

## **Los Ácidos Carboxílicos: Estructura, propiedades y usos**

Los ácidos carboxílicos son compuestos orgánicos que contienen uno, dos o más grupos carboxilo ( $-\text{COOH}$  o  $-\text{CO}_2\text{H}$ )

El más simple es el ácido metanoico (ácido fórmico), y uno de los más familiares es el ácido etanoico (ácido acético), que en estado diluido e impuro forma parte del vinagre. Los ácidos carboxílicos con un único grupo carboxilo y, generalmente, de cadena lineal se denominan ácidos grasos; la cadena hidrocarbonada puede ser saturada o bien contener uno o más enlaces dobles. Muchos ácidos carboxílicos son esenciales en la química de los organismos vivos. Otros son productos químicos de gran importancia industrial

El nombre de los ácidos carboxílicos comienza con la palabra "ácido" seguida por el nombre del alcano básico terminado en "oico". Para los ácidos alifáticos, el carbono uno corresponde al carbono carboxilo. Los ácidos más frecuentes se conocen por sus nombres comunes, por ejemplo Ácido metanoico o fórmico,  $\text{HCOOH}$ ; Ácido etanoico o Ácido acético,  $\text{CH}_3 - \text{COOH}$ ; Ácido propanoico o propiónico,  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ; Ácido butanoico o butírico,  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

### **Desarrollo**

#### **Clasificación**

De acuerdo al número de carbonos que contenga el ácido alifático, se distinguen como ácidos de cadena corta, media y larga. Los siguientes ácidos se incluyen dentro de los de cadena media: Ácido pentanoico o valérico, Ácido hexanoico o caproico, Ácido octanoico o caprílico y Ácido decanoico o caprico. Los ácidos de cadena larga se encuentran en estructuras macromoleculares como los lípidos y entre ellos se encuentran: el Ácido dodecanoico o láurico, Ácido tetradecanoico o mirístico, Ácido hexadecanoico o palmítico, Ácido octadecanoico o esteárico, Ácido eicosanoico o araquídico y el Ácido tetraeicosanoico o lignocérico

Entre los ácidos carboxílicos aromáticos se encuentran el Ácido benzoico,  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{COOH}$  y sus derivados como el Ácido o-hidroxibenzoico o Ácido salicílico, el Ácido paminobenzoico o PABA y el Ácido acetilsalicílico o ASPIRINA

Algunos ácidos, tanto alifáticos (de cadena abierta) como aromáticos o cíclicos (de cadena cerrada), se clasifican como dicarboxílicos porque incluyen en sus estructuras dos grupos carboxilos, entre los cuales se tienen el Ácido oxálico o etanodioico,  $\text{HOOC} - \text{COOH}$ ; Ácido malónico o propanodioico,  $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ; Ácido Succínico o butanodioico,  $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ; Ácido glutárico o pentanodioico y Ácido adípico o hexanodioico. El ácido ftálico o bencen-1,2-dicarboxílico es un ejemplo de ácido dicarboxílico aromático

Los hidroxiaácidos se clasifican según la posición en que se localiza el grupo hidroxilo, como  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$  hidroxiaácidos. El Ácido láctico es el  $\alpha$ -hidroxipropanoico porque su grupo hidroxilo se encuentra enlazado al carbono dos y el Ácido  $\beta$ -hidroxibutírico presenta su grupo hidroxilo posicionado en el carbono tres. Otro hidroxiaácido importante es el hidroxiaacético

Entre los ácidos hidroxidicarboxílicos se encuentran el Ácido málico o hidroxisuccínico y el Ácido tartárico o 2,3-dihidroxisuccínico. Entre los ácidos hidroxitricarboxílicos se encuentran el Ácido cítrico o 2-hidroxipropano-1,2,3-tricarboxílico y el Ácido isocítrico o 1-hidroxipropano-1,2,3-tricarboxílico

Los cetoácidos presentan un grupo carbonilo y, de igual manera, se clasifican , , o cetoácidos. El Ácido pirúvico o 2-oxopropiónico, es un -cetoácido y el Acido acetoacético o 3-oxobutírico es un -cetoácido El ácido oxaloacético u oxosuccínico es un -cetoácido dicarboxílico e igualmente el Ácido cetoglutárico Algunos ácidos orgánicos presentan insaturaciones. Se conocen en las grasas, por ejemplo, los ácidos oleico, linoleico y linolénico, derivados del ácido esteárico con diferentes grados de insaturación. El Acido fumárico o trans-butenodioico y el Ácido maleico o cis- butenodioico son ejemplos de ácidos insaturados dicarboxílicos. Se clasifican como ácidos -insaturados porque el doble enlace se realiza entre carbonos y

### **Propiedades físicas**

Los ácidos de masa molar baja (hasta diez átomos de carbono) son líquidos incoloros, de olor muy desagradable. El olor del vinagre se debe al ácido acético; el de la mantequilla rancia al ácido butírico. El ácido caproico se encuentra en el pelo y secreciones del ganado caprino. Los ácidos C5 a C10 poseen olores a "cabra". El resto sólidos cerosos e inodoros a temperatura ambiente. Sus puntos de fusión y ebullición crecen al aumentar la masa molar

Los ácidos inferiores son solubles en agua; su solubilidad decrece a partir del ácido butírico con el aumento del carácter hidrocarbonado de la molécula. Todos los ácidos son solubles en solventes orgánicos

### **Ácidos carboxílicos más importantes**

Ácido acrílico, nombre común en química para el ácido propénico,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ . Este compuesto orgánico es un líquido incoloro, inflamable, cáustico y de olor punzante, con una temperatura de ebullición de 142 °C. El ácido acrílico es el ácido carboxílico insaturado más sencillo; sus sales y ésteres se denominan acrilatos. Industrialmente, este ácido se obtiene, entre otros procedimientos, por oxidación catalítica del propeno o por hidrólisis de la acroleína. Debido al doble enlace, el ácido acrílico —al igual que los compuestos derivados del mismo— es muy reactivo. Su reacción principal es la polimerización: los poliácrilatos resultantes son a menudo transparentes pero quebradizos. Para modificar sus propiedades físicas y químicas, pueden combinarse con otros componentes (copolimerización). Así, el ácido acrílico es el material de partida para fabricar plásticos, barnices, resinas elásticas y adhesivos transparentes

Ácido benzoico, sólido de fórmula  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$ , poco soluble en agua y de acidez ligeramente superior a la de los ácidos alifáticos sencillos. Se usa como conservador de alimentos. Es poco tóxico y casi insípido. Se combina con el ácido salicílico en forma de pomada con propiedades antimicóticos. Puede aplicarse sin peligro a la piel

Ácido fumárico, es el ácido trans-butenodioico, compuesto cristalino incoloro, de fórmula  $\text{HO}_2\text{CCH}=\text{CHCO}_2\text{H}$ , que sublima a unos 200 °C. Se encuentra en ciertos hongos y en algunas plantas, a diferencia de su isómero cis, el ácido maleico (cis-butenodioico), que no se produce de forma natural

Es soluble en agua caliente, éter y alcohol. Se obtiene por deshidratación del ácido málico y por isomerización del ácido maleico por distintos procedimientos (acción de la luz, calentamiento...). Interviene en el ciclo de Krebs como intermediario metabólico

Se utiliza en el procesado y conservación de los alimentos por su potente acción antimicrobiana, y para fabricar pinturas, barnices y resinas sintéticas

Ácido linoleico, líquido oleoso, incoloro o amarillo pálido, de fórmula  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{CO}_2\text{H}$ , cuyos dobles enlaces presentan configuración cis. Es soluble en disolventes orgánicos y se polimeriza con facilidad, lo que le confiere propiedades secantes. El ácido linoleico es un ácido graso esencial, es decir, es un elemento necesario en la dieta de los mamíferos por ser uno de los precursores de las prostaglandinas y otros componentes de tipo hormonal

Se encuentra como éster de la glicerina en muchos aceites de semillas vegetales, como los de linaza, soja, girasol y algodón. Se utiliza en la fabricación de pinturas y barnices

Ácido oleico, líquido oleoso e incoloro, de fórmula  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$  en su configuración cis (la cadena de carbono continúa en el mismo lado del doble enlace). Es un ácido graso no saturado que amarillea con rapidez en contacto con el aire. Por hidrogenación del ácido oleico se obtiene el ácido esteárico (saturado). No es soluble en agua, pero sí en benceno, alcohol, éter y otros muchos disolventes orgánicos. Se solidifica por enfriamiento y funde a 14 °C. Su isómero trans (ácido elaídico) es sólido y funde a 51 °C; se puede obtener por calentamiento del ácido oleico en presencia de un catalizador

Junto con el ácido esteárico y el ácido palmítico se encuentra, en forma de éster, en la mayoría de las grasas y aceites naturales, sobre todo en el aceite de oliva. Se obtiene por hidrólisis del éster y se purifica mediante destilación. Se utiliza en la fabricación de jabones y cosméticos, en la industria textil y en la limpieza de metales

Ácido salicílico, sólido blanco y cristalino, que se encuentra en numerosas plantas, en especial en los frutos, en forma de metilsalicilato, y se obtiene comercialmente a partir del fenol. Su fórmula es:

Tiene un sabor ligeramente dulce; es poco soluble en agua y más soluble en alcohol, éter y cloroformo. Tiene un punto de fusión de 159 °C. Este ácido se emplea sobre todo para preparar algunos ésteres y sales importantes

El salicilato de sodio, que se obtiene tratando el fenolato de sodio con dióxido de carbono a presión, se usa para preservar alimentos y en mayor medida para elaborar preparados antisépticos suaves como pasta de dientes y colutorios. Los compuestos salicílicos medicinales empleados como analgésicos y antipiréticos son el ácido acetilsalicílico y el fenilsalicilato, que se venden bajo el nombre comercial de aspirina y salol, respectivamente. El metilsalicilato es el principal componente del aceite de gaulteria o esencia de Wintergreen, y se fabrica sintéticamente en grandes cantidades por reacción de ácido salicílico y metanol

Ácido caprílico o Ácido undecilénico es un líquido amarillo de fórmula  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ , con olor a rancio característico, de actividad fungicida contra diversos hongos. El ácido caprílico y sus sales presentan acción dermatomicrobiana

Ácido esteárico, sólido orgánico blanco de apariencia cristalina, de fórmula  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ . No es soluble en agua, pero sí en alcohol y éter. Junto con los ácidos láurico, mirístico y palmítico, forma un importante grupo de ácidos grasos. Se encuentra en abundancia en la mayoría de los aceites y grasas, animales y vegetales, en forma de éster—tristearato de glicerilo o estearina— y constituye la mayor parte de las grasas de los alimentos y del cuerpo humano. El ácido se obtiene por la hidrólisis del éster, y comercialmente se prepara hidrolizando el sebo. Se utiliza en mezclas lubricantes, materiales resistentes al agua, desecantes

de barnices, y en la fabricación de velas de parafina. Combinado con hidróxido de sodio el ácido esteárico forma jabón (estearato de sodio)

El ácido esteárico se emplea para combinar caucho o hule con otras sustancias, como pigmentos u otros materiales que controlen la flexibilidad de los productos derivados del caucho; también se usa en la polimerización de estireno y butadieno para hacer caucho artificial

El ácido esteárico tiene un punto de fusión de 70 °C y un punto de ebullición de 383 °C

Ácido etanoico o Ácido acético, líquido incoloro, de fórmula  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , de olor irritante y sabor amargo. En una solución acuosa actúa como ácido débil. El ácido etanoico puro recibe el nombre de ácido etanoico glacial, debido a que se congela a temperaturas ligeramente más bajas que la ambiente. En mezclas con agua solidifica a temperaturas mucho más bajas. El ácido etanoico es miscible (mezclable) con agua y con numerosos disolventes orgánicos

Puede obtenerse por la acción del aire sobre soluciones de alcohol, en presencia de cierta clase de bacterias como la *Bacterium aceti*. Las soluciones diluidas (de 4 a 8%) preparadas de este modo a partir del vino, sidra o malta constituyen lo que conocemos como vinagre. El ácido etanoico concentrado se prepara industrialmente mediante distintos procesos, como la reacción de metanol (alcohol metílico) y de monóxido de carbono (CO) en presencia de un catalizador, o por la oxidación del etanal (acetaldehído)

El ácido acético se utiliza en la producción de acetato de rayón, plásticos, películas fotográficas, disolventes para pinturas y medicamentos como la aspirina. Tiene un punto de ebullición de 118 °C y un punto de fusión de 17 °C

Ácido láctico o Ácido 2-hidroxiopropanoico, compuesto incoloro de fórmula  $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ . Se da bajo dos formas ópticamente activas, dextrógira y levógira\*, frecuentemente denominadas ácido D-láctico y ácido L-láctico

En su estado natural es una mezcla ópticamente inactiva compuesta por partes iguales de ambas formas D- y L-, conocida como mezcla 'racémica'

Normalmente se prepara por fermentación bacteriana de lactosa, almidón, azúcar de caña o suero de la leche. Pequeñas cantidades de ácido L-láctico están presentes en la sangre y en otros fluidos y órganos del cuerpo; este ácido se forma en los tejidos, sobre todo los musculares, que obtienen energía metabolizando azúcar en ausencia de oxígeno. La acumulación de grandes cantidades de este ácido en los músculos produce fatiga y puede causar calambres. El ácido láctico que se forma en la leche por la fermentación de la lactosa es el que hace que aquella se agrie. El ácido láctico se utiliza para elaborar queso, chucrut, col fermentada, bebidas suaves y otros productos alimenticios

Ácido málico, es el ácido hidroxibutanodioico, compuesto incoloro de fórmula  $\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CHOHCO}_2\text{H}$ . Tiene un punto de fusión de unos 100 °C y es soluble en agua y en alcohol. El químico sueco Carl W. Scheele fue quien determinó su composición y propiedades

Existe en dos formas ópticamente activas, aunque el ácido l-málico (isómero levógiro) es el único de origen natural. La mezcla racémica fue descubierta por Louis Pasteur

Se encuentra en las manzanas, uvas y cerezas verdes y en otros muchos frutos, así como en los vinos. Se puede obtener de forma sintética a partir del ácido tartárico y del ácido succínico. Al calentarlo se deshidrata y produce ácido fumárico y ácido maleico. Forma parte del ciclo de Krebs como intermediario metabólico

Se utiliza como aditivo alimentario por su acción antibacteriana y su agradable aroma. También se emplea en medicina, en la fabricación de ciertos laxantes y para tratar afecciones de garganta

Ácido metanoico o Ácido fórmico, el más simple de los ácidos orgánicos. Su fórmula química es  $\text{HCOOH}$ . Es un líquido incoloro de olor irritante cuyos puntos de ebullición y de congelación son de  $100,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente. Se prepara comercialmente haciendo reaccionar dióxido de carbono con monóxido de carbono a alta temperatura y presión. El ácido metanoico se utiliza a gran escala en la industria química, al igual que para la obtención de tintes y curtidos. En la naturaleza el ácido metanoico aparece en el veneno de las hormigas y de las ortigas

Ácido oxálico, es el ácido etanodioico, sólido incoloro de fórmula  $\text{HO}_2\text{CCO}_2\text{H}$ , que cristaliza con dos moléculas de agua. A  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  pierde el agua de cristalización, y el ácido anhidro funde a  $190\text{ }^{\circ}\text{C}$

Se encuentra en muchas plantas en forma de sales (oxalatos) de potasio. Su sal de calcio también aparece en ciertos vegetales y en los cálculos renales

Se puede obtener por oxidación de sustancias orgánicas como los azúcares o la celulosa, pero en la actualidad se prepara a partir de un compuesto sintético: la sal sódica del ácido fórmico

Se utiliza en análisis químico por su poder reductor y en especial en la determinación de magnesio y de calcio. También se emplea en tintorería, en el curtido de pieles, en síntesis de colorantes y como decapante

Ácido palmítico, sólido blanco grisáceo, untuoso al tacto, de fórmula  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ . Es un ácido graso saturado que se encuentra en una gran proporción en el aceite de palma, de ahí su nombre. Es soluble en alcohol y éter, pero no en agua. Tiene un punto de fusión de  $63\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un punto de ebullición de  $271\text{ }^{\circ}\text{C}$  a una presión de 100 mm de mercurio

Se encuentra en la mayoría de las grasas y aceites, animales y vegetales, en forma de éster (tripalmitato de glicerilo o palmitina). Por saponificación, es decir, por reacción del éster con un álcali (hidróxido de sodio o potasio) se obtiene la sal alcalina, y a partir de ella se puede obtener el ácido por tratamiento con un ácido mineral. Las sales alcalinas tanto del ácido palmítico como del ácido esteárico son los principales constituyentes del jabón

Se utiliza en aceites lubricantes, en materiales impermeables, como secante de pinturas y en la fabricación de jabón

Ácido pirúvico, es el ácido  $\alpha$ -cetopropanoico, líquido incoloro de olor fuerte y picante, soluble en agua y de fórmula  $\text{H}_3\text{CCOCO}_2\text{H}$ . Tiene un punto de ebullición de  $165\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un marcado carácter ácido. Fue descubierto por el químico sueco Jöns J. Berzelius a partir del ácido tartárico. En la actualidad se sigue obteniendo por calentamiento de este ácido

Interviene en numerosas reacciones metabólicas. Por ejemplo, es un producto de degradación de la glucosa que se oxida finalmente a dióxido de carbono y agua

En las levaduras se produce un proceso de fermentación en el que el ácido pirúvico se reduce a etanol. También puede ser transformado en el hígado en el correspondiente aminoácido, la alanina

Ácido cítrico, sólido blanco, de fórmula  $C_3H_4O_7$ , soluble en agua y ligeramente soluble en disolventes orgánicos, con un punto de fusión de 153 °C. Las disoluciones acuosas de ácido cítrico son algo más ácidas que las de ácido etanoico. El ácido cítrico se encuentra en diferentes proporciones en plantas y animales, ya que es un producto intermedio del metabolismo prácticamente universal. En mayores cantidades se encuentra en el jugo de las frutas cítricas, de las que se obtiene por precipitación, añadiendo óxido de calcio. El citrato de calcio producido se trata con ácido sulfúrico para regenerar el ácido cítrico. La principal fuente de obtención comercial del ácido es la fermentación del azúcar por la acción del hongo *Aspergillus niger*. Se emplea como aditivo en bebidas y alimentos para darles un agradable sabor ácido. También se utiliza en fármacos, para elaborar papel cianotipo, en imprenta textil y como agente abrillantador de metales

Ácido succínico, es el ácido butanodioico, sólido incoloro o blanco, de fórmula  $HO_2C(CH_2)_2CO_2H$ , que funde a 185 °C. Es soluble en agua, éter y alcohol. Interviene en el conjunto de reacciones que constituyen el ciclo de Krebs

Se encuentra sobre todo en los músculos, en hongos y en el ámbar y otras resinas, de donde se extrae por destilación. Se obtiene por hidrogenación del ácido málico, y en la industria se sintetiza a partir del acetileno y del formaldehído

Se utiliza en la fabricación de lacas, colorantes, en perfumería y en medicina  
Ácido tartárico, también llamado ácido dihidroxidossuccínico o ácido dihidroxibutanodioico, es un ácido orgánico de fórmula  $C_4H_6O_6$ . Este ácido, que se encuentra en muchas plantas, ya era conocido por los griegos y romanos como tártaro, la sal del ácido de potasio que se forma en los depósitos de jugo de uva fermentada. Fue aislado por primera vez en 1769 por el químico sueco Carl Wilhelm Scheele, al hervir el tártaro con creta y descomponer el producto con ácido sulfúrico

La fermentación de los jugos de uvas, tamarindos, piñas y moras produce, en la superficie interna del recipiente, una capa de tartrato ácido de potasio llamada argol o posos. Al hervir el argol en ácido clorhídrico diluido, precipita tartrato de calcio al añadir hidróxido de calcio. Con la adición de ácido sulfúrico diluido se libera el ácido dextrotartárico, el cual gira el plano de luz polarizada a la derecha; este ácido tiene un punto de fusión de 170 °C y es soluble en agua y en alcohol, pero no en éter

Otra variedad llamada ácido levotartárico es idéntica al ácido dextrotartárico, solo que aquél gira el plano de luz polarizada a la izquierda. Fue el químico francés Louis Pasteur quien por primera vez preparó este ácido a partir de una sal de sodio y amonio. El ácido tartárico sintetizado en laboratorio es una mezcla de idénticas cantidades de ácidos dextro y levo, y esta mezcla, llamada ácido tartárico racémico, no afecta al plano de luz polarizada. Una cuarta variedad, el ácido mesotartárico, tampoco afecta al plano de luz polarizada, está compensado internamente

El ácido tartárico, en sus dos formas racémico y dextrorrotatorio, se emplea como aderezo en alimentos y bebidas. También se utiliza en fotografía y barnices, y como tartrato de sodio y de potasio (conocido como sal de Rochelle) constituye un suave laxante