se elige la cadena más larga que contenga a dicho grupo y se le asignará el localizador más bajo posible. El nombre del compuesto se obtiene añadiendo la terminación -ona al nombre del compuesto que constituye la estructura principal.

Cuando el grupo carbonilo se encuentra como grupo sustituyente en una cadena y no es el grupo principal, entonces se nombra con el prefijo -oxo .

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
2-Hexanona (Hexan-2-ona)	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
2,4-Pentanodiona (Pentano-2,4-diona)	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3$
Butanona	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$
3-Heptin-2,6-diona (Hept-3-in-2,6-diona)	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{C}\equiv\text{CCOCH}_3$
2-Oxopentanal	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCHO}$

5. ÁCIDOS CARBOXÍLICOS (R – COOH)

Para **nombrar** los ácidos carboxílicos se elige como cadena principal la cadena hidrocarbonada más larga que contenga al grupo principal el cual recibirá el localizador más bajo (el grupo carboxilo se encuentra siempre en una posición terminal). Se ntepone la palabra **ácido** seguido de los sustituyentes con sus localizadores por orden alfabético, nombre de la cadena carbonada y terminación en **-oico**. Si hay alguna insaturación (doble o triple enlace) la cadena principal sería la que contiene el grupo –COOH y la insaturación.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
Ácido propanoico	CH ₃ CH ₂ COOH
Ácido 4-metilpentanoico	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ CH ₂ COOH
Ácido 3-hidroxibutanoico	CH ₃ CHOHCH ₂ COOH
Ácido 6-metil-3-heptenoico (Ácido 6-metilhept-3-enoico)	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ CH=CHCH ₂ COOH
Ácido 3-hexenodioico (Ácido hex-3-enodioico)	COOHCH ₂ CH=CHCH ₂ COOH
Ácido 3-oxopentanodioico	COOHCH ₂ COCH ₂ COOH

6. ÉSTERES (R – COO – R')

Los ésteres se pueden nombrar a partir del ácido del cual derivan, eliminando la palabra ácido, cambiando la terminación **-oico** por **-oato** y seguida del nombre del radical que sustituye al H del grupo –OH del ácido.

Cuando este grupo no es el principal se utiliza el prefijo **oxicarbonil-**.

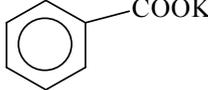
Ejemplos:

Nombre	Fórmula
Etanoato de propilo (Acetato de propilo)	CH ₃ COOCH ₂ CH ₂ CH ₃
Butanoato de etilo	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOCH ₂ CH ₃
5-Oxohexanoato de metilo	CH ₃ COCH ₂ CH ₂ CH ₂ COOCH ₃
2,3-Dicloropropanoato de fenilo	CH ₂ ClCH ₂ ClCOO 

7. SALES (R – COOM)

Las sales orgánicas se nombran como el ácido del cual derivan, eliminando la palabra ácido, cambiando la terminación **-oico** por **-oato** y seguida del nombre del metal que sustituye al H del grupo –OH del ácido.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
Etanoato de sodio (Acetato de sodio)	CH_3COONa
Benzoato de potasio (Benecenocarboxilato de potasio)	
2-Butenoato de calcio (But-2-enoato de calcio)	$(\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOO})_2\text{Ca}$

III. FUNCIONES NITROGENADAS

Las funciones nitrogenadas son las que contienen, además de átomos de carbono y de hidrógeno, átomos de nitrógeno, aunque también pueden contener átomos de oxígeno. Se clasifican en:

1. AMINAS ($\text{R} - \text{NH}_2$)

Las aminas pueden ser primarias, secundarias y terciarias según presenten uno, dos o tres radicales R unidos al átomo de nitrógeno. Para nombrar las aminas primarias ($\text{R} - \text{NH}_2$) se puede proceder de dos formas. Una consiste en considerar el grupo R como un alcano al cual se le añade la terminación **-amina**. En este caso hay que buscar para el grupo $-\text{NH}_2$ el localizador más bajo posible. La segunda forma consiste en considerar el grupo $-\text{NH}_2$ como la estructura fundamental y se nombra el grupo R como un radical al que se le añade el sufijo **-amina**.

Para nombrar las aminas secundarias ($\text{R}_1 - \text{NH} - \text{R}_2$) y terciarias ($\text{R}_1 - \text{NR}_2\text{R}_3$) se toma como estructura principal aquella que contenga un radical R con mayor prioridad de acuerdo con los criterios de selección de cadena principal ya vistos y para indicar que los otros radicales se unen al nitrógeno se utiliza la letra N seguido del nombre del radical correspondiente.

También se pueden nombrar las aminas secundarias y terciarias indicando los nombres de todos los radicales sustituyentes seguidos del sufijo **-amina**.

Cuando el grupo $-\text{NH}_2$ va como sustituyente se utiliza el prefijo **amino-**.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
2-Pentanoamina (Pentan-2-amina)	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
2,5-Heptanodiamina (Heptano-2,5-diamina)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_3$
5-Metil-2,4-hexanodiamina (5-Metilhexano-2,4-diamina)	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
Dietilamina	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH}$
<i>p</i> -Aminofenol	

Apéndice: Formulación de química orgánica

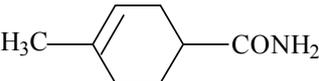
2. AMIDAS (R- CO – NH₂)

Las amidas primarias se nombran a partir del ácido correspondiente eliminando la palabra ácido y cambiando la terminación **-oico** por **-amida**. Se trata de un grupo terminal. Si el grupo **-CONH₂** se encuentra unido a un anillo, siendo grupo principal, entonces se nombra como **-carboxamida**.

Si las amidas son secundarias (**R – CO – NH – R'**) o terciarias (**R – CO – NR'R''**) los sustituyentes que reemplazan a los hidrógenos se localizan empleando las letras *N*.

Cuando existen otros grupos funcionales de mayor prioridad se nombra con el prefijo **carbamoil-**.

Ejemplos:

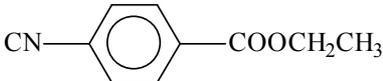
Nombre	Fórmula
Etanamida (Acetamida)	CH ₃ CONH ₂
<i>N</i> -Metilpentanamida	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CONH(CH ₃)
<i>N,N</i> -Dietilpropanamida	CH ₃ CH ₂ CON(CH ₂ CH ₃) ₂
<i>N,N</i> -Diformilpropanamida	CH ₃ CH ₂ CON(CHO) ₂
4-Metil-3-ciclohexenocarboxamida (4-Metilciclohex-3-enocarboxamida)	
Ácido 3-carbamoilpentanoico	CH ₃ CH ₂ CH(CONH ₂)CH ₂ COOH

3. NITRILOS (R – C≡N)

El grupo **-CN** es terminal, por lo que debe ir en el extremo de la cadena. Para nombrar los nitrilos se añade el sufijo **-nitrilo** al nombre del hidrocarburo correspondiente a la cadena carbonada. En el caso de que haya más de un grupo **-CN** o bien se encuentre unido a un anillo, se suele emplear el sufijo **-carbonitrilo**.

Cuando existen otros grupos funcionales de mayor prioridad el grupo **-CN** se nombran con el prefijo **ciano-**.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
Propanonitrilo (Cianuro de etilo)	CH ₃ CH ₂ CN
Butanodinitrilo	CNCH ₂ CH ₂ CN
4-Hexenonitrilo (Hex-4-enonitrilo)	CNCH ₂ CH ₂ CH=CHCH ₃
2,4,6-Heptanotricarbonitrilo	CH ₃ CH(CN)CH ₂ CH(CN)CH ₂ CH(CN)CH ₃
<i>p</i> -Cianobenzoato de etilo	

Apéndice: Formulación de química orgánica

4. NITROCOMPUESTOS (R-NO₂)

Los nitrocompuestos llevan el grupo -NO₂ como sustituyente. Para nombrarlos se usa el prefijo **nitro-**, con el localizador correspondiente, seguido del nombre de la sustancia de la que proviene.

Ejemplos:

Nombre	Fórmula
1-Nitropropano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ NO ₂
2,3-Dinitrobutano	CH ₃ CH(NO ₂)CH(NO ₂)CH ₃
1,4-Dinitrobenzeno (<i>p</i> -Dinitrobenzeno)	

CUADRO RESUMEN DE FORMULACIÓN Y NOMENCLATURA ORGÁNICA

Los compuestos orgánicos se nombran y formulan con las siguientes reglas de la IUPAC:

- La **cadena principal** es la **más larga** que contiene al **grupo funcional más importante**.
- El sentido de la numeración será aquél que otorgue el **localizador más bajo** a dicho grupo funcional.
- Las cadenas laterales se nombran antes que la cadena principal, precedidas de su correspondiente número de localizador y con la terminación “il” o “ilo” para indicar que son radicales.
- Se indicará los sustituyentes por **orden alfabético**, incluyendo la terminación característica del **grupo funcional más importante** a continuación del prefijo indicativo del **número de carbonos** que contiene la cadena principal.
- Cuando haya más de un grupo funcional, el sufijo de la cadena principal es el correspondiente al del grupo funcional principal, que se elige atendiendo al siguiente orden de preferencia:
Ácidos > ésteres > amidas = sales > nitrilos > aldehídos > cetonas > alcoholes > aminas > éteres > insaturaciones (= > ≡) e hidrocarburos saturados.

Los hidrocarburos son compuestos formados exclusivamente por átomos de carbono e hidrógeno. Si son saturados (sólo enlaces sencillos) se denominan alcanos y si son insaturados se denominan alquenos (enlaces dobles) o alquinos (enlaces triples). Pueden ser de cadena abierta o cerrada, alifáticos o aromáticos.

GRUPOS FUNCIONALES OXIGENADOS Y NITROGENADOS

Orden	Función	Grupo	SUFIJO		PREFIJO Grupo secundario
			Cadena principal	Cadena lateral	
1°	Ácido	R-COOH	Ácido R-oico	-carboxílico	Carboxi-
2°	Éster	R-COOR'	R-oato de R'ilo	Carboxilato de R'	-oxicarbonil-
3°	Sales	R-COOM	R-oato de M	Carboxilato de M	Carbamoil-
	Amida	R-CONH ₂	R-amida	Carboxamida	
4°	Nitrilo	R-CN	R-nitrilo	Carbonitrilo	Ciano-
5°	Aldehído	R-CHO	R-al	Carbaldehído	Formil-
6°	Cetona	R-CO-R'	R-ona		Oxo-
7°	Alcohol	R-OH	R-ol		Hidroxil-
8°	Amina	R-NH ₂	R-amina		Amino-
9°	Éter	R-O-R'	RR'-éter (R-oxi-R')		R-oxi

Formular o Nombrar (de una sola forma) según corresponda, las siguientes especies químicas:

	Nombrar		Formular
1.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$	1.	2-Hidroxipentanal
2.	CH_3COCH_3	2.	Ácido butanoico
3.	CH_3OH	3.	Propano
4.	CH_3COONa	4.	Butanona
5.	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$	5.	Propino
6.	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_3$	6.	Ácido propanoico
7.	CH_3CN	7.	Etilmetiléter (metoxietano)
8.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$	8.	Ácido hexanoico
9.	$\text{CH}_3\text{CHOHCHOHCH}_3$	9.	2-Pentanona
10.	CH_3OCH_3	10.	3-Aminoheptanal
11.	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOH}$	11.	1,3-Pentadieno
12.	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$	12.	Propanonitrilo
13.	$\text{CH}_2=\text{CHCOCH}_2\text{CH}_3$	13.	3,5-Octadieno
14.	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_3$	14.	3-Aminohexanal
15.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	15.	2,3-Dimetilhexanal
16.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	16.	2-Penteno
17.	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$	17.	1,3-Pentanodiol.
18.	HCHO	18.	Etanoato de metilo
19.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2$	19.	1,3 Dicloropentano
20.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	20.	1-Propanol

21.	CH_3NH_2	21.	Propanoato de etilo
22.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	22.	Ácido 3-hidroxi-4-hexenoico
23.	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	23.	Ácido etanodioico
24.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$	24.	2-Bromopropano
25.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$	25.	1,3-Butanodiol
26.	$\text{CHOCH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$	26.	Etanoato de etilo
27.	$\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$	27.	Pentanonitrilo
28.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	28.	Ácido hexanoico
29.	HCOOCH_3	29.	1,2-Pentadieno
30.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$	30.	2-Pentanona
31.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	31.	Etilpropiléter (etoxipropano)
32.	$\text{CHCl}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	32.	2-Pentanoamina
33.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	33.	Propanodial
34.	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$	34.	3-Pentanona
35.	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$	35.	3-Pentanoamina
36.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	36.	Butanodial
37.	$\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	37.	Ácido 2-hidroxipentanoico
38.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCHO}$	38.	2,4-Dimetilhexanal
39.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$	39.	Fenol (Hidroxibenceno)
40.	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CHOHCH}_3$	40.	Ciclopentino
41.	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	41.	Etanonitrilo

Apéndice: Formulación de química orgánica

	Nombrar		Formular
42.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{C}=\text{CHCH}_3$	42.	5-Cloro-2-pentino
43.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	43.	Pentanamida.
44.	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	44.	Butanonitrilo
45.	$\text{H}_2\text{C}=\text{CHCOOH}$	45.	Etilmetiléter (Metoxietano)
46.	$\text{ClCH}=\text{CHCl}$	46.	Metilamina (Aminometano)
47.	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$	47.	Butanoato de metilo
48.	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	48.	1, 3-Dicloropentano
49.	$\text{CHOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$	49.	3- Metil hexano
50.	$\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$	50.	Propeno
51.	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	51.	Cianuro de hidrógeno (Metanonitrilo)
52.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	52.	3-Metil-2-pentino
53.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COONa}$	53.	Ácido 2-hidroxipentanoico
54.	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOCH}_3$	54.	4-Cloro-2-pentino
55.	CH_3CHO	55.	2-3-Dimetilpentanal
56.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CONH}_2$	56.	Ácido benzoico
57.	$\text{CH}_3\text{CHClCH}=\text{CH}_2$	57.	1-2-Dicloroeteno
58.	$\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_3$	58.	1-Penten-3-ino
59.	$\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$	59.	Aminometano (Metilamina)
60.	$\text{CH}_2=\text{CHCHO}$	60.	Propanona
61.	CH_3CONH_2	61.	3-Metil-1-buteno
62.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHCH}_3$	62.	Ácido 2-hidroxihexanoico
63.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$	63.	Etilamina (Aminoetano)
64.	NaOOCOONa	64.	3-Etil-2-metilpentano
65.	$\text{CH}_3\text{COCH}=\text{CH}_2$	65.	2-Hidroxipropanal
66.	$\text{CH}_2=\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2$	66.	1-3-Butanodiol
67.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	67.	2-Cloro-2-metilpentano
68.	$\text{CH}_3\text{CHOHCHO}$	68.	Ácido 2-hidroxipropanoico
69.	$\text{CH}_2=\text{CHOH}$	69.	2,5-Dimetilhexano
70.	$\text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{COOH}$	70.	Metano
71.	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{COOH}$	71.	Ciclopropano
72.	$\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CHOH}$	72.	4-Metil-2-heptanona
73.	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{Br})\text{CH}_3$	73.	1-Cloro-2-pentino
74.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{NH}_2$	74.	2-Hidroxihexanal
75.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$	75.	3-Buten-1,2,3-triol
76.	$\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$	76.	Ciclopenteno
77.	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	77.	Tributilamina
78.	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$	78.	4,5-Dimetil-1,4-hexadieno
79.	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	79.	Etanal
80.	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$	80.	Butanoato de metilo
81.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$	81.	3-Metil-2-clorobutano
82.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$	82.	Pentanodial
83.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CCH}_3$	83.	4-Etilhexanal
84.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$	84.	Ácido 4-cloropentanoico
85.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	85.	3-Metilpentanamida
86.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	86.	Benceno
87.	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	87.	Propanoato de metilo
88.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$	88.	Ácido 3-hidroxihexanoico

Apéndice: Formulación de química orgánica

	Nombrar		Formular
89.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	89.	1,3-Pentanodiol
90.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$	90.	Etoxietano
91.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	91.	2-Bromopropano
92.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$	92.	Ciclopentano
93.	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{COOH}$	93.	2,3-Dimetilbutano
94.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$	94.	Metil-1-propanol
95.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$	95.	Propanoato de metilo
96.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$	96.	Ácido 2-aminopropanoico
97.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCHO}$	97.	3-Etil-1-pentanol
98.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$	98.	3-Metilbutanal
99.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_2\text{CH}_3$	99.	Ácido propanodioico
100.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$	100.	Etanoato de propilo

SOLUCIONES:

	Fórmula	Nombre
1.	Etilmetiléter	1. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHOHCHO}$
2.	Propanona	2. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
3.	Metanol	3. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
4.	Etanoato de sodio	4. $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$
5.	2-Penteno (pent-2-eno)	5. $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$
6.	2-Butanol (butan-2-ol)	6. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
7.	Etanonitrilo	7. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$
8.	Propanoato de sodio	8. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
9.	2,3-Butanodiol (butano-2,3-diol)	9. $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
10.	Dimetiléter (metoximetano)	10. $\text{CHOCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
11.	Ácido-3-oxobutanoico	11. $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CHCH}_3$
12.	2-Pentino (pent-2-ino)	12. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$
13.	1-Penten-3-ona (pent-1-en-3-ona)	13. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
14.	2-Butanol (butan-2-ol)	14. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CHO}$
15.	Ácido propanoico	15. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$
16.	Etanoamina	16. $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
17.	2-Propanol (propan-2-ol)	17. $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$
18.	Metanal	18. $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$
19.	2-Pentanona (pentan-2-ona)	19. $\text{CH}_2(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}_3$
20.	Dietiléter (Etoxietano)	20. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
21.	Metanoamina	21. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_3$
22.	Propanal	22. $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHOHCH}_2\text{COOH}$
23.	Eteno	23. COOHCOOH
24.	Butanona	24. $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3$
25.	Metilpropiléter (Metoxipropano)	25. $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CHOHCH}_3$
26.	Butanodial	26. $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$
27.	1,4-Diclorobutano	27. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN}$
28.	Etanol	28. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
29.	Metanoato de metilo	29. $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
30.	Propanonitrilo	30. $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
31.	Ácido pentanoico	31. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
32.	1,1-Dicloropropano	32. $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
33.	1-Butanol (butan-1-ol)	33. CHOCH_2CHO
34.	Etanoato de etilo	34. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$
35.	4-Aminobutanona	35. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_3$
36.	Cloroetano	36. $\text{CHOCH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$
37.	Ácido 4-cloropentanoico	37. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHOHCOOH}$
38.	2-Oxopentanal	38. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$
39.	Propanoato de metilo	39. $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
40.	4-Hexen-2-ol (hex-4-en-2-ol)	40. 
41.	Ácido 5-hidroxihexanoico	41. CH_3CN
42.	2,3-Heptadieno (Hepta-2,3-dieno)	42. $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{C}\equiv\text{CCH}_3$
43.	1-Propanamina	43. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$
44.	Metilbenceno	44. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN}$
45.	Ácido propenoico	45. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$
46.	1,2-Dicloroetano	46. CH_3NH_2

Apéndice: Formulación de química orgánica

	Fórmula	Nombre
47.	3-Hexen-2-ol (Hex-3-en-2-ol)	47. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
48.	Etanoato de metilo	48. $\text{CH}_2(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}_3$
49.	Pentanoal	49. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$
50.	1,3-Butadieno (Buta-1,3-dieno)	50. $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$
51.	Etanoato de butilo	51. HCN
52.	1-Propanol (Propan-1-ol)	52. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_3$
53.	Butanoato de sodio	53. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$
54.	3-Pentenona (Pent-3-enona)	54. $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Cl})\text{C}\equiv\text{CCH}_3$
55.	Etanal	55. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$
56.	Propanamida	56. $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$
57.	3-Cloro-1-buteno (3-Clorobut-1-eno)	57. $\text{CHCl}=\text{CHCl}$
58.	1,2-Propanodiol (Propano-1,2-diol)	58. $\text{CH}_2=\text{CHC}\equiv\text{CCH}_3$
59.	1,2-Etanodiol (Etano-1,2-diol)	59. CH_3NH_2
60.	Propenal	60. CH_3COCH_3
61.	Etanamida	61. $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$
62.	Metilpropilamina	62. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHOHCOOH}$
63.	Propanoato de metilo	63. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$
64.	Dietanoato de sodio	64. $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$
65.	Butenona	65. $\text{CH}_3\text{CHOHCHO}$
66.	3-Metil-1-buteno (3-Metilbut-1-eno)	66. $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CHOHCH}_3$
67.	1-Pentanoamina	67. $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
68.	2-Hidroxipropanal	68. $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$
69.	Etenol	69. $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
70.	Ácido 2-aminopropanoico	70. CH_4
71.	Ácido 3-hidroxibutanoico	71. 
72.	1,3-Butadien-1-ol (Buta-1,3-dien-1-ol)	72. $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
73.	5-Bromo-2-hexeno (5-Bromohex-2-eno)	73. $\text{CH}_2(\text{Cl})\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$
74.	2-Metil-1-butanamina	74. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHOHCHO}$
75.	Butanoato de etilo	75. $\text{CH}_2\text{OHCHOHCOH}=\text{CH}_2$
76.	Ácido propanodioico	76. 
77.	Fenol (Hidroxibenceno)	77. $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3)_3$
78.	5-Hexen-2-ona (Hex-5-en-2-ona)	78. $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
79.	1,4-Hexadieno (Hexa-1,4-dieno)	79. CH_3CHO
80.	5-Aminopentanal	80. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
81.	5-Amino-3-hexanona (5-Aminohexan-3-ona)	81. $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_3$
82.	Metilpropiléter (Metoxipropano)	82. $\text{CHOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$
83.	5-Cloro-2-hexino (5-Clorohex-2-ino)	83. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$
84.	Metilpropanal	84. $\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
85.	4-Metil-1-penteno (4-Metilpent-1-eno)	85. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CONH}_2$
86.	Ácido 2-hidroxipropanoico	86. C_6H_6
87.	2-Hexeno (Hex-2-eno)	87. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
88.	Ácido metilpropanoico	88. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHOHCH}_2\text{COOH}$
89.	1,3-Butanodiol (Butano-1,3-diol)	89. $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{CH}_3$
90.	Pentanamida	90. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
91.	1,3-Hexadieno (Hexa-1,3-dieno)	91. $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3$

Apéndice: Formulación de química orgánica

	Fórmula		Nombre
92.	2-Metilbutanal	92.	
93.	Ácido 3-butenoico (Ácido but-3-enoico)	93.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
94.	4-Metil-2-pentanol (4-Metilpentan-2-ol)	94.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$
95.	5-Metil-3-hexanona (5-Metilhexan-3-ona)	95.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
96.	5-Cloro-3-heptino (5-Clorohept-3-ino)	96.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
97.	2-Pental (Pent-2-enal)	97.	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
98.	2,4,4-Trimetilhexano	98.	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CHO}$
99.	Metilpropanoato de etilo	99.	$\text{COOHCH}_2\text{COOH}$
100.	3-Cloro-2-butanol (3-Clorobutan-2-ol)	100.	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$