

Capítulo 13

Química orgánica

13.1 Introducción

La química orgánica es el estudio de la química del carbono, un elemento de múltiples particularidades, entre las que se cuenta la propiedad de formar largas y casi infinitas cadenas de compuestos atados mediante enlaces “carbono-carbono”. Los compuestos orgánicos están formados por moléculas constituidas esencialmente a base de carbono e hidrógeno. Ésta composición es la esencia de su definición.

Como consecuencia de la altísima versatilidad de los átomos de carbono para formar extensas cadenas ramificadas, existe una gran probabilidad de existencia para cualquier tipo de estructura orgánica imaginable o concebible bajo un arreglo de uniones “carbono-carbono”. Como consecuencia, existen aproximadamente 5'000.000 de compuestos inorgánicos diferentes, constituidos a base de unos 50 elementos distintos, mientras que existen casi 15'000.000 de compuestos orgánicos diferentes constituidos fundamentalmente a base de carbono e hidrógeno.



FIGURA 13.1 QUÍMICA ORGÁNICA, BASE MOLECULAR DE LA VIDA. FUENTE:
[HTTP://WWW.ILDIABETEGGI.IT/NEWS/IMAGES/05-GENETICA.JPG](http://www.ildiabeteggi.it/news/images/05-genetica.jpg)

Si se tiene en cuenta el vasto campo de la química orgánica, puede decirse sin especular que ésta constituye aproximadamente el 70% de la totalidad de la química. Es válido preguntarse entonces ¿qué tanto de química orgánica es necesario aprender para comprender la esencia de los fenómenos ambientales? Tal como ocurre con cualquier otra disciplina, la respuesta es que cuanto más se conozca de ciencias básicas, mucho mejor se comprenderán los fenómenos ambientales.

Este capítulo compila alguna información básica referente a la química orgánica, sin pretender cubrirlo todo ni profundizar demasiado en los conceptos. El objetivo que se persigue consiste fundamentalmente en aportar al estudiante la información necesaria para nombrar e identificar algunas familias típicas de compuestos orgánicos y en correlacionar dichas familias con sus principales propiedades fisicoquímicas, a fin de poder prever su impacto o influencia sobre el medio ambiente.

FIGURA 13.5 UNIONES CARBONO – CARBONO SIMPLES, DOBLES Y TRIPLES

Los compuestos orgánicos que sólo contienen carbono e hidrógeno se conocen normalmente como hidrocarburos. y en ellos la nomenclatura obedece a unas reglas simples y fáciles de seguir. La tabla 13.1 ilustra esta nomenclatura y su representación simplificada.

No. de Átomos De Carbono	Fórmula del Compuesto	Nombre del Compuesto	Nombre del Radical	Fórmula del Radical	Representación Simple del Compuesto
1	CH ₄	Metano	Metilo	CH ₃ —	
2	C ₂ H ₆	Etano	Etilo	C ₂ H ₅ —	—
3	C ₃ H ₈	Propano	Propilo	C ₃ H ₇ —	↘
4	C ₄ H ₁₀	Butano	Butilo	C ₄ H ₉ —	↘↗
5	C ₅ H ₁₂	Pentano	Pentilo	C ₅ H ₁₁ —	↘↗↘
6	C ₆ H ₁₄	Hexano	Hexilo	C ₆ H ₁₃ —	↘↗↘↗
7	C ₇ H ₁₆	Heptano	Heptilo	C ₇ H ₁₅ —	↘↗↘↗↘
8	C ₈ H ₁₈	Octano	Octilo	C ₈ H ₁₇ —	↘↗↘↗↘↗
9	C ₉ H ₂₀	Nonano	Nonilo	C ₉ H ₁₉ —	↘↗↘↗↘↗↘
10	C ₁₀ H ₂₂	Decano	Decilo	C ₁₀ H ₂₁ —	↘↗↘↗↘↗↘↗

TABLA 13.1 NOMENCLATURA DE LOS HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos son los compuestos orgánicos más simples que se conocen. Sus moléculas consisten básicamente de átomos de carbono e hidrógeno enlazados en cadenas de diversos tamaños, que pueden ser abiertas o cerradas, y que pueden contener uniones simples, dobles o triples. El petróleo constituye, en la naturaleza, la principal fuente de hidrocarburos.



FIGURA 13.6 HIDROCARBUROS COMO COMBUSTIBLES FÓSILES. WWW.TURNERDESIGNS.COM/T2/MEDIA/OIWM.JPG Y WWW.ISGS.UIUC.EDU/.../TO THE PEOPLE/R%20COAL%20SHOVEL.GIF

Desde un punto de vista estructural, las uniones dobles “carbono-carbono” son más cortas y más fuertes que las simples. A su vez, las uniones triples son más cortas y fuertes que las dobles. La rotación sobre el eje de unión de dos átomos “C-C” es una característica exclusiva de los enlaces sencillos. La carencia de rotación de los enlaces dobles y triples favorece la existencia de isómeros geométricos en los hidrocarburos insaturados y les confiere sus propiedades distintivas.

La fórmula química para cualquier alcano se encuentra determinada por la expresión “ C_nH_{2n+2} ”, en donde “n” representa el número de átomos de carbono en la molécula. En química orgánica, las propiedades de los compuestos se hallan altamente determinadas por la estructura molecular. Así, por ejemplo, en los alcanos, en donde cada uno de los átomos de carbono poseen ocho electrones en su nivel energético más externo, existe una marcada tendencia a la inactividad química.

Las principales reacciones químicas de esta familia de compuestos, las constituyen la combustión y el cracking. La primera la realizan constantemente los automotores transformando gasolina en CO_2 y H_2O , mientras que la segunda la realizan las plantas de refinación de crudo, en donde los hidrocarburos saturados de alto peso molecular se convierten a hidrógeno y una mezcla de alcanos y alquenos de bajo peso molecular.



A condiciones normales, los cuatro primeros miembros de la serie de los alcanos son gases incoloros. Pero conforme aumenta el tamaño y el peso de las moléculas, aumentan gradualmente los puntos de fusión y de ebullición de los compuestos, hasta que se va adquiriendo una consistencia líquida y posteriormente sólida. El gas natural es una mezcla de hidrocarburos, desde C_1 hasta C_4 . La gasolina es una mezcla de hidrocarburos desde C_5 hasta C_{12} , mientras que la “esperma de las veladoras”, o parafina propiamente dicha, es una mezcla de hidrocarburos, desde C_{12} hasta C_{20} o más.

13.2.1 Alquenos

Los alquenos u olefinas son compuestos que tienen como característica particular el poseer uno o más dobles enlaces en su estructura y, por ende, el contener menos hidrógeno que sus homólogos, los alcanos. Por esta razón se les conoce junto con los alquinos, como hidrocarburos insaturados. Los alquenos se nombran sobreponiendo la terminación ENO, DIENO o TRIENO al nombre del alcano respectivo, según que éste contenga uno, dos o tres dobles enlaces en su estructura. La tabla 13.2 ilustra esta nomenclatura.

Los alquenos poseen propiedades físicas muy similares a las de los alcanos respectivos, siendo las diferencias más relevantes, aquellas que derivan de las características y naturaleza de un “doble enlace”.



Forma Cis



Forma Trans

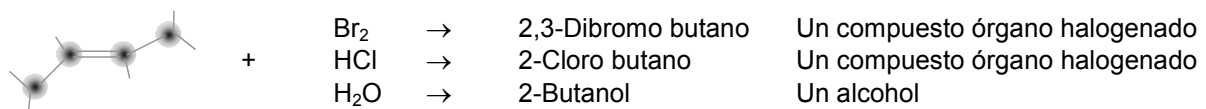
Así, por ejemplo, merced a la rigidez o falta de rotación de los átomos unidos mediante un doble enlace, los alquenos pueden existir en las formas isoméricas “cis” y “trans”. Adicionalmente, la ausencia de rotación en el doble enlace modifica los puntos de fusión y de ebullición de estos compuestos, en relación con los de los alcanos semejantes.

Fórmula y Estructura	Nombre IUPAC
----------------------	--------------

Molecular	
	Eteno
	Propeno
	1-Buteno
	Metilpropeno
	1-Penteno
	1-Hexeno
	2-Metil-2-penteno
	2,3-Dimetil-2-buteno
	Ciclopenteno
	Ciclohexeno
	Benceno
	2,4-Heptadieno

TABLA 13.2 NOMENCLATURA DE LOS ALQUENOS

En cuanto a las propiedades químicas, el doble enlace de los alquenos es susceptible de saturar con haluros, con haluros de hidrógeno y con agua, para formar respectivamente, compuestos órgano-halogenados y alcoholes, respectivamente.



13.2.2 Alquinos

Los alquinos son compuestos que tienen como característica particular el poseer uno o más triples enlaces dentro de su estructura y, en consecuencia, un mayor grado de insaturación que los alquenos y alcanos semejantes. Los alquinos se nombran con la terminación INO, DINO o TRINO, según que contengan uno, dos o tres dobles enlaces en su estructura. La tabla 13.3 ilustra su nomenclatura.









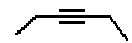
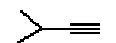

Estructura de los Alquinos	Nombre IUPAC
	Etino o Acetileno
	Propino
	1-Butino o (but-1-ino)
	2-Butino o (but-2-ino)
	1-Pentino o (pent-1-ino)
	2-Pentino o (pent-2-ino)
	1-Hexino o (hex-1-ino)
	2-Hexino o (hex-2-ino)
	3-Hexino o (hex-3-ino)
	3-metil-1-butino o (3-metilbut-1-ino)
	2,4-Octadino o Octa-2,4-diino

TABLA 13.3 NOMENCLATURA DE LOS ALQUINOS

El compuesto más importante de la familia de los alquinos, es el acetileno, que se prepara por adición de agua sobre carburo de calcio, CaC_2 , y éste a su vez, por reacción entre el óxido de calcio y el carbón coque. Análogamente a los alquenos, las propiedades fisicoquímicas de los alquinos están relacionadas con la estructura del triple enlace. Así, estos pueden saturarse con halógenos, haluros de hidrógeno y agua, entre otros. Sin embargo, como el grado de insaturación es mayor en los alquinos que en los alquenos, los primeros consumen dos moléculas de reactivo por cada triple enlace.

En general, los hidrocarburos saturados se identifican por su escasa reactividad química, por ser blancos o incoloros y por ser insolubles en agua. Los hidrocarburos insaturados comparten muchas de estas propiedades, pero se distinguen de los primeros por su capacidad para decolorar una solución de bromo, Br_2 , en tetracloruro de carbono (adición de halógenos).

En síntesis, el rasgo distintivo de los alcanos o hidrocarburos saturados es su inercia química; el rasgo distintivo de los alquenos es su doble enlace, —C=C— debido a que sus reacciones características son las que se realizan sobre él. Del mismo modo, el rasgo distintivo de los alquinos es el triple enlace, $\text{—C}\equiv\text{C—}$.



FIGURA 13.7 ACETILENO, EL MÁS COMÚN DE LOS ALQUINOS. FUENTE: AUTOR

13.3 Grupos funcionales

El átomo o grupo de átomos que define la estructura de una familia específica de compuestos orgánicos y que determina sus propiedades características, es lo que se conoce como “grupo funcional”. Existen muchos grupos funcionales en química orgánica y muchos compuestos que poseen más de un grupo funcional en su estructura molecular.

Como una forma de entendimiento simple, quizá resulte conveniente aproximarnos al estudio de la química orgánica, empezando por reconocer algunas de sus principales funciones. La tabla 13.4 resume algunas de estas funciones.

13.3.1 Grupo funcional alcohol

Los alcoholes son compuestos de fórmula general “R—OH”, en donde “R” es un radical o grupo alquilo que puede ser abierto o cíclico. Todos los alcoholes contienen el grupo funcional hidroxilo, “—OH”, el cual determina las propiedades características de esta familia.

A diferencia de las bases inorgánicas, el “grupo hidroxilo” tiene un carácter ligeramente ácido en química orgánica. Los compuestos cuyo grupo hidroxilo está directamente unido a un anillo aromático se conocen como fenoles y, puesto que difieren apreciablemente de los alcoholes (son ácidos más fuertes) se clasifican como una familia diferente.

Pero de todos los alcoholes, el etanol o alcohol etílico es el miembro más conocido, el más abundante y cotidiano y el más antiguo que se conoce. El etanol, el menos tóxico de los alcoholes, se obtiene a nivel industrial por fermentación de azúcares y almidones y/o por hidratación del etileno. Este alcohol tiene numerosas aplicaciones como combustible, como disolvente y como materia prima en la manufactura de colorantes, ácidos, medicamentos y licores.

Grupo Funcional	Nombre de la Función	Ejemplo	Nombre
-----------------	----------------------	---------	--------








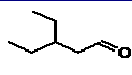

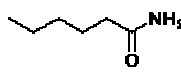
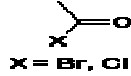

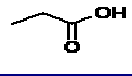
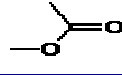
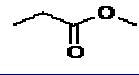
—NH_2	-Amina		1-Propanamina
—SH	-Tiol	$\text{CH}_3\text{—SH}$	Tiometano
—OH	-Ol		1-Propanol
	-Tiona		Tiopropanona
	-Ona		3,5-Dimetil-4-heptanona
	-Al o Aldehido		3-Etilpentanal
$\text{—C}\equiv\text{N}$	-Nitrilo	$\text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{N}$	Acetonitrilo
	-Amida		Hexanamida
 $\text{X} = \text{Br, Cl, F}$	Haluro de -acilo		
$\text{—SO}_3\text{H}$	Ácido Sulfónico	$\text{C}_6\text{H}_5\text{—SO}_3\text{H}$	Ácido Bencensulfónico
	Ácido Orgánico		Ácido Propanóico
	-Ésteres		Propanoato de metilo

TABLA 13.4 GRUPOS FUNCIONALES EN QUÍMICA ORGÁNICA

Otros alcoholes de uso cotidiano son el metanol o alcohol de madera (altamente tóxico), el 2-propanol o isopropanol, utilizado como desengrasante, el etilen glicol, utilizado como anticongelante en los automotores y la glicerina o propanotriol, utilizada como disolvente y materia prima en la industria farmacéutica. También los azúcares o carbohidratos son alcoholes de uso cotidiano, puesto que poseen el grupo funcional hidroxilo; sin embargo, a diferencia de los alcoholes propiamente dichos, los azúcares son compuestos que poseen además la función alcohol, la función “aldehído” o “cetona”.



FIGURA 13.8 ETANOL A TRAVÉS DE LA HISTORIA. IMÁGENES DE: WWW.COCHABAMBA.COM/VENTAS/ Y WWW.CASAPELLAS.COM/RON3.JPG

13.3.1.1 Nomenclatura

Los alcoholes se nombran cambiando la terminación “o” de los alcanos por la terminación “ol” de los alcoholes. De acuerdo con el sistema IUPAC de nomenclatura, el primer paso para nombrar un alcohol consiste en elegir como estructura matriz a la cadena más larga que contenga el “grupo funcional –OH”. El segundo paso consiste en suponer que el compuesto en su conjunto deriva de dicha estructura matriz. El tercer paso consiste en indicar la posición del grupo hidroxilo mediante el número más bajo posible, y el último, en indicar la posición de todos los demás grupos unidos a la cadena matriz. La tabla 13.5 ejemplifica esta nomenclatura.

Alcohol	Nombre IUPAC
$\text{CH}_3\text{-OH}$	Metanol
	Etanol
	1-Propanol
	2-Propanol
	Ciclopentanol
	1,2-Etanodiol
	4-Penten-2-ol

TABLA 13.5 NOMENCLATURA DE ALCOHOLES

Como sucede con muchas otras familias de compuestos en química, existen otras formas de nomenclatura que han persistido por la fuerza de la costumbre. Así, por ejemplo, el 2-propanol se conoce también como alcohol isopropílico, el etanol como alcohol etílico y el 2-Metil, propanol como alcohol isobutílico.

13.3.1.2 Propiedades físicas

En comparación con los enlaces “C—H” o “C—C” de los hidrocarburos, el grupo funcional “—O—H” es un grupo fuertemente polar que confiere a los alcoholes dicha polaridad y que posibilita la existencia de interacciones intermoleculares del tipo “puentes de hidrógeno”.

Como consecuencia de la facilidad para formar Puentes de Hidrógeno, los alcoholes poseen puntos de fusión y ebullición mucho más altos que los de los hidrocarburos semejantes. Adicionalmente, como consecuencia de la polaridad de las moléculas de un alcohol, su solubilidad en agua aumenta mientras que su solubilidad en solventes apolares disminuye. La tabla 13.6 ilustra este hecho.

NOMBRE	FÓRMULA	P.F. °C	P.E. °C	DENSIDAD (a 20 °C)	SOLUBILIDAD g/100g H ₂ O
Metílico	CH ₃ OH	-97	64.5	0.793	∞
Etilico	CH ₃ CH ₂ OH	-115	78.3	0.789	∞
n-Propílico	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	-126	97	0.804	∞
n-Butílico	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	-90	118	0.810	7.9
n-Pentílico	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	-78.5	138	0.817	2.3
n-Hexílico	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₂ OH	-52	156.5	0.819	0.6
n-Heptílico	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₂ OH	-34	176	0.822	0.2
n-Octílico	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₂ OH	-15	195	0.825	0.05
n-Decílico	CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₂ OH	6	228	0.829	
Isopropílico	CH ₃ CHOHCH ₃	-86	82.5	0.789	∞
Isobutílico	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	-108	108	0.802	10.0
Sec-Butílico	CH ₃ CH ₂ CHOHCH ₃	-114	99.5	0.806	12.5
t-Butílico	(CH ₃) ₃ COH	25.5	83	0.789	∞
Isopentílico	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ OH	-117	132	0.813	2
Amilico activo	(-)-CH ₃ CH ₂ CH(CH ₃)CH ₂ OH		128	0.816	3.6
t-Pentílico	CH ₃ CH ₂ C(OH)(CH ₃) ₂	-12	102	0.809	12.5
Ciclopentanol	Ciclo-C ₅ H ₉ OH		140	0.949	
Ciclohexanol	Ciclo- C ₆ H ₁₁ OH	24	161.5	0.962	
Alílico	CH ₂ =CHCH ₂ OH	-129	97	0.855	∞
Crotilico	CH ₃ CH=CHCH ₂ OH		118	0.853	16.6
Metilvinilcarbinol	CH ₂ =CHCHOHCH ₃		97		
Bencílico	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	-15	205	1.046	4
α-Feniletílico	C ₆ H ₅ CHOHCH ₃		205	1.013	
β-Feniletílico	C ₆ H ₅ CH ₂ CH ₂ OH	-27	221	1.02	1.6
Difenilcarbinol	(C ₆ H ₅)CHOH	69	2098		0.05
(Bencidrol)	(C ₆ H ₅)COH	162.5			
Trifenilcarbinol	C ₆ H ₅ CH=CHCH ₂ OH	33	257.5		
Cinamílico	CH ₂ OHCH ₂ OH	-16	197	1.113	

TABLA 13.6 PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNOS ALCOHOLES.

13.3.1.3 Propiedades químicas

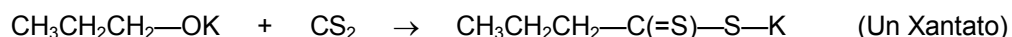
Debido a que el oxígeno es un elemento electronegativo (tiende a atraer hacia así los electrones de un enlace covalente), mientras que el hidrógeno es un elemento electropositivo, la mayoría de los alcoholes exhiben un ligero carácter ácido. Por esta razón, los elementos del Grupo I, más electropositivos que el hidrógeno, reaccionan con los alcoholes desprendiendo hidrógeno y formando bases muy fuertes que se conocen con el nombre genérico de “alcoholatos”:



Existen otras reacciones características de los alcoholes que pueden resumirse así: Los alcoholes pueden deshidratarse para formar alquenos. Los alcoholes primarios pueden oxidarse a aldehídos, mediante oxidantes diluidos o directamente a ácidos, mediante oxidantes fuertes. Los alcoholes reaccionan también con los haluros de hidrógeno, en medio anhidro, para formar halogenuros de alquilo¹.

13.3.1.4 Reacciones de identificación

Los alcoholes pueden identificarse cualitativa y cuantitativamente haciendo reaccionar sus alcóxidos de sodio o potasio con sulfuro de carbono para formar “xantatos”. Los xantatos son compuestos similares a los ácidos carboxílicos, en los que el azufre reemplaza al oxígeno:



El método consiste en mezclar aproximadamente 0,5 mililitros del alcohol con una lenteja de hidróxido de potasio y, posteriormente, mezclar el alcóxido con sulfuro de carbono. La formación casi instantánea de un sólido amarillo es prueba positiva para cualquier alcohol.

Los alcoholes también pueden identificarse mediante el análisis de su espectro de absorción en el infrarrojo. Todos los alcoholes presentan dos bandas de absorción características. Una banda intensa y ancha entre 3200 y 3600 cm^{-1} , debida a la vibración de estiramiento y recogimiento del enlace “O—H” y otra banda un poco menos intensa y ancha que la anterior, entre 1050 y 1150 cm^{-1} , debido a la vibración de estiramiento y recogimiento del enlace, “C—O”.

La mayoría de los alcoholes reaccionan con la 8—hidroxiquinolina y el vanadato de amonio para formar compuestos de coloración roja. Ésta es otra de las reacciones típicas de identificación de alcoholes.

Ejercicios

- El compuesto cuya fórmula es $(\text{CH}_3)_3\text{C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C}(\text{CH}_3)_3$ se denomina:
 - n-decano
 - 1,1,1,-4,4,4-hexametilbutano
 - 2,2,5,5-tetrametilhexano
 - 1,1,1-trimetil-4,4,4-trimetilbutano
 - Isodecano
- Escriba la fórmula estructural para el compuesto 3,4 – dimetil – 5 – etilheptano.
- La fórmula general de las parafinas es:
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
 - C_nH_{2n}
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$

¹ Morrison and Boyd. Química Orgánica. Capítulos 15 y 16.

- d. C_nH_{n+6}
- e. C_nH_{n2+2}

4. Escriba la fórmula estructural para los siguientes compuestos:

- a. 3-metil-5-etil-3-hepteno
- b. 2,2,4-trimetilpentano
- c. 1,5-hexadieno
- d. 2,7-dimetil-2,4,6-octadieno
- e. 2-metil-2 – butano

5. Los alquinos, como hidrocarburos insaturados que son, tienen como reacciones típicas:

- a. Sustitución
- b. Eliminación
- c. Descomposición
- d. Adición
- e. Doble descomposición

6. La adición de agua a un alquino da como producto:

- a. Un alcano
- b. Un enol
- c. Cetona o aldehído
- d. Anhídrido
- e. Aromático

7. Escriba la formula estructural para:

- a. 3,4-dipropil-1,3-hexadien-5-ino
- b. 1-penten-4-ino
- c. dimetilacetileno
- d. Metil-terbutilacetileno
- e. Isopropil-neopentilacetileno

8. La oxidación de un alcohol secundario da como producto:

- a. Alcohol
- b. Éster
- c. Aldehído
- d. Cetona
- e. Éter

13.3.2 Grupo funcional carbonilo

El Grupo Funcional Carbonilo, " $-(C=O)-$ ", es común a dos familias de compuestos orgánicos: los aldehídos y las cetonas. En la primera, el grupo carbonílico se halla unido a un radical alquílico y a un hidrógeno, " $-(C=O)H$ o $-CHO$ ", mientras que en la segunda, el grupo carbonílico se halla unido a dos radicales alquílicos, " $R_1-(C=O)R_2$ ".

Los aldehídos pueden obtenerse por oxidación controlada de alcoholes primarios y las cetonas por oxidación de alcoholes secundarios. Puesto que el grupo funcional carbonilo, "C=O", en los aldehídos, se halla unido a un átomo de hidrógeno, y este hidrógeno es fácilmente oxidable, la principal diferencia entre aldehídos y cetonas radica fundamentalmente en eso. Los aldehídos son sustancias fácilmente oxidables mientras que las cetonas no.

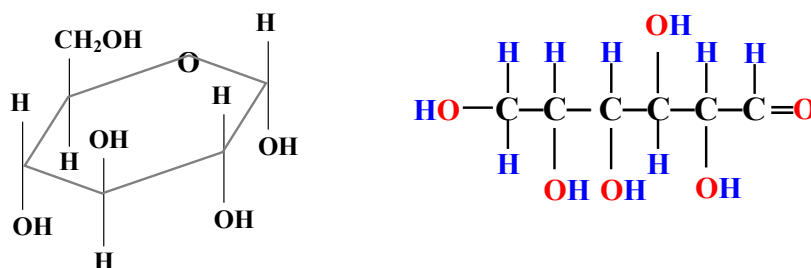


FIGURA 13.9 GLUCOSA, UN ALDEHÍDO COTIDIANO. FUENTE: AUTOR

El formaldehído, ampliamente utilizado como plastificante y antiséptico, y la glucosa, el más conocido de todos los azúcares, constituyen los principales exponentes de la familia de los aldehídos. A su vez, la acetona o dietil cetona, $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{C}=\text{O}$, ampliamente utilizada como solvente, y la fructuosa, un azúcar presente en casi todas las frutas, constituyen algunos de los compuestos más conocidos en esta familia de las cetonas.

13.3.2.1 Nomenclatura

Los aldehídos se nombran cambiando la terminación "o" de los alcanos por la terminación "al o aldehído". Debido a que los aldehídos siempre se hallan al extremo de una cadena o radical, no es necesario especificar su ubicación mediante un número, salvo que haya en el compuesto otras funciones prioritarias en cuanto a nomenclatura.

De acuerdo con el sistema IUPAC de nomenclatura, el primer paso para nombrar un aldehído consiste en elegir como estructura matriz la cadena más larga que contenga la función "–CHO". El segundo paso consiste en suponer que todo el compuesto en su conjunto deriva de esta estructura matriz y, por ende, en indicar la posición de los demás grupos unidos a la cadena matriz, mediante una numeración que comienza en el carbono carbonílico.

Por su parte las cetonas pueden nombrarse escribiendo en orden alfabético el nombre de cada uno de los radicales alquílicos y, seguidamente, la terminación "cetona". Otra forma puede ser indicando con la numeración más baja posible la ubicación del carbono carbonílico en la molécula y adicionando la terminación "ona" al nombre del alcano correspondiente. La tabla No 13.7 ejemplifica esta nomenclatura.

13.3.2.2 Propiedades físicas

Aun cuando el grupo carbonilo convierte a los aldehídos y cetonas en sustancias polares, estas dos familias de compuestos no tienen la capacidad para formar enlaces intermoleculares del tipo "puente de hidrógeno", debido a que solamente poseen enlaces del tipo C–H, y no H–O, como lo exigen estos últimos.

En consecuencia, los aldehídos y las cetonas poseen puntos de fusión y ebullición relativamente más altos que los de alcanos comparables, pero más bajos que los de los correspondientes ácidos o alcoholes. Existe atracción intermolecular en estos compuestos, más no la posibilidad de afianzar esta atracción mediante puentes de hidrógeno. La tabla 13.8, resume estas propiedades.

Aldehído	Nombre IUPAC	Cetona	Nombre IUPAC
	Metanal o formaldehído		Metil, etil, cetona o Butanona
	Etanal o acetaldehído		Propil, metil, cetona o 2-Pentanona
	Nonanal o nonaldehído		Diisobutil cetona o 3,5-Dimetil-4-Heptanona
	3-etilpentanaldehído		Ciclohexanona
	2-bromohexanaldehído		biciclo[2.2.1]-2-heptanona
	Pentanodial o Pentanodialdehído		Ciclohexil, butil cetona o 1-Ciclohexil-1-Pentanona
	3-oxohexanaldehído		3,5-Hheptanodiona
	2-etil-3-hidroxi-3-butanaldehído		4-Etil-4-Hidroxi-2-hexanona
	2,4-dien--Octanaldehído		3-Penten—2—Ona

TABLA 13.7 NOMENCLATURA DE ALDEHÍDOS

Los aldehídos y las cetonas de cadenas cortas, son apreciablemente solubles en agua, debido quizá a la posibilidad de formación de puentes de hidrógeno entre moléculas de agua y moléculas de aldehído. Los aldehídos superiores son solubles en los solventes orgánicos comunes, pero también en etanol, por las mismas razones anteriores.

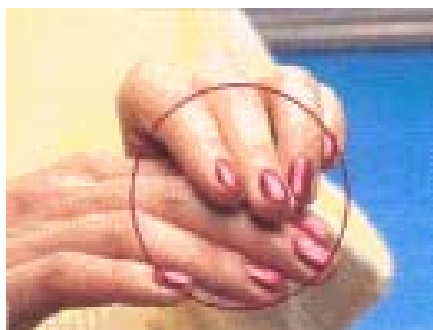
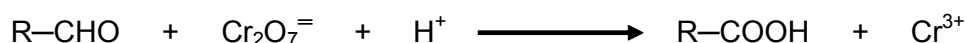


FIGURA 13.10 METIL-ETIL-CETONA, UNA CETONA COTIDIANA. FUENTE: AUTOR

13.3.2.3 Propiedades químicas

Los aldehídos se oxidan fácilmente a ácidos carboxílicos mediante oxidantes comunes, tales como el ácido nítrico y el cromato y dicromato de potasio, mientras que las cetonas no se oxidan bajo condiciones semejantes.



NOMBRE	P.F., °C	P.E., °C	SOLUBILIDAD g/100g H ₂ O
Formaldehído	-90	-21	Muy soluble.
Acetaldehído	-121	20	∞
Propionaldehído	-81	49	16
n-Butiraldehído	-99	76	7
n-Valeraldehído	-91	103	Ligeramente soluble.
Caproaldehído		131	Ligeramente soluble.
Heptaldehído	-42	155	0.1
Fenilacetaldehído		194	Ligeramente soluble.
Benzaldehído	-26	178	0.3
o-Tolualdehído		196	
m-Tolualdehído		199	
p-Tolualdehído		205	
Salicialdehído	2	197	1.7
(o-Hidroxibenzaldehído)	116		1.4
p- Hidroxibenzaldehído	3	248	0.2
Anisaldehído	82	285	1
Vainillina	37	263	0.2
Piperonal	-94	56	∞
Acetona	-86	80	26
Metil-etil-cetona	-78	102	6.3
2-Pentanona	-41	101	5
3-Pentanona	-35	150	2.0
2-Hexanona		124	Ligeramente soluble.
3-Hexanona	-85	119	1.9
Metil-Isobutil-cetona	21	202	

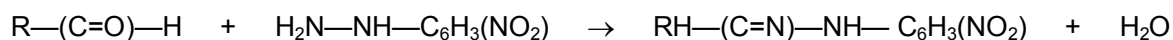
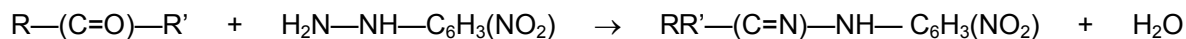
TABLA 13.8 PROPIEDADES FÍSICAS DE ALDEHIDOS Y CETONAS

Los aldehídos también pueden reducirse a alcoholes primarios mediante agentes reductores típicos como el hidruro de litio y aluminio, LiAlH₄, el boro hidruro de sodio, NaBH₄, y la hidrogenación catalítica. Por su parte las cetonas tienden a ser mucho más estables que los aldehídos bajo circunstancias reductoras semejantes y adicionalmente, se reducen a alcoholes secundarios.

13.3.2.4 Reacciones de identificación

El procedimiento para identificar un aldehído comienza por descartar o confirmar primero, la presencia del grupo carbonílico, "C=O" en la molécula, mediante la reacción de la sustancia examinada con el reactivo 2,4—dinitro fenil hidracina. Un resultado positivo para este ensayo indica que el compuesto examinado posee el grupo funcional carbonilo y que por tanto, podría tratarse de un aldehído o de una cetona. Posteriormente, mediante los reactivos de Fehling, Tollens, Schiff y Benedict, se diferencia el grupo funcional aldehído del grupo cetona.

La identificación del grupo carbonílico se basa en el hecho de que todos los compuestos carbonílicos reaccionan con las hidracinas para formar hidrazonas. El ensayo utiliza la 2,4—dinitro fenil hidracina, una hidracina que se caracteriza por ser muy reactiva y dar como productos compuestos sólidos de punto de fusión definido.



Diferenciación entre aldehídos y cetonas mediante el reactivo de Tollens

El reactivo de Tollens consiste en una solución de ion plata amoniacal que se prepara en el momento de su uso y que aprovecha la propiedad que tiene este ion de reducirse en medio básico a plata metálica, en presencia de aldehídos. Un espejo de plata formado sobre las paredes del tubo de vidrio o un precipitado negro de óxido de plata se consideran prueba positiva para aldehídos.



Diferenciación entre aldehídos y cetonas mediante el reactivo de Schiff

El reactivo de Schiff (clorhidrato de p-rosanilina) reacciona con los aldehídos produciendo una coloración púrpura característica que permite identificar y diferenciar claramente los aldehídos de las cetonas. El lector puede encontrar detalles sobre la preparación de los reactivos y las reacciones químicas involucradas, en Martínez, J. Análisis Orgánico Cualitativo. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Para propósitos de identificación, se añaden unas pocas gotas del compuesto examinado a dos mililitros del reactivo de Schiff, se agita suavemente sin calentar y se deja en reposo. Una coloración vino-púrpura, que se desarrolla antes de diez minutos, es prueba positiva para aldehídos.

La espectroscopia infrarroja es quizá la mejor forma de detectar la presencia del grupo carbonilo mediante una banda ancha e intensa alrededor de los 1700 cm^{-1} . Esta banda corresponde a la vibración de estiramiento del enlace "C=O", y es definitiva para cualquier compuesto carbonílico. Los aldehídos, además de la banda de absorción anterior y, a diferencia de las cetonas, poseen también una banda de absorción característica a 2720 cm^{-1} .

Ejercicios

- Las cetonas tienen por fórmula general:
 - R-COO-R'
 - R-O-R'
 - R-OH
 - R-COOH
 - R-CO-R'
- Establezca tres diferencias entre aldehídos y cetonas.
- Escriba la fórmula estructural de:

- 2-metil-2-butenal
- 3-etoxipentenal
- 2 butinal
- α -naftaldehído
- 2,4-pentanodiona
- p-hidroxibenzaldehído

4. Asigne el nombre IUPAC a los siguientes compuestos:

- $(\text{CH}_3)_2\text{CH-CO-CH}_2\text{-CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{-CO-CO-CH}_2\text{-CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CHO}$
- $(\text{CH}_3)_3\text{C-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$

5. Escriba las ecuaciones para las siguientes reacciones de identificación:

- Reactivo de Fehling mas etanal
- Reactivo de Tollens mas propanal
- Reactivo de Tollens mas benzaldehido
- Reactivo de Tollens mas furfural
- Reactivo de Tollens mas Glucosa

Consulte en la bibliografía disponible sobre los métodos de análisis espectroscópico y sobre la aplicación de la espectroscopia Infrarroja en Análisis Orgánico. ¿Qué otras formas de espectroscopia pueden aplicarse a la identificación de compuestos orgánicos?

13.3.3 Ácidos carboxílicos

Los ácidos carboxílicos son compuestos que poseen en su estructura molecular el grupo funcional Carboxilo, " -(C=O)-OH ". Aunque esta familia de compuestos orgánicos equivale en química inorgánica a los "hidroxiácidos" y a los "haluros de hidrógeno", la fortaleza de los ácidos en química orgánica es mucho más baja que la de sus homólogos inorgánicos.



FIGURA 13.11 ÁCIDO ACÉTICO, PRESENTACIÓN QUÍMICA Y COTIDIANA. FUENTE: AUTOR

Los ácidos carboxílicos están ampliamente difundidos en la naturaleza: el ácido fórmico, en la picadura de las hormigas; el ácido acético, en el vinagre de frutas; el ácido butírico, en la mantequilla, y los ácidos grasos como el cáprico, láurico, mirístico, palmítico y esteárico, en muchas de las grasas animales y vegetales que conforman nuestra dieta diaria.

El ácido acético, el más importante de todos los ácidos carboxílicos, puede obtenerse por fermentación de frutas (acetobacter) o por oxidación catalítica de acetileno o etanol. La principal fuente de ácidos carboxílicos superiores esta constituida por las grasas animales y vegetales, de donde se obtienen mediante hidrólisis ácida o básica, principalmente los ácidos láurico, mirístico, palmítico y esteárico.

13.3.3.1 Nomenclatura

Los ácidos carboxílicos se nombran anteponiendo la palabra “ácido” al nombre del compuesto y cambiando la terminación “o” de los alcanos, por la terminación “oico” de los ácidos. Como en todas las funciones anteriores, se debe escoger una estructura matriz que contenga el carbono carboxílico y especificar la ubicación de los demás grupos radicales de la cadena matriz mediante una numeración que debe empezar en el carbono carboxílico. La tabla 13.9 ilustra esta nomenclatura.

FÓRMULA MOLECULAR	Nombre IUPAC
	Ácido Metanoico o Fórmico
	Ácido Eetanoico o Acético
	Ácido Propanoico o Propiónico
	Ácido Octanoico
	Ácido(Cis)-2-Hexenoico
	Ácido 6-Metil Heptanoico
	Ácido 3-Cloro Pentanoico
	Ácido Hexanodioico
	Ácido 6-Hidroxi-4-Oxo Nonanoico

TABLA 13.9 NOMENCLATURA DE LOS ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

13.3.3.2 Propiedades físicas

Los ácidos carboxílicos, como el agua, están formados por estructuras moleculares capaces de formar puentes de hidrógeno entre sí, y con otras moléculas, tales como las de agua o alcohol. Por esta razón su solubilidad en agua y en solventes polares aumenta notoriamente, en relación con sus equivalentes alifáticos.

Es precisamente debido a la gran posibilidad para formar puentes de hidrógeno que tienen los ácidos carboxílicos, que sus puntos de fusión y ebullición son comparativamente mas altos que los de sus homólogos alcanos, alcoholes, aldehídos y cetonas. Los puentes de hidrógeno son enlaces intermoleculares de carácter electrostático que se dan entre moléculas que contengan en sus estructuras hidrógeno y oxígeno o nitrógeno. La figura 13.12 ilustra este tipo de enlaces con moléculas de agua. Sin embargo, dichos enlaces son factibles entre moléculas de alcoholes, ácidos y aminas, entre mezclas de ellos y entre mezclas de ellos con el agua.

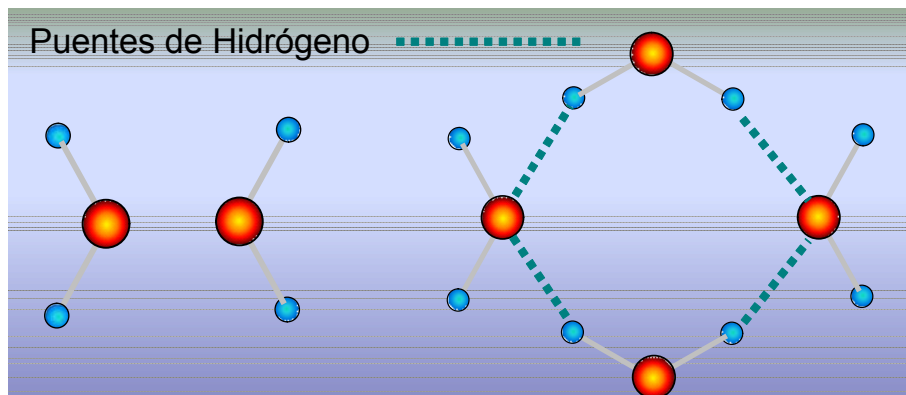
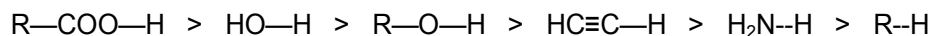


FIGURA 13.12 PUENTES DE HIDRÓGENO ENTRE MOLÉCULAS DE AGUA. FUENTE: AUTOR

Los olores de los ácidos carboxílicos de cadenas cortas van, desde los muy fuertes e irritantes en el ácido fórmico y acético, hasta los desagradables en el butírico, valérico y cáprico. Los olores se hacen más imperceptibles a medida que crece la cadena o el peso molecular del ácido, debido a que conforme aumenta éste, aumentan también los puntos de ebullición, que en últimas, determinan la existencia de moléculas del compuesto, flotando en el ambiente.

13.3.3.3 Propiedades químicas

El carácter ácido de los ácidos carboxílicos solubles y ligeramente solubles en el agua puede detectarse fácilmente mediante el uso de los indicadores ácido—base. Todos los ácidos carboxílicos tienen carácter ácido débil, carácter ácido que se halla regido por el valor de la constante de equilibrio. En términos del grado de acidez, la fortaleza ácida relativa de algunas de las familias de compuestos orgánicos puede expresarse así:



Entre las muchas reacciones que pueden experimentar los ácidos carboxílicos, se destacan las siguientes:

NOMBRE	FORMULA	P.F. °C	P.E. °C	Solubilidad, g/100 ml H ₂ O
Fórmico	HCOOH	8	100.5	∞
Acético	CH ₃ COOH	16.6	118	∞
Propiónico	CH ₃ CH ₂ COOH	-22	141	∞
Butírico	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	-6	164	∞

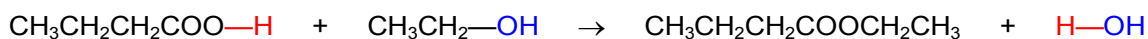
Valeriánico	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	-34	187	3.7
Caproico	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	-3	205	1.0
Caprílico	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH	16	239	0.7
Cáprico	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH	31	269	0.2
Láurico	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	44	225100	i.
Mirístico	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH	54	251100	i.
Palmítico	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	63	269100	i.
Estearico	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	70	287100	i.
Oleico	Cis-9-Octadecanoico	16	22310	i.
Linoleico	Cis,cis-9,12-Octadecanoico	-5	23016	i.
Linolénico	Cis,cis,cis-9,12,15-Octadecanoico	-11	23217	i.
Ciclohexanocarboxílico	Ciclo-C ₆ H ₁₁ COOH	31	233	0.20
Fenilacético	C ₆ H ₅ CH ₂ COOH	77	266	1.66
Benzoico	C ₆ H ₅ COOH	122	250	0.34
o-Toluico	o-CH ₃ C ₆ H ₄ COOH	106	259	0.12
m-Toluico	m- CH ₃ C ₆ H ₄ COOH	112	263	0.10
p-Toluico	p- CH ₃ C ₆ H ₄ COOH	180	275	0.03
o-Clorobenzoico	o- ClC ₆ H ₄ COOH	141		0.22
m-Clorobenzoico	m- ClC ₆ H ₄ COOH	154		0.04
p-Clorobenzoico	p- ClC ₆ H ₄ COOH	242		0.009
o-Bromobenzoico	o- BrC ₆ H ₄ COOH	148		0.18
m- Bromobenzoico	m- BrC ₆ H ₄ COOH	156		0.04
p- Bromobenzoico	p- BrC ₆ H ₄ COOH	254		0.006
o-Nitrobenzoico	o- O ₂ NC ₆ H ₄ COOH	147		0.75
m- Nitrobenzoico	m- O ₂ NC ₆ H ₄ COOH	141		0.34
p- Nitrobenzoico	p- O ₂ NC ₆ H ₄ COOH	242		0.03
Ftálico	o- C ₆ H ₄ (COOH) ₂	231		0.70
Isoftálico	m- C ₆ H ₄ (COOH) ₂	348		0.01
Tereftálico	p- C ₆ H ₄ (COOH) ₂	300 subl.		0.002
Salicílico	o- HOC ₆ H ₄ COOH	159		0.22
p-Hidrobencico	p- HOC ₆ H ₄ COOH	213		0.65
Antranílico	o- H ₂ NC ₆ H ₄ COOH	146		0.52
m-Aminobenzoico	m- H ₂ NC ₆ H ₄ COOH	179		0.77
p- Aminobenzoico	p- H ₂ NC ₆ H ₄ COOH	187		0.3
o-Metoxibenzoico	o- CH ₃ OC ₆ H ₄ COOH	101		0.5

TABLA 13.10 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

Conversión en cloruros de ácido por reacción entre el ácido y cloruro de tionilo, SOCl₂. En esta reacción un átomo de cloro, procedente del cloruro de tionilo, reemplaza al grupo hidroxilo del ácido carboxílico.

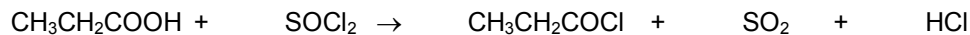


Los ácidos carboxílicos también reaccionan con los alcoholes para formar ésteres. En esta reacción, el hidrógeno ácido del grupo carboxílico reacciona con el hidroxilo del alcohol, para formar agua y un éster. Esta reacción se asemeja a las reacciones de ácidos y bases para formar sales, en química inorgánica:



Los ácidos carboxílicos pueden también convertirse en amidas, mediante conversión previa a cloruro de ácido. Aunque el ácido reacciona con el amoníaco y las aminas directamente, para que

la velocidad de reacción sea apreciable, es preferible convertir primero el ácido en un cloruro de ácido y, posteriormente si, ponerlo a reaccionar con el amoníaco.



Los ácidos carboxílicos, por su carácter ácido, reaccionan fácilmente con las bases inorgánicas fuertes (tipo NaOH o KOH) formando sales fuertes, mucho más polares e hidrosolubles que los ácidos de donde proceden. El ácido esteárico y el estearato de sodio (jabón) tipifican este hecho.

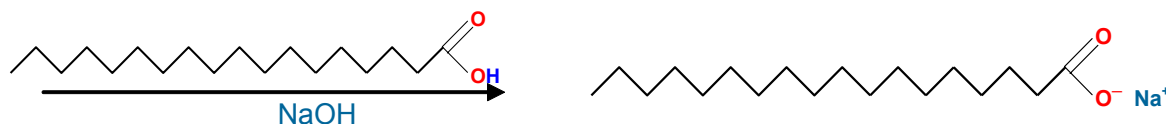


FIGURA 13.13 FORMACIÓN DEL ESTEARATO DE SODIO A PARTIR DEL ÁCIDO ESTEÁRICO. FUENTE: AUTOR

13.3.3.4 Reacciones de identificación

Los ácidos carboxílicos hidrosolubles pueden reconocerse por su reacción con bicarbonato de sodio (desprendiendo CO_2 .) y/o por su reacción frente a un indicador ácido—base. Sin embargo, en los ácidos carboxílicos superiores, la reacción puede ser muy débil o incluso nula, debido a la falta de solubilidad o al bajo valor de la constante de disociación del ácido. Para estos casos, existen otras pruebas más sensibles.

Una de ellas consiste en hacer reaccionar el ácido con una mezcla de “yodato—yoduro de potasio” con el objeto de ocasionar el desprendimiento de yodo y determinar éste, posteriormente, con almidón. El método consiste en colocar aproximadamente 5 mg del ácido en unas pocas gotas de alcohol neutralizado y en adicionar, posteriormente, dos o tres gotas de una solución de KI al 2% y dos o tres gotas de KIO_3 al 4%. Seguidamente se agita suavemente y se coloca el tubo durante un minuto al baño María, para dar tiempo a la generación del I_2 elemental. Finalmente se adicionan unas gotas de almidón al 0,1%. La aparición de una coloración azul u oscura es prueba positiva para los ácidos.



Ejercicios

- ¿Qué radical debe reemplazar el grupo OH^- carboxílico para obtener una amida?
- ¿Cuál es el nombre IUPAC? de:
 - $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{COO}-\text{C}_2\text{H}_5$
 - $(\text{CH}_3-\text{COO}-)_2\text{Ca}$
 - $\text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
 - $(\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2\text{COO}-)_2\text{Mg}$
 - $(\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7\text{COO}-)_3\text{Al}$
- Investigue sobre la fuente natural para la obtención de:

- Ácido acético
 - Ácido butírico
 - Ácido salicílico
 - Ácido cítrico
 - Ácido propiónico
4. Investigue sobre la fuente natural para la obtención de:
- Ácido mirístico
 - Ácido oléico
 - Ácido palmítico
 - Ácido linoléico
 - Ácido esteárico
5. ¿Cuáles son las principales aplicaciones de estos ácidos?

13.3.4 Grupo funcional amina

Las aminas son compuestos que poseen en su estructura el grupo funcional amina, el cual consta básicamente de un átomo de nitrógeno unido directamente a un radical alquílico, esto es, "R—NH₂, R₁R₂NH o R₁R₂R₃N". Nótese que, de acuerdo con esta definición, las aminas pueden ser primarias, secundarias o terciarias, según que el nitrógeno de la amina se halle unido a uno, dos o tres radicales alquílicos.

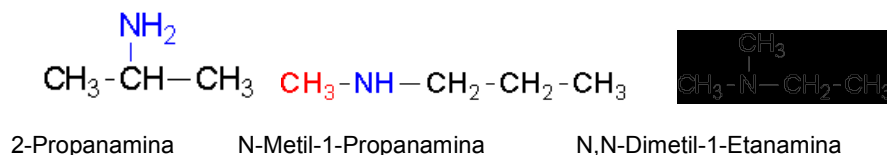


FIGURA 13.14 AMINAS PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y TERCIARIAS

Las aminas son compuestos antagónicos a los ácidos carboxílicos, es decir, tienen propiedades opuestas a estos. Las aminas son en química orgánica, los equivalentes a las bases o hidróxidos de la química inorgánica. Al igual que en los ácidos carboxílicos, la fortaleza de las bases orgánicas, es considerablemente menor que la de sus homólogos inorgánicas.

Pese a no ser compuestos cotidianos, las aminas se emplean en grandes cantidades para la fabricación de plásticos, colorantes y numerosos productos industriales. Las aminas, en especial las aromáticas, son compuestos extremadamente tóxicos que se absorben por la piel. Muchos de ellos, como la piridina son carcinógenos reconocidos.

Las aminas menores, como la metilamina, la dimetilamina y la trimetilamina, se obtienen a escala industrial por reacción entre el metanol y el amoníaco. Un proceso semejante puede aplicarse a la obtención de la etilamina, la dietilamina y la trietilamina. Las aminas también pueden obtenerse por reducción catalítica de nitrocompuestos.



FIGURA 13.15 APLICACIONES DE LAS AMINAS EN LA FABRICACIÓN DE COLORANTES. FUENTE: AUTOR

13.3.4.1 Nomenclatura

Las aminas se nombran indicando los grupos alquílicos unidos al nitrógeno, seguido de la palabra "Amina". Al igual que en las funciones anteriores, se identifica dentro del compuesto una estructura matriz que contenga la función y se comienza la numeración por el extremo más cercano a esta función. El compuesto se nombra entonces como si fuese un derivado de la estructura matriz. La tabla 13.11 ilustra esta nomenclatura.

Aminas Primarias	Nombre IUPAC	Aminas Secundarias	Nombre IUPAC	Aminas Terciarias	Nombre IUPAC
$\text{CH}_3\text{-NH}_2$	Metanamina o Metilamina	$\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3$	N-metilmetanamina o Dimetilamina	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	N,N-Dimetilmetanamina o Trimetilamina
	Etanamina o Etilamina		N-Metiletanamina o Metiletilamina		N,N-Dimetiletanamina
	1-Propanamina o Propilamina		N-Etiletanamina o Dietilamina		N-etil-N-Metiletanamina
	2-Propanamina o Isopropilamina		N-Metil-3-Pentanamina		N-Etil-N-Metil-4-Heptanamina
	1,2-Etanodiamina o Etilen diamina		N-Metil, 1,2-Dimetil-Propanamina		

TABLA 13.11 NOMENCLATURA DE LAS AMINAS

13.3.4.2 Propiedades físicas

Las aminas son compuestos polares que, con excepción de las aminas terciarias, pueden formar puentes de hidrógeno entre sí o con cualquier otra sustancia que comparta con ellas esta propiedad. Debido a ello, las aminas son solubles en solventes polares, siempre y cuando el carácter apolar de su extremo alifático no exceda al carácter polar del grupo amino.

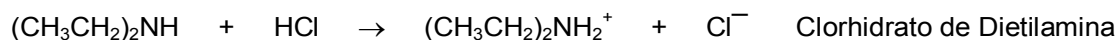
Debido a que el agua tiene un carácter ligeramente ácido, mientras que en comparación con ello, las aminas son marcadamente básicas, la solubilidad de estos compuestos en el agua se incrementa por reacción ácido—base.

Por lo general, una amina secundaria suele ser ligeramente más básica que una amina primaria y ésta a su vez, menos básica que una amina terciaria. En comparación con las aminas aromáticas, las alifáticas tienen un carácter básico más fuerte.

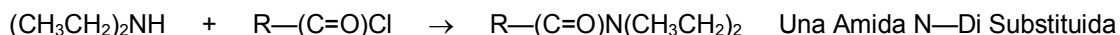
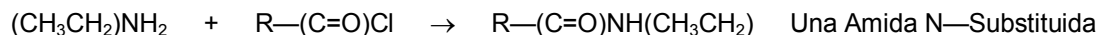
Como es de esperar, la capacidad para formar puentes de hidrógeno que tienen las aminas, incrementa también los valores de sus puntos de fusión y ebullición. La tabla 13.12 ilustra estas propiedades.

13.3.4.3 Propiedades químicas

Las aminas son compuestos que se oxidan con facilidad y debido a ello, aun cuando son incoloras por naturaleza, se tornan fácilmente amarillas o parduscas por exposición breve a la intemperie. Debido a su carácter básico, forman fácilmente sales más hidrosolubles con los ácidos. De hecho, la mayoría de ellas se conservan mejor como clorhidratos.



De las muchas reacciones en las que participan las aminas, su reacción con los cloruros de ácido es quizá la más importante. Mediante esta reacción se obtienen amidas N—sustituidas, si las aminas reaccionantes son primarias o amidas N—Di sustituidas, si las aminas reaccionantes son secundarias.



Los aminoácidos son un tipo particular de sustancias que se obtienen por reacción entre el amoníaco y los ácidos carboxílicos. Puesto que estas sustancias poseen en su estructura las funciones “ácido” y “amino” (dos funciones antagónicas) pueden reaccionar entre sí y formar enormes cadenas carbonatadas mediante un tipo de enlace conocido como “Enlace Peptídico”. De esta forma están constituidas todas las proteínas.

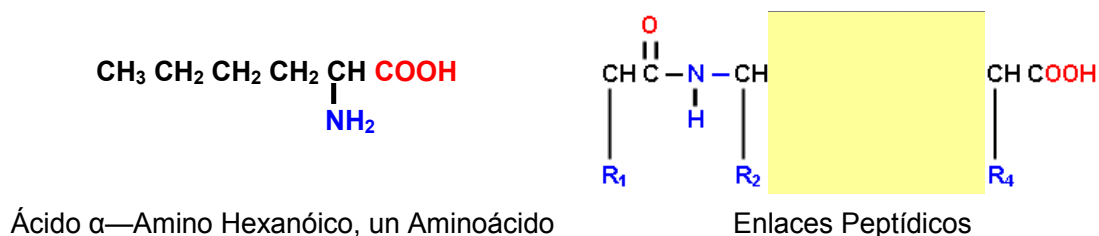


FIGURA 13.16 ENLACE PEPTÍDICO. FUENTE: AUTOR

NOMBRE	P.F. °C	P.E. °C	SOLUBILIDAD g/100 ml H ₂ O	K _b
Metilamina	-92	-7.5	Muy soluble.	4.5 x 10 ⁻⁴
Dimetilamina	-96	7.5	Muy soluble.	5.4
Trimetilamina	-117	3	91	0.6

Etilamina	-80	17	∞	5.1
Dietilamina	-39	55	Muy soluble.	10.0
Trietilamina	-115	89	14	5.6
n- Propilamina	-83	49	∞	4.1
Di-n-propilamina	-63	110	Algo soluble.	10
Tri-n-propilamina	-93	157	Algo soluble.	4.5
Isopropilamina	-101	34	∞	4
n-Butilamina	-50	78	Muy soluble.	4.8
Isobutilamina	-85	68	∞	3
Sec-Butilamina	-104	63	∞	4
t-Butilamina	-67	46	∞	5
Ciclohexilamina		134	∞	5
Bencilamina		185	Algo soluble.	0.2
α -Feniletilamina		187	∞	
β -Feniletilamina		195	4.2	
Etilendiamina	8	117	Soluble.	
Tetrametilendiamina	27	158	Soluble.	
[H ₂ N(CH ₂) ₄ NH ₂]	39	196	Muy soluble.	0.85
Hexamatilendiamina	63	135d	Muy soluble.	5
Hidroxido de tetrametilamonio	-6	184	220	base fuerte
Anilina	-57	196	3.7	4.2 x 10 ⁻¹⁰
Metilanilina	3	194	Muy poco soluble.	7.1
Dimetilaniilina	53	302	1.4	11.7
Difenilamina	127	365	Insoluble.	0.0006
Trifenilamina	-28	200	Insoluble.	2.6
o-Toluidina	-30	203	1.7	5
m-Toluidina	44	200	Algo soluble.	2
p-Toluidina	5	225	0.7	3
o-Anisidina	(o-	251	Algo soluble.	2
CH ₃ OC ₆ H ₄ NH ₂)	57	244	Algo soluble.	0
m-Anisidina	-2	209	Muy poco soluble.	0.05
p-Anisidina	-10	236	Insoluble.	0.3
o-Cloroanilina	70	232		1
m-Cloroanilina	32	229	Algo soluble.	0.03
				0.4

TABLA 13.12 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS AMINAS

13.3.4.4 Reacciones de identificación

Las aminas se reconocen fundamentalmente por su carácter básico, por su solubilidad en ácido clorhídrico, por su olor, por su color amarillento al ser expuestas a la intemperie y por el Ensayo de la Lignina. Este último consiste en mojar con una solución alcohólica de la amina un trozo de papel periódico y agregar, posteriormente, sobre la mancha humedecida unas gotas de HCl 6,0 N. La aparición inmediata de una coloración amarilla o anaranjada es prueba positiva para aminas primarias y secundarias.

Las aminas terciarias no responden a este ensayo. Aunque las reacciones involucradas en el "ensayo de la lignina" no son conocidas, su aplicación es tan contundente y efectiva que es la prueba más ampliamente utilizada para la identificación de las aminas.

Las aminas se identifican en el infrarrojo por sus bandas de flexión N—H a aproximadamente 1600 cm^{-1} y por sus bandas de alargamiento N—H entre 3300 y 3500 cm^{-1} . Las bandas de alargamiento del enlace "C—N" de las aminas aparecen ubicadas en el espectro IR, entre 1050 y 1250 cm^{-1} .

Ejercicios

1. ¿Qué es un péptido y cómo se forma?
2. ¿Cuál es la diferencia entre un péptido y una proteína?
3. Dé el nombre IUPAC a los siguientes compuestos:
 - a. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_3$
 - b. $(\text{CH}_3\text{-CH}_2)_2\text{-N-C}_6\text{H}_5$
4. Haga una lista de los 20 ácidos y 20 aminas diferentes que, a su juicio, sean los más cotidianos y escriba su fórmula molecular y estructural.
5. ¿Qué compuestos se formarían por reacción entre estos ácidos y estas aminas? Escriba sus fórmulas.

13.3.5 El benceno y los compuestos aromáticos

Los compuestos aromáticos son sustancias orgánicas planares cuya característica básica está dada por la conjugación de enlaces sencillo—doble—sencillo—doble, etc., a lo largo de una estructura carbonada. De ellos, el benceno es quizá el compuesto aromático más ampliamente difundido y mejor conocido. Ya que la fórmula estructural del benceno puede representarse de dos formas distintas, dependiendo de donde se ubiquen los dobles enlaces sobre un ciclohexatrieno, ambas fórmulas se condensan en un hexágono con un círculo punteado en su interior:

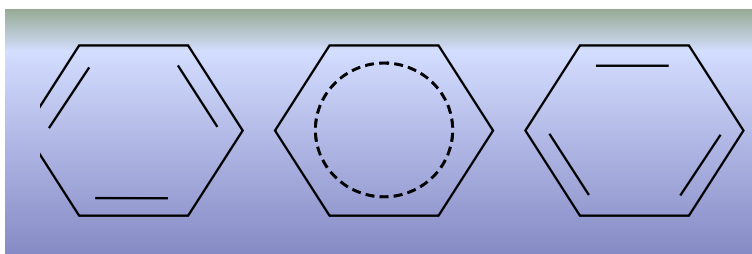


FIGURA 13.17 ESTRUCTURA PLANAR DEL BENCENO. FUENTE: AUTOR

En química orgánica los compuestos se clasifican como alifáticos y aromáticos, debido a que las propiedades de unos y otros difieren apreciablemente. Estos nombres provienen de alifático, semejante a las grasas, y aromático, fragante o perfumado, apreciaciones que en realidad ya no tienen vigencia.

Si bien, existen diferencias químicas notables entre los compuestos alifáticos y aromáticos, para muchos fines son más importantes las clasificaciones específicas de tipo funcional. Así por ejemplo, para ciertos propósitos, pueden ser más importantes las similitudes entre dos ácidos carboxílicos que sus diferencias como alifáticos y aromáticos.

Una de las principales diferencias radica en que los enlaces carbono-carbono del benceno, difieren grandemente de los enlaces sencillos "C—C" y de los enlaces dobles "C=C". En realidad, los enlaces "carbono-carbono" en el benceno no son tan inertes como los enlaces sencillos de los

alcanos, ni tan reactivos como los dobles enlaces de los alquenos, sino que más bien, exhiben unas características intermedias entre estos dos tipos de enlace.

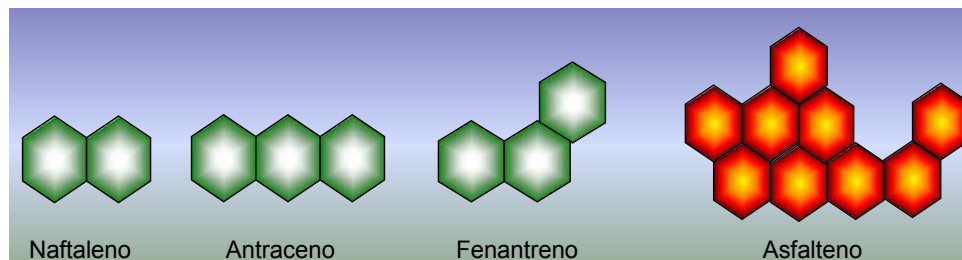


FIGURA 13.18 COMPUESTOS AROMÁTICOS TÍPICOS. FUENTE: AUTOR

Pero los compuestos aromáticos no solo derivan de la estructura patrón del benceno, sino también de otras estructuras aromáticas patrón, tales como las del naftaleno, antraceno y fenantreno, y de los asfaltenos o compuestos aromáticos polinucleares.

Existen muchos y muy diferentes tipos de compuestos aromáticos. Prácticamente todas las funciones químicas que existen en los hidrocarburos alifáticos, existen también en los compuestos aromáticos. Así mismo, existen muchos compuestos orgánicos que reúnen tanto características aromáticas como características alifáticas dentro de una misma estructura molecular. Éstos compuestos se conocen como arenos.

Los compuestos aromáticos monosustituídos, derivados del benceno, se nombran simplemente con el nombre del radical y la terminación benceno. En los aromáticos disustituídos, se emplean los prefijos “orto”, “meta” y “para”, para indicar la ubicación relativa de los dos grupos sustituyentes.

Finalmente, muchos de los compuestos aromáticos poseen un nombre, que aceptado por la fuerza de la costumbre, se ha adoptado también como nomenclatura IUPAC. Esto hace que muchos de los compuestos aromáticos, se nombren como derivados de estas estructuras matrices. La tabla 13.13 tipifica esta nomenclatura.

Ejercicios

1. Partiendo del benceno, ¿cómo se podría preparar el TNT? Explique y argumente mediante las reacciones respectivas.
2. Partiendo del benceno, ¿cómo prepararía anilina? Explique y argumente mediante las reacciones respectivas.
3. Escriba la fórmula estructural para los radicales
 - a. 9 – fenantril
 - b. O- nitrofenil
 - c. α -naftil
 - d. fenil
 - e. p-tolil
4. Escriba la fórmula para los siguientes compuestos:
 - a. Estireno

- b. Fluoreno
- c. Cumeno
- d. Trifenilmetano
- e. Cimeno




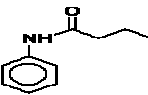



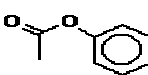

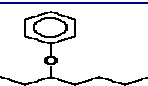


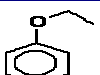
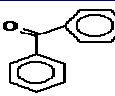

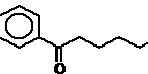
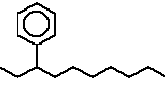

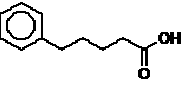



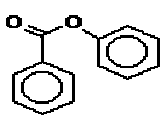
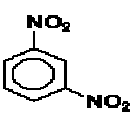
Compuesto Aromático	Nomenclatura IUPAC	Compuesto Aromático	Nomenclatura IUPAC
	Etilbenceno		Anilina o Aminobenceno
	Terbutilbenceno		Butanilida
	Clorobenceno		Fenol
	Bromobenceno		Etanoato de fenilo
	Nitrobenceno		3-Fenoxiheptano
	Tolueno		Acetofenona
	Etoxibenceno		Benzofenona
	Cumeno op Isopropilbenceno		1-Feil-1-hexanona
	3-Fenildecano		Benzamida
	Ácido 5-Fenilpentanoico		Ácido Benzoico
	Estireno		Benzoato de Etilo
	Benzoato de fenilo		m-Dinitrobenceno

TABLA 13.13 NOMENCLATURA DE LOS COMPUESTOS AROMÁTICOS.

5. Escriba el nombre químico y la estructura molecular para cada uno de los siguientes compuestos:

- a. Creolina
- b. Anilina
- c. Pirogalol
- d. Naftalina
- e. Hidroquinona

13.4 Epílogo

Los genes son viajeros de la evolución que van cambiando de compañeros, vida tras vida, aliento tras aliento,... Ellos son los verdaderos caminantes del tiempo, que marchan haciendo su propio camino, según sus designios. Nosotros somos simplemente sus instrumentos temporales de supervivencia. Una vez que hemos cumplido con sus propósitos egoístas, nos desechan y siguen su camino...

Los genes son los habitantes del tiempo geológico....Si comprendiésemos lo que se proponen nuestros genes, entonces tendríamos al menos la oportunidad de intentar modificar sus designios, algo a lo que ninguna otra especie a aspirado jamás...

J@L, Trozos y adaptaciones de aquí y de allá...

Lecturas y referencias sugeridas

Morrison and Boyd. Química Orgánica. Capítulos 15 y 16. Fondo Educativo Interamericano. Bogotá, 1976

Manco Lozano, Felix. Química orgánica. Migema. Tercera Edición. 1996. Capítulos 12 al 21.

<http://organica1.pquim.unam.mx/nomenclatura/nomenclatura.htm>

<http://www.uam.es/departamentos/ciencias/qorg/default.html>

<http://www.unav.es/organica/>

<http://www.unex.es/qoceres/qoceres.htm>

www.iqo.csic.es/ - 4k

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Launchpad/6318/>

<http://www.uib.es/depart/dqu/dquo/qohomepage2.html>

<http://utopia.uv.es/>

http://www.uam.es/departamentos/ciencias/qorg/docencia_red/qo/100/lecc.html

http://lcmxba.lc.ehu.es/www/Departamentos/departamentos/Q_org.html