



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

Rector

Jaime Alberto Leal Afanador.

Vicerrectora Académica y de Investigación

Constanza Abadía García.

Vicerrector de Medios y Mediaciones Pedagógicas

Leonardo Yunda Perlaza.

Vicerrector de Desarrollo Regional y Proyección Comunitaria

Leonardo Evemeleth Sánchez Torres.

Vicerrector de Servicios a Aspirantes, Estudiantes y Egresados

Edgar Guillermo Rodríguez Díaz.

Vicerrector de Relaciones Internacionales

Luigi Humberto López Guzmán.

Decana Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Julialba Ángel Osorio.

Líder Nacional de Investigación

Juan Sebastián Chiriví Salomón

Líder de investigación de Escuela

Yolvi Prada

ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS OXIGENADOS Y SU INCIDENCIA EN EL EJE AGROPECUARIO- AMBIENTAL

Julián Andrés Castillo Vargas
Correo institucional: andres.castillo@unad.edu.co
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5163-5127>

Ficha Bibliográfica Diligencia por Biblioteca

Título: Estructura y propiedades de compuestos orgánicos oxigenados y su incidencia en el eje agropecuario-ambiental

Autor: Julián Andrés Castillo Vargas

Grupo de Investigación: Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

DOI: <https://doi.org/10.22490/notas.3496>

©Editorial
Sello Editorial UNAD
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Calle 14 sur No. 14-23
Bogotá D.C

Edición No. 1

Año 2019.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons - Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 internacional. https://co.creativecommons.org/?page_id=13.



TABLA DE CONTENIDO

Resumen	8
Introducción	8
Capítulo 1: Alcoholes y Fenoles	9
Clasificación de alcoholes.....	9
Propiedades de los alcoholes.....	10
Fenoles.....	12
Píldora 1: Fenoles en el eje agropecuario-ambiental.....	13
Capítulo 2: Éteres.....	14
Propiedades de los éteres.....	14
Capítulo 3: Aldehídos y Cetonas.....	16
Propiedades de los aldehídos y cetonas	16
Aldehídos	16
Cetonas	17
Punto de ebullición y solubilidad en aldehídos y cetonas	18
Píldora 2: aldehídos y cetonas en el eje agropecuario-ambiental	19
Capítulo 4: Ácidos carboxílicos y ésteres	21
Ácidos carboxílicos	21
Ésteres	22
Propiedades físicas de los ácidos carboxílicos y ésteres	22
Píldora 3: ácidos carboxílicos y ésteres en el eje agropecuario-ambiental	24
Capítulo 5: Conceptos clave	26
Lista de figuras	28
Lista de tablas	29
Bibliografía	29

Resumen

La química orgánica es una rama de la química que estudia los compuestos formados mayoritariamente por carbono e hidrógeno. Entre las familias de compuestos orgánicos que se encuentran en la naturaleza y en los sistemas agropecuarios ambientales, tenemos a los compuestos oxigenados. Estos pueden ser, alcoholes, fenoles, éteres, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos carboxílicos. Cada una de estas familias, presenta propiedades físicas y químicas características, que determinan sus respuestas en los diversos sistemas en donde participan. Los compuestos oxigenados presentan una amplia incidencia en el eje agropecuario-ambiental, por lo tanto, el entendimiento de sus propiedades permite tomar decisiones adecuadas para optimizar los procesos internos de este eje.

Palabras Clave: ácidos carboxílicos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, química orgánica

Introducción

En estas notas se presentarán conceptos de estructura y propiedades de los principales grupos funcionales orgánicos que contienen oxígeno y su incidencia en el eje agropecuario-ambiental. Estos incluyen, a los alcoholes, fenoles, éteres, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y ésteres. Aunque el objetivo de este capítulo no es impartir conceptos de nomenclatura, al final de su estudio, el estudiante debe ser capaz de identificar grupos funcionales contenidos dentro de compuestos, basados en sus nombres IUPAC. Por ejemplo, un alcohol es un compuesto orgánico con un grupo funcional hidroxilo (-OH) unido a un átomo de carbono alifático. Debido a que -OH es el grupo funcional de todos los alcoholes, a menudo representamos los alcoholes mediante la fórmula general ROH, donde R es un grupo alquilo. Las pautas de nomenclatura IUPAC utilizan el sufijo '-ol' para denotar compuestos simples que contienen alcoholes. De la misma forma, se explorarán las demás familias de compuestos orgánicos oxigenados, que hacen parte del eje agropecuario-ambiental.

Capítulo 1: Alcoholes y Fenoles

Clasificación de alcoholes

Algunas de las propiedades y la reactividad de los alcoholes, dependen del número de átomos de carbono y del carbono unido al grupo -OH (Cabildo et al., 2008). Los alcoholes se pueden agrupar en tres clases:

- Alcoholes primarios (1°): son aquellos en los que el grupo OH está unido a un carbono primario (en rojo). Su fórmula general es RCH_2OH (Figura 1).
- Alcoholes secundarios (2°): son aquellos en los que el grupo OH está unido a un carbono secundario (en rojo). Su fórmula general es R_2CHOH .
- Alcoholes terciarios (3°): son aquellos en los que el grupo OH está unido a un carbono terciario (en rojo). Su fórmula general es R_3COH .

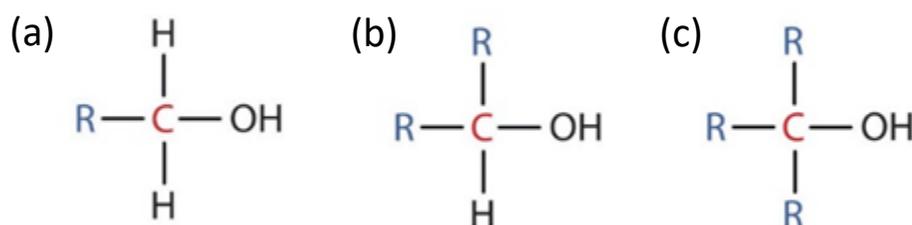


Figura 1. Estructura general de un alcohol (a) primario, (b) secundario, (c) terciario.

Propiedades de los alcoholes

Los alcoholes pueden considerarse derivados del agua (H_2O ; también escritos como HOH ; Cabildo et al., 2008).

Al igual que el enlace $H-O-H$ en el agua, el enlace $R-O-H$ está doblado, y la porción $-OH$ de las moléculas de alcohol es polar. Esta relación, es particularmente evidente en moléculas pequeñas y se refleja en las propiedades físicas y químicas de los alcoholes con baja masa molar. Reemplazar un átomo de hidrógeno de un alcano con un grupo OH

permite que las moléculas se asocien a través de la unión de hidrógeno (Wade, 2017a).

Las propiedades físicas están determinadas en gran medida por el tipo de fuerzas intermoleculares. La Tabla 1 enumera las masas molares y los puntos de ebullición de algunos compuestos comunes. Además, muestra que sustancias con masas molares similares pueden tener puntos de ebullición muy diferentes.

Tabla 1. Comparación de la masa molar y los puntos de ebullición entre algunas sustancias y alcoholes comunes (Wade, 2017a).

Formula	Nombre	Masa molar (g/mol)	Punto de ebullición (°C)
CH ₄	Metano	16	-164
HOH	Agua	18	100
C ₂ H ₆	Etano	30	-89
CH ₃ OH	Metanol	32	65
C ₃ H ₈	Propano	44	-42
CH ₃ CH ₂ OH	Etanol	46	78
C ₄ H ₁₀	Butano	58	-1
CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	1-propanol	60	97

Los alcanos no son polares y por lo tanto se asocian sólo a través de fuerzas de dispersión de London (FDL; fuerzas de interacción entre moléculas apolares), las cuales son relativamente débiles. Los puntos de ebullición de los alcanos con uno a cuatro átomos de carbono son tan bajos, que todas estas moléculas son gases a temperatura ambiente (Wade, 2017a). Por el contrario, compuestos que contienen un grupo funcional alcohol, por ejemplo, el metanol (con un solo átomo de carbono), se ve que, a pesar de su tamaño pequeño, son líquidos a temperatura ambiente (Cabildo et al., 2008). Dado que los alcoholes tienen la capacidad de formar puentes de hidrógeno, sus puntos de

ebullición son significativamente más altos en comparación con hidrocarburos de masa molar comparable. El punto de ebullición es una medida aproximada de la cantidad de energía necesaria para separar una molécula líquida de sus vecinas más cercanas (Cabildo et al., 2008). Si las moléculas interactúan a través de puentes de hidrógeno, se debe suministrar una cantidad relativamente grande de energía para romper estas fuerzas intermoleculares. Sólo después de esto último, la molécula puede escapar del líquido hacia el estado gaseoso. Este es el caso de los alcoholes.

Otra tendencia interesante que se observa de la tabla 1, es que a medida que aumenta el número de carbonos en la estructura del alcohol, aumenta su punto de ebullición. Esto se debe a que las moléculas pueden tener más de un tipo de fuerza intermolecular. De hecho, además de los puentes de hidrógeno, las moléculas de alcohol también tienen FDL que se producen entre las porciones no polares de las moléculas (Wade, 2017a).

Además de formar puentes de hidrógeno consigo mismos, los alcoholes también pueden formar puentes de hidrógeno con moléculas de agua. Así, mientras que los hidrocarburos son insolubles en agua, los pequeños alcoholes con uno a tres átomos de carbono son completamente solubles. Sin embargo, a medida que aumenta la longitud de la cadena, la solubilidad de los alcoholes en agua disminuye, volviéndose más afines con hidrocarburos y menos con el agua (Cabildo et al., 2008). Por ejemplo, el alcohol 1-decanol ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_2\text{OH}$), que contiene 10 átomos de carbono, es prácticamente insoluble en agua.

Fenoles

Los compuestos en los que un grupo -OH se une directamente a un anillo aromático, se denominan fenoles y se pueden abreviar como ArOH en ecuaciones químicas (Wade, 2017b). Los fenoles difieren de los alcoholes, en que son ligeramente ácidos en el agua. Al igual que las reacciones de neutralización ácido-base de doble desplazamiento, reaccionan con hidróxido de sodio acuoso (NaOH) para formar una sal y agua (Figura 2).

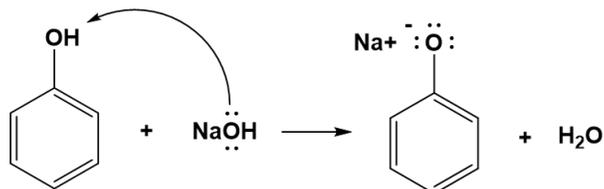


Figura 2. Formación de fenóxido de sodio (adaptado de: Wade, 2017b)

El fenol más simple, C₆H₅OH, se denomina fenol. El fenol es un compuesto cristalino blanco, que tiene un olor distintivo ("a antiséptico").

Píldora 1: Fenoles en el eje agropecuario-ambiental

Los fenoles son ampliamente utilizados como antisépticos (sustancias que eliminan microorganismos en el tejido vivo) y como desinfectantes (sustancias destinadas a eliminar microorganismos en objetos) (Cabildo et al., 2008). De hecho, fue el primer antiséptico usado en el siglo XVIII. Por ejemplo, Joseph Lister lo usó para cirugía antiséptica en 1867 (Wade, 2017b).

Este compuesto se debe manipular con precaución, ya que es tóxico y puede causar quemaduras graves cuando entra en contacto con la piel. En el torrente sanguíneo, es un **veneno sistémico**, lo que significa que

afecta de manera general, todas las partes del cuerpo (Vollhardt & Schore, 2013). Sus efectos secundarios graves, llevaron a búsquedas de antisépticos más seguros, siendo en la actualidad reemplazado por otros como por ejemplo el etanol. Actualmente, el fenol se utiliza sólo en concentraciones muy pequeñas, en algunos productos médicos de venta libre, como el aerosol de garganta cloraséptico.

Sin embargo, el fenol, no es el único compuesto fenólico que encontramos en los sistemas biológicos. Existen compuestos más complejos que contienen grupos funcionales fenólicos, que se encuentran comúnmente en la naturaleza, especialmente en productos naturales derivados de plantas (Wade, 2017b). Por ejemplo, algunos de los principales metabolitos que se encuentran en el té verde, son el gallato de epigallocatequina (EGCG) y la epicatequina (Figura 3). Se cree que la actividad biológica de las catequinas como agentes antioxidantes contribuye a esta actividad junto a otros beneficios para la salud (Wade, 2017a). Algunos de los componentes biológicamente activos de la marihuana, como el tetrahidrocannabinol (THC) y el cannabidiol (CBD) también son compuestos fenólicos (Figura 3).

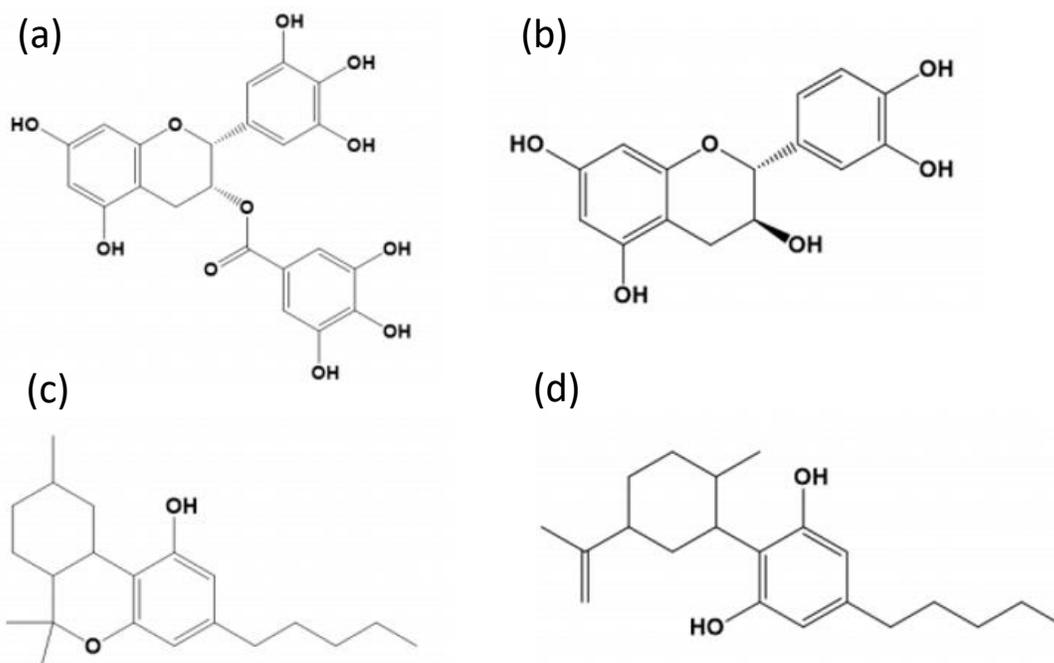


Figura 3. Productos naturales de origen vegetal que contienen grupos funcionales fenólicos. (a) Gallato de epigallocatequina (EGCG), (b) epicatequina, (c) tetrahidrocannabinol (THC) y (d) cannabidiol (CBD)

Capítulo 2: Éteres

Los éteres son una clase de compuestos orgánicos que contienen un oxígeno entre dos grupos alquilo. Tienen la fórmula $R-O-R'$, donde R y R' son grupos alquilo. Estos compuestos se utilizan en tintas, perfumes, aceites, ceras y diversos usos industriales (Vollhardt & Schore, 2013).

Propiedades de los éteres

Los enlaces C – O en éteres son polares y por lo tanto, estos tienen un momento dipolar neto. La polaridad débil de los éteres no afecta apreciablemente a sus puntos de ebullición. Los éteres tienen puntos de ebullición mucho más bajos en comparación con los alcoholes de peso molecular semejante. Esto se debe a que las moléculas de alcohol están asociadas por puentes de hidrógeno, mientras que las moléculas de éter no pueden formar puentes de hidrógeno entre sí. Por ejemplo, el éter dietílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$) tiene un punto de ebullición de $34,6^\circ\text{C}$, mientras que n-butanol, ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), un alcohol de cuatro carbonos tiene un punto de ebullición de $117,7^\circ\text{C}$ (Vollhardt & Schore, 2013).

Sin embargo, los éteres pueden formar puentes de hidrógeno con el agua, ya que esta tiene átomos de hidrógeno con densidad de carga positiva. Por lo tanto, los éteres que contienen hasta 3 átomos de carbono son solubles en agua debido a la formación de puentes de H con esta.

La solubilidad de los éteres disminuye con el aumento en el número de átomos de carbono en la estructura. El aumento relativo en la porción de hidrocarburo de la molécula de éter, disminuye la tendencia de la formación de puentes de hidrógeno con el agua (Cabildo et al., 2008). Los éteres son muy solubles en solventes orgánicos no polares. De hecho, se pueden utilizar como solventes de moléculas no polares a ligeramente polares. Además, los éteres son muy no reactivos. Con la excepción de los alcanos, cicloalcanos y fluorocarbonos, los éteres son probablemente la clase menos reactiva de compuestos orgánicos (Cabildo et al., 2008).

Por lo tanto, los éteres más pequeños, como el éter dietílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$) son ampliamente utilizados como solventes para una variedad de reacciones orgánicas. La naturaleza inerte de los éteres en relación con los alcoholes, se debe sin duda a la ausencia del grupo O-H.

Capítulo 3: Aldehídos y Cetonas

Los aldehídos y cetonas se caracterizan por la presencia de un grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$). Su reactividad generalmente se puede entender, reconociendo que el carbono carbonílico tiene una carga positiva parcial (d^+) y el oxígeno carbonílico tiene una carga negativa parcial (d^-). Los aldehídos son más reactivos que las cetonas (Figura 4).

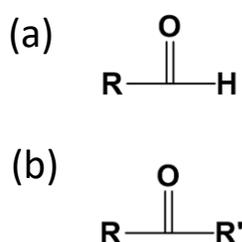


Figura 4. Estructura general de un (a) aldehído, (b) cetona

Propiedades de los aldehídos y cetonas

Aldehídos

En los aldehídos, el grupo carbonilo tiene un átomo de hidrógeno unido a él junto con alguno de los siguientes átomos o grupos de átomos:

- un segundo átomo de hidrógeno (formaldehído)
- o, más comúnmente, una cadena de hidrocarburo, que podría ser un grupo alquilo o una cadena aromática.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de aldehídos (en este capítulo, no exploraremos los aldehídos aromáticos) (Figura 5):

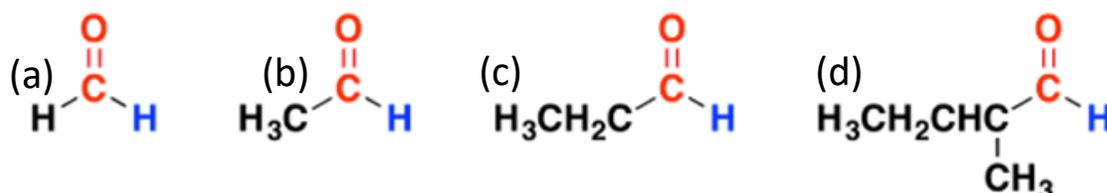


Figura 5. Estructura de algunos aldehídos de bajo peso molecular: (a) metanal, (b) etanal, (c) propanal y (d) 2-metilbutanal

Obsérvese que todos estos compuestos, tienen exactamente el mismo grupo funcional. Sólo difieren en la cadena alquílica. Cuando se está denotando, el grupo de aldehído (grupo formilo) siempre se escribe como CHO y nunca como COH, para así evitar confusiones con los alcoholes. Etanal, por ejemplo, está escrito como CH_3CHO y no como CH_3COH

Cetonas

En las cetonas, el grupo carbonilo tiene dos grupos radicales unidos. Una vez más, estos pueden ser grupos de alifáticos u aromáticos. Obsérvese que las cetonas nunca tienen un átomo de hidrógeno unido al grupo carbonilo (Figura 6).



Figura 6. Estructura de algunas cetonas de bajo peso molecular: (a) propanona, (b) butanona y (c) 3-pentanona

Punto de ebullición y solubilidad en aldehídos y cetonas

Los aldehídos y las cetonas más grandes son líquidos, con un aumento en su punto de ebullición, a medida que aumenta el número de átomos de carbono. El punto de ebullición se rige por el nivel de las fuerzas intermoleculares (Wade, 2017a). Las moléculas de aldehídos y cetonas, se mantienen unidas por dos tipos de fuerzas intermoleculares: fuerzas de dispersión de London y atracción dipolo-dipolo.

En la tabla 2, se proporcionan algunos ejemplos de compuestos de masa similar, pero que tienen diferentes tipos de grupos funcionales. Tenga en cuenta que los compuestos que tienen fuerzas intermoleculares más fuertes tienen puntos de ebullición más altos:



Tabla 2. Comparación de puntos de ebullición y fuerzas intermoleculares en algunos compuestos orgánicos (Wade, 2017a).

Compuesto	Familia	Masa molar (g/mol)	Tipo de fuerza intermolecular	Punto de ebullición (°C)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	Alcano	58	Sólo fuerzas de dispersión de London	-1
$\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	Eter	60	Dipolo débil	6
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	Aldehído	58	Dipolo fuerte	49
$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	Cetona	58	Dipolo más fuerte	56
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	Alcohol	60	Puentes de hidrógeno	97

Debido a la polaridad del grupo carbonilo, el átomo de oxígeno del aldehído o cetona forma puentes de hidrógeno con moléculas de agua.

Por lo tanto, la solubilidad de los aldehídos y las cetonas es aproximadamente la misma que la de los alcoholes y los éteres. El formaldehído (HCHO), el acetaldehído (CH_3CHO) y la acetona ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$) son solubles en agua. A medida que la cadena de carbono aumenta en longitud, la solubilidad en agua disminuye. El límite de solubilidad se produce en cuatro átomos de carbono por átomo de oxígeno. Todos los aldehídos y cetonas son solubles en solventes orgánicos y, en general, son menos densos que el agua.

Píldora 2: aldehídos y cetonas en el eje agropecuario-ambiental

Al igual que los otros grupos funcionales que contienen oxígeno discutidos hasta ahora, los aldehídos y cetonas también están muy extendidos en la naturaleza y a menudo se combinan con otros grupos funcionales. Ejemplos de moléculas naturales que contienen un grupo funcional aldehído o cetona, se muestran en la figura 7, los cuales se encuentran principalmente en plantas o microorganismos. Muchas de estas estructuras moleculares son quirales y tienen una estereoquímica distinta.

Cuando los compuestos quirales se encuentran en la naturaleza, generalmente son enantioméricamente puros. Por ejemplo, la carvona se encuentra como su enantiómero levorotatorio (R) en aceite de menta, mientras que las semillas de alcaravea contienen el enantiómero (S) dextrorotatorio. En este caso, el cambio de la estereoquímica provoca un cambio drástico en el olor percibido. Aldehídos y cetonas son conocidos por sus olores dulces y a veces picantes. El olor del extracto de vainilla proviene de la molécula de vanillina. Del mismo modo, el benzaldehído proporciona un fuerte aroma a almendras. Debido a sus agradables fragancias, los aldehídos y cetonas se encuentran a menudo en perfumes. Sin embargo, no todas las fragancias son agradables. En particular, 2-Heptanona proporciona parte del aroma de queso azul y (R)-Muscon es parte del olor almizclado del ciervo almizclero del Himalaya. Por último, las cetonas aparecen en muchas hormonas importantes como la progesterona (hormona sexual femenina) y la testosterona (hormona sexual masculina). De esta forma, diferencias sutiles en la estructura pueden causar cambios drásticos en la actividad biológica.

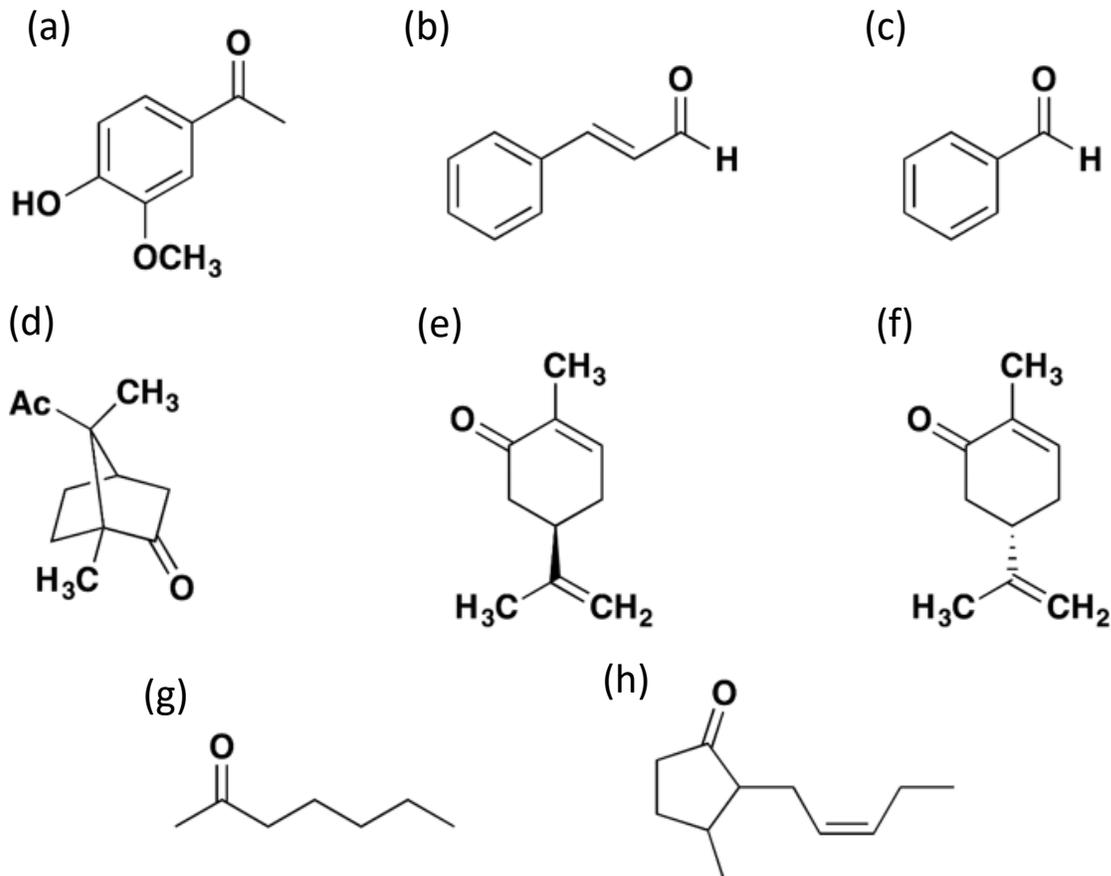


Figura 7. Estructuras de algunos aldehídos y cetonas en productos naturales. (a) Vainillina (olor a esencia de vainilla), (b) Cinamaldehído (esencia de canela), (c) Benzaldehído (almendras amargas), (d) alcanfor, (e) (R)-carvona (aceite de yerbabuena), (f) (S)-carvona (aceite de semilla de alcaravea), (g) 2-heptanona (queso azul), (h) Z-jazmin (esencial de jazmín)

Capítulo 4: Ácidos carboxílicos y ésteres

Los ácidos carboxílicos se pueden reconocer fácilmente, ya que tienen un carbono carbonílico que está unido directamente a un grupo funcional

un grupo alquilo (Vollhardt & Schore, 2013). La estructura es el producto de un ácido carboxílico (la porción R) y un alcohol (la porción de R') (Figura 10).

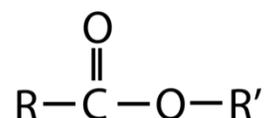


Figura 10. Estructura general de un éster

Donde el grupo R' puede ser un hidrógeno (ácido carboxílico) o una cadena de carbono (éster).

Propiedades físicas de los ácidos carboxílicos y ésteres

Los ácidos carboxílicos pueden formar dímeros de puentes de hidrógeno, lo que aumenta sus puntos de ebullición, en relación a alcoholes de tamaño similar (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de puntos de ebullición y fuerzas intermoleculares en algunos compuestos orgánicos frente a los ácidos carboxílicos y ésteres (adaptada de: Wade, 2017b).

Compuesto	Familia	Masa molar (g/mol)	Tipo de fuerza intermolecular	Punto de ebullición (°C)
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	Alcano	58	Sólo fuerzas de dispersión de London	-1
CH ₂ OCH ₂ CH ₃	Eter	60	Dipolo débil	6

$\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	Ester	60	Dipolo moderado	32
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	Aldehído	58	Dipolo fuerte	49
$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	Cetona	58	Dipolo más fuerte	56
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	Alcohol	60	Puentes de hidrógeno	97
CH_3COOH	Ácido carboxílico	60	Puentes de hidrógeno	118

Los ésteres pequeños tienen puntos de ebullición inferiores a los de aldehídos y cetonas con una masa similar (Tabla 9.3). Los ésteres, como los aldehídos y las cetonas, son moléculas polares (moléculas que presentan momento dipolar diferente de cero). sin embargo, sus interacciones dipolo-dipolo son más débiles que las de aldehídos y cetonas y son incapaces de formar puentes de hidrógeno. Por lo tanto, sus puntos de ebullición son más altos que los éteres y más bajos que los aldehídos y cetonas de tamaño similar.

Los ácidos carboxílicos de bajo peso molecular tienden a ser líquidos a temperatura ambiente, mientras que moléculas más grandes forman sólidos cerosos (sólidos con aspecto grasoso). Los ácidos carboxílicos que varían en longitud de cadena de carbono de 12 -20 carbonos, se llaman típicamente ácidos grasos, ya que se encuentran comúnmente en grasas y aceites. Comparable a otras moléculas que contienen oxígeno, los ácidos carboxílicos de cadena corta tienden a ser solubles en agua, debido a su capacidad para formar puentes de hidrógeno (Cabildo et al.,

2008). A medida que aumenta la longitud de la cadena de carbono, la solubilidad del ácido carboxílico en el agua baja.

Píldora 3: ácidos carboxílicos y ésteres en el eje agropecuario-ambiental

Los ácidos carboxílicos suelen tener olores desagradables, penetrantes e incluso rancios (Vollhardt & Schore, 2013). El olor a vinagre, por ejemplo, se debe al ácido etanoico (también conocido como ácido acético) y el olor de las medias sin lavar es causado en gran parte por el ácido butanóico. Debido a su naturaleza ácida, los ácidos carboxílicos también tienen un sabor agrio como se destaca en el vinagre y el ácido cítrico, que se encuentra en muchas frutas (Vollhardt & Schore, 2013). Los ésteres, por otro lado, tienen aromas agradables y son responsables del aroma de muchas frutas y flores. Los ésteres también pueden tener sabores afrutados.

Los ácidos carboxílicos y ésteres son comunes en la naturaleza y se utilizan para una multitud de propósitos. Por ejemplo, las hormigas de la familia *Formicidae* utilizan el ácido carboxílico más simple, el ácido fórmico, como defensa química y para atrapar a sus presas (Figura 11; Wade, 2017b). El vinagre es una solución diluida de ácido acético (5%) y este último es responsable de su sabor agrio y picante. El ácido acético también explica los sabores ácidos en el vino (Vollhardt & Schore, 2013). El ácido cítrico se encuentra en muchas frutas y explica su sabor agrio. Otros ácidos carboxílicos como PABA y ácido glicólico, se utilizan en la industria cosmética. PABA que es producido por plantas, hongos y bacterias, es un componente común de los alimentos. En 1943, el PABA

fue patentado como uno de los primeros compuestos utilizados en la fabricación de protectores solares. Sin embargo, ha caído en desuso desde mediados de la década de 1980, debido a que puede producir alergias (Vollhardt & Schore, 2013). El ácido glicólico es el más pequeño de la clase de ácido conocido como ácidos hidroxicarboxílicos y se usa en la industria de procesamiento de alimentos y cosmética. También se utiliza en el procesamiento de alimentos se cómo conservante y en la industria del cuidado de la piel, se utiliza como reductor de cicatrices faciales generadas por el acné (Wade, 2017b).

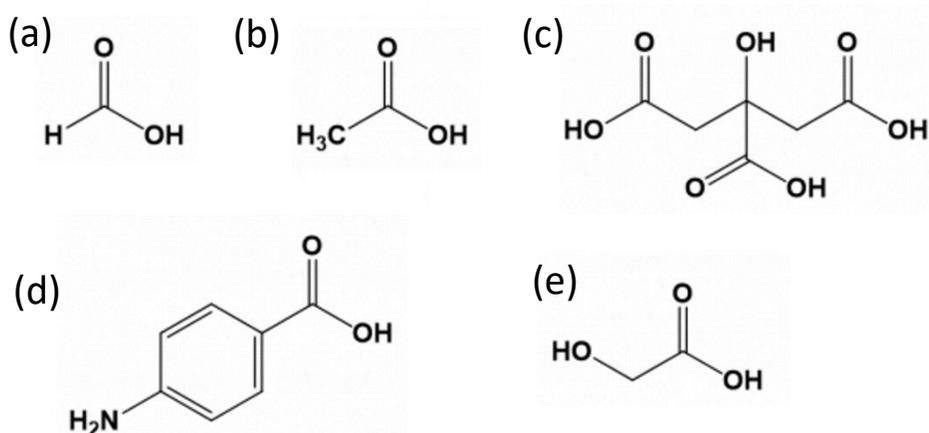


Figura 11. Ejemplos de ácidos carboxílicos comunes. (a) ácido fórmico (hormigas), (b) ácido acético (vinagre), (c) ácido cítrico (naranjas), (d) ácido p-amino benzóico (PABA) (protector solar), (e) ácido glicólico (crema anti-acné) (adaptado de: Wade, 2017b).

Los ésteres son fácilmente sintetizados y naturalmente abundantes, contribuyendo a los sabores y aromas en muchas frutas y flores (Wade, 2017a). Por ejemplo, el éster, salicilato de metilo también se conoce como el aceite de verde invernal (Figura 12). El aroma afrutado de las piñas, peras y fresas es causado por ésteres, así como el aroma dulce del ron.

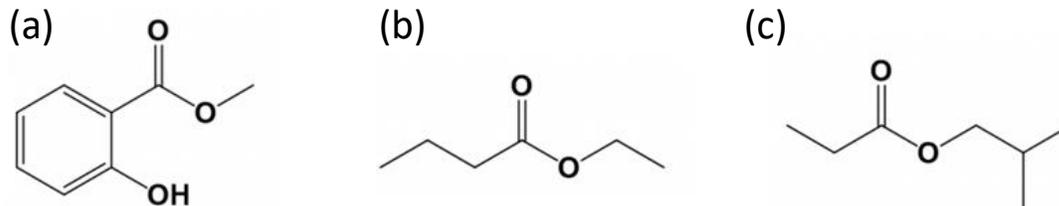


Figura 12. Ejemplos de ésteres comunes. (a) metil salicilato (esencia de cerezas), (b) butirato de etilo (esencia de piña), (c) propionato de isobutilo (aroma del ron) (Vollhardt & Schore, 2013).

Los ésteres también conforman la mayor parte de las grasas animales y aceites vegetales como triglicéridos (Figura 13).

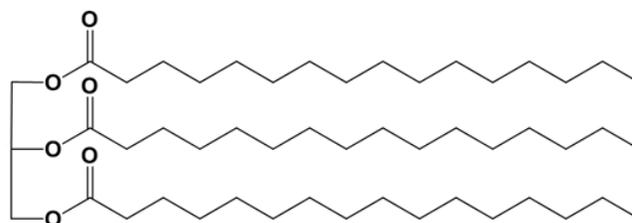


Figura 13. Estructura de un triglicérido.

Capítulo 5: Conclusiones y conceptos clave

El grupo hidroxilo (OH) es el grupo funcional de los **alcoholes**. Los alcoholes están representados por la fórmula general ROH. Los alcoholes se derivan de los alcanos, reemplazando uno o más átomos de hidrógeno por un grupo OH. Un **alcohol primario (1o)** (RCH_2OH) tiene el grupo OH en un átomo de carbono primario; un alcohol secundario (R_2CHOH) tiene el grupo OH en un átomo de carbono secundario; y un **alcohol terciario (3o)** (R_3COH) tiene el grupo OH en un átomo de carbono terciario. La capacidad de formar puentes de hidrógeno aumenta en gran medida los puntos de ebullición de los alcoholes, en comparación con los

hidrocarburos de masa molar semejante (Vollhardt & Schore, 2013). Los alcoholes también pueden formar puentes de hidrógeno con moléculas de agua, y alcoholes hasta con cuatro átomos de carbono, son solubles en agua. **Los fenoles** (ArOH) son compuestos que tienen el grupo OH unido a un anillo aromático. **Los éteres** (ROR, ROAr, ArOAr) son compuestos en los que un átomo de oxígeno se une a dos grupos orgánicos. Las moléculas de éter no tienen ningún grupo OH y, por lo tanto, no pueden formar puentes de hidrógeno intermoleculares. Por lo tanto, los éteres tienen puntos de ebullición más bajos que alcoholes de masa molecular semejante. Los éteres tienen un átomo de oxígeno y pueden formar puentes de hidrógeno con moléculas de agua. Una molécula de éter tiene aproximadamente la misma solubilidad en agua que un alcohol de peso molecular semejante. El **grupo carbonilo, se constituye por** un doble enlace carbono = oxígeno (C=O), y está omnipresente en diversos compuestos biológicos. Se encuentra en carbohidratos, grasas, proteínas, ácidos nucleicos, hormonas y vitaminas, compuestos orgánicos críticos para los sistemas vivos. El **grupo carbonilo**, es característico en **aldehídos** y **cetonas**. En aldehídos, el grupo carbonilo se une a un hidrógeno; en cetonas, ambos enlaces del carbono carbonílico son enlaces carbono - carbono. Un **ácido carboxílico** (RCOOH) tiene el grupo funcional -COOH, llamado grupo **carboxilo**, que tiene un grupo OH unido a un carbono carbonílico. Un **éster** (RCOOR'), tiene un grupo OR' unido a un átomo de carbono carbonilo. Los ácidos carboxílicos tienen olores fuertes y a menudo desagradables y pungentes. Son moléculas altamente polares y forman fácilmente puentes de hidrógeno entre sí, por lo que tienen puntos de ebullición relativamente altos. Los ésteres son compuestos de olor agradable y son responsables de las fragancias de flores y frutas (Wade, 2017a). Tienen puntos de ebullición más bajos que

los ácidos carboxílicos porque, aunque las moléculas de éster son algo polares, no forman puentes de hidrógeno entre sí. Sin embargo, si pueden formar puentes de hidrógeno con el agua, lo que los hace solubles en esta.

Lista de figuras

Figura 1. Estructura general de un alcohol (a) primario, (b) secundario, (c) terciario

Figura 2. Formación de fenóxido de sodio

Figura 3. Productos naturales de origen vegetal que contienen grupos funcionales fenólicos. (a) Gallato de epigallocatequina (EGCG), (b) epicatequina, (c) tetrahidrocannabinol (THC) y (d) cannabidiol (CBD)

Figura 4. Estructura general de un (a) aldehído, (b) cetona

Figura 5. Estructura de algunos aldehídos de bajo peso molecular: (a) metanal, (b) etanal, (c) propanal y (d) 2-metilbutanal

Figura 6. Estructura de algunas cetonas de bajo peso molecular: (a) propanona, (b) butanona y (c) 3-pentanona

Figura 7. Estructuras de algunos aldehídos y cetonas en productos naturales. (a) Vainillina (olor a esencia de vainilla), (b) Cinamaldehído (esencia de canela), (c) Benzaldehído (almendras amargas), (d) alcanfor, (e) (R)-carvona (aceite de yerbabuena), (f) (S)-carvona (aceite de semilla de alcaravea), (g) 2-heptanona (queso azul), (h) Z-jazmin (esencial de jazmín)

Figura 8. Estructura del grupo carboxilo

Figura 9. Producción de carboxilato

Figura 10. Estructura general de un éster

Figura 11. Ejemplos de ácidos carboxílicos comunes. (a) ácido fórmico (hormigas), (b) ácido acético (vinagre), (c) ácido cítrico (naranjas), (d)

ácido p-amino benzoico (PABA) (protector solar), (e) ácido glicólico (crema anti-acné)

Figura 12. Ejemplos de ésteres comunes. (a) metil salicilato (esencia de cerezas), (b) butirato de etilo (esencia de piña), (c) propionato de isobutilo (aroma del ron).

Figura 13. Estructura de un triglicérido

Lista de tablas

Tabla 1. Comparación de la masa molar y los puntos de ebullición entre algunas sustancias y alcoholes comunes

Tabla 2. Comparación de puntos de ebullición y fuerzas intermoleculares en algunos compuestos orgánicos

Tabla 3. Comparación de puntos de ebullición y fuerzas intermoleculares en algunos compuestos orgánicos frente a los ácidos carboxílicos y ésteres

Bibliografía

Cabildo, M. M. D. P., García, F. A., & López, G. C. (2008). *Química orgánica. Capítulos: alcoholes, éteres y epóxidos. Compuestos de azufre, el grupo carbonilo: aldehídos y cetonas, ácidos carboxílicos, derivados de ácidos carboxílicos.* Recuperado de <https://ebookcentral-proquest-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/lib/unadsp/reader.action?docID=3199649&ppg=1>

Wade, L. G. (2017a). *Química orgánica. Volumen 1. (9a. ed.)* Pearson Educación. Capítulos 10, 11 y 14. Recuperado de <http://www.ebooks7-24.com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=4271&pg=1>

Wade, L. G. (2017b). *Química orgánica. Volumen 2. (9a. ed.)* Pearson Educación. Capítulos 18, 19, 20 y 21. Recuperado de <http://www.ebooks7-24.com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=4272&pg=1>

Vollhardt, P., Schore, N. (2013) *Química Orgânica: estrutura e função.* 6th Edición. Bookman