

FUNCIONES QUÍMICAS DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS

(GRUPOS FUNCIONALES DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS)

por Carlos Eduardo Núñez

Texto libre y gratis para usos no lucrativos nombrando la fuente.

www.cenunez.com.ar

(Versión de mayo de 2012)

INTRODUCCIÓN

Se les llama compuestos orgánicos a todos aquellos que están conformados por cadenas de átomos de carbono que pueden tener la longitud de varios miles de unidades (Por conveniencia y porque cumplen con las mismas leyes se incluye también a los de un solo átomo). La estructura más simple, y la que se puede considerar la base de todos los otros es aquella en la que todas las valencias libres de los átomos de esas cadenas están unidos a átomos de hidrógeno en los compuestos llamados hidrocarburos. Esta consideración se basa en que la unión carbono - hidrógeno es muy estable, y por la significativa abundancia de estos compuestos en los sistemas naturales. En la figura nº 1 se muestra una estructura típica de hidrocarburo. Los átomos de carbono se indican con 'C' y los hidrógeno con 'H'.

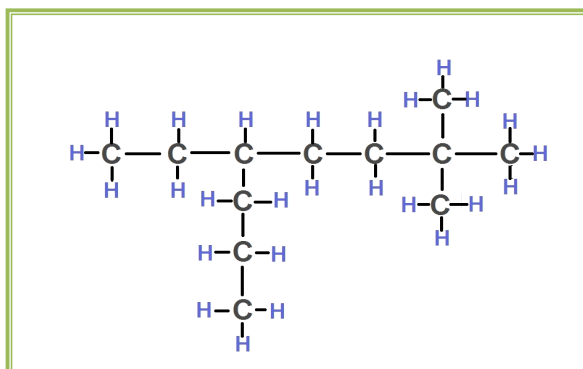
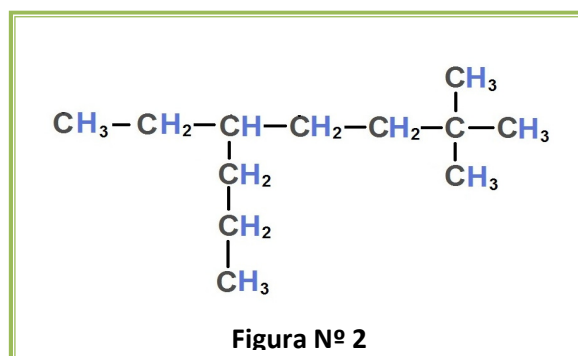


Figura Nº 1. Una estructura simple de una cadena de carbonos con las valencias unidas a átomos de hidrógeno. Obsérvese que dado que el carbono actúa con valencia 4, los de las puntas enlazados a un solo carbono están unidos a tres hidrógenos, los unidos a dos carbonos tienen dos y los unidos a tres carbonos uno solo.

Una forma menos explícita de escribir estos compuestos, pero que ocupa poco espacio y es más práctica es la que se muestra en la figura Nº 2, representando la misma fórmula de la figura Nº 1.

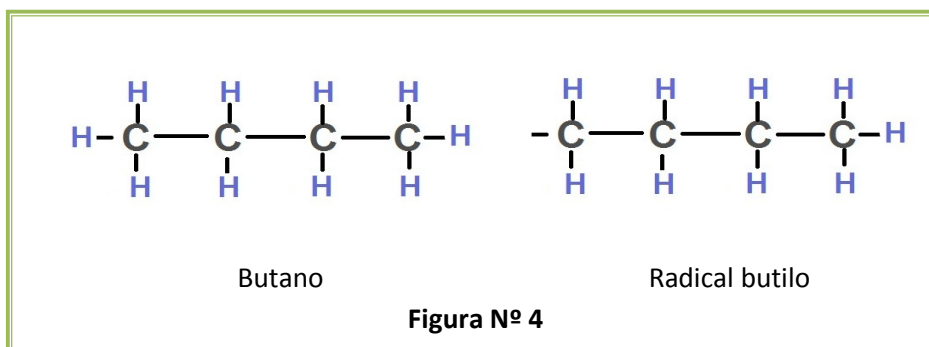
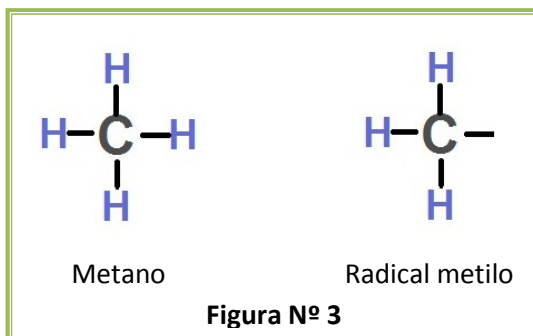


De este tipo de compuestos formados solamente por un esqueleto de carbonos e hidrógenos, se dice que no tienen ninguna función química o ningún grupo funcional. A partir de ahora se van a listar las modificaciones más importantes en las sustancias conocidas.

RADICALES

Antes de comenzar con las funciones es necesario explicar el concepto de 'radical'. Se le llama así a un grupo de átomos a la que le falta un elemento, en este caso un átomo de hidrógeno. Los radicales tienen existencia real, pero generalmente muy efímera, del orden de las centésimas de segundo, pero en este caso los vamos a tomar como entidades teóricas que ayudan en las explicaciones y en el momento de nombrar las sustancias orgánicas. Los radicales se nombran sacando la última parte de la palabra que nombra a un compuesto y agregándole el sufijo 'ilo'. Por ejemplo en la sustancia más simple que es el gas natural o de los pantanos que tiene como nombre científico 'metano', si se lo considera con un hidrógeno faltante se le llama 'metilo', Figura N° 3, o al 'butano', el hidrocarburo de una cadena de cuatro átomos de carbono, en el mismo caso pasa a ser 'butilo' Figura N° 4.

El nombre genérico para los radicales de los hidrocarburos simples, o alcanos, es 'alquilo', y se suelen indicar con una 'R' mayúscula.

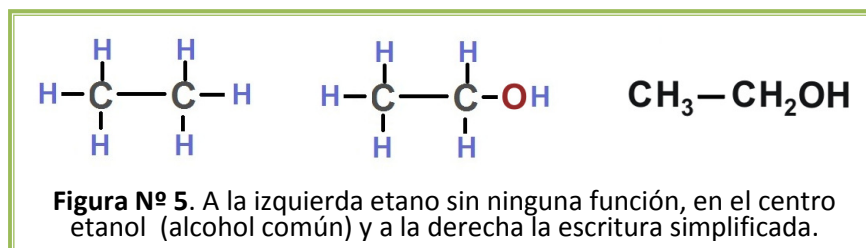


1.- FUNCIONES CON OXÍGENO

Si bien hay gran cantidad de átomos distintos que pueden unirse a los de carbono de una cadena orgánica, solamente unos pocos lo hacen con frecuencia y por ello importan en los procesos biológicos e industriales. Ellos son el oxígeno, el nitrógeno y el azufre en las sustancias naturales, y los halógenos, es decir el flúor, cloro, bromo e iodo en derivados sintéticos de mucho uso en procesos diversos. Comenzaremos en este caso con el oxígeno.

Función alcohol

Se llama función alcohol a la que se forma por el reemplazo de un hidrógeno por un oxhidrilo (también denominado hidroxilo), por ejemplo el alcohol común que tiene como nombre técnico 'etanol' se puede considerar derivado del etano al agregarle un oxhidrilo Figura N° 5.



Propiedades de los alcoholes

Así como existe el etanol, hay una gran cantidad de otros alcoholes derivados de hidrocarburos diferentes. A continuación se describirá de que manera modifican las propiedades de los hidrocarburos y además algunas que les son propias.

Aumento de los puntos de fusión y ebullición: El oxhidrilo hace que por medio de los 'puentes hidrógenos' que se forman los compuestos aumenten mucho los puntos de fusión y ebullición. Por ejemplo el metano, etano y propano son gases y el metanol, etanol y propanol son líquidos. Si una molécula cuenta con más de una función alcohol, el punto de ebullición aumenta mucho más. Por ejemplo el etano tiene un punto de ebullición de $-89\text{ }^{\circ}\text{C}$, el etanol de $78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el etilenglicol, con dos grupos alcohólicos, de $198\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sumando oxhidrilos a una estructura como por ejemplo el pentano, se ve también la influencia de los grupos oxhidrilos. Tabla N° 1

Sustancia	Punto ebul. $^{\circ}\text{C}$
Pentano	36,2
1 - Pentanol	132,2
1,2 - pentanodiol	210,5
1,2,3 - pentanotriol	Sólido

Aumento de la solubilidad¹: Dado que la solubilidad de un compuesto tiene que ver su semejanza con el agua, el oxhidrilo le aumenta mucho la solubilidad al hidrocarburo del cual teóricamente proviene. De hecho por ejemplo el pentano, uno de los componentes de las naftas (o gasolinas) es prácticamente insoluble en agua, el

1 - pentanol tiene una solubilidad de 27 g/litro, y el 1,2 - pentanodiol es un líquido miscible, es decir soluble en toda proporción².

Los alcoholes como agentes intermediarios de solubilidad. Dado que los alcoholes poseen una polaridad intermedia, se pueden utilizar para hacer solubles dos sustancias insolubles o inmiscibles. Por ejemplo una mezcla de fenol y agua se pueden hacer miscibles por el agregado de alcohol metílico o etílico.

¹ En los textos de química se sobreentiende que cuando se habla de 'solubilidad' se quiere decir, tácitamente, 'solubilidad en agua'.

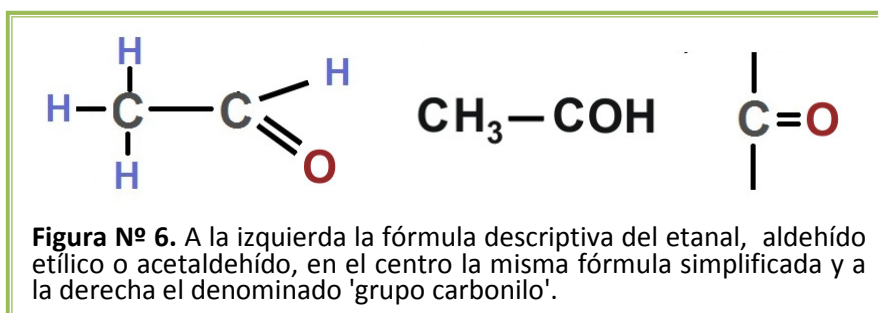
² Se recomienda leer el texto 'Comentarios sobre solventes y solubilidades de sustancias orgánicas', el este mismo sitio www.cenunez.com.ar

Aumento de la reactividad. Si bien los alcoholes son productos estables, en comparación con los hidrocarburos, que solamente reaccionan a altas temperaturas y presiones, se los puede hacer reaccionar aunque con dificultad en las condiciones de laboratorio.

Funciones aldehído y cetona

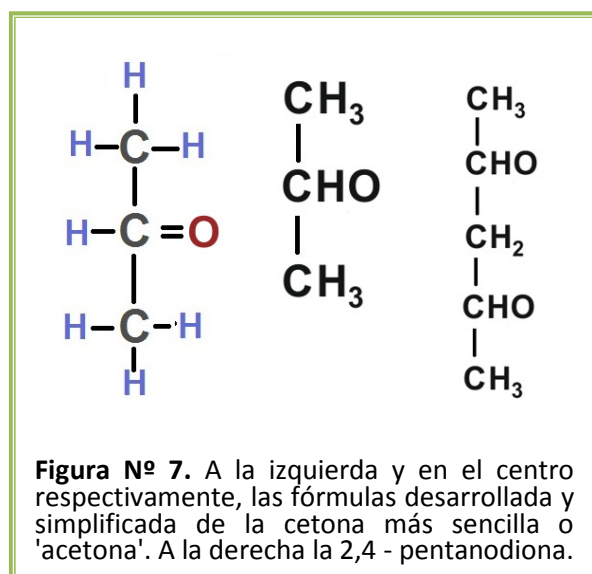
Las funciones aldehído y cetona se caracterizan por tener ambas un grupo carbonilo en la molécula, Figura N° 6 derecha. Si este grupo carbonilo está unido a un carbono primario forma un 'aldehído' y si está unido a un carbono secundario 'cetona'.

La función aldehído lleva ese nombre porque los primeros químicos lo consideraron un alcohol deshidrogenado. Se puede ver la función en la figura N° 6, izquierda y centro. Es importante observar que la función alcohol y la función aldehído aparecen con los mismos átomos en las fórmulas simplificadas pero para distinguirlos en los alcoholes se coloca el hidrógeno intermedio entre el carbono y el oxígeno, y en los aldehídos el oxígeno intermedio entre el carbono y el hidrógeno.



Las cetonas poseen como ya se dijo, el grupo carbonilo unido a un carbono secundario. Se muestran en la figura N° 7 dos ejemplos de cetonas, la 'acetona' o propanona, y la 2,4 - pentanodiona.

Los aldehídos se nombran cambiando el sufijo 'ano' de los hidrocarburos por 'al'. El primer aldehído proveniente del metano es entonces el 'metanal'. Las cetonas se hacen terminar en el sufijo 'ona', y la primer cetona posible es la propanona llamada comúnmente acetona.



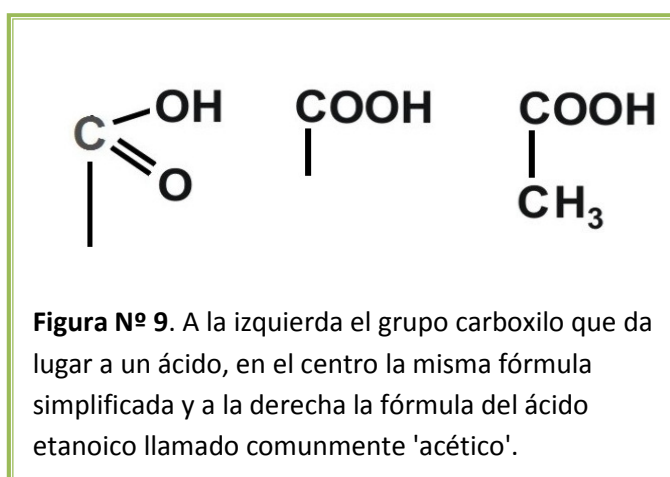
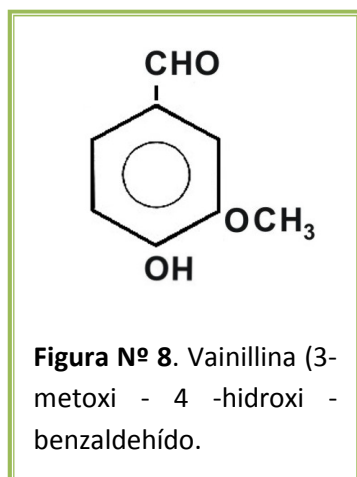
Propiedades de los aldehídos y cetonas.

Solubilidad. El grupo carbonilo aumenta considerablemente la solubilidad de las moléculas que lo poseen, en comparación con los hidrocarburos, inclusive más que la función alcohol, por lo que estos compuestos son solubles o miscibles en agua.

Reactividad. El grupo carbonilo es reactivo; más que la función alcohol. Los aldehídos tienden a oxidarse más o menos fácilmente a ácidos carboxílicos y algunos forman espontáneamente polímeros entre sí, como el metanal, también llamado formaldehído o aldehído fórmico que es un gas. Una solución

en agua del formaldehído se llama formol, que es el antiséptico de uso corriente. Las soluciones de formol se enturbian espontáneamente con el tiempo por la formación de un polímero cíclico llamado paraformaldehído.

Hay muchos aldehídos y cetonas importantes para algunas áreas de la química y de la industria. Uno significativo es la 'vainillina', que es la sustancia activa de la esencia de vainilla, cuya fórmula se describe en la Figura N° 8.



Función ácido

La función 'ácido', más específicamente 'ácido carboxílico' para distinguirlos de la función de los ácidos inorgánicos, se conforma cuando al mismo carbono hay unido un grupo carbonilo y un oxhidrilo, como se ve en la Figura N° 9. Se nombra, de agregando el sufijo 'ico', al nombre del hidrocarburo del que proviene. Por ejemplo el metano genera el metanoico (o ácido fórmico), el etano el etanoico (o ácido acético) y el propano el propanoico (o ácido propiónico). Obviamente, dado que el grupo carboxilo requiere de tres valencias del carbono se pueden formar solamente en los carbonos primarios. El radical ácido, como en los ácidos inorgánicos, se nombra agregando el sufijo 'ato': acetato, formiato, etc.

Propiedades de los ácidos.

Estado de agregación. Los primeros ácidos monocarboxílicos de la serie son líquidos fluídos: el fórmico (metanoico), el acético (etanoico) y el propiónico (propanoico). Desde el butírico (butanoico,) hasta el nonanoico (pelargónico) son líquidos oleosos de viscosidad creciente. A partir del decanoico (cáprico) son sólidos. Los aceites vegetales son ácidos carboxílicos lineales de más de quince átomos de carbono.

Solubilidad: El grupo carboxilo aumenta drásticamente la solubilidad de los hidrocarburos de base. Por ejemplo el fórmico, acético y propiónico son líquidos miscibles en agua, y muchos ácidos superiores son solubles. Dos grupos carboxílicos aumentan en general más la solubilidad. El ácido etanodioico u oxálico, sólido, es muy soluble el agua.

Acidez: El nombre de esta función proviene del hecho que poseen características acídicas. La existencia del grupo carbonilo en el mismo carbono del grupo oxhidrilo hace que el hidrógeno de este último tenga cierta tendencia a ionizarse como si fuera un ácido inorgánico. Así los grupos carboxilos producen compuestos que tienen propiedades ácidas, que si bien son más débiles que las de los ácidos fuertes inorgánicos como el sulfúrico o el

clorhídrico, forman sales y bajan ostensiblemente el pH de las soluciones acuosas hechas con ellos. Por ejemplo una solución de ácido acético 0,1 Normal (6 gramos por litro) tiene un pH de 2,3. Debido a su acidez pueden formar sales con cationes alcalinos y alcalinotérreos. Son comunes el acetato de sodio o el propionato de calcio, por ejemplo.

Función éter

La función éter se forma por la condensación de dos funciones alcohol. En ella un oxígeno queda unido a los dos radicales de los hidrocarburos y se forma una molécula de agua, como se puede ver en la Figura N° 10. Es importante recalcar que siempre que hay un oxígeno unido a dos carbonos que no posean ninguna otra función, la sustancia es un éter.

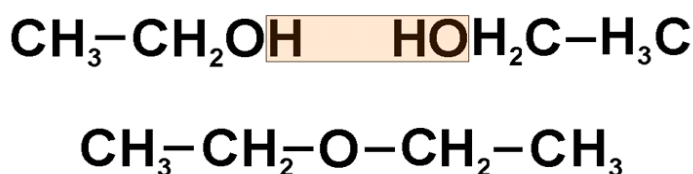


Figura N° 10. Arriba dos moléculas de etanol y la formación de una molécula de agua. Abajo la fórmula de éter que da el etanol, es decir el éter etílico o etoxietano.

Propiedades de los éteres

Estado: Al no tener oxhidrilos para formar puente hidrógeno entre sus moléculas, los éteres son casi tan volátiles como los hidrocarburos de los que provienen. Así el éter etílico tiene un punto de ebullición de 31° C, contra 36° C del pentano, teniendo el etanol, molécula de casi la mitad de tamaño 76,5° C. El término 'éter' indicó siempre algo vago, sutil, que es la sensación que se tiene cuando se usan los éteres que son livianos y volátiles.

Solubilidad: Los éteres están mucho más cerca de los hidrocarburos que de los solventes polares en cuanto a la solubilidad. El éter etílico es casi insoluble en agua. Son muy buenos solventes de las grasas y aceites. Muchos de ellos se usan como solventes generales, particularmente si tienen más de una función, como es el caso del dioxano, Figura N° 11, dado que este hecho los hace solubles en agua y en los solventes no polares.

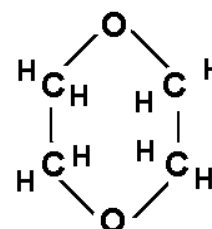


Figura N° 11.
Dioxano, doble
función éter.

Estabilidad: Los éteres son sustancias estables y poseen poca reactividad. Sin embargo a lo largo del tiempo se pueden oxidar dando funciones peróxido que son explosivas, Figura N° 12, así que cuando se tienen éteres que han estado varios años envasados, particularmente en frascos que ya fueron abiertos, es conveniente



Figura N° 12. Peróxido del éter etílico.

hacer la prueba de peróxidos.

Hay una radical que contiene un éter que lleva un nombre especial, es el radical metoxilo muy abundante en la macromolécula de la lignina, Figura N° 13.

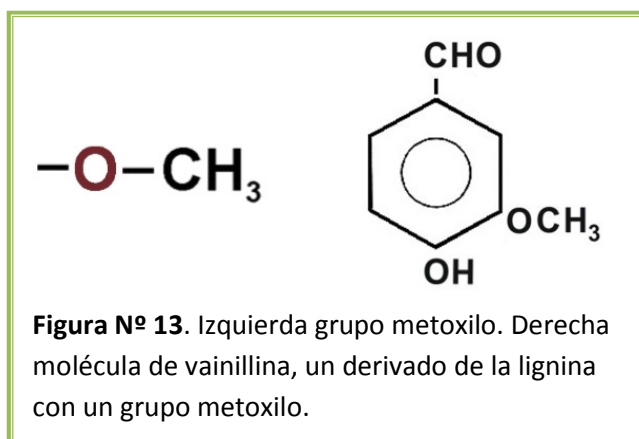


Figura N° 13. Izquierda grupo metoxilo. Derecha molécula de vainillina, un derivado de la lignina con un grupo metoxilo.

Función éster

La función éster, no confundir con 'éter', se forma lo mismo que ésta última por condensación de dos moléculas con la formación de agua, pero en este caso en vez de partir de dos moléculas de alcohol se hace con una molécula de alcohol y otra de ácido carboxílico, Figura N° 14. Los ésteres se nombran como que si fueran sales, es decir se agrega 'ato' a la raíz del ácido y al radical alcohólico el sufijo 'ilo'.

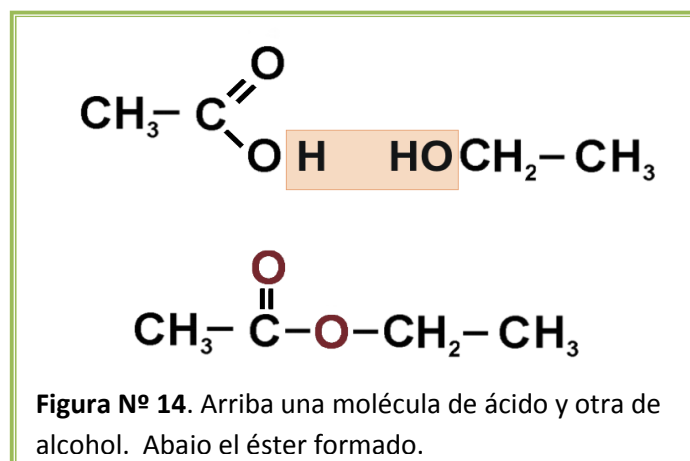


Figura N° 14. Arriba una molécula de ácido y otra de alcohol. Abajo el éster formado.

Por ejemplo en éster que forma el ácido acético con el etanol se llama acetato de etilo. Muchos de ellos forman parte de las aromas de frutas. Así el butirato de metilo es el responsable del olor de la esencia de ananá y el acetato de isoamilo el del banana. Los ésteres son abundantes en muchos vegetales y algunos fueron usados desde la antigüedad como el salicilato de metilo de la corteza de los sauces que es un antiinflamatorio muscular que le da el olor característico a las pomadas que se usan para ese fin. También son ésteres las grasas que están formadas por ácidos carboxílicos de 16 a 20 átomos de carbono, y la glicerina (1,2,3 - propanotriol).

Propiedades de los ésteres

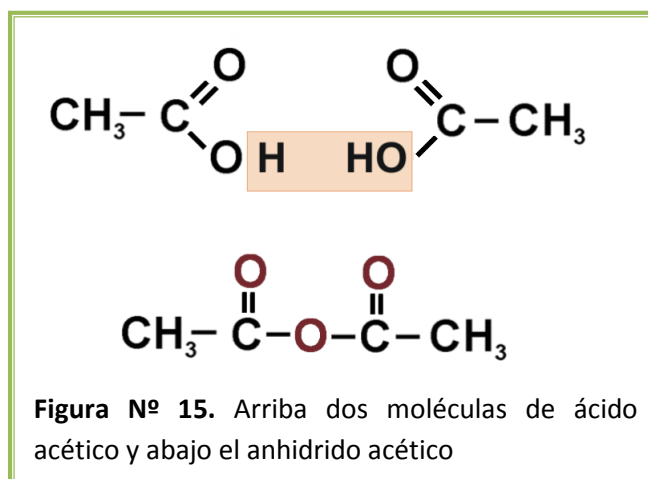
Estado: Los ésteres más sencillos son líquidos fluidos de olores agradables, los de mayor peso molecular son sólidos.

Solubilidad: Los ésteres son miscibles en alcohol, poco solubles en agua y poco solubles en los solventes no polares.

Estabilidad: Estos compuestos no se caracterizan por la estabilidad. Con el tiempo la reacción de esterificación tiende a revertirse volviendo a formar los ácidos y alcoholes que les dieron origen.

Función anhídrido

Así como los éteres son la condensación de dos alcoholes y los ésteres de un ácido y un alcohol, los anhídridos son la condensación de dos funciones ácidas, Figura N° 15.



Los anhídridos no son sustancias comunes en los laboratorios corrientes. Se utilizan principalmente para síntesis de otras sustancias y en la industria como materia prima para producir polímeros sintéticos y otros productos. Por ejemplo la aspirina, ácido acetilsalicílico, se produce 'acetilando' el ácido salicílico con anhídrido acético

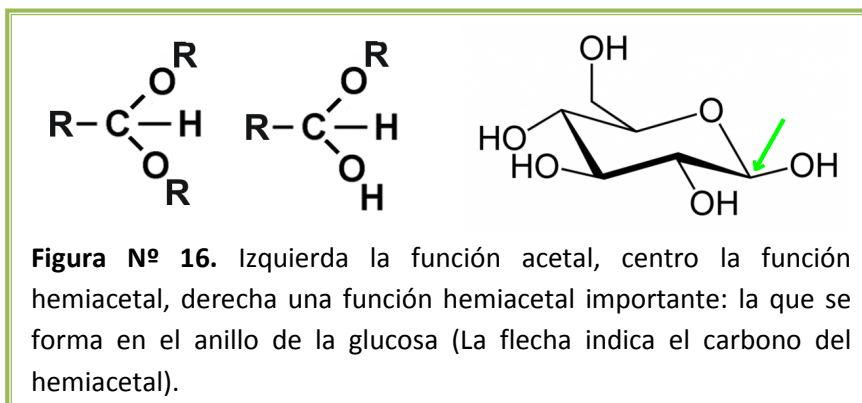
Estado: Los anhídridos comunes son en general líquidos de punto de ebullición elevado.

Estabilidad: Se utilizan para muchas síntesis orgánicas debido a su inestabilidad o alta reactividad. El agua los descompone en los ácidos que los formaron.

Solubilidad: Son miscibles en los éteres.

Funciones acetal y hemiacetal

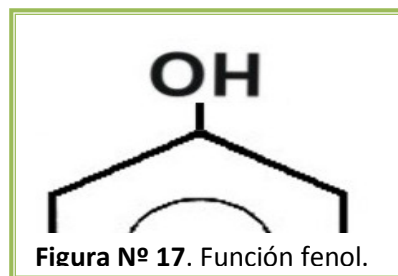
El acetal es un grupo en el que un átomo de carbono está unido a dos oxígenos, un hidrógeno y un radical alquilo, el hemiacetal el carbono está unido a un oxígeno y a un oxhidrilo y al radical alquilo, Figura N° 16.



Función fenol

La función fenol se define como la que forma un oxhidrilo unido a un carbono que pertenece a un anillo bencénico, Figura N° 17.

El compuesto más sencillo es justamente el llamado fenol es decir el hidroxibenceno. A pesar de que es como la función alcohol un oxhidrilo unido a un hidrocarburo reemplazando un hidrógeno, el anillo aromático con su resonancia le dan propiedades muy diferentes.

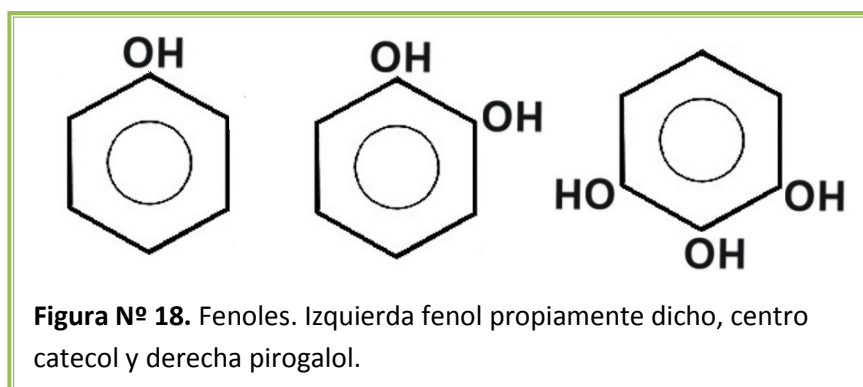


Propiedades de los fenoles

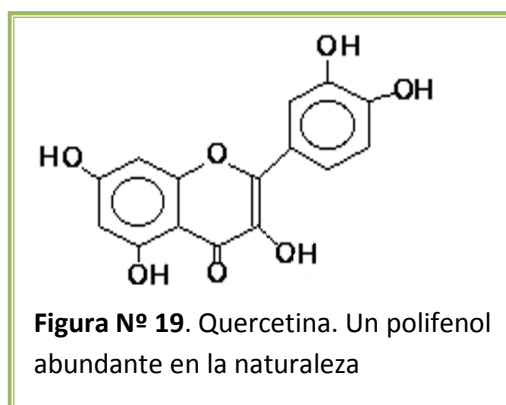
Si bien se podría pensar que por tener un oxhidrilo los fenoles debieran tener propiedades semejantes a los alcoholes, el hecho de estar unido a un grupo aromático las modifica sustancialmente.

Estado: El fenol es un sólido que funde a 43° C. Casi todos los otros fenoles son sólidos generalmente de color blanco.

Solubilidad: Los fenoles aumentan la solubilidad en agua en relación a los hidrocarburos aromáticos de los que provienen. Por ejemplo el fenol es soluble en agua 93 g/litro, el catecol 430 g/litro y el pirogalol 400 g/litro.



Estabilidad: El grupo oxhidrilo hace reactivo al anillo bencénico, de esta manera el fenol es mucho menos estable que este hidrocarburo. Si se aumentan los grupos oxhidrilo aumenta la reactividad y este aumento tiene que ver con la posición, siendo los más reactivos los oxhidrilos vecinos. Así el pirogalol, Figura N° 18 se oxida rápidamente y forma productos oscuros, mientras que el floroglucinol, 1,3,5 - trihidroxibenceno, es estable. Por ser fáciles de oxidar se los llama reductores, o utilizando el término de moda 'antioxidantes'.



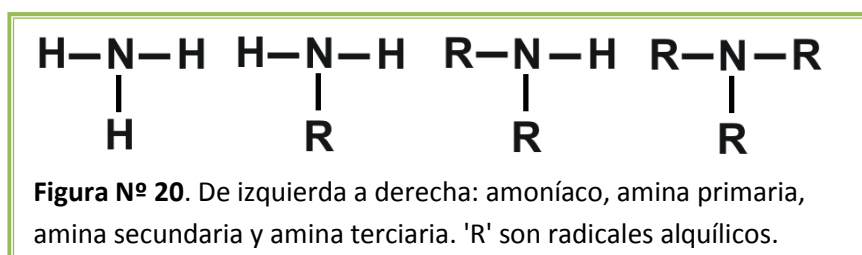
Acidez: La presencia del anillo aromático hace que el hidrógeno del oxhidrilo tenga cierto grado de ionización y los fenoles son ácidos débiles que forman 'fenatos' con los álcalis fuertes. Los fenatos de sodio son sales solubles. Este hecho es el que permite la deslignificación de la madera en los procesos de pulpado alcalinos como el kraft.

Polifenoles: Los polifenoles son moléculas con más de un anillo aromático que poseen un grupo fenólico en más de uno de ellos. Conforman la molécula de lignina, la de muchos taninos de la madera, y se halla también en otras partes de los vegetales, Figura N° 19.

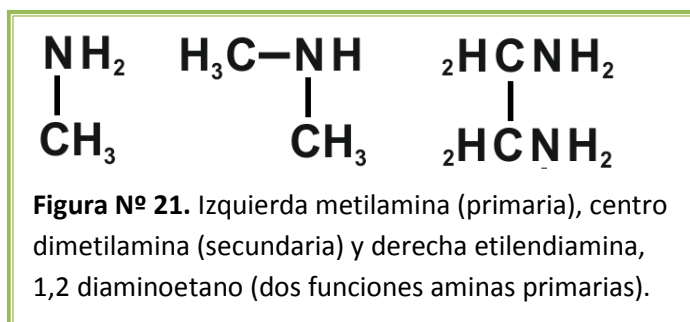
2.- FUNCIONES CON NITRÓGENO

Función amina

Se llama 'amina' una función orgánica que proviene del reemplazo de uno o más hidrógenos del amoníaco por un radical orgánico. En función a la cantidad reemplazada se denominan aminas primarias, secundarias o terciarias, Figura N° 20.



Se pueden nombrar como derivados del amoníaco o como de los hidrocarburos de las que provienen. La primera forma es la más común, Figura N° 21.



Propiedades de las aminas

Estado: Las aminas primarias y secundarias tienen puntos de ebullición menores que los de los alcoholes, pero mayores que los de los éteres de peso molecular semejante. La metilamina y la dimetilamina son gases a temperatura ambiente. Son compuestos con olores

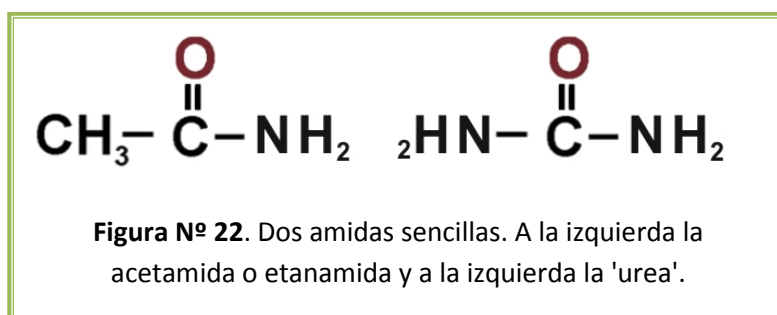
amoniacaes en general desagradables, como a pescado o a materiales nitrogenados en descomposición.

Estabilidad: Son compuestos estables, sin embargo pueden reaccionar en determinadas condiciones para dar distintos tipos de compuestos.

Alcalinidad: Dado que provienen del amoníaco que es una base, las aminas tienen reacción alcalina. Reaccionan con los ácidos fuertes para dar sales en general cristalizables. A los cloruros, por costumbre se les suele llamar 'clorhidratos'.

Función amida

La función amida se forma cuando una amina, en vez de combinarse con un radical de hidrocarburo lo hace reemplazando el oxhidrilo de un carboxilo, Figura N^o 22. Son compuestos de polaridad intermedia que tienen usos como solventes



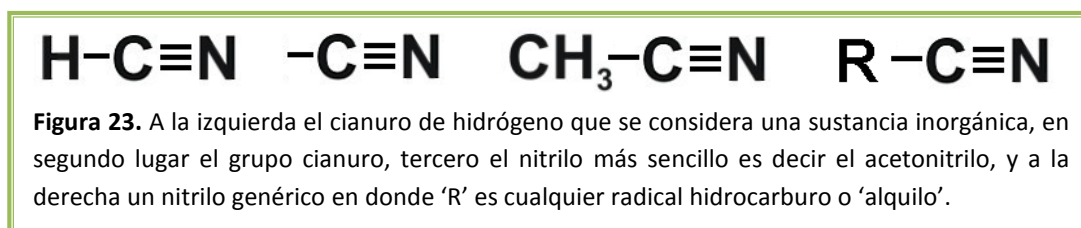
Propiedades de las amidas

Estado: La formamida y la dimetilformamida son líquidas y las de mayor peso molecular son sólidos blancos a veces cristalinos.

Estabilidad: Las amidas son compuestos estables en las condiciones normales. Pueden formar polímeros muy estables como la 'poliamida' que se usa para hacer fibras sintéticas.

Función nitrilo

Los nitrilos provienen del reemplazo del hidrógeno del ácido cianhídrico por un radical hidrocarburo, Figura N^o 23.



Propiedades de los nitrilos

Solubilidad: Son sustancias de polaridad intermedia lo que los hace buenos solventes de muchas sustancias. Particularmente el acetonitrilo es uno de los solventes más utilizados en las fases móviles de los equipos de cromatografía líquida.

Reactividad; son sustancias estables pero en determinadas condiciones se pueden transformar en los ácidos correspondientes a su estructura, por lo que se utilizan en síntesis de los mismos.

Toxicidad: Si bien en condiciones normales poseen toxicidad limitada, hay que tener en cuenta que pueden producir cianógeno, ácido cianhídrico y cianuros que son sustancias altamente peligrosas.

3.- FUNCIONES CON AZUFRE

Función tiol o mercaptano

La función tiol o mercaptano posee la misma estructura que un alcohol en la que el átomo de oxígeno es reemplazado por uno de azufre, Figura N° 24. En general en química orgánica se utiliza el prefijo 'tio' para indicar este tipo de reemplazo.



Figura N° 24. A la izquierda etanotiol y a la izquierda propanotiol

Propiedades de los mercaptanos

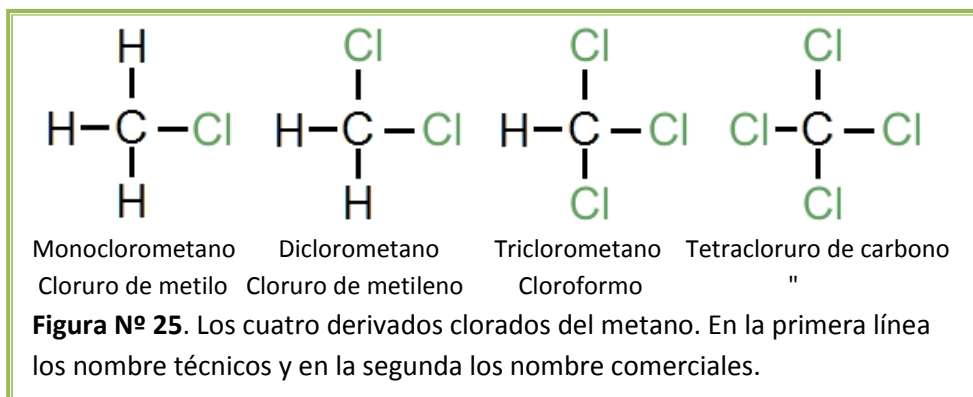
La principal característica de los mercaptanos son sus olores nauseabundos, debido a que se forman en la descomposición de las proteínas, y la evolución ha hecho que queden vivos los individuos que no se alimentaban de ellas por su alta probabilidad de infectarse. Debido a la fuerza de ese olor se agregan a los gases combustibles, que son inodoros, para detectar las fugas.

4.- FUNCIONES CON HALÓGENOS

Los cuatro halógenos se pueden combinar con los hidrocarburos para dar productos estables. Prácticamente ninguno de ellos se encuentran en la naturaleza, es decir que son sustancias ajenas a la vida y por ello hay que tomar alguna precauciones en su uso continuado. Por las propiedades oxidantes del flúor éste es de difícil manejo y los derivados fluorados no se pueden hacer directamente y son poco usados. Por otro lado los compuestos de bromo e iodo son los menos estables y tampoco tienen mucha utilidad siendo por otra parte costosos. Por ello la mayoría de los usados, principalmente en la industria y en el laboratorio son los derivados clorados.

Propiedades de los derivados clorados orgánicos

La halogenación de un compuesto orgánico siempre genera un considerable aumento de la densidad y el punto de ebullición del producto final. Por otro lado generan un pequeño aumento en la polaridad que no consigue que se consideren moléculas polares. Los cuatro derivados del metano se muestran en la figura N° 25.



Se utilizan como solventes de bajo punto de ebullición, salvo el monoclorometano que es gaseoso. El diclorometano tiene un punto de ebullición de 40,1° C, el cloroformo 61,2° C y el tetracloruro de carbono 76,8° C. El diclorometano se utiliza para hacer extracciones de sustancias grasas y resínicas con extractor Soxhlet porque la muestra no se calienta a más de 40°. El tetracloruro de carbono por su incombustibilidad y alta densidad se utiliza como extintor de incendios. Otro solvente utilizado es el 1,2 dicloro etano o cloruro de etileno.

Algunos plásticos son derivados clorados de los hidrocarburos como el PVC o policloruro de vinilo.