

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

*MATERIAL EN
REVISIÓN*
MÓDULO

QUÍMICA ORGÁNICA

BOGOTÁ, 2005

PRIMERA UNIDAD

HIDROCARBUROS Y DERIVADOS

1. Palabras claves.

Química Orgánica, Cadena carbonada, Hidrocarburos Alifáticos, Hidrocarburos Aromáticos, Compuestos Halogenados, Resonancia, Isomería.

2. Propósitos.

Buscamos estructurar su pensamiento para que afronte exitosamente el estudio de esta rama de la Química, debido a la importancia que tiene en el conocimiento del alimento y del medicamento, sustancias que en la mayoría o en la totalidad de su composición encontramos dichos compuestos.

Aunque la información de esta disciplina es muy amplia, sus principios se reducen a unos cuantos que irá consolidando en la medida del avance de su estudio, ya que son de aplicación general y no valdría la pena mencionarlos acá debido a la necesidad de disponer de un contexto referencial que ayude a su comprensión.

Este curso es metodológico. Tendrá la oportunidad de realizar sesiones prácticas donde trabajará con algunas sustancias representativas o con materias primas que deberá conseguir previa a alguna de ellas, según sus intereses y bajo las condiciones que tenga el laboratorio donde va a realizarlas.

Es importante que ajuste su ritmo de trabajo a las condiciones del curso, como son la de disponer de tiempo para la realización de ejercicios, la consulta de otras fuentes bibliográficas para ampliar la información (biblioteca o Internet) y consolidar su conocimiento, que son adicionales a las establecidas por el modelo UNAD.

3. Objetivos.

- Aplicar los fundamentos de la teoría atómica moderna en la explicación de las principales características que presenta el átomo de carbono en la estructuración de las sustancias orgánicas y de los hidrocarburos.
- Definir un método de trabajo para la Química Orgánica que le permita articular la estructura química con su comportamiento fisicoquímico y con aquellas pruebas analíticas cualitativas utilizadas para su identificación.
- Determinar cuáles son los criterios que permitirán la formulación de las mejores recomendaciones para considerar una muestra analizada como una sustancia orgánica, con un determinado grupo funcional.

4. Competencias.

Establecer el campo de trabajo de la Química Orgánica, sus fundamentos teóricos y su aplicación a cada una de las funciones orgánicas.

Explicar las propiedades fisicoquímicas de los hidrocarburos teniendo en cuenta su estructura y las reacciones características debidas al grupo funcional que presentan.

Desarrollar habilidades para el manejo y reconocimiento de sustancias orgánicas que pertenezcan a estos grupos funcionales.

Valorar apropiadamente los resultados obtenidos en el laboratorio y darles un manejo ético.

5. Metas de aprendizaje.

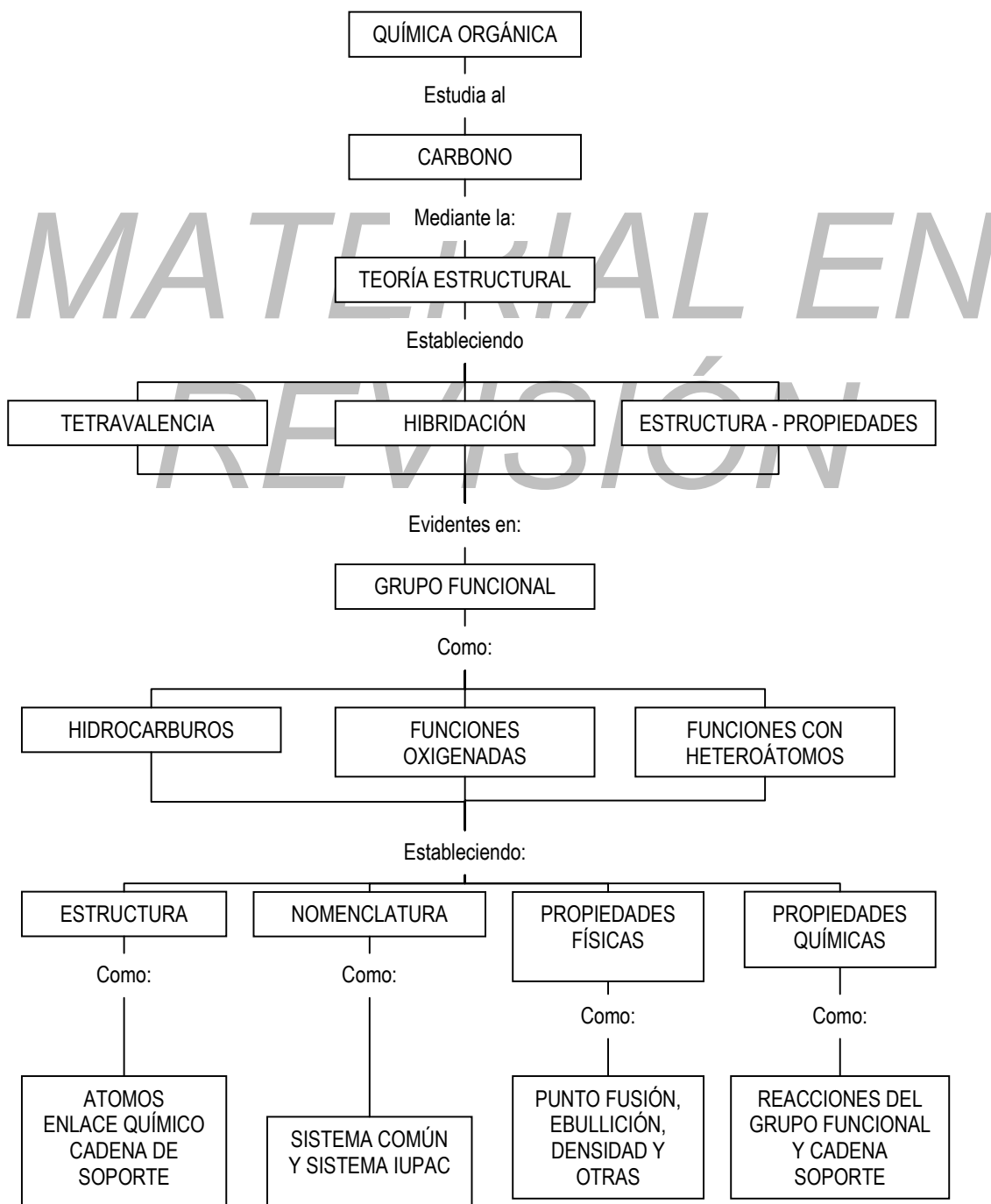
Establecer su propio procedimiento para el estudio de las sustancias orgánicas, describirlas, definir su posible comportamiento fisicoquímico y enunciar algunas técnicas para su identificación cualitativa.

Desarrollar adecuadamente su Portafolio de Desarrollo Personal conforme a las orientaciones institucionales y a las indicaciones dadas en este curso.

Consolidar sus habilidades de interactividad en el Grupo de Aprendizaje Colaborativo y en el Grupo de Curso, mostrando el nivel de autonomía alcanzado en su proceso de gestión del aprendizaje.

Escribir y presentar adecuadamente los informes de las actividades prácticas desarrolladas como parte de la consolidación de su proceso de aprendizaje en este curso.

ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA UNIDAD



ACTIVIDADES INICIALES

Propósito

En este taller tenemos la oportunidad de revisar algunos conceptos básicos para el desarrollo del Curso de Química Orgánica, para que usted haga una valoración de los mismos y determine qué de ellos no domina para que proponga un proceso de revisión conceptual de los mismos con el fin de alcanzarlos plenamente ya que si esto no ocurre, va a tener un poco de dificultad para la comprensión y asimilación de los nuevos temas.

Es importante que se apoye en su grupo de aprendizaje colaborativo y en la asesoría del docente tutor que tenga asignado en el centro donde se encuentre tomando el curso o mediante Internet; recuerde que en todo caso usted es el responsable de la gestión de aprendizaje, de determinar si realmente sabe o no, los demás miembros de la comunidad universitaria estamos es para ayudarle, orientarle e indicarle las mejores estrategias para que resuelva sus dificultades de aprendizaje.

Vamos a revisar conceptos relacionados con el átomo, la teoría atómica, conceptos asociados a la unión química, a los tipos de reacción que se encuentran en el estudio de la materia, y a cálculos muy simples como la determinación porcentual de una sustancia, provenientes del Curso de Química General que, suponemos, ya ha realizado plenamente o que por sus conocimientos previos domina con suficiencia.

Objetivos

- Revisar los conceptos previos que trae el estudiante relacionados con los fundamentos de la Química, necesarios para el buen desempeño en el Curso de Química Orgánica.
- Orientar al estudiante en su proceso de gestión del aprendizaje en la Química para que adquiera conocimientos, competencias y habilidades para su desempeño en la carrera a la cual se encuentra adscrito.

Desarrollo

El siguiente taller consta de un conjunto de preguntas y de ejercicios de aplicación de los conceptos fundamentales de la Química que normalmente han sido estudiados en el Curso de Química General. Le sugerimos que primero los desarrolle de manera individual, sin ningún texto de ayuda. Una vez finalizado, los compare con la guía de calificación colocándose un punto si ha logrado toda la respuesta y ninguno si no la ha encontrado (no se valen decimales ya que el criterio que estamos utilizando es se o no se, al estilo de Hamlet, como debe ser el criterio que queremos que desarrolle en la valoración de su estudio). Luego reúnanse en su grupo de aprendizaje colaborativo y comparen las respuestas y hagan que el (la) compañero (a) que la haya resuelto

correctamente les explique como lo hizo, repita nuevamente el ejercicio y aquí, en su nota debe escribir 0,5 puntos (discúlpeme pero tiene más mérito el que usted conozca desde el inicio), si definitivamente ninguno logró dar con la respuesta, se sigue manteniendo el punto en cero y queda para consulta con el tutor asesor. Terminado el trabajo verifiquen nuevamente la nota del grupo y vamos a tomar como criterio que para poder seguir con el resto del curso debemos alcanzar el 80 % de los puntos.

Si no lo logramos, no nos desanimemos, reconozcamos la importancia de dominar con suficiencia esos conceptos previos pues ellos son importantes para tener éxito en el presente curso, preparemos la reunión con el tutor y solicitémosle ayuda y orientaciones para poder alcanzar los conocimientos que todavía nos faltan. Eso requiere un esfuerzo adicional pero, lo más importante, es tener la certeza de que sabemos.

Utilizando su cuaderno u hojas adicionales, proceda a resolver cada uno de los siguientes interrogantes y problemas. Verifique el planteamiento, las variables a considerar, los conceptos que debe utilizar y el procedimiento seguido en la resolución de cada cuestión. Compruebe sus resultados con sus compañeros de grupo y si existen dudas consulte con su tutor quien le dará las orientaciones adecuadas para la comprensión y resolución de cada cuestionamiento.

- 1) Según la teoría moderna, ¿cómo se concibe a un átomo? Explíquelo teniendo en cuenta la relación estructura, partícula componente y propiedades de cada estructura y partícula.
- 2) ¿Qué es un orbital atómico? Describa la estructura, forma y propiedades que tiene cada uno de los orbitales s, p, d y f.
- 3) Efectúe la notación espectral de los siguientes elementos: hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre y fósforo. Compárelas y establezca algunas características que permitan explicar la afinidad química entre ellos.
- 4) Complete el siguiente cuadro comparativo teniendo en cuenta las características que presenta cada tipo de enlace:

Enlace	Características	Estructura	Propiedades
Iónico			
Covalente			
Covalente coordinado			

- 5) Teniendo en cuenta el concepto de electronegatividad, establezca una escala de comparación de estos elementos y ordénelos de mayor a menor electronegatividad: hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre y fósforo. ¿Qué se puede concluir?
- 6) Establezca cinco diferencias entre una propiedad física y una propiedad química. Ilústrela utilizando un ejemplo.
- 7) Determine los criterios que se utilizan en química para efectuar una clasificación de las reacciones que presenta una sustancia cualquiera.
- 8) Escriba un ejemplo de reacción química, identifique cada uno de sus componentes y determine las condiciones que ayudan a su descripción. ¿Qué utilidad tiene?

TEMA UNO

TEORÍA DE LA QUÍMICA DEL CARBONO

En la naturaleza encontramos muchas sustancias como parte fundamental de los distintos reinos. La experiencia más simple nos informa de al menos dos grupos: los seres inanimados y los seres vivos; los primeros no pueden desplazarse por sus propios medios mientras que los segundos si tienen alguna forma de mostrar movilidad.

Al tratar de comprender cuál es la razón de tal diferencia, encontramos que la tienen en su composición química. Los seres inanimados tienen muchas sustancias que solemos agruparlas como minerales (metales y no metales o compuestos provenientes de la reacción entre ellas como nos lo enseña el curso de Química General) y los seres vivos tienen en su composición veinte elementos siendo los más abundantes el carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno, el azufre y el fósforo entre otros.

Este tema del curso de Química Orgánica tiene como propósito que usted comprenda su campo de trabajo, los conceptos fundamentales que la orientan como dos criterios fundamentales para definir la sustancia orgánica y valorar las razones por las cuales ellas tienen tanta complejidad.

1. Campo de trabajo de la Química Orgánica.

Sabemos qué estudia la Química; por ello lo invito a que reflexione sobre la siguiente definición y reflexione sobre su certeza, su coherencia y utilidad para este nuevo estudio: *la Química es el estudio de la materia y de los cambios que experimenta*¹.

La sustancia es *una forma de la materia que tiene una composición definida (constante) y propiedades características*². Al purificar a los seres, cuando trabajamos sobre muestras provenientes de ellos, significa que para que la química pueda estudiar cada una de sus características requiere la separación de dos campos uno dedicado a los seres inanimados y otro a los seres vivos. Por lo que tenemos, entonces, una química inorgánica y una química orgánica.

Podemos tomar una definición de cada una de ellas de la siguiente manera: *la Química Inorgánica es la rama de la química que se ocupa de los elementos diferentes del carbono y con la preparación, propiedades y reacciones de sus compuestos. Algunos compuestos simples de carbono se tienen en cuenta en la química inorgánica, incluyendo los ácidos,*

¹ CHANG, Raymond. COLLEGE, Williams. *Química*. Séptima Edición. Mc Graw Hill. Bogotá, 2002. Página 2.

² *Ibid.* Página 8.

el disulfuro de carbono, los haluros, el cianuro de hidrógeno y sales como los cianuros, cianatos, carbonatos e hidrogenocarbonatos o bicarbonatos³.

La Química Orgánica es química de los **compuestos del carbono**⁴. Es decir, estudia las propiedades, reacciones e interrelaciones de estas sustancias; este curso tiene ese propósito.

Para determinar de manera aproximada la magnitud de nuestro trabajo académico en la comprensión y asimilación del significado de los compuestos del carbono, partamos de su origen en nuestra experiencia. Hemos establecido que los seres vivos han definido el campo de estudio de la química orgánica, pero ¿qué es la unidad funcional y estructural del ser vivo? La Biología nos indica que es la célula y desde el punto de vista químico ¿cuál es su significado? Tomemos la siguiente aseveración: *la célula viva es un sistema abierto isotérmico de moléculas orgánicas que se ensambla, ajusta y perpetúa por sí mismo y opera según el principio de máxima economía de partes y procesos; promueve muchas reacciones orgánicas ligadas consecutivamente, destinadas a la transferencia de energía y a la síntesis de sus propios componentes por medio de catalizadores orgánicos que ella misma produce*⁵.

Con esta introducción, nos adentramos en el estudio del átomo de carbono, sus principales características y la forma como puede cambiar mediante reacciones químicas para poder constituir el centro o la cadena estructural de los compuestos orgánicos.

2. La estructura del carbono.

En Química Orgánica tenemos la **Teoría Estructural** como el modelo conceptual que nos explica la gran diversidad de compuestos orgánicos que pueden superar el millón de sustancias.

Una teoría es una disposición de ideas que explican cómo se unen los átomos para formar moléculas, el orden en que lo hacen, las interacciones que se presentan entre nubes electrónicas, la forma y tamaño de las moléculas formadas y cómo se distribuyen los electrones a su alrededor mostrando más o menos reactividad química.

Dispone de un modelo que a manera de representación nos ayuda a formarnos una idea real de la molécula en estudio ya que todavía no disponemos de medios que nos permitan visualizarla como realmente es.

Un átomo podemos semejarlo a una esfera y su valencia o capacidad de enlace a través de líneas que representan un par electrónico de enlace. Su mayor o menor disponibilidad nos puede indicar su grado de reactividad. Sin embargo, no podemos olvidar que su electronegatividad también influye en esa reactividad al colocar más o menos disponibles dichas nubes electrónicas para dar inicio a otro cambio químico buscando condiciones energéticas más estables o más bajas.

³ DAINTITH, B. John (director). *Diccionario de Química*. Norma, Bogotá, 1985. Página 207.

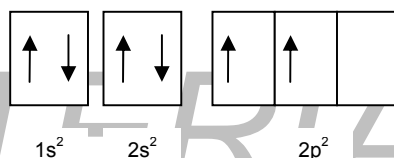
⁴ MORRISON, Robert Thornton. BOYD, Robert Neilson. *Química Orgánica*. Fondo Educativo Interamericano. Bogotá, 1976. Página 3.

⁵ LEHNINGER, Albert L. *Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular*. Segunda edición. Omega. Barcelona, 1983. Página 14.

La interpretación de este modelo nos ayuda a revelar información como: la forma de sintetizar el compuesto, deducir sus propiedades físicas (puntos de fusión, ebullición, densidad, solubilidad en ciertos solventes, la ausencia o presencia de color entre otros), su comportamiento químico (estabilidad, tipo de reacciones que presenta, productos que puede formar, la rapidez con la que ocurre el cambio químico) y en algunos casos, determinar sus propiedades biológicas tanto para nutrición como para recuperar la salud.

Si observamos la Tabla Periódica, encontramos que el elemento carbono se encuentra en la familia IV A, segundo período, con un número atómico (Z) de seis y una masa atómica (A) de doce gramos por mol. Con ella podemos establecer que su notación espectral es: $1s^2 2s^2 2p^2$ cuya representación vemos en la figura 1:

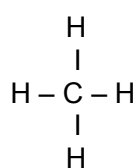
Figura 1. Notación espectral del elemento Carbono.



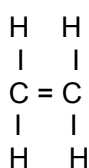
Recordando los fundamentos estudiados en la Química General, vemos que la capa externa del carbono corresponde al nivel dos, con dos subniveles (uno s y otro p); el subnivel 2s está lleno y el subnivel 2p tiene dos orbitales semi llenos y uno de ellos está vacío. Tal distribución electrónica nos permite deducir que el carbono es bivalente, o lo que es lo mismo, tiene la capacidad para formar dos uniones químicas, como ocurre con la molécula del monóxido de carbono ($C = O$).

No obstante, al revisar moléculas orgánicas como el metano (CH_4), el eteno ($CH_2 = CH_2$) y el etino ($CH \equiv CH$), se encuentra que tiene una valencia de cuatro o que tiene capacidad para formar cuatro enlaces químicos. Observemos la fórmula estructural de estos compuestos en la figura 2.

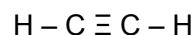
Figura 2. Fórmulas estructurales del metano, eteno y etino.



Metano



Eteno



Etino

Cada una de las líneas representa una unión; si contamos las líneas que rodean al átomo de carbono en cualquiera de las fórmulas anteriores, siempre encontramos el mismo valor: Cuatro. Esto significa que el átomo de carbono es *tetravalente*. ¿Cuál es la razón de esta situación?

La respuesta nos la da el concepto de *hibridación* que tiene la teoría moderna de la unión química.

La hibridación o mezcla de orbitales atómicos generando nuevos orbitales, llamados moleculares, se presenta debido a un cambio en el contenido energético de los orbitales participantes generando unos nuevos que se encuentran definiendo la estructura de la nueva molécula. Estos cambios se presentan entre los orbitales de un mismo nivel de energía; lo que significa que en el átomo de carbono se presenta en la última capa electrónica correspondiente al nivel dos involucrando a los subniveles $2s^2$ y $2p^2$.

Volviendo a revisar las fórmulas estructurales de los compuestos de la figura 2, encontramos que en el carbono se deben formar tres tipos posibles de hibridación para explicar el enlace sencillo del metano, el enlace doble del eteno y el enlace triple del etino. Esto significa que deben tener estructuras espaciales diferentes.

2.1 **Hibridación tetraédrica o tetragonal.**

Corresponde a la de la unión sencilla. Se presenta cuando se combinan los tres orbitales $2p$ con el orbital $2s$ formando cuatro nuevos orbitales moleculares denominados sp^3 todos equivalentes y con una forma intermedia entre la esférica del orbital s y ovoide del p como lo podemos observar en la figura 3.

Figura 3. Esquema de la hibridación y estructuras formadas.

Allí tenemos un esquema que nos muestra gráficamente como ocurre dicha hibridación: un electrón $2s$ pasa a ocupar el orbital $2p$ desocupado, ocasionando una reorganización generando la mezcla con el orbital $2s$ formando los cuatro orbitales híbridos que tienen la misma cantidad de energía. En la parte inferior se detalla la reorganización de las nubes electrónicas y su orientación espacial hacia la forma de un tetraedro regular que suele ser la orientación geométrica que tienen los átomos de carbono en las moléculas orgánicas que tienen uniones sencillas.

La unión sencilla proveniente de esta hibridación tendrá un ángulo de $109^\circ 28'$ y se denomina como enlace *sigma*.

2.2 **Hibridación trigonal.**

En esta hibridación sólo se combinan los dos orbitales 2p (uno semi lleno y el vacío) con el orbital 2s para formar únicamente tres orbitales híbridos sp^2 , quedando uno de los orbitales 2p con su electrón disponible. Ocurre cuando el carbono se combina consigo mismo o con el oxígeno y tiene la posibilidad de generar un tipo de unión especial por el traslape de las nubes electrónicas disponibles en el orbital 2p que tiene el electrón libre; esta unión se denomina π . Es necesario destacar que conjuntamente a ella aparece otra unión sigma generando el doble enlace.

La estructura de la molécula formada está determinada por los tres orbitales híbridos sp^2 que se orientan en el espacio con un ángulo de enlace de 120° definiendo uniones del tipo sigma, mientras que los orbitales p se disponen a 90° del plano anterior que al unir imaginariamente encontramos una pirámide de base triangular que da el nombre a la hibridación.

2.3 **Hibridación digonal.**

Aparece cuando en la formación de una molécula el átomo de carbono permite la combinación de un orbital 2s con un orbital 2p vacío dejando los otros dos semilleros sin modificar. Como resultado de la combinación se forman dos orbitales híbridos 2sp que se colocan en un ángulo de 180° mientras que los dos 2p se ubican a 90° .

La estructura final del compuesto va a estar definida por la aparición de enlaces de tipo sigma en el orbital híbrido y de uniones π en cada uno de los orbitales 2p dando la aparición del triple enlace, siendo tan simétrica que por ello se denomina digonal. En los compuestos orgánicos esta estructura se da entre átomos de carbono o entre el carbono y el nitrógeno.

En esta forma estamos encontrando las relaciones que existen entre estructura y propiedades que van a explicar las diferentes familias que conforman las sustancias orgánicas. Más adelante revisaremos otras propiedades que aparecen debido a la ubicación de las nubes electrónicas de enlace y que ayudan a explicar otras propiedades.

Los átomos que participan en un enlace, reorientan su reactividad debido a la electronegatividad que poseen. En la mayoría de moléculas orgánicas encontramos enlaces covalentes, pero no es una propiedad permanente, las transformaciones químicas pueden generar la aparición de otras, o algunos átomos pueden generar deslocalizaciones electrónicas que modifican esa propiedad u otras como las físicas.

3. **Estructura y propiedades fisicoquímicas.**

El estudio de las sustancias orgánicas comenzó mediante la determinación de sus propiedades físicas y la explicación del comportamiento químico observado con muchas sustancias que permitieron generar criterios para su clasificación y la construcción del concepto del *Grupo Funcional*. Su conjunto ayuda a la plena caracterización de las mismas, a la determinación de técnicas que ayuden a su separación, purificación y caracterización y al diseño de pruebas específicas para su identificación aunque el desarrollo de técnicas instrumentales como la espectroscopia de masas ayuda a determinar su estructura química.

3.1 **Propiedades Físicas.**

Estas propiedades nos dan información valiosa sobre su estructura y posibilidad de identificarla cuando se encuentre dentro de un determinado compuesto, lo mismo que el diseño de procesos para su extracción y purificación. Estas propiedades son los puntos de fusión y ebullición, solubilidad, color y olor.

3.1.1 *Punto de fusión.*

Las sustancias orgánicas en estado sólido pueden ser cristalinas o amorfas, mostrando el tipo de fuerzas intermoleculares que tiene su molécula originada por los átomos presentes y su ubicación espacial. Si el enlace que predomina es iónico, las cargas se ordenan disminuyendo al máximo las fuerzas de repulsión y potenciando las de atracción. Cuando es covalente, las fuerzas de cohesión pueden ser del tipo dipolo – dipolo, fuerzas de Van der Waals o puentes de hidrógeno.

Lo importante es interpretar el valor que presenta esta propiedad de modo que podamos establecer un criterio cualitativo: *una sustancia orgánica que tengan un elevado punto de fusión probablemente es iónica, mientras que una que funda a temperaturas relativamente bajas, digamos hasta unos 500° C, con seguridad es covalente.* Este criterio debe aplicarse con cierta restricción ya que algunas sustancias orgánicas no funden sino que se descomponen dentro de un amplio rango de temperatura, como ocurre con los carbohidratos. Aquí disponemos de una valiosa información pues nos está indicando su complejidad.

En algunas circunstancias, una sustancia orgánica no se encuentra pura por lo que tiene un comportamiento diferente al esperado: disminuye el valor de la constante (¿recuerda las propiedades coligativas?) y existe un intervalo durante su punto de fusión mayor a un grado Celsius.

3.1.2 *Punto de ebullición.*

Esta propiedad tiene un comportamiento semejante al anterior. Cuando se incrementa la cadena carbonada, hay un aumento de la temperatura de ebullición, lo mismo cuando aparece un átomo diferente a carbono e hidrógeno debido a que se generan interacciones intermoleculares que cohesionan mejor a las moléculas, como ocurre con los puentes de hidrógeno y se modifica la estructura y la simetría de la molécula: una estructura lineal tiene mayor temperatura de ebullición que una ramificada.

3.1.3 *Solubilidad.*

Con esta propiedad determinamos la cantidad de una determinada sustancia que se disuelve con otra en mayor cantidad llamada solvente. Un solvente es un fluido como el agua u otros orgánicos como el éter, la acetona, el etanol, el cloroformo, el éter de petróleo, el hexano o el tetracloruro de carbono.

Si la sustancia se disuelve en agua deducimos que es polar o iónica debido a que el agua por la diferente electronegatividad de sus átomos (hidrógeno y oxígeno) exhibe esta característica, lo cual se confirma cuando la solución presenta una mayor conductividad eléctrica, pero si eso no ocurre, es posible que el soluto tenga características de una sustancia covalente polar ya que puede establecer algún tipo de enlace con el solvente como a través de puentes de hidrógeno. Cuando no ocurre ninguna de las dos, aparece la formación de dos fases por lo que se dice que el soluto es inmiscible o insoluble en

agua. Esta propiedad la presentan las sustancias orgánicas utilizadas como solventes a excepción de la acetona y el alcohol etílico que si lo hacen.

Enseguida establecemos algunos hechos que deben ser tenidos en cuenta cuando trabaje con la solubilidad de las sustancias orgánicas:

- A mayor cadena carbonada, el compuesto se hace más insoluble en agua, debido a que aumenta las fuerzas de cohesión hidrofóbica entre sus cadenas.
- Una sustancia orgánica puede incrementar su solubilidad en agua si dentro de su estructura aparecen átomos de oxígeno o nitrógeno si su cadena carbonada no es mayor de cinco carbonos.
- Todas las sales orgánicas son solubles en agua.
- Los compuestos orgánicos que contienen carbono – hidrógeno, carbono – hidrógeno – azufre o carbono – hidrógeno – halógeno son insolubles en agua.
- Un anillo aromático de seis carbonos unido a grupos polares como hidroxilo, amina o ácido carboxílico, tienen la solubilidad semejante a la del compuesto alifático de cuatro átomos de carbono.
- Las cadenas carbonadas de hasta cinco átomos de carbono que soporte grupos funcionales como alcohol, éter, aldehído, cetona y amina son parcialmente solubles en agua.
- Los isómeros de cadena y de posición tienen mayor solubilidad que el isómero de cadena normal.

En los procesos de extracción de las sustancias orgánicas, sobre todo en los tejidos vivos donde se encuentra un ambiente más acuoso, es necesario tener en cuenta que se establece un equilibrio entre el solvente y la fuente de donde se extrae el cual se identifica por el *Coefficiente de reparto*. Más adelante lo estudiaremos ya que es el fundamento de la técnica de extracción con solventes.

3.1.4 *Color.*

Esta propiedad depende de la presencia de grupos atómicos cromóforos que al interactuar con la luz visible la descomponen emitiendo el color que puede ser característico para la sustancia orgánica.

Son grupos cromóforos las funciones nitro, quinonas, azóicos, carbonio (colorantes del trifenil metano) y sistemas insaturados extensos conjugados (caso del β – caroteno). En algunos casos también puede ser señal de impurezas sobre todo en aquellos compuestos orgánicos que son fácilmente oxidables.

3.1.5 *Olor.*

Es una característica particular asociada a su peso molecular y a la facilidad o no de poderse volatilizar a temperatura ambiente, debido a las escasas fuerzas de cohesión molecular.

Muchas Veces no es posible describir el olor de una sustancia en particular; sin embargo se puede establecer que los alcoholes tienen olores diferentes a los de los ésteres (que suelen ser más agradables); los fenoles a los de las aminas y los aldehídos a las de las cetonas. Los mercaptanos, isonitrilos y la pentametildiamina son muy desagradables. El benzaldehído, el nitrobenzoceno y el benzonitrilo recuerdan al olor de las almendras. El

eugenol, la cumarina, la vainillina, el salicilato de metilo y el acetato de isoamilo tienen olores característicos muchas veces asociados con aromas de frutas, especias o plantas medicinales.

Lo más importante es que el olor de una sustancia está asociado con estructuras sencillas, poco polares y de bajo punto de ebullición.

3.2 **Propiedades Químicas.**

Estas dependen exclusivamente del Grupo Funcional por lo que es necesario trabajarlas en cada una de esas familias de compuestos orgánicos. Aquí haremos una descripción de algunas de ellas como lo es la reactividad química y las propiedades ácido – base.

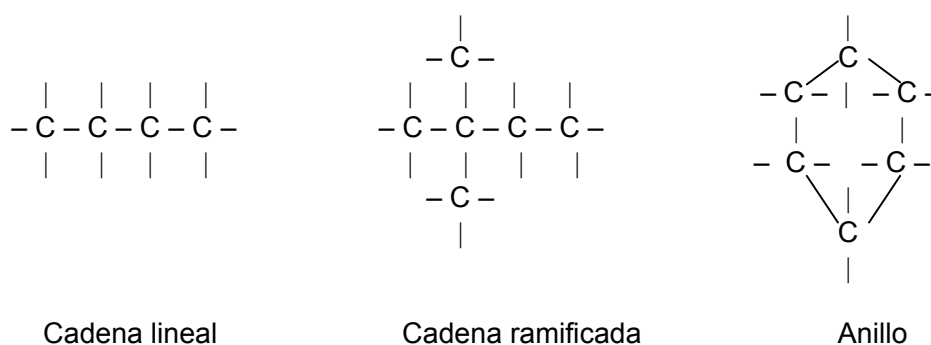
3.2.1 *Reactividad química.*

La podemos comprender como la facilidad que tiene una sustancia para interactuar con otras para formar una nueva, mucho más estable y con un contenido energético menor. Esta propiedad depende de la complejidad de la cadena carbonada y de la asociación de los átomos presentes en los grupos particulares allí presentes y que van a orientar el cambio químico.

Una cadena carbonada corresponde a la estructura proveniente de la unión mediante enlaces sigma y/o pi de átomos de carbono a manera de esqueleto teniendo en cuenta que dicho átomo es tetravalente.

Esta capacidad de formar cadenas implica que el átomo de carbono puede establecer libremente uniones en cualquier dirección del espacio, por ello esa cadena puede ser lineal, ramificada al presentar otras cadenas lineales o ser circular formando anillos o varios de ellos como lo podemos ver en la figura 4.

Figura 4. Algunas formas de las cadenas carbonadas.



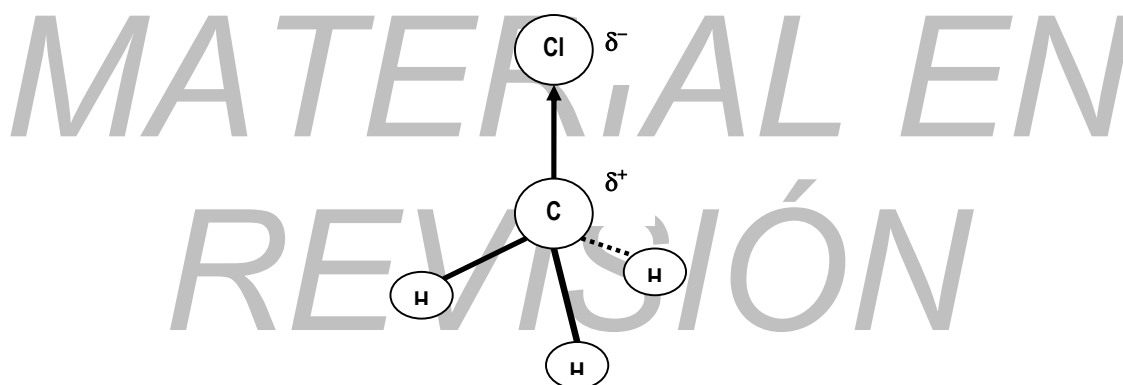
La figura 4 nos muestra la representación bidimensional ya que esas cadenas carbonadas al formar parte de compuestos orgánicos reales no tienen esa disposición espacial ya que las uniones sigma se orientan a $109^{\circ} 28'$ mientras que las uniones moleculares de los orbitales sp^2 y sp lo hacen a 120° y a 180° , además de que también cumplen el principio del bajo nivel energético disminuyendo hasta donde les sea posible los efectos de repulsión entre las nubes electrónicas. Si construimos los modelos correspondientes

podemos encontrar que realmente estas sustancias tienen una forma y un volumen determinados.

La reactividad también depende de los átomos que está ubicados sobre la estructura de soporte; es importante tener presente la electronegatividad de los mismos ya que va a hacer que esa unión específica sea iónica o covalente polar, determinando la aparición de cargas positivas, negativas o parciales.

Cuando la unión es iónica, la sustancia se comporta de esa manera, pero si es covalente polar, la aparición de la carga parcial permite la formación de un momento bipolar que va a determinar características particulares cuando reaccione. Para comprender mejor este fenómeno, observemos la fórmula estructural del cloruro de metilo que se encuentra en la figura 5.

Figura 5. Ilustración del momento bipolar en el cloruro de metilo.



Los valores de electronegatividad de los átomos implicados es 2,10 para el hidrógeno, 2,83 para el cloro y de 2,50 para el carbono. Al compararlas vemos que existe diferencia en décimas mostrando su carácter covalente, al mirar la diferencia entre carbono y cloro son pequeñas comparadas entre estos dos elementos y el hidrógeno, lo que nos muestra la posibilidad de ser sustituido para alcanzar menores valores, sin embargo, la diferencia se mantiene por lo que es el átomo de cloro el que ejerce mayor fuerza sobre los electrones de enlace generando su desplazamiento y la aparición de una polaridad que la hemos representado con la flecha y la descripción de las cargas (δ^- y δ^+) que ilustran el momento dipolar en la figura.

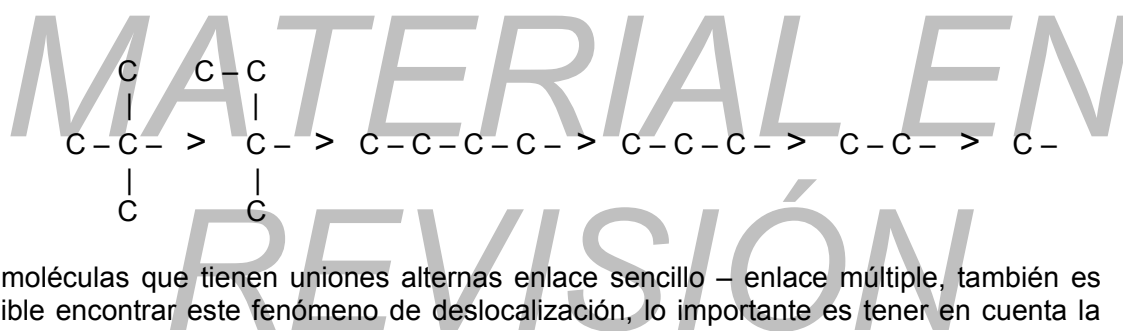
Este efecto también se hace manifiesto a lo largo de la cadena carbonada debido a la diferencia de electronegatividad entre el carbono y el hidrógeno, generando la tendencia a desplazar la carga positiva a un extremo de la molécula; este fenómeno se llama *efecto inductivo*.

Este efecto es de dos tipos: uno negativo, que implica el desplazamiento de los electrones a un extremo permitiendo la aparición sobre ellos de la carga parcial negativa y generalmente están asociados a grupos como carboxilo ($-COOH$), nitro ($-NO_2$), cianuro ($-CN$) y los halógenos ($-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$) y el otro positivo que se ubica sobre la cadena carbonada; este efecto va disminuyendo en la medida en que aumenta la cadena carbonada, aunque también depende de la ramificación de la cadena donde ese efecto puede tener alguna importancia; esto ha permitido establecer una escala de estructuras carbonadas cuya aparición afecta este efecto, como lo podemos ver en la figura 6, donde

el efecto es mayor en cadenas ramificadas y menor en las lineales; en esta figura solamente estamos representando los enlaces que se dan entre carbonos pero no olvidamos que es tetravalente, lo que ocurre es que las uniones que no aparecen están saturadas con átomos de hidrógeno.

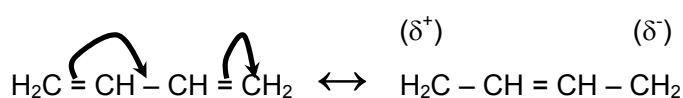
Cuando la estructura es anular depende del tipo de enlaces que se encuentren en ella; cuando hay uniones simples el efecto se localiza sobre el átomo de carbono que soporta el grupo negativo, en estructuras aromáticas, donde hay dobles enlaces conjugados, debido a que los átomos se ubican en un plano, las nubes electrónicas de los enlaces se ubican por encima y por debajo del mismo formando una especie de nube móvil que afecta a todos los carbonos. Dicha deslocalización genera un comportamiento químico diferente como lo estudiaremos en la familia de los compuestos aromáticos.

Figura 6. Relación entre estructura y efecto inductivo positivo.

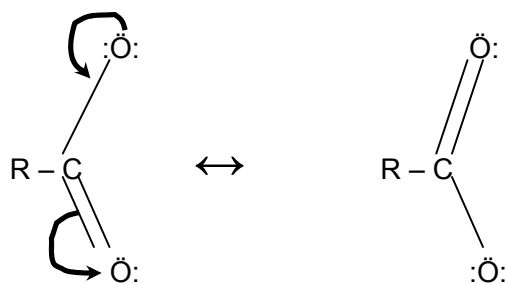


En moléculas que tienen uniones alternas enlace sencillo – enlace múltiple, también es posible encontrar este fenómeno de deslocalización, lo importante es tener en cuenta la posibilidad de que exista un par de electrones libres que faciliten ese movimiento, como lo podemos encontrar en la figura 7 para una molécula como el 1,3 – butadieno y para el ión carboxilato que identifica a los ácidos orgánicos.

Figura 7. Deslocalización electrónica en cadenas lineales.



Enlaces conjugados



Ion Carboxilato

Las flechas muestran el movimiento de los electrones que se encuentran disponibles, generando facilidad de reactividad química para encontrar estructuras muchos más estables en términos energéticos.

3.2.2 Propiedades ácido – base.

Las sustancias orgánicas presentan características que las definen en su comportamiento químico como lo ha definido la teoría de Bronsted – Lowry en la que se considera la movilidad de los protones entre pares de sustancias ácidas y básicas ya que es condición que estén juntas para que ocurra ese desplazamiento. Esto influye en la reactividad química ya que dicho movimiento favorece la formación de estados activados con el solvente o con catalizadores promoviendo la reacción. En el estudio de algunos grupos funcionales tendremos la oportunidad de comprender su utilidad.

4. Grupo Funcional.

Corresponde al átomo o grupo de átomos cuya presencia en la cadena carbonada le confiere propiedades específicas y un comportamiento químico característico, aunque el resto de la cadena también mantiene algunas propiedades que permiten su modificación para producir otras sustancias.

La utilidad de este concepto es la de facilitar la agrupación de compuestos con esa estructura química semejante, determinar algunas características generales del mismo y comportamientos fisicoquímicos que nos puede ayudar posteriormente a caracterizarlas.

La longitud de la cadena carbonada a la que está unido el grupo funcional permite la aparición de la denominada *serie homóloga*, tanto que en la nomenclatura se incluye como un radical formando parte de su nombre químico.

En la tabla 1 encontramos las estructuras, la fórmula general con que suele identificarse a esa serie dentro de la literatura química y el nombre del grupo funcional. Es necesario que la observe cuidadosamente ya que es necesario que vaya generando estrategias para su comprensión y asimilación para el buen desempeño académico en el resto del curso.


Los grupos funcionales que vamos a estudiar en este curso están asociados a los elementos que acompañan al carbono, por ello estudiaremos en ese curso las asociaciones carbono – hidrógeno, carbono – oxígeno, carbono – nitrógeno y carbono – azufre que son las más comunes y aparecen en los seres vivos haciendo parte de su estructura, por lo que se suelen encontrar en las fuentes alimenticias y también en las que sirven como medicamentos.

Para comprender algunas de las informaciones mostradas en la tabla 1, principalmente en las convenciones de la fórmula general es necesario hacer las siguientes consideraciones:

- En los grupos funcionales sólo se encuentran unidos a los carbonos los átomos de hidrógeno, en otras se indican los demás que participan en la función.
- Las funciones alcano, alqueno y alquino se caracterizan por estar formadas únicamente por carbono – hidrógeno y su variación depende de si tienen uniones

simples, dobles o triples respectivamente y su reactividad química se debe a esos enlaces. La letra R indica que la está acompañando restos de cadenas carbonadas ya sean lineales, ramificadas o anillos con uniones sencillas o dobles pero sin estar conjugadas. R' indica que son cadenas totalmente diferentes.

Tabla 1. Estructuras de los Grupos Funcionales Orgánicos⁶.

GRUPO FUNCIONAL	FÓRMULA GENERAL	NOMBRE
- C - C -	R - H	Alcano
- C = C -	R - C = C - R'	Alqueno
- C ≡ C -	R - C ≡ C - R'	Alquino
	Ar - H	Aromáticos
- X	R - X Ar - X	Haluro
- OH	R - OH	Alcohol
- OH	Ar - OH	Fenol
- O -	R - O - R' Ar - O - Ar'	Éter
- CHO	R - CHO Ar - CHO	Aldehído
- CO -	R - CO - R' Ar - CO - Ar'	Cetona
- COOH	R - COOH Ar - COOH	Ácido
- COO - R'	R - COO - R' Ar - COO - R'	Éster
- CONH ₂	R - CONH ₂ Ar - CONH ₂	Amida
- COX	R - COX Ar - COX	Haluro de ácido
- NH ₂	R - NH ₂ Ar - NH ₂	Amina primaria
- NH -	R - NH - R' Ar - NH - R'	Amina secundaria
- N - 	R - N(R') ₂ Ar - N(R') ₂	Amina terciaria
- SH	R - SH Ar - SH	Tiol

⁶ Tomada de: DE LA TORRE JARAMILLO, Germán. MORENO VESGA, Pedro. *Química Orgánica*. Bogotá, Unisur. 1995. Volumen 1, página 31 - 33.

- CN	R - CN Ar - CN	Nitrilo
------	-------------------	---------

- Las letras Ar están representando a las cadenas provenientes de anillos de compuestos aromáticos, es decir aquellos que tienen enlaces sencillos y dobles combinados que favorecen la deslocalización de los electrones, por ello en la imagen del grupo funcional aparece un anillo hexagonal con un círculo dentro, mostrando precisamente dicha característica.
- La estructura del grupo funcional - CHO indica que el átomo de carbono tiene un doble enlace con el oxígeno y una unión simple con el hidrógeno.
- La estructura del grupo funcional - CO - representa doble enlace entre los átomos de carbono y oxígeno.
- Las estructuras - COOH, - COOR', - CONH₂ y - COX, debemos comprenderlas en que en todas ellas hay una doble unión entre el carbono y un átomo de oxígeno y una unión sencilla entre el mismo carbono y otro átomo de oxígeno o de nitrógeno quienes saturan sus valencias con átomos de hidrógeno o con cadenas carbonadas (pueden ser alquílicas o arílicas).
- Para nuestro curso, las hemos agrupado en tres conjuntos con fines estrictamente didácticos y para poder cumplir con los lineamientos institucionales de que este curso debe tener tres créditos. Alcanos, alquenos, alquinos y compuestos aromáticos los hemos denominado hidrocarburos como tradicionalmente se estudian; los alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y amidas en otro al que llamaremos funciones oxigenadas y finalmente a aminas, amidas, tioles y nitrilos en otro que hemos denominado funciones con heteroátomos; sin embargo se mantiene el trabajo académico que tradicionalmente se utiliza en el estudio de este campo de la Química Orgánica.

5. Isomería.

Cuando discutimos las propiedades fisicoquímicas de los compuestos orgánicos encontramos que también influye la misma en su reactividad o en su solubilidad, ahora vamos a comenzar a trabajar otro concepto relacionado precisamente con las variaciones que podemos encontrar en esta parte de la molécula orgánica.

Un *isómero* son compuestos orgánicos que tienen la misma fórmula molecular pero que tienen distinta distribución espacial, presentando variaciones a las propiedades fisicoquímicas que identifican, digamos, a las que tiene el compuesto lineal.

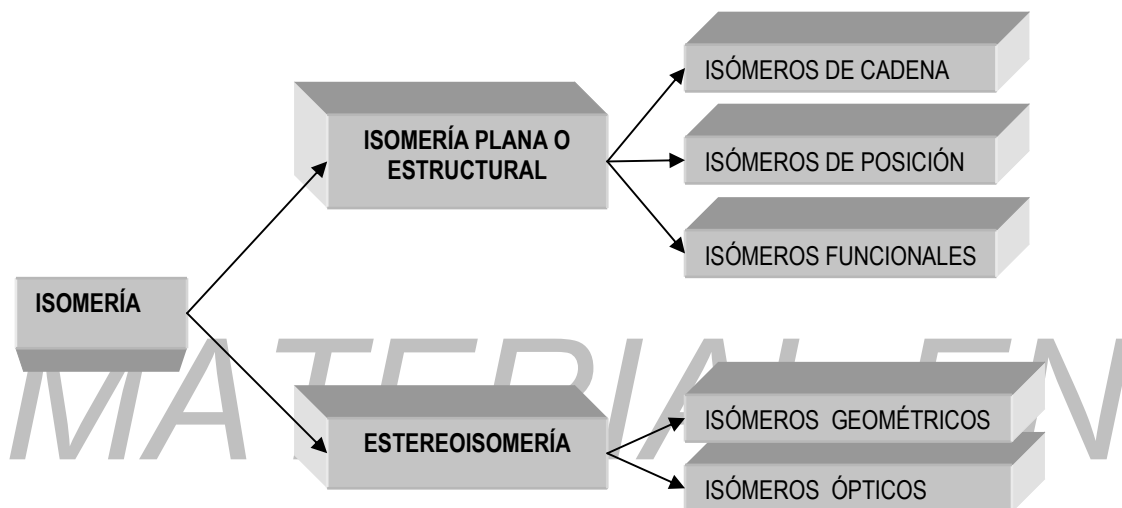
5.1 Clases de Isómeros.

En química orgánica, estas sustancias se pueden agrupar en dos clases: los isómeros estructurales y los isómeros configuracionales o estereoisómeros los que a su vez reúnen a los tipos específicos de isómeros como lo podemos encontrar en la figura 8.

5.1.1 Isomería estructural.

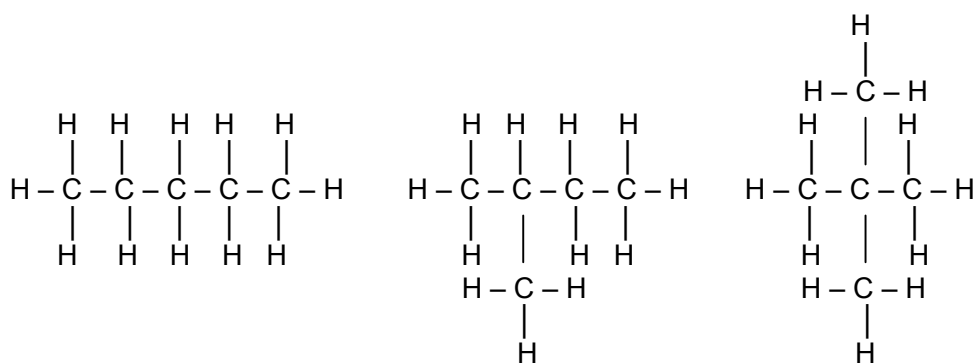
Estos compuestos tienen su misma fórmula molecular pero tienen diferente secuencia de los átomos que conforman la cadena carbonada, la posición del grupo funcional y en agrupamiento de los átomos que participan.

Figura 8. Clasificación de los Isómeros en Química Orgánica.

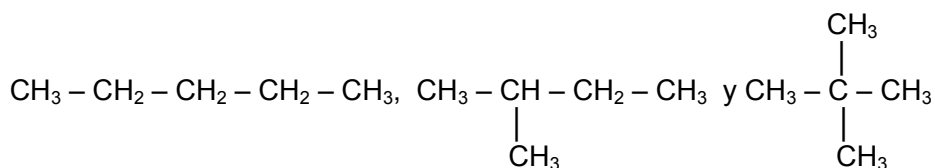


5.1.1.1 Isómeros de cadena.

Estas sustancias tienen diferente posición en la cadena carbonada. Tomemos como ejemplo el compuesto orgánico que tiene como fórmula molecular C_5H_{12} , teniendo en cuenta el principio de la tetravalencia del carbono y que esta sustancia tiene uniones sencillas, se pueden establecer tres fórmulas estructurales completamente diferentes:



Estas también las podemos representar así:



5.1.1.2 Isómeros de posición.

Se presentan en compuestos orgánicos que tienen el mismo grupo funcional pero que se encuentran localizados en diferentes sitios de la cadena carbonada. Así, por ejemplo, el compuesto de fórmula C_2H_7Cl tiene sólo dos posibles isómeros que tienen como fórmula $CH_3 - CH_2 - CH_2Cl$ y $CH_3 - CHCl - CH_3$, ya que la cadena tiene dos sitios diferentes el carbono 1 y el carbono 2, aunque la cadena tiene tres, la posición uno puede contarse en los dos extremos pues en el espacio ellos no son diferenciables (además tienen el mismo agrupamiento de carbono hidrógeno CH_3).

5.1.1.3 Isómeros funcionales.

Corresponden a compuestos orgánicos que tienen la misma fórmula molecular condensada pero los átomos de sus grupos funcionales se organizan de diferente forma.

Veamos el caso del compuesto orgánico de fórmula condensada C_2H_6O que tiene dos estructuras diferentes: $CH_3 - CH_2OH$ y $CH_3 - O - CH_3$, una de ellas es un alcohol y la otra un éter.

5.1.2 *Estereoisomería.*

También denominada Isomería Espacial. Se dice que los compuestos orgánicos son estereoisómeros cuando poseen la misma fórmula condensada, pero al revisar la fórmula estructural encontramos una distribución diferente para los átomos o los grupos atómicos asociados en el espacio. Aquí es donde se encuentran las mayores evidencias de la relación entre estructura y propiedades.

5.1.2.1 Isomería geométrica.

Se presenta en aquellos compuestos orgánicos que tienen impedimento en su rotación al poseer uniones múltiples o por ser cicloalcanos (cadenas alifáticas en forma de anillos)

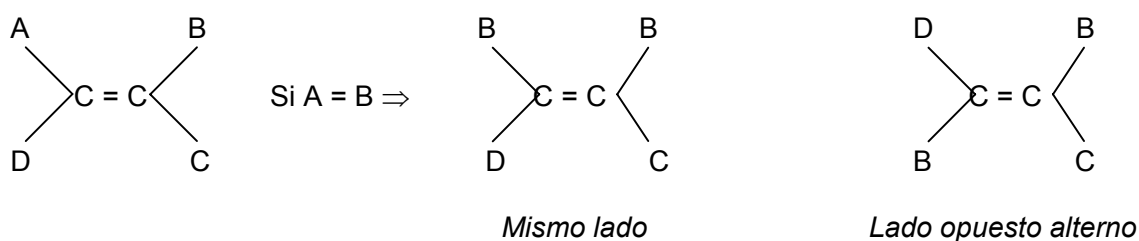
La rotación de los enlaces es una propiedad inherente a la formación de un enlace, de modo que le permite a la molécula disponer de la mejor distribución espacial para disminuir las interacciones entre sus nubes electrónicas y facilitar los cambios químicos que más adelante presente.

Isomería geométrica en alquenos. Recordando que la unión molecular sp^2 presente en un enlace doble define un ángulo de unión de 120° sobre un plano determina la posibilidad de localizar al mismo lado dos sustituyentes iguales o en posiciones contrarias como lo podemos ver en la figura 9. Lo anterior a que a cualquier lado del enlace sigma no podemos diferenciar a cada uno de los mismos por ser extremos iguales.

Observando dicha figura podemos encontrar:

- Los dos sustituyentes sobre el doble enlace deben ser exactamente iguales.
- Los grupos sustituyentes idénticos se encuentran asociados a átomos de carbono diferentes, si ello no ocurre no son diferentes ni hay la posibilidad de la isomería geométrica.
- El isómero *cis* identifica a la estructura que tiene el grupo idéntico al mismo lado del doble enlace.
- El isómero *trans* se refiere a cuando los grupos idénticos se encuentran en posiciones contrarias con respecto al doble enlace.

Figura 9. Isomería geométrica presente sobre un doble enlace.



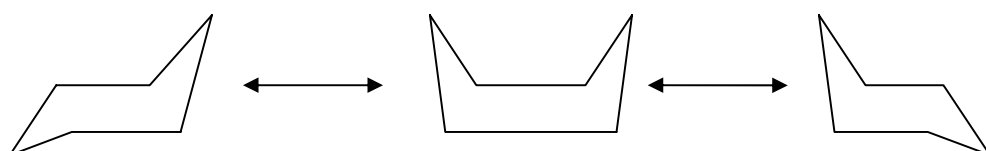
Aplicando lo anterior al compuesto orgánico de fórmula condensada C_4H_8 encontramos que faltan dos átomos de carbono, señal de un doble enlace, al escribir la cadena encontramos que son posibles dos posiciones para este enlace: entre los carbonos uno y dos y entre los carbonos dos y tres; si detallamos cada estructura, encontramos que la primera no tiene isomería geométrica ya que aunque hay átomos de hidrógeno semejantes no podremos diferenciar sobre qué átomo de hidrógeno del átomo de carbono uno tomamos para definir los isómeros cis y trans que se deben presentar. Ahora miremos la segunda molécula encontrando que el grupo CH_3 puede servirnos como grupo de diferencia, luego en esta molécula si podremos encontrar el isómero cis y el isómero trans. (Por favor escriba la estructura discutida y compárela con lo establecido en la figura 9 tomando al CH_3 como si fuera B).

Isomería geométrica en anillos. Los compuestos orgánicos cuya cadena carbonada esté formando un anillo, siempre van a determinar un plano en donde se encuentran la mayoría de los sustituyentes estableciendo posibilidades de isomería geométrica ya que por lo general se encuentran la mitad por encima y la otra mitad por debajo de dicho plano, al existir restricciones en la rotación del enlace carbono – carbono. Aquí vamos a dar algunos criterios para comprender esta isomería puesto que es necesario ayudarse de modelos geométricos espaciales para establecer al principio la posibilidad de esa isomería geométrica.

No obstante, la planaridad del anillo es relativa; sólo la cumplen las estructuras anulares de tres a cinco carbonos, mientras que a partir del anillo de seis comienza a desaparecer, formando otras más complejas.

En el ciclopropano (anillo de tres carbonos), ciclobutano y ciclopentano existen dos isómeros geométricos únicamente, pero en el ciclohexano la situación se torna más compleja puesto que allí existe una ligera rotación entre los carbonos nodo de modo que ofrece dos configuraciones o conformeros denominados *silla* y *bote* los cuales pueden sufrir transformaciones entre sí estableciendo como una especie de equilibrio, la cual puede ser restringida cuando aparecen grupos sustituyentes sobre el anillo, como nos lo muestra la figura 10.

Figura 10. Conformeros del ciclohexano.



Como en esta molécula también debemos cumplir con la tetravalencia del carbono, cada uno de los extremos de la cadena se encuentra un átomo de carbono el cual soporta dos hidrógenos que van a tener distinta orientación en el espacio que por convención se han denominado *enlaces axiales* y *enlaces ecuatoriales* ya que los primeros se encuentran apuntando en un ángulo respecto al plano mientras que los segundos lo hacen siguiendo el plano, correspondiendo a la mitad de cada uno de los hidrógenos.

5.1.2.2 Isomería óptica.

Corresponde a la interacción que tienen ciertas moléculas orgánicas con la luz polarizada ocasionando giros en la misma, debido a que en su estructura se encuentran átomos de carbono que pueden interactuar con ella.

El espectro electromagnético es un conjunto de ondas electromagnéticas que tienen la misma velocidad de propagación de 300000 km/s pero que se diferencian en su longitud de onda y en su frecuencia que se comportan como onda y como partícula.

La luz es una mezcla de diferentes ondas de energía electromagnética, que dentro del rango de 400 a 750 nm es posible de ser detectada por el ojo humano. Cuando atraviesan un prisma sufren dos fenómenos; la reflexión donde cambia de dirección manteniendo su velocidad y la refracción en la cual ocurre un cambio de dirección y se propaga en otro medio en el que puede sufrir algún cambio de velocidad debido a que tiene un índice de refracción diferente. Este cambio se suele utilizar para “purificar” una determinada onda electromagnética.

En 1809 Malus encontró que al pasar un rayo de luz incidente sobre un cristal de espato de Islandia, puede seleccionar ciertos planos de vibración de la luz. Posteriormente Nicol lo modificó cortándolo en forma oblicua y siguiendo los ángulos obtuvo un cristal romboédrico de espato de Islandia que unió con bálsamo de Canadá.

Si un rayo luminoso atraviesa el prisma de Nicol, emerge como un rayo de luz polarizada o lineal en la que hay sólo una vibración variable en el campo magnético y se mantiene constante el eléctrico.

En 1812 la escuela de Biot encontró que cuando la luz polarizada pasa perpendicularmente un cristal de cuarzo cortado en paralelo a su eje, lo desvía a la derecha o a la izquierda y el 1815 encontraron que ciertos compuestos orgánicos ya sea en estado sólido o en solución pueden desviar el rayo de luz polarizada en la misma forma, aduciendo que esa propiedad dependía de su estructura en la cual era posible encontrar:

- La ausencia de un centro de inversión de la luz polarizada.
- Carencia de planos de simetría.
- No tiene un eje de simetría de rotación – reflexión.

Lo anterior significa que cuando la molécula orgánica es simétrica, su estado de transición electrónica permite mantener direcciones constantes en los momentos magnéticos y

eléctricos que genera la vibración de los electrones por lo cual no modifican el sentido de vibración de la luz polarizada. Cuando encontramos esa asimetría, necesariamente se cambia la dirección de vibración magnética de la luz polarizada, ocasionando su desviación a la derecha o a la izquierda definiendo si el isómero analizado es dextrógiro o levógiro respectivamente.

Pasteur en 1858 intuyó que una sustancia orgánica debe su actividad óptica a una distribución asimétrica de los átomos componentes de la molécula demostrándolo al separar manualmente los cristales del ácido tartárico observando las diferencias que tienen sus caras para poder explicar por qué el *Penicillium glaucum* sólo fermentaba al ácido (+) – tartárico, estableciendo, además, que es posible establecer una relación especular (de espejo) entre la geometría del cristal y la capacidad de hacer girar a la derecha o a la izquierda el plano magnético de oscilación de la luz polarizada.

En 1874 van't Hoff y Le Bel aplicando la tetravalencia del carbono postularon que la asimetría molecular se manifiesta cuando la estructura posee uno o más átomos de carbono no localizados en el mismo plano, pero que tengan unidos cuatro átomos o grupos atómicos diferentes (algo semejante a la isomería geométrica).

Por lo tanto, para explicar la isomería óptica de un compuesto de carbono se debe trabajar su asimetría y la imagen especular.

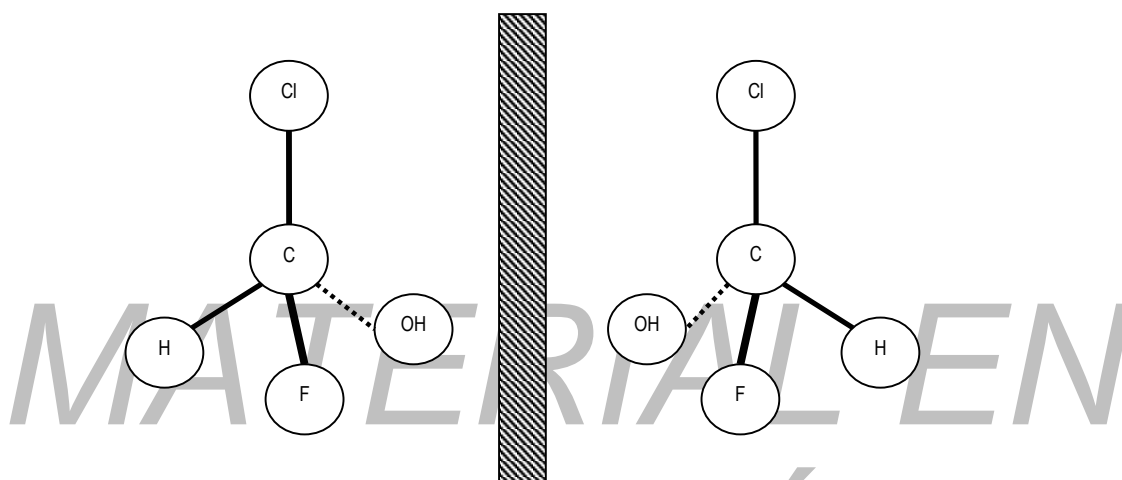
Asimetría del átomo de carbono. Al observar la fórmula estructural del metano CH_4 encontramos imposible diferenciar cada uno de los átomos, por lo que se dice que es una molécula simétrica. Al remplazar uno de los hidrógenos por un átomo de cloro, vemos que ya podemos diferenciarla, pero al ubicarla en el espacio es imposible diferenciarla de otra ya que son exactamente iguales y al ordenarlas vemos que se repiten exactamente. Ahora sustituimos otro hidrógeno por un grupo atómico como el hidroxilo de los alcoholes ($-\text{OH}$) para tener el compuesto orgánico de fórmula CH_2ClOH , que al representar mediante una fórmula estructural encontramos que podemos tener dos estructuras completamente diferentes que podremos enfrentar y hallar que se repiten en la misma forma en que lo hacemos cuando colocamos nuestra mano izquierda frente a un espejo y vemos reflejada una imagen muy parecida a nuestra mano derecha. Sin embargo si construimos los dos modelos y los giramos en el espacio para superponerlos encontramos que siguen siendo exactamente iguales.

Sigamos con nuestra molécula y ahora remplazamos uno de los hidrógenos por otro átomo como puede ser el flúor obteniendo una molécula que tiene como fórmula CHFClOH y sigamos con el proceso de formar nuevamente la estructura de la molécula. Como en el caso anterior vemos que hay la posibilidad de dos estructuras diferentes que podemos enfrentar una a otra como ocurre cuando las colocamos frente a un espejo, lo curioso es que si hacemos girar estos dos modelos para buscar posibilidades de que sean iguales vemos que ello no ocurre, en esta forma encontramos que el átomo de carbono es asimétrico y tiene la posibilidad de ser ópticamente activo y una de ellas será levógira y la otra dextrógira. En la figura 11 encontramos dispuestas las estructuras discutidas y cómo se ven cuando están enfrentadas como si estuviéramos mirando un espejo el cual representamos por la línea gruesa en el centro de la figura.

Las dos estructuras de la figura 11 se denominan enantiómeros o antípodos ópticos, tienen las mismas propiedades físicas (puntos de fusión, ebullición, índice de refracción,

solubilidad, etc.) excepto que se diferencian en el signo de su propiedad óptica ya que una lo tiene (-) y la otra (+).

Figura 11. Ilustración de un átomo de carbono asimétrico.



En la determinación de la actividad óptica de una sustancia orgánica no siempre es fácil la construcción de su modelo estructural, por lo que para poder predecir su actividad óptica o explicarla cuando la presente es necesario recurrir a otras técnicas como la determinación del centro de simetría, del plano de simetría y del eje alternante de simetría de orden n. Como es un poco complejo, no las trabajaremos en este curso.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 1

Una vez que ha hecho su lectura cuidadosa del texto anterior, le proponemos esta actividad con la finalidad de que construya la asimilación de los mismos y tenga la oportunidad de trabajarla de manera individual, en su grupo colaborativo de aprendizaje y en la reunión del Grupo de Curso que se hará al finalizar la unidad, aunque usted tiene la oportunidad de mostrar y consultar aspectos de su trabajo al tutor del centro regional donde se encuentra matriculado o a través de Internet.

Es necesario que lleve un registro ordenado de sus productos en el portafolio, aquí tendrá la oportunidad de adjuntar otros.

Esta actividad tiene dos partes, una de tipo conceptual y otra práctica donde tendrá la oportunidad de interactuar con los conceptos trabajados en el mismo y aplicarlos a otras situaciones que se le indican en el mismo.

Propósitos

- Consolidar los documentos producto de su actividad académica en el Portafolio de Desarrollo Personal solicitado en el curso.

- Construir los modelos moleculares de algunas moléculas mediante la elaboración de representaciones físicas de los átomos más comunes que se encuentran en la Química Orgánica.
- Aplicar los conceptos en la resolución de algunos problemas relacionados con la temática tratada en el tema.

Procedimiento

1. *Aplicación conceptual.*

El trabajo que debe consolidar mediante documentos son los siguientes:

- Documento escrito que contiene un resumen, un mapa conceptual u otra estrategia que le permita dar cuenta de la lectura del tema. Debe estar identificado con su nombre.
- Documento que presenta los resultados alcanzados en la resolución del siguiente cuestionario que debe estar corregido en el pequeño grupo de aprendizaje colaborativo. Si ha tenido oportunidad de trabajarlo con su tutor, debe dejar claro cuáles fueron las correcciones o sugerencias de mejoramiento que le fueron dadas por el profesor.
- Informe escrito de la actividad práctica con los modelos moleculares.

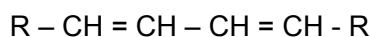
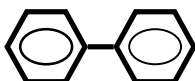
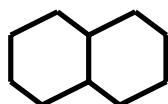
Cuestionario de consolidación conceptual y aplicación del tema 1.

- 1) Construya un párrafo que explique el campo de trabajo de la Química Orgánica.
- 2) Complete el siguiente cuadro:

Nombre de hibridación	Orbitales que participan	Nombre del enlace molecular	Características de los enlaces que forman	Ángulo de enlace

- 3) ¿Qué propiedades físicas y propiedades químicas podemos asociar a la cadena carbonada y a los grupos funcionales?
- 4) Observe cuidadosamente la tabla uno y establezca cuatro conclusiones asociadas con los grupos funcionales que le permitan su plena identificación y reconocimiento.
- 5) Establezca en un cuadro sinóptico las principales características que tiene cada tipo de isomería.
- 6) Establezca el número y las fórmulas estructurales de los isómeros de los compuestos orgánicos que tienen como fórmula condensada C_6H_{14} , C_7H_{16} , C_8H_{18} , C_9H_{20} y $C_{10}H_{22}$.
- 7) Determine los isómeros funcionales que tienen los compuestos orgánicos de fórmula condensada $C_2O_2H_4$, $C_2O_2H_6$ y $C_6H_{12}O$.
- 8) Determine la cantidad y estructura de los isómeros de posición para los compuestos de fórmula condensada $C_5H_{12}O$, $C_5H_{10}O_2$, $C_5H_{11}N$ y $C_6H_{13}O$.

- 9) Establezca si en los siguientes compuestos se presenta isomería geométrica; si es cierto, dibuje las estructuras correspondientes:
 $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$, $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$, $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$,
 $\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3$, $\text{HOO} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$, $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$.
- 10) Determine en cada uno de los siguientes compuestos orgánicos, los que pueden dar origen a isómeros geométricos:



2. *Elaboración de modelos para moléculas orgánicas.*

Una forma de lograr mejor comprensión del comportamiento de las sustancias orgánicas es la elaboración de modelos de las estructuras tridimensionales de las mismas. Algunos conceptos de isomería se comprenden muchísimo mejor a través de este medio, lo mismo que las propiedades fisicoquímicas de los grupos funcionales al poder visualizar planos, ángulos y disponibilidades de las nubes electrónicas que son las encargadas de dicha reactividad, sin olvidar que la cadena carbonada de soporte ejerce influencias en dicha propiedad.

Aunque existen modelos comerciales, no son asequibles por sus costos, por ello utilizando materiales de uso común como icopor, madera o plastilina es posible que podamos construirlos, con la ventaja de poder comprender el significado del ángulo de enlace y de conseguir la mejor distancia para reducir efectos de los mismos grupos que en la configuración energética de la molécula se ubican en cierta posición espacial con el mismo propósito.

Propósito

Construir modelos tridimensionales de algunas moléculas orgánicas utilizando recursos que tengamos a nuestro alcance.

Aplicar los conceptos de la Teoría estructural discutidos en el capítulo, lo mismo que en la comprensión de la isomería geométrica y óptica.

Escribir las conclusiones derivadas de la organización tridimensional de la molécula que nos ayuden en la explicación de su comportamiento fisicoquímico.

Procedimiento

Los materiales que voy a recomendar son los que me han permitido construir algunos modelos utilizados para explicar los conceptos del material, igual, si no se disponen de los mismos o se quieren tener otros más sofisticados o durables puede utilizar hasta metal o recurrir a la plastilina. Lo más importante es que realmente construyamos los modelos y en las temáticas más avanzadas del curso cuando tengamos algunas inquietudes relacionadas con las propiedades fisicoquímicas del grupo en estudio recurramos a la construcción del modelo. Esto porque en el material escrito sólo podemos trabajar dos dimensiones, aunque se logre algún nivel de perspectiva queda todavía la duda de si realmente el concepto ha sido bien comprendido.

Lo primero que vamos a realizar es la consecución de los materiales. Sugiero el icopor, pero igual puede usar otro material que desee y le sea más asequible, en el tamaño y las cantidades recomendadas en la tabla 2. Si encuentra que no puede alcanzar las cantidades recomendadas, intente con la mitad o asóciase con compañeros del Grupo de Aprendizaje Colaborativo y entre todos dispongan del material, encargándose cada uno de elaborar una cantidad definida de cada uno de los enlaces indicados en la tabla para que tengan la experiencia. Mi recomendación es que tengan de alguna forma este material que le puede ayudar muchísimo en su aprendizaje.

Tabla 2. Diámetros y cantidades de esferas de icopor requeridas para la construcción de modelos en Química Orgánica.

ÁTOMO A REPRESENTAR	COLOR	DIÁMETRO	CANTIDADES				TOTAL DE ESFERAS
			sp^3	sp^2	sp	SENCILLO	
Hidrógeno	Amarillo	2 cm	0	0	0	64	64
Carbono	Negro	3 cm	32	12	4	48	48
Halógenos	Azul	3 cm	0	0	0	10	10
Nitrógeno	Verde	4 cm	10	5	5	0	20
Oxígeno	Rojo	4 cm	20	10	0	0	30

Para comenzar a elaborar nuestro modelo comenzaremos construyendo el átomo de carbono tetravalente con enlace sencillo o que tiene como hibridación sp^3 o tetraedro regular; tome una de las bolas de icopor, mida el diámetro y lo divide por dos para saber cuánto mide el radio, tome esa media trace un círculo en una hoja de papel utilizando un compás. Trace una línea que recuerde el diámetro. Con el transportador, colocado en el centro de la circunferencia, mida una distancia de $109,5^\circ$; una ese punto hallado con el centro mediante una recta, proyecte el punto que le indica sobre la circunferencia los $109,5^\circ$ al diámetro para obtener el correspondiente triángulo rectángulo. La secante corresponde a la recta del cateto adyacente al ángulo correspondiente, como lo muestra la figura 12.

Usando el compás, tome la medida de la secante y verifique que el aparato mantiene la posición indicada, tome la esfera a la que le midió su diámetro, señale en ella un punto arbitrario y trace una circunferencia alrededor de la esfera sin que el compás modifique su apertura. El centro de ella corresponde al punto a o al sitio donde se localiza uno de los enlaces del carbono y al que se le hará la correspondiente perforación para insertar el palito para chuzos y que va a representar la longitud de enlace.

Tome la esfera con la circunferencia trazada, seleccione un punto cualquiera, nuevamente con el mismo compás haga otra circunferencia tomando como centro dicho punto, este centro corresponde al punto b donde se localizará otro de los enlaces realizando el procedimiento anterior. Ahora debemos encontrar los dos puntos de intersección entre ellas y marcamos esos puntos, c y d, con lo cual nuestra esfera tiene ya cuatro puntos, los dos que arbitrariamente escogimos para el trazo de las circunferencias y los otros definidos por la intersección de las mismas. Realice una perforación cuidadosa de no más de 0,5 cm teniendo en cuenta el diámetro de los palitos cilíndricos que va a utilizar y en forma perpendicular a cada punto. Terminada esta labor ya disponemos de nuestro átomo de carbono, el cual pintaremos de negro con acuarela.

Repetimos el mismo procedimiento con las esferas de 4 cm que representan a los átomos de nitrógeno, que pintamos con acuarela verde y de oxígeno, que pintaremos con acuarela roja.

Figura 12. Esquema de apoyo en la construcción de modelos para las moléculas orgánicas.

MATERIAL EN

Seguimos con la elaboración de los modelos que tienen hibridación sp^2 o que van a representar el enlace doble. Tome la esfera de 3 cm, señale dos puntos exactamente opuestos, se puede ayudar con la circunferencia trazada en papel, de modo que le represente el diámetro y perfórelos cuidadosamente. Ahora, tome el transportador y marque los puntos señalados cada uno a 120° utilizando el primero de ellos como punto de partida para la segunda medida. Recuerde que deben estar ubicados en el mismo plano, una vez señalados en la esfera nuevamente perfóre perpendicular a ella a no menos de 0,5 cm y teniendo en cuenta el diámetro del palito que va a utilizar como representación del enlace. No olvide pintarlas con acuarela negra.

Ahora, tome las esferas de 4 cm y realice exactamente el mismo proceso, pinte unas de ellas en acuarela verde, para el nitrógeno, y otras en rojo para el oxígeno según lo indicado en la tabla 2.

En la representación de los átomos de carbono con enlace triple o con hibridación sp , tomamos una esfera de 3 cm, se ubica su diámetro y se perforan esos puntos con el cuidado con que se han realizado los anteriores. Haga un giro de modo que esa perforación quede frente a usted y sobre el diámetro máximo que ve, marque un punto y con el transportador establezca el punto que señala 90° y de allí tome el otro hasta completar la circunferencia, nos deben aparecer cuatro, que deben ser perforados cuidadosamente conforme a lo que hemos venido trabajando y los pintamos de negro. Tomamos otras esferas de 4 cm, le hacemos el mismo procedimiento y las pintamos de verde para representar el oxígeno.

Las perforaciones para las esferas de hidrógeno y de los halógenos son muy sencillas ya que sólo requiere una perpendicular y en la profundidad requerida, lo mismo que pintarlas con los colores indicados en la tabla 2 (amarillo para hidrógeno en esferas de 2 cm y azul para los halógenos en esferas de 3 cm).

Con respecto a las uniones, recomiendo utilizar palitos de madera de los usados para pinchos, los cuales pueden ser cortados teniendo en cuenta la siguiente proporción: un angstrom equivale a 3 cm, y determinándola conforme a las medidas dadas en la tabla 3, realizando la correspondiente conversión:

Tabla 3. Distancias que presentan los diferentes enlaces en moléculas orgánicas.

Clase de unión	Radio (en angstroms)
C – C	1,54
C = C	1,34
C ≡ C	1,20
C – N	1,47
C – O	1,43
C = O	1,22
C – F	1,41
C – Cl	1,77
C – Br	1,91
C – I	2,10

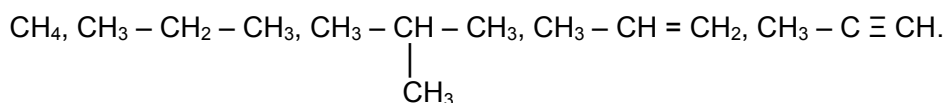
Los enlaces dobles y triple se pueden representar con trozos de alambre de cobre, del mismo diámetro de los palitos para poderlos doblar de modo que se acomoden en el átomo respectivo dándonos idea de cómo se colocan. Si desea pintarlos lo puede hacer.

3. Ejercicios de observación con los modelos moleculares.

Luego de realizadas las anteriores actividades, utilizaremos esos modelos para ilustrar algunos de los conceptos trabajados en este tema.

Comenzaremos con moléculas sencillas para que pueda comprender la mecánica de la armada del modelo, visualizar la estructura resultante, establecer las relaciones entre cada uno de los átomos teniendo en cuenta su ubicación espacial, los enlaces que forma y otros aspectos que se pueden deducir de observar las figuras obtenidas.

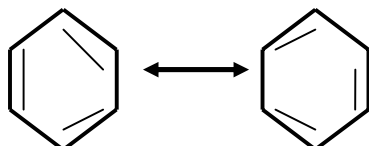
Represente la fórmula estructural de las siguientes fórmulas de compuestos orgánicos.



En todos los casos, se le recomienda iniciar con la cadena carbonada y luego coloque las esferas de los hidrógenos. Para cada molécula formada, verifique la tetravalencia del carbono, la distribución que tiene cada átomo en el espacio y defina si encuentra diferencias entre ellas, concluya a qué se deben esas diferencias. Rote los enlaces y determine si existe alguna diferencia entre las estructuras encontradas.

Ahora sólo arme una cadena de tres carbonos y en cualquiera de sus extremos vaya armando las configuraciones de los grupos funcionales teniendo en cuenta la aparición de dobles o triples enlaces sobre dicho carbono, teniendo en cuenta las estructuras que se encuentran en la tabla 1.

Arme las siguientes estructuras del compuesto orgánico llamado benceno. Una vez las tenga hágalas girar de modo que adquieran la configuración dada en la figura: ¿encuentra alguna diferencia? ¿Qué utilidad tiene el representar al anillo del benceno con una circunferencia en su interior?



Desarrolle los modelos de las moléculas trabajadas en los puntos 6) a 10) de la actividad anterior y compárelos con los resultados que inicialmente obtuvo. Se supone que deben coincidir, si no, es necesario que revise qué aspectos no ha tenido en cuenta y haga las correcciones del caso. No olvide recurrir al Grupo colaborativo y al tutor para resolver sus inquietudes, siempre y cuando usted haya hecho previamente su trabajo individual para que la interacción sea provechosa para su aprendizaje.

No olvide que debe elaborar un informe de esta actividad e incluirla en su portafolio para revisión del profesor.

REVISIÓN

TEMA DOS

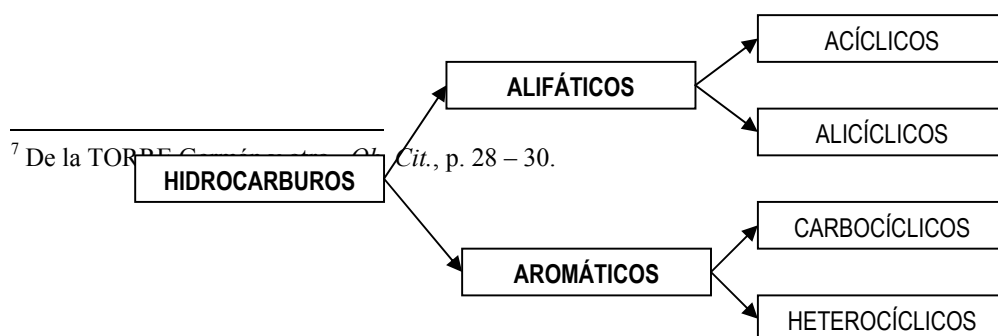
HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS

Corresponde al primer grupo funcional de sustancias orgánicas que vamos a estudiar y sobre la cual vamos a estructurar el estudio de las demás, por ello es importante que afiance muy bien la estructura de su trabajo académico para que le sea más fácil ubicar las diferencias que tiene el grupo y las características que las manifiesta.

1. Concepto general.

El término hidrocarburo⁷ se refiere a las sustancias orgánicas formadas exclusivamente por átomos de carbono e hidrógeno, es decir, que en su grupo funcional sólo encontramos estos dos átomos. Habíamos comentado que los compuestos orgánicos se pueden clasificar por series o familias en las cuales la única diferencia es el número de carbonos que soporta cada individuo; en la figura 13 mostramos cómo podemos agrupar las sustancias que pertenecen a este grupo funcional:

Figura 13. Clasificación de los hidrocarburos.



⁷ De la TORRE GARCÍA, C. *Cit.*, p. 28 – 30.

La serie alifática comprende compuestos de estructura abierta o acíclicos como los alcanos, alquenos, alquinos entre otros mientras que los alicíclicos comprenden aquellos compuestos que tienen cadenas cerradas como es el caso de los cicloalcanos, los terpenos y otros.

La serie aromática la forman los compuestos que tienen estructura cíclica resonante en uno o más anillos; si dicho anillo sólo contiene átomos de carbono, se dice que pertenece al grupo de los carbocíclicos como es el caso del benceno donde hemos representado su molécula en el tema anterior. Si el anillo tiene un átomo diferente al carbono como lo es el nitrógeno, el azufre o el oxígeno, estos compuestos se agrupan en la familia de los heterocíclicos.

En este tema sólo abordaremos los hidrocarburos alifáticos que sean acíclicos o alicíclicos y en el próximo el de los hidrocarburos aromáticos.

Primero iniciamos explicando las propiedades de su grupo funcional, enseguida su nomenclatura o reglas a tener en cuenta para nombrarlos según el sistema común y el sistema IUPAC, posteriormente discutimos sus propiedades fisicoquímicas para terminar con las reacciones químicas más características. Dejamos como trabajo de profundización y transferencia la búsqueda de aquellas sustancias del grupo que se encuentran dentro de los alimentos o que se pueden utilizar en los medicamentos teniendo en cuenta que el estudiante de este curso está orientado hacia la ingeniería de alimentos o hacia la farmacia, por lo cual buscamos despertar su interés en aplicar los conceptos fundamentales aquí dados en su campo de especialización profesional.

2. Compuestos alifáticos acíclicos.

Corresponde a la serie de hidrocarburos de cadena abierta. Su grupo funcional está compuesto por la combinación de átomos de carbono e hidrógeno, pero que presentan diferencias en los tipos de unión entre los átomos de carbono que pueden ser uniones sencillas, dobles o triples. Cada una de ellas tiene comportamientos diferentes por lo que es necesario separarlas en tres grupos: los alcanos, los alquenos y los alquinos. En esta forma vamos a estudiar estas sustancias orgánicas.

2.1 Alcanos.

2.1.1 Concepto y Grupo Funcional.

Los alcanos son compuestos orgánicos que se caracterizan por tener el grupo funcional C – C a lo largo de su cadena carbonada, esto significa que la hibridación del enlace en cada uno de los carbonos es sp^3 , de geometría tetraédrica y con orientación espacial en sus enlaces de $109,5^\circ$; estructura que permite la rotación de enlaces entre los carbonos,

lo que en moléculas complejas tiene incidencia en su estabilidad ya que buscará configuraciones mucho más estable minimizando las repulsiones debidas a fuerzas de Van der Waals provenientes de las nubes electrónicas de grupos hidronio (H), metilo (CH₃ y otros más complejos). Estas comienzan a ser importantes para el compuesto de dos carbonos, CH₂ – CH₂ que al construir el modelo de su estructura encontramos interacciones entre los hidrógenos de modo que podemos encontrar dos configuraciones diferentes: una eclipsada donde los hidrógenos se encuentran en posiciones ocultas de modo que si miráramos la molécula por uno de los carbonos sólo vemos tres hidrógenos y la escalonada, donde podemos observar los seis hidrógenos ocupando posiciones diferentes alternando el hidrógeno del primer carbono, el hidrógeno del segundo carbono y así sucesivamente. Si esto no es claro, por favor construya el modelo y haga la visualización del mismo como se ha dicho anteriormente.

Estas sustancias también se denominan parafinas (del latín *parum*, poca y *affinis* afinidad) ya que son poco reactivos. Comprende una serie homóloga ya que los compuestos se diferencian entre sí por el número de grupos CH₂ definiendo una fórmula condensada general de C_nH_{2n+2} como lo comprenderemos en el aparte de nomenclatura.

2.1.2 Nomenclatura.

Cuando se comenzaron a estudiar estas sustancias, los alquimistas y luego los químicos colocaron nombres que provenían de algunas características particulares, definiendo una especie de sistema de nombres comunes; posteriormente, la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) estableció un conjunto de reglas que actualmente se siguen para evitar confusiones entre nombres como ocurría en el anterior sistema. En este curso conoceremos las dos formas de nombrar sustancias ya que todavía seguimos refiriéndonos a algunas de ellas en las dos formas, en la literatura y en los productos comerciales. Como recomendación para el estudio de esta parte es ejercitar mucho la memoria haciendo las asociaciones con la fórmula del compuesto para no confundirnos ya que es relativamente fácil hacerlo.

2.1.2.1 Sistema común.

El nombre común de un compuesto orgánico contiene dos partes:

- Prefijo. Derivado del griego que indica el número de átomos de carbono que tiene la cadena.
- Sufijo. Corresponde a la parte terminal del nombre, encargada de identificar la clase de función orgánica. Para los alcanos ella es *ano*.

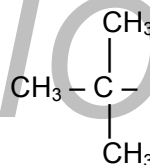
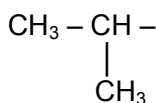
Por favor revise cuidadosamente la tabla 4; reúne lo anterior para la serie homóloga de los alcanos y que deberá tener presente para la nomenclatura común de los otros grupos funcionales que estudiaremos más adelante.

Tabla 4. Fórmulas y nombres de hidrocarburos mediante el Sistema Común de Nomenclatura.

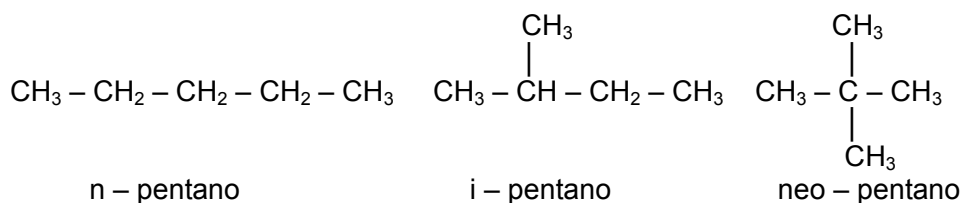
Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
----------------	---------------	----------------	---------------

CH ₄	Metano	C ₂₀ H ₄₂	Eicosano o Icosano
C ₂ H ₆	Etano	C ₂₁ H ₄₄	Uneicosano
C ₃ H ₈	Propano	C ₂₂ H ₄₆	Dueicosano o Docosano
C ₄ H ₁₀	Butano	C ₂₃ H ₄₈	Tricosano
C ₅ H ₁₂	Pentano	C ₂₄ H ₅₀	Tetracosano
C ₆ H ₁₄	Hexano	C ₂₅ H ₅₂	Pentaeicosano
C ₇ H ₁₆	Heptano	C ₂₆ H ₅₄	Hexaeicosano
C ₈ H ₁₈	Octano	C ₂₇ H ₅₆	Heptaeicosano
C ₉ H ₂₀	Nonano	C ₂₈ H ₅₈	Octoeicosano
C ₁₀ H ₂₂	Decano	C ₂₉ H ₆₀	Nonaeicosano
C ₁₁ H ₂₄	Undecano	C ₃₀ H ₆₂	Triacontano
C ₁₂ H ₂₆	Dodecano	C ₄₀ H ₈₂	Tetracontano
C ₁₃ H ₂₈	Tridecano	C ₅₀ H ₁₀₂	Pentacontano
C ₁₄ H ₃₀	Tetradecano	C ₆₀ H ₁₂₂	Hexacontano
C ₁₅ H ₃₂	Pentadecano	C ₇₀ H ₁₄₂	Heptacontano
C ₁₆ H ₃₄	Hexadecano	C ₈₀ H ₁₆₂	Octacontano
C ₁₇ H ₃₆	Heptadecano	C ₉₀ H ₁₈₂	Nonacontano
C ₁₈ H ₃₈	Octadecano	C ₁₀₀ H ₂₀₂	Hectano
C ₁₉ H ₄₀	Nonadecano	C ₁₃₂ H ₂₆₆	Dotriacontanhectano

Para representar las isomerías de posición, se utilizan los prefijos *iso* cuando existe el radical: y *neo* cuando el radical es:



Estas variaciones las podemos comprender mejor si vemos las características particulares que presentan los átomos de carbono dentro de la cadena carbonada relacionadas con el número de hidrógenos que saturan sus enlaces. El grupo CH₃ – al tener tres hidrógenos, por lo general lo encontramos a los extremos de la cadena por lo que suele llamarse *carbono primario*, el grupo – CH – soporta una fracción de cadena y tiene un hidrógeno se llama *carbono secundario*, el cuál se identifica en la nomenclatura común como *iso* o a veces *sec* y por último el grupo – C < que no tiene ningún hidrógeno y soporta dos fracciones de cadena carbona, la nomenclatura común identifica como *neo* o a veces *ter* representando a un *carbono terciario*. Estas configuraciones suelen jugar un papel importante en las reacciones orgánicas. Cuando la cadena es normal, se suele anteponer a su nombre la letra n – para significar precisamente esa condición. Ilustremos lo anterior con las fórmulas estructurales de los compuestos que tienen fórmula C₅H₁₂:

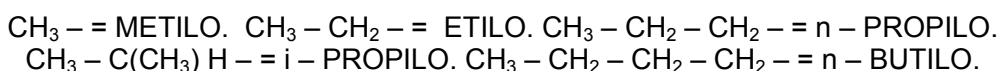


¿Cómo nombramos a una sustancia que tiene radicales o grupos alquilo como sustituyentes?

Un grupo o radical alifático, también llamados alquilo o alcoholo, son restos de hidrocarburos a los que se les ha eliminado un hidrógeno y que están unidos a una cadena mucho más grande a la que se le denomina principal. Para nombrarlos debemos tener en cuenta la siguiente regla:

El nombre de un grupo alcoholo monovalente se toma del nombre del hidrocarburo correspondiente cambiando el sufijo o parte terminal por *ilo*.

Ejemplos:



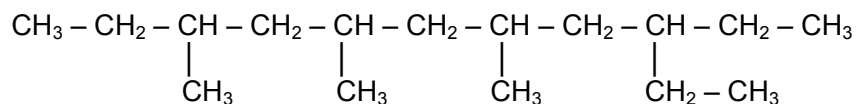
2.1.2.2 Nomenclatura IUPAC.

Cuando tenemos que nombrar hidrocarburos más complejos, el sistema común se torna más difícil. Aquí se parte de las estructuras lineales nombradas en el anterior y en la denominación por posición y nombre de cada uno de los sustituyentes que están ligados. Las reglas que debemos tener presente para esta nomenclatura son:

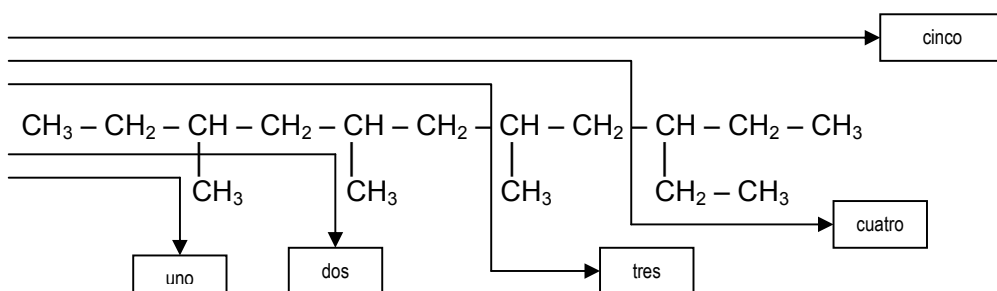
- Seleccionar la cadena más larga o la que tenga el mayor número de átomos de carbono.

Para ello tomamos la fórmula del compuesto y comenzamos a numerarla de un extremo a otro para encontrar cuál es la más larga. Ejemplo:

Vamos a establecer el nombre del compuesto orgánico cuya fórmula es:



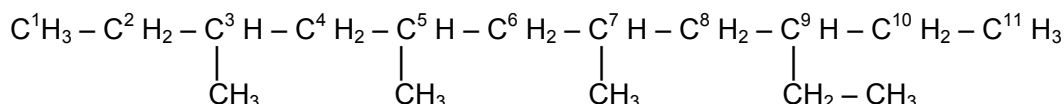
Al numerar por diferentes lados la cadena carbonada encontramos cinco formas de hacerlo, como lo podemos ver en la siguiente forma:



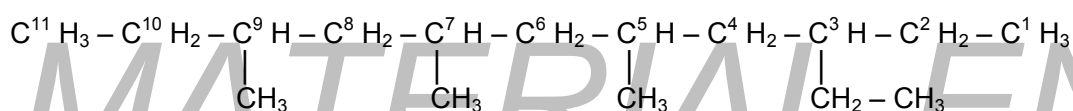
Siguiendo la dirección de cada una de las flechas, encontramos que la cadena uno tiene cuatro carbonos, la cadena dos posee cinco carbonos, la cadena tres muestra ocho carbonos, la cadena cuatro dispone de once carbonos y la cadena cinco presenta once carbonos, correspondiendo a la cadena más larga dando el prefijo del nombre de compuesto como *Undec* y su sufijo será *ano* al mostrar toda la cadena saturada o con enlaces sencillos.

- Numerar la cadena más larga, en forma continua de un extremo a otro buscando que los sustituyentes queden con el número más bajo.

En estos casos siempre tenemos dos formas de numerar dependiendo de la dirección en que está escrita la fórmula: si es horizontal será de izquierda a derecha y viceversa; si está en forma vertical la numeración será de abajo hacia arriba o al contrario. Para nuestro ejemplo, utilizaremos exponentes sobre los carbonos para numerarlos:



Fórmula 1.



Fórmula 2.

Los exponentes de los átomos de carbono en las fórmulas anteriores tienen una finalidad pedagógica; es decir, no nos están indicando ni valencias ni números de oxidación que se suele colocar en esta posición, sino que nos están ayudando a identificar el átomo por su posición en la cadena para poder indicar sobre la cadena principal cuál es la posición que están ocupando los grupos alquilo sustituyentes.

¿Cuál es la fórmula que debemos nombrar para nuestro compuesto? Debemos ubicar las posiciones de los sustituyentes; estos son tres metilos y un etilo. La primera fórmula nos indica que los metilos están en las posiciones tres, cinco y siete, mientras que el etilo está en la siete. Para la segunda fórmula se encuentran en cinco, siete y nueve para los metilos y tres para el etilo. La regla dice que deben ocupar las posiciones mínimas, la primera fórmula es la que utilizamos para dar el nombre al compuesto.

- Cuando se tienen sustituyentes idénticos, se les antepone al nombre del alquilo los prefijos *di* -, *tri* -, *tetra* -, *penta* -, etc.... según se encuentren dos, tres, cuatro, cinco, ... grupos.

Encontramos en la fórmula tres metilos, luego debemos denominarlos *tri* - *metilo*.

- Para escribir el nombre, se puede hacer por orden alfabético o por orden de complejidad. En ambos casos, primero se escribe(n) el (los) número(s) de la(s) posición(es) que ocupa(n) separado por comas; se le(s) coloca un guión, luego el nombre del (los) sustituyente(s) y se finaliza con el nombre de la cadena principal y el sufijo de la función.

El nombre de nuestro compuesto será: *3,5,7 - trimetil - 7 - etil - Undecano*.

- Si en la estructura se encuentra un grupo sustituyente ramificado, tomamos por aparte al sustituyente, hallamos la cadena soporte más larga, numeramos los sustituyentes y los nombramos como se ha indicado hasta aquí. Al escribir el

Este comportamiento se pierde en moléculas más grandes y sigue una tendencia creciente.

Los puntos de ebullición siguen una tendencia creciente, siendo así que los primeros cuatro alcanos son gases, del cinco al diez y nueve son líquidos y del veinte en adelante son sólidos; el aumento del tamaño molecular incrementa las fuerzas de atracción intermoleculares modificando su estado físico. Cuando existen ramificaciones, el punto de ebullición disminuye al ocasionar disminución de las fuerzas anteriores debido a la reorganización espacial que habíamos discutido en el capítulo anterior.

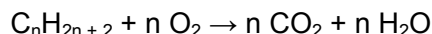
Al no tener ninguna polaridad la molécula de los alcanos, estas sustancias son insolubles en agua y sólo lo hacen con líquidos no polares como son los líquidos orgánicos como el éter de petróleo que son fracciones de alcanos líquidos. La densidad de estas sustancias son inferiores a uno por lo que suelen flotar en el agua; propiedad utilizada para la técnica de extracción con solventes.

¿Qué reacciones químicas presentan estas sustancias?

Al ser saturadas, aparentemente no serían reactivas ya que en condiciones ambientales no reaccionan con ácidos o álcalis fuertes ni por agentes oxidantes o reductores fuertes, sin embargo si se pueden transformar sólo que es necesario utilizar condiciones de reacción algo drásticas (temperatura y presión altas, lo mismo que la presencia de catalizadores) como lo veremos a continuación:

Combustión u oxidación.

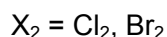
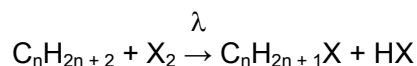
La combinación de los hidrocarburos con el oxígeno produce luz y calor:



Halogenación.

Se hace reaccionar únicamente cloro y bromo como agentes halogenantes debido a que el flúor lo hace explosivamente requiriendo técnicas especiales para poder controlar el cambio químico. El yodo es inerte o poco reactivo.

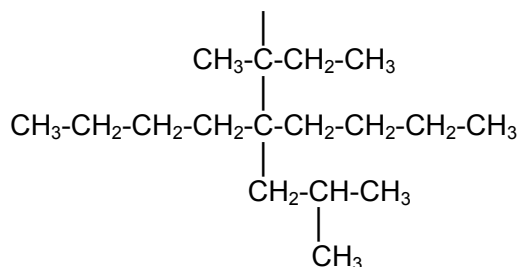
Esta reacción requiere hacerse en estado gaseoso y bajo la luz solar o utilizando alta temperatura, lo que se representa como λ sobre la flecha:



Presenta isómeros de posición teniendo en cuenta si hay carbono primario, secundario y terciario.

Nitración.

También forma una mezcla de nitrocompuestos ya que requiere temperatura alta (500 °C). Si el hidrocarburo es muy grande, se puede romper la cadena.



6) Escriba las fórmulas estructurales de los compuestos cuyos nombres se encuentran a continuación:

2,3-DIMETILBUTANO; 2-METIL-3-ETILPENTANO; 2,3,5-TRIMETIL-4-ETILHEXANO; 4(1,1-DIMETILETIL)HEPTANO; 1,7-DICLORO-4-(2-CLOROETIL)HEPTANO; 1,8-DIBROMO-4-(2-YODO-2-METILPROPIL)DECANO; 1-CLORO-2-YODO-3-CICLOPROPILPENTANO; 6-BROMO-5-CLORO-4-ISOPROPIL-4-METIOCTANO; 1,1,1-TRIFLUORO-4-(2-METILPROPIL)NONANO.

7) Regrese nuevamente a la tabla 4 y escriba las reacciones de los primeros veinte alcanos.

2.2 Alquenos.

2.2.1 Concepto y Grupo Funcional

Son hidrocarburos que tienen en su estructura una doble unión carbono – carbono, mediante una hibridación sp^2 , cuya estructura es trigonal ya que los orbitales moleculares se disponen en un ángulo de 120° formando enlaces sigma y los orbitales p establecen entre sí una unión pi a 90° de los anteriores dejando una nube electrónica disponible, por encima y por debajo del plano trigonal, la cual va a determinar las reacciones características de este grupo.

También conforman una serie homóloga cuya fórmula empírica es C_nH_{2n} , diferenciándose de los alcanos en dos átomos de hidrógeno menos, por ello también se les denomina como hidrocarburos no saturados.

Además de la isomería de posición, estas sustancias también presentan isomería geométrica ya que el doble enlace impide la rotación de los mismos, como lo podemos detectar al hacer los modelos del butano (se tienen cuatro sustancias distintas: 1-buteno, 2-buteno (en esta sustancia encontramos el cis y el trans) y el isobuteno).

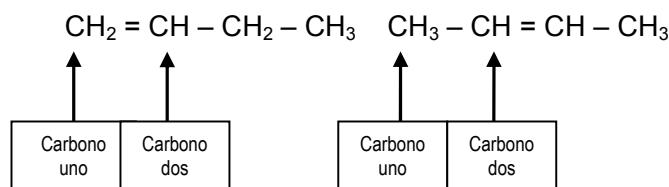
2.2.2 Nomenclatura.

Es necesario que discutamos los dos sistemas que encontramos en los alcanos.

2.2.2.1 Sistema común.

Se mantienen los nombres del prefijo establecidos en la tabla 4, pero se cambia la terminación ano por *ileno*. El primer miembro de la serie se llama etileno.

Es necesario hacer una aclaración para este sistema: los nombres se cambian cuando el doble enlace se encuentra sobre los carbonos uno y dos; si el doble enlace se encuentra en una posición diferente se debe indicar con el número del primer carbono donde se encuentre la unión múltiple. En el alqueno de cuatro carbonos encontramos:



Que según este sistema se llamará 1-butileno y 2-butileno respectivamente, indicando el número la posición del doble enlace. En la literatura se encuentran otros alquenos que tienen nombres particulares como lo podemos encontrar en la tabla 5.

La última estructura mostrada en esa tabla tiene una connotación especial ya que no representa ningún enlace insaturado, sin embargo se le ha denominado así debido a que le faltan dos hidrógenos quizá recordando de manera indirecta tal circunstancia, al asociarla con este grupo de sustancias.

Tabla 5. Nombres comunes de algunos grupos alquenos comunes.

Estructura	Nombre
$\text{CH}_2 = \text{CH} -$	Etileno o vinilo
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 -$	Alilo
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 -$	Crotilo
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} -$	Propenilo
$- \text{CH}_2 -$	Metileno

2.2.2.2 Nomenclatura IUPAC.

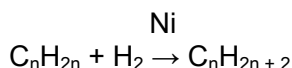
Se deben considerar las siguientes reglas, adicionales a las ya estudiadas para los alquenos:

- Para el nombre base o de la función soporte escogemos la cadena continua de átomos de carbono más larga que *contenga los dobles enlaces*.
- La cadena seleccionada la numeramos de tal manera que los átomos de carbono del doble enlace tengan los números más bajos posibles. La numeración debe incluir ambos *átomos del doble enlace*.
- Para indicar la presencia de un doble enlace, se cambia la terminación ano de los alcanos con el mismo número de átomos de carbono de la cadena más larga que contenga el doble enlace, por la terminación *eno*.
- La posición del doble enlace se indica mediante el número menor que le corresponda a uno de los átomos de carbono del doble enlace. Este número se coloca antes del prefijo o nombre base.
- Si la molécula contiene más de un doble enlace, el número de éstos se indica sustituyendo la terminación ano del nombre por *adieno*, *atrieno*, *atetrieno*, etc., según sean dos, tres cuatro, etc., los dobles enlaces. Las posiciones de cada doble enlace se indican mediante el número que corresponda a los carbonos de

hacen con agentes oxidantes o reductores; cambios que muestran la disponibilidad electrónica de los enlaces pi del grupo funcional de estas sustancias.

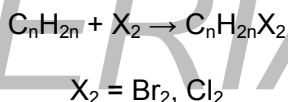
Hidrogenación

Corresponde a la adición simétrica de hidrógeno gaseoso en presencia de un catalizador metálico como el níquel:



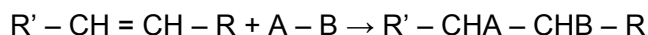
Halogenación

Es la adición simétrica de una molécula de cloro y bromo. El flúor reacciona explosivamente por lo que es necesario realizar otras reacciones para obtener dicho compuesto halogenado:



Adiciones asimétricas

Comprende la incorporación de moléculas como los halogenuros de hidrógeno, agua, ácido sulfúrico y ácidos hipohalogenados, presentando la siguiente reacción general:

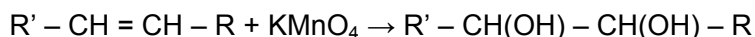


Siendo A - B: H - OH, H - X, H - HSO₄ y H - XO (X = Cl, Br)

Los productos de estas adiciones pueden ser más de uno teniendo en cuenta la simetría que posee el átomo de carbono, el número de hidrógenos que posee el doble enlace puesto que la parte B siempre se ubica sobre el carbono más sustituido, buscando la mejor estabilidad espacial y energética de la molécula.

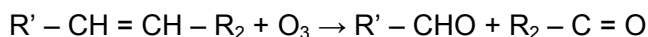
Oxidación

Es la reacción más fácil de realizar que la de los alcanos al requerir condiciones más suaves como un medio acuoso y oxidantes del tipo del permanganato de potasio diluido y a temperatura ambiente. Se representa por:

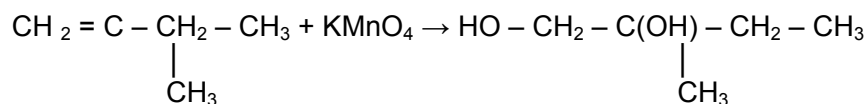
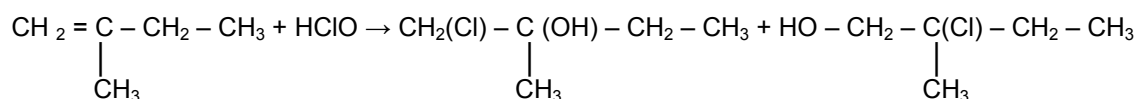
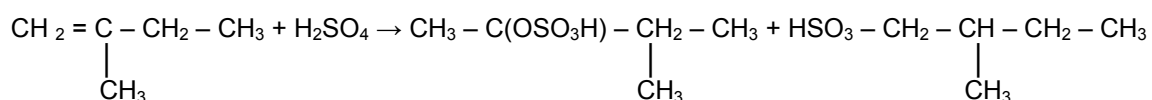
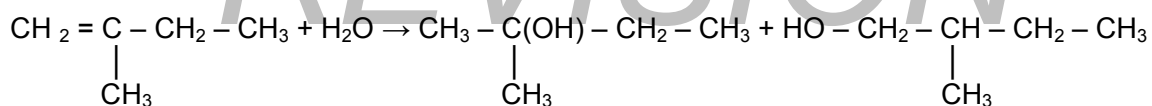
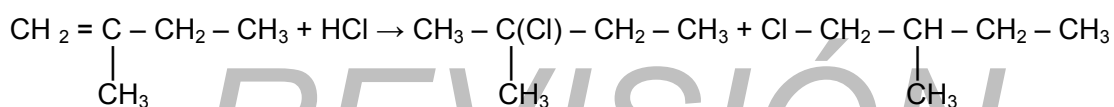
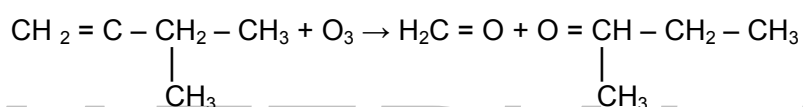
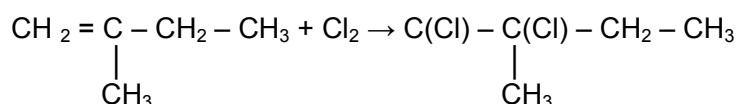
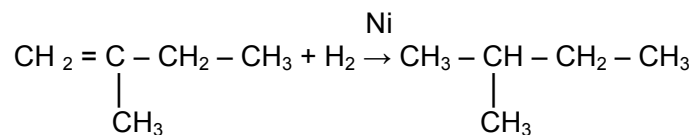


Ozonólisis

Comprende la adición simétrica de una molécula de ozono que rompe la molécula para formar un aldehído y una cetona, permitiendo la síntesis de compuestos oxigenados:



Vamos a ejemplificar las anteriores reacciones con el compuesto 2 – metilbuteno:

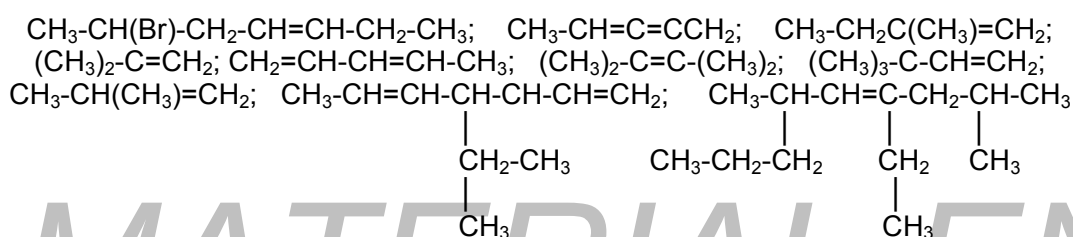


Note en algunos casos cómo se producen dos isómeros de posición de algunos de los productos.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 3

Hagamos el siguiente ejercicio de apropiación y aplicación de las anteriores reacciones:

- 1) ¿Cuáles son las principales características que tiene un alqueno?
- 2) ¿Qué reacciones típicas presenta éste grupo funcional?
- 3) Tome la tabla 4 y construya la fórmula y el nombre común de los alquenos que se pueden formar al cambiar el grupo funcional a esas estructuras base.
- 4) Escriba las fórmulas y los nombres IUPAC para los alquenos del carbono dos al veinte. No olvide incluir la estructura y el nombre de los isómeros de posición y geométricos que se pueden encontrar en esta serie.
- 5) Escriba el nombre de los siguientes compuestos utilizando el sistema común y la nomenclatura IUPAC:



- 6) Escriba las fórmulas estructurales para los compuestos cuyos nombres son:

2 – etil – 3 hexeno, 2 – metil – 4 – hepteno, 2,2, - dimetil – 3 penteno, 2 – metil – 2,5 – hexadieno, 2 – etil ciclohexeno, 2 – cloro – e – metilbutano, 1,3 – dimetil ciclobutano, 1 . (2 – metilciclopropil) 1- propeno, 1 – (2 – clorociclobutil) 2 – cloroeteno, 1 – bromo – 2 – cloro – 1,3 – pentadieno.

- 7) Escriba las reacciones que presentan los alquenos de carbono dos al diez, incluyendo los isómeros que se generan en la reacción.

No olvide desarrollar el ejercicio de manera individual, luego en pequeño grupo de aprendizaje y finalmente consultar las dudas con el tutor en la respectiva franja de atención tutorial ya sea en el Centro o a través de Internet.

2.3 Alquinos.

2.3.1 Concepto y Grupo Funcional.

Son hidrocarburos cuyo grupo funcional está constituido por el enlace triple carbono – carbono: $\text{C} \equiv \text{C}$, producto de una hibridación sp , generando un arreglo espacial de 180° entre los enlaces moleculares, dejando libres dos orbitales atómicos p , que se ubican entre sí a 90° dejando disponibles dos nubes electrónicas para los cambios químicos que caracterizan a este grupo. Esta nube tiene forma cilíndrica alrededor del enlace sigma entre los dos carbonos, dando posibilidades a que el átomo de hidrógeno se pueda separar fácilmente como un catión indicando propiedades ácidas. Forman una serie homóloga que se caracteriza por tener una fórmula empírica de $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Sin embargo, es necesario aclarar que esta misma fórmula la presentan los dienos, hidrocarburos alifáticos que en su misma molécula presentan dos dobles enlaces conjugados o no, lo mismo que de los cicloalquenos, hidrocarburos cíclicos con un doble enlace en su anillo. Más adelante haremos una aclaración sobre el tema.

Este grupo funcional es lineal, rígido en la rotación de enlaces pero no genera ningún tipo de isomería geométrica, excepto la de posición conforme esté ubicado el grupo en la cadena carbonada de la molécula.

También se conoce a esta serie homóloga de compuestos como hidrocarburos acetilénicos, recordando el nombre común de su primer miembro: el acetileno.

2.3.2 Nomenclatura.

Revisemos los dos sistemas que hemos venido utilizando, haciendo la salvedad que el más utilizado para estos compuestos es el IUPAC.

2.3.2.1 Sistema común.

Se suelen nombrar como derivados alquílicos del acetileno que corresponde al primer miembro, como lo podemos encontrar en la tabla 6.

2.3.2.2 Sistema IUPAC.

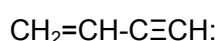
Se mantienen las mismas reglas que hemos venido estudiando con los alcanos y los alquenos. Éstas son:

Tabla 6. Nombres comunes de algunos alquinos.

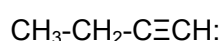
Estructura	Nombre	Estructura	Nombre
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	Acetileno	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	Metilacetileno
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	Etilacetileno	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	Dimetilacetileno
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Metilisopropilacetileno	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Isopropilacetileno
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{C}_6\text{H}_{11} \end{array}$	Diisopropilacetileno	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Ciclohexilisopropil acetileno

- Se nombran igual que los hidrocarburos saturados pero terminándolos en *ino*.
- Se indican las posiciones de los triples enlaces mediante números.
- Cuando existen varios triples enlaces en la misma cadena, se anteponen los prefijos *di*, *tri*, *tetra*, etc., a la terminación *ino* para indicar el número de ellos.
- Cuando la estructura tiene un doble enlace y un triple enlace, en la selección de la cadena principal se deben contener ambos grupos; y si se obtienen los mismos números para su posición sin importar el extremo por donde se inicie el conteo, al doble enlace siempre se le debe asignar la menor numeración.

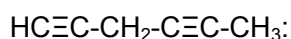
Veamos los siguientes ejemplos:



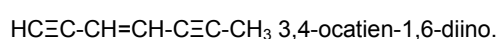
1-buten-3-ino.



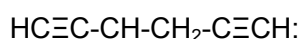
butino.



1,4-hexadiino.



3,4-ocatien-1,6-diino.



3-etinil-1,5-hexadiino



Como en las funciones anteriores, encontramos algunos grupos que tienen un nombre particular y que es necesario conocer. Se encuentran en la tabla 7:

Tabla 7. Nombres comunes de algunos grupos alquínicos.

Estructura	Nombre
$\text{HC} \equiv \text{C}-$	Etinilo
$\text{HC} \equiv \text{C}-\text{CH}_2-$	Propargilo
$\text{CH}_3-\text{C} \equiv \text{C}-$	Propinilo

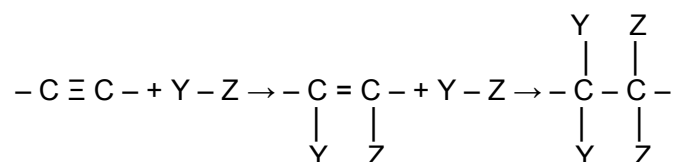
2.3.3 Propiedades fisicoquímicas.

Mantienen la misma tendencia de los alcanos y los alquenos en sus puntos de ebullición, fusión y densidad, aunque con valores algo mayores debido a la facilidad de polarización que tiene el grupo funcional aumentando las fuerzas intermoleculares. Se disuelven en solventes orgánicos poco o nada polares y definitivamente son insolubles en agua al no poder establecer puentes de hidrógeno.

Sus reacciones químicas típicas son las de adición al enlace múltiple y a la acidez del hidrógeno que se encuentra sobre el triple enlace:

Reacciones de adición

Al triple enlace se le puede adicionar hidrógeno, halógenos, agua y halogenuros de hidrógeno. El esquema de reacción que presenta es:

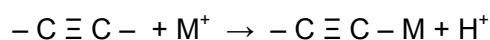


Siendo Y – Z: H – H, X – X, H – OH, H – X, para X = Cloro y Bromo.

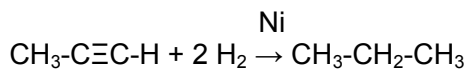
Es necesario recordar que existen ciertas condiciones particulares para cada una de esas reacciones como es la de requerir catalizador o solventes orgánicos no polares. Es necesario que estudie cuidadosamente los ejemplos.

Hidrógeno ácido

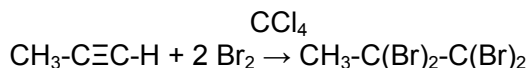
Comprende la formación de sales metálicas por sustitución del hidrógeno sobre el triple enlace por metales alcalinos (sodio) o pesados (cobre y plata). La reacción es la siguiente:



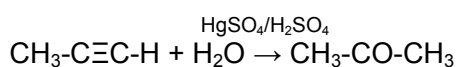
Ilustremos los conceptos anteriores con las reacciones del propino:



No olvidemos que la hidrogenación del doble y triple enlace requiere del catalizador níquel.

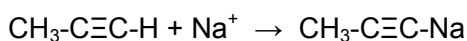
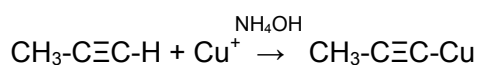
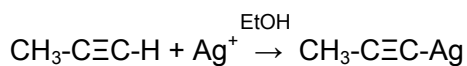
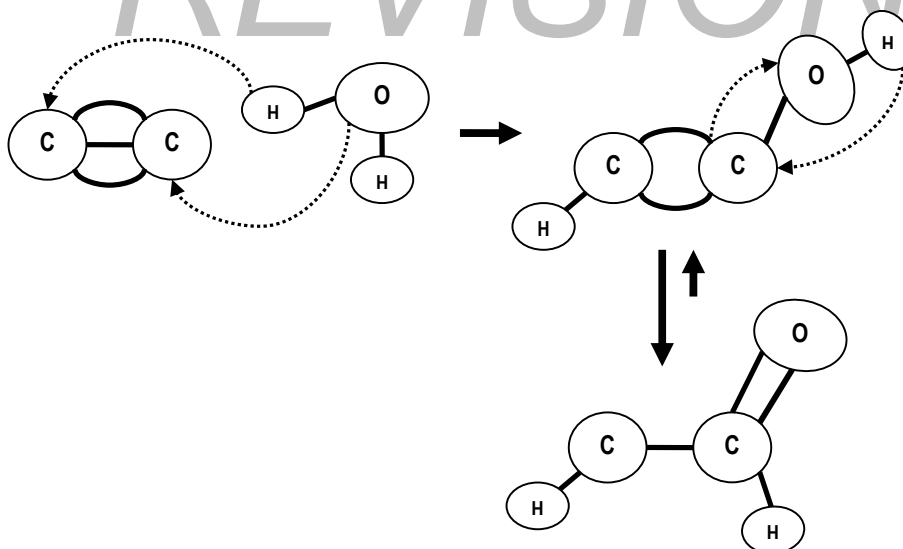


La halogenación necesita utilizar solventes orgánicos no polares como el tetracloruro de carbono.



La adición de agua no da estrictamente alcoholes como era de suponerse, sino una cetona; el catalizador $\text{HgSO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$ facilita la ocurrencia de una tautomería ceto – enol ya que existe una combinación adyacente entre un doble enlace y un grupo funcional alcohol poco estable y que por resonancia facilita la formación del doble enlace con el oxígeno y no con los dos átomos de carbono que soportan el triple enlace. Esto lo podemos ilustrar de la siguiente manera:

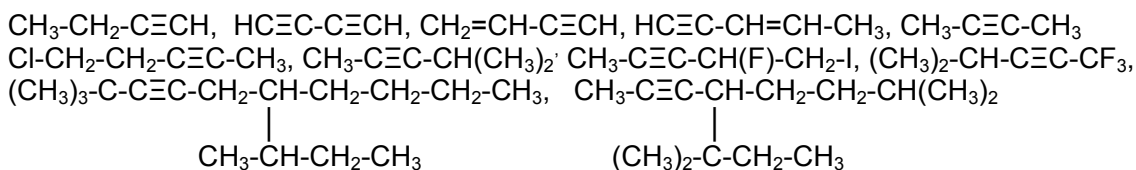
Figura 14. Representación de la tautomería ceto – enol presente en la hidratación de triples enlaces carbono - carbono



Observe las condiciones en que se están formando las sales: la sustitución de plata, requiere alcohol etílico como medio de reacción, para el cobre se necesita hidróxido de amonio y en el caso del sodio basta con su hidróxido.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 4

1) Escriba los nombres IUPAC para los siguientes compuestos:



2) Escriba las estructuras que tienen los compuestos orgánicos cuyos nombres se encuentran a continuación:

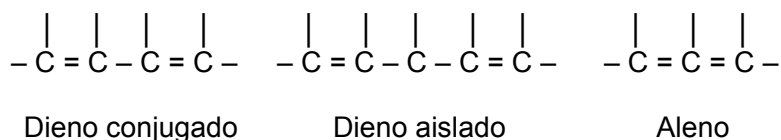
3-metilbutino, 5-metil-3-tilhexino, 2-pentino, 1,3-pentadiino, 4-(2-propil)-1,5-heptadiino, 1,3-hexadien-5-ino, 5-etil-1,6-heptadien-3-ino, 3,4-dimetil-2-hexen-5-ino, 2-etil-1-penten-4-ino, 5-etinil-1,3,6-heptatrieno, 4-metil-3-etil-1-hexen-5-ino.

3) Escriba todas las reacciones que presentan los alquinos utilizando las fórmulas estructurales y sus isómeros de posición que pueden encontrarse entre los compuestos butino hasta el butadecino.

2.3.4 Los dienos

Son alquenos que tienen en su molécula dos dobles enlaces carbono – carbono y que presentan las mismas propiedades. Se nombran siguiendo el sistema IUPAC, sólo que su terminación es *dieno*, indicando con números la posición donde se encuentran. Se subdividen en tres clases: aquellos que alternan los dobles enlaces con un enlace sencillo o *dienos conjugados* o cuando se encuentran separados por varias uniones sencillas a los que se denominan *dienos aislados* y una tercera donde los dobles enlaces se encuentran seguidos o acumulados y a los que se denominan *aleno*. La figura 15 ilustra lo anterior:

Figura 15. Estructura de las cadenas carbonadas que presentan los dienos.



Las propiedades químicas dependen del arreglo de sus dobles enlaces; las uniones dobles aisladas tienen poca influencia entre sí manifestando comportamientos independientes, mientras que los dienos conjugados son más estables, tienen una reacción de adición tipo 1,4 que no vamos a estudiar aquí y son mucho más reactivos en la adición de radicales libres, precisamente debido a que pueden establecer una resonancia entre los dobles enlaces favoreciendo las posiciones mencionadas.

3. Compuestos alifáticos alicíclicos.

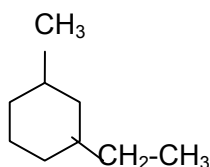
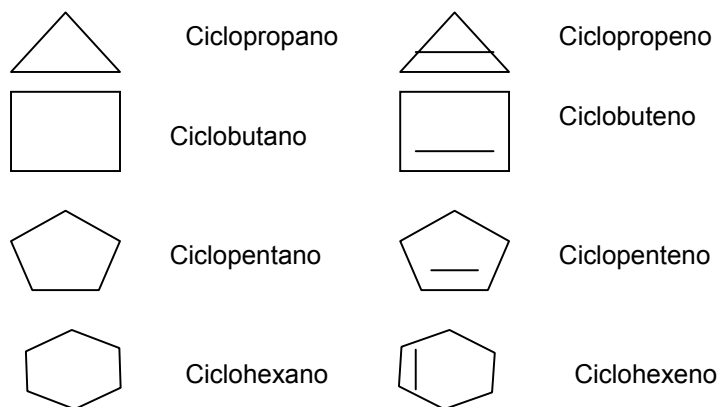
Son hidrocarburos cuya cadena carbonada corresponde a un anillo, por ello se les denomina hidrocarburos cíclicos, sus propiedades son semejantes a los compuestos de cadena lineal o ramificada. Cuando tienen enlaces sencillos, forman también una serie homóloga cuya fórmula es C_nH_{2n} , semejante a la de los alquenos. Dentro del anillo pueden tener hasta dobles enlaces, teniendo en cuenta la restricción que establece la apertura del ángulo de enlace que normalmente tiene el carbono en cada una de sus hibridaciones.

3.1 Nomenclatura

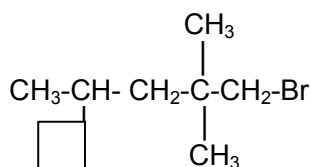
Se utiliza con frecuencia el sistema IUPAC:

- Cuando se tiene únicamente el anillo, se antepone el prefijo *ciclo* al nombre del alcano de igual número de carbonos y terminado en *ano*, *eno* o *ino* si dentro del anillo se encuentra un enlace sencillo, doble o triple respectivamente.
- Sin aparecer sustituyentes, se identifican con un número, guión y el nombre respectivo siguiendo la regla anterior.
- Cuando la cadena lateral unida al hidrocarburo cíclico es mucha más compleja, se considera al anillo como un sustituyente que se identifica como un radical indicando el número de posición en la cadena, el nombre del anillo finalizado en *il*.

Veamos los siguientes ejemplos:



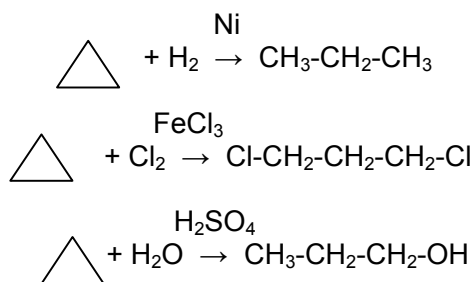
1-metil-3-etilciclohexano



1-bromo-4-ciclobutil-2,3-dimetilpentano

3.2 Propiedades fisicoquímicas

Presentan las mismas reacciones de los hidrocarburos acíclicos saturados e insaturados ya estudiados, sin embargo el ciclopropano y el ciclobutano sufren reacciones de apertura de cadena debido a la gran tensión estructural que presenta el ángulo de enlace carbono – carbono puesto que son inferiores a los 109,5° que tiene normalmente la unión sencilla o de 120° del doble enlace. Estas reacciones se ilustran para el ciclopropano:



Con éstas características damos por finalizado el estudio de este tema. Ahora, le invito a que desarrolle la siguiente actividad de aprendizaje que compendia todo su trabajo en esta parte de la unidad. No olvide realizarla primero en forma individual, luego comparta en su pequeño grupo de aprendizaje colaborativo y luego en tutoría individual.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 5

Resuelva las siguientes cuestiones:

- 1) Según lo estudiado, escriba un concepto sobre el significado de hidrocarburo.
- 2) Complete la siguiente tabla:

Nombre del Grupo funcional	Estructura	Nombre de las principales reacciones que presenta	Característica que realmente identifica al grupo funcional

- 3) Según lo que ha comprendido del significado de función soporte y de grupo funcional, ¿cómo podemos explicar la relación entre estructura y propiedades fisicoquímicas para los alcanos, alquenos, alquinos e hidrocarburos cíclicos?
- 4) ¿Puede establecer una comparación entre las propiedades químicas de los alcanos, alquenos, alquinos e hidrocarburos cíclicos? Si es así, ¿cómo podría hacer evidente esa afirmación? Se le sugiere que haga el mismo ejercicio de reacción tomando un hidrocarburo del mismo número de átomos de carbono pero con grupos funcionales diferentes.
- 5) Construya los modelos moleculares para las moléculas del anterior ejercicio: ¿Qué aspectos fundamentales destaca en relación con posibilidades de reactividad química?

- 6) Explique la siguiente afirmación: en todos los compuestos orgánicos, es necesario considerar no solo las reacciones del grupo funcional sino las que puede presentar la función o cadena de soporte.

MATERIAL EN REVISIÓN

TEMA TRES

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

Corresponde a otra serie homóloga que debió su nombre a que podían presentar aromas fuertes como ocurre en la mayoría de ellos. Su miembro más simple es el benceno que tiene fórmula condensada de C_6H_6 indicativo de presentar un anillo de seis carbonos y de poseer al menos tres insaturaciones del tipo doble enlace; el descubrimiento de su estructura es uno de los pasajes de la historia de la química donde ilustra cómo el ejercicio de la imaginación puede ayudar a comprender los datos empíricos.

En este grupo encontramos dos familias los compuestos carbocíclicos cuando en su anillo se encuentra únicamente átomos de carbono y heterocíclicos cuando aparece otro átomo como nitrógeno, oxígeno o azufre principalmente a los que se denominan heterocíclicos. Estos átomos tienen la ventaja de poseer un par de electrones libres que dentro de la molécula se consideran como un par de electrones π , contribuyendo a la nube electrónica, además de asumir una configuración semejante a la hibridación sp^2 que tiene el carbono en estas sustancias.

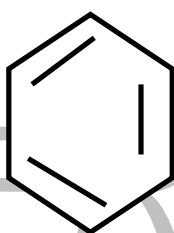
1. Concepto y Grupo Funcional

Los compuestos aromáticos son sustancias cuyas fórmulas moleculares comprenden un alto grado de insaturación, no presentan reacciones de adición electrofílica como lo hacen las funciones alqueno y alquino sino sustituciones también electrofílicas. Las estructuras de sus fórmulas moleculares son planas normalmente con nubes electrónicas disponibles por encima y debajo de ese plano; las uniones entre átomos de carbono en el anillo

aromático presentan propiedades intermedias entre un enlace sencillo y uno doble y normalmente los ángulos de enlaces predominantes tienen 120° .

Sin embargo, el criterio químico que determina si realmente la molécula en estudio pertenece a esta familia es si cumple con la regla de Hückel: *una sustancia es químicamente aromática si su molécula contiene nubes cíclicas de electrones π deslocalizadas por encima y por debajo de su plano; estas nubes deben contener un total de $(4n + 2)$ electrones pi (π).* Apliquemos dicha regla a la estructura del benceno que encontramos en la figura 15:

Figura 15. Estructura del Benceno.



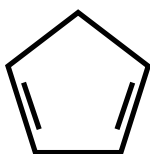
Observando la fórmula estructural de la figura 15, encontramos tres dobles enlaces alternados por uno sencillo; como cada doble enlace tiene dos electrones π vamos a tener un total de seis electrones, que igualando en la fórmula de Hückel encontramos:

$$4n + 2 = 6; \quad 4n = 6 - 2; \text{ despejando } n = 4/4 = 1$$

La conclusión es que el benceno es una sustancia aromática ya que al aplicarla la regla de Hückel siempre da un *número entero positivo*.

¿El 1,3-ciclopentadieno es un compuesto aromático?

Lo primero que hacemos es escribir su fórmula estructural para evidenciar el número de electrones π que posee y si es un sistema conjugado:



En efecto, es conjugado en su parte inferior y posee dos enlaces o sea cuatro electrones π . Aplicando la regla de Hückel encontramos que:

$$4n + 2 = 4; \quad 4n = 4 - 2; \text{ despejando } n = 2/4 = 0,5$$

El 1,3-ciclopentadieno no es un compuesto aromático ya que no cumple con la condición de la regla de Hückel al no tener un número entero positivo (se obtiene un decimal).



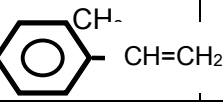
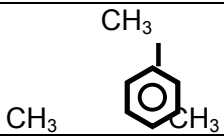

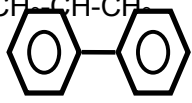
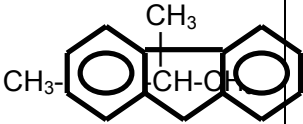
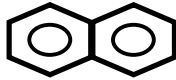
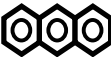


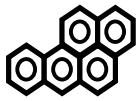
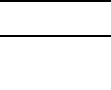
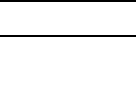
2. Nomenclatura

Las formas de nombrar los compuestos orgánicos aromáticos combinan el sistema común y las reglas de la IUPAC, por esta razón los vamos a trabajar conjuntamente. La tabla 8 presenta la estructura y los nombres comunes de estas sustancias que también se van a constituir en la función soporte de otras moléculas orgánicas.

Ahora Revisemos cómo se numeran las posiciones que pueden ocupar los sustituyentes en cada una de las estructuras de la tabla 8 ya que el sistema común les asigna como prefijos letras del alfabeto griego, mientras que la IUPAC lo hace con números; en el benceno tenemos tres posiciones cuando se tienen dos sustituyentes: la *orto*, identificada como *o* – denota las posiciones 1,2, la *meta* (*m* –) para las 1,3 y la *para* (*p* –) cuando las posiciones son 1,4. En la figura 16 encontramos la numeración de cada una de ellas en las estructuras aromáticas más comunes:

MATERIAL EN REVISIÓN

Tabla 8. Estructuras y nombres de los compuestos aromáticos más comunes.

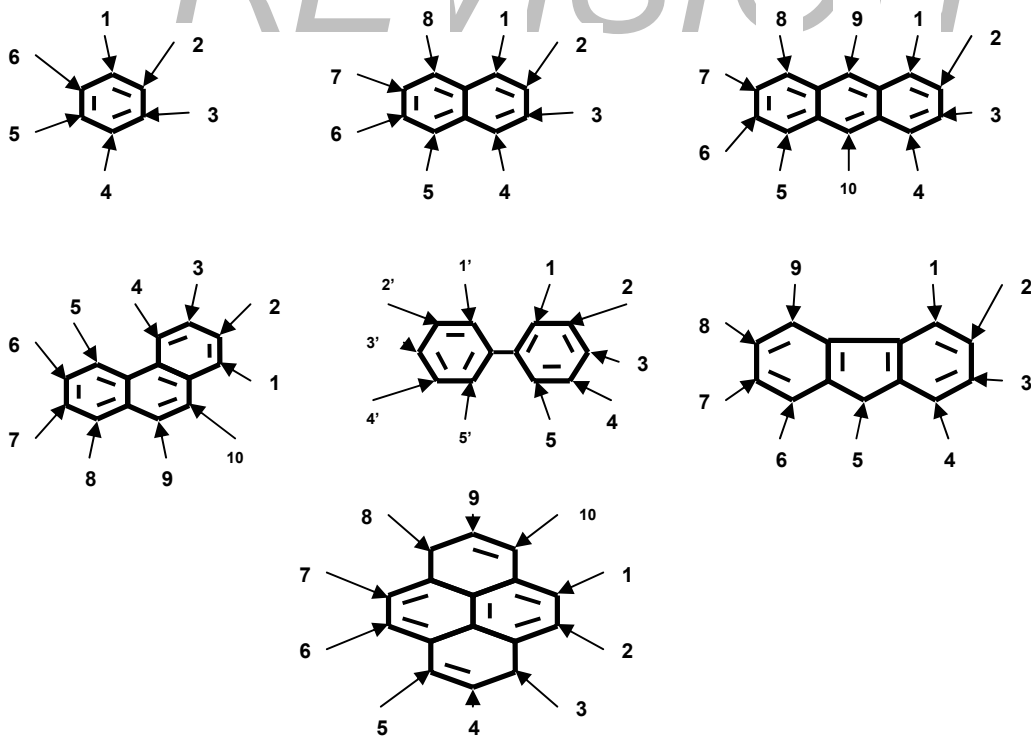
Estructura	Nombre	Estructura	Nombre
	Benceno		Tolueno
	Xileno		Mesitileno
	Estireno		Cumeno
	Cimeno		Bifenilo
	Fluoreno		Naftaleno
	Antraceno		Pireno
	Coroneno		3,4-benzopireno

--	--	--	--

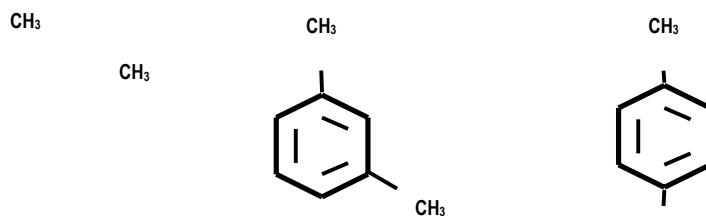
MATERIAL EN

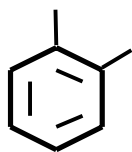
REVISIÓN

Figura 16. Forma de numerar las posiciones en las estructuras aromáticas más comunes.



Ilustremos el uso de las anteriores reglas nombrando los isómeros del xileno:





o - xileno

m - xileno

p - xileno

¿Qué ocurre cuando los grupos aromáticos se encuentran como sustituyentes?

Se aplican las reglas de nomenclatura que hemos usado para los grupos derivados de hidrocarburos como se muestra en la tabla 9.

MATERIAL EN REVISIÓN

Tabla 9. Nomenclatura para los derivados de hidrocarburos aromáticos.

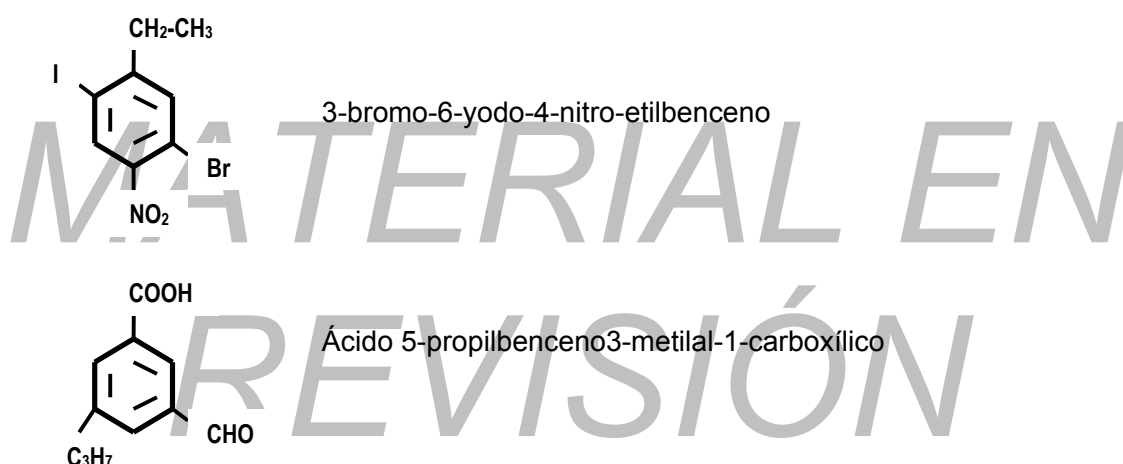
Estructura	Nombre	Estructura	Nombre
	Fenilo		1,4 – bifenilo
	Bencilo		Bencilideno
	Benzo		Tolilo
	Cinamilo		β - feniletilo
	Estirilo		Tritilo

Vale la pena considerar las siguientes reglas cuando estemos utilizando el sistema IUPAC:

- Todos los nombres de los hidrocarburos aromáticos debe referirse al compuesto fundamental: benceno, naftaleno, antraceno, etc. (Ver tabla 8).

- El carbono uno siempre llevará la función más característica del compuesto: ácido, fenol, amina, etc.
- Se deben nombrar antes que el hidrocarburo y en este orden: - F (flúor), - Cl (cloro), - Br (bromo), - I (yodo), - NO₂, (nitro), - NO (nitroso), - OH (oxi o hidroxilo), - OR (alcoxi), - NH₂ (amino), - NHR y - NR₂ (alcoholaminas), - NHCO - R (acilaminas, amidas de aminas aromáticas), - R (alquilo).
- Se nombran después del hidrocarburo en su orden: - CH₂-OH (metilol, hidroximetil), - CHO (metilal, carboxaldehído), - CO - (ona, cetona), - COOH (metiloico, carboxi), - SO₃H (sulfónico), - N = N - (azo).

Veamos los siguientes ejemplos:



3. Propiedades fisicoquímicas

El primer miembro de la familia es líquido, lo mismo que algunos de sus derivados monosustituídos, pero los que tienen más de dos anillos por lo general son sólidos de tal manera que ya no podemos efectuar las generalizaciones a la que nos estábamos acostumbrando con las anteriores funciones.

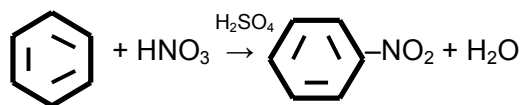
Lo que sí es característico de este grupo es su comportamiento químico, el cual se denomina como sustitución nucleofílica aromática aunque también puede presentar reacciones de adición pero en condiciones muy diferentes a la de los hidrocarburos insaturados, por lo que es recomendable escribirlas en la reacción que se esté representando y reacciones de oxidación.

3.1 Reacciones de sustitución electrofílica

Corresponde al remplazo de un átomo de hidrógeno por otros grupos como alquilo, halógenos, acilo, nitro y sulfónico entre otros, como lo vemos enseguida:

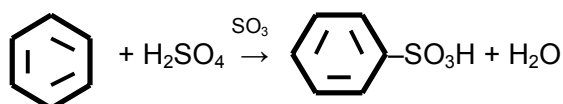
Nitración

Es el remplazo de un hidrógeno por el grupo funcional nitro, utilizando como fuente el ácido nítrico en presencia de ácido sulfúrico que actúa como catalizador:

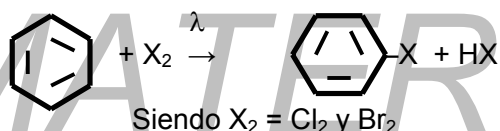


Sulfonación

Se reemplaza un hidrógeno por un grupo sulfónico mediante la utilización de ácido sulfúrico fumante:

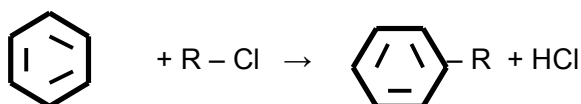


Halogenación



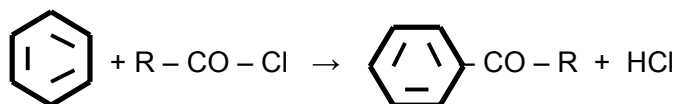
Alquilación de Friedel – Crafts

Permite la formación de la combinación de compuestos aromáticos con alifáticos utilizando haluros de alquilo $\text{R} - \text{Cl}$:



Acilación de Friedel – Crafts

Es una reacción semejante a la anterior pero se caracteriza porque se obtiene una cetona mixta, es decir, con una parte aromática y con otra alifática:

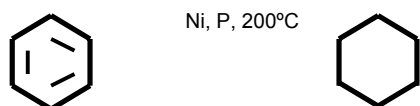


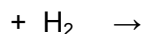
3.2 Reacciones de adición

Requieren condiciones especiales de presión, temperatura y en algunos casos la presencia de catalizadores.

Hidrogenación

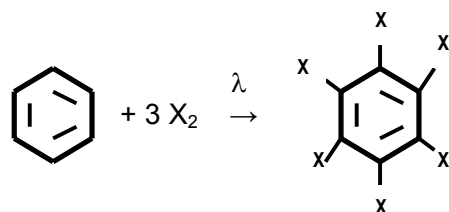
Permite la obtención del cicloalcano correspondiente; necesita un catalizador como el níquel, temperatura de 200 °C y presiones superiores a una atmósfera:





Halogenación

Se obtiene el derivado halogenado polisustituido correspondiente, requiere de la presencia de luz:



3.3 Reacciones de oxidación

Los compuestos aromáticos, principalmente el benceno, resisten la acción de las soluciones diluidas de permanganato de potasio en caliente, pero si son afectados por el ozono que presenta la misma reactividad de un enlace doble.

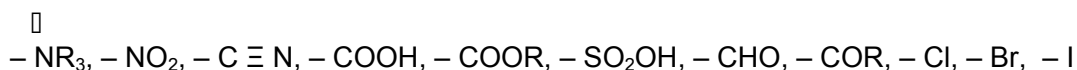
3.4 Comportamiento para la formación de derivados disustituídos del benceno

La formación del derivado disustituido del benceno en cualquiera de los grupos funcionales anteriores, tiene un comportamiento definido ya que el núcleo aromático se comporta como una base de Lewis. Los nuevos grupos que ingresan se consideran como los correspondientes ácidos los cuales pueden ejercer acciones de activación o de desactivación del anillo permitiendo la ubicación del nuevo grupo en cierta posición.

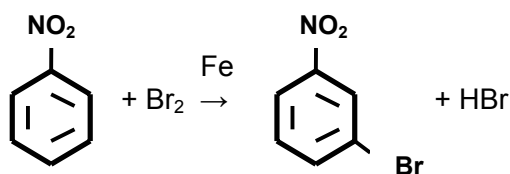
Los grupos que se encuentran sobre el anillo aromático pueden ser saturados o insaturados, clasificándolos como orientadores orto y para o como orientadores meta respectivamente.

Orientadores meta.

Son grupos insaturados que pueden deslocalizar los electrones pi del anillo atrayéndolos hacia el grupo dejando la posición meta disponible para el ingreso del ácido de Lewis que va a sustituir al hidrógeno respectivo. Los grupos son:



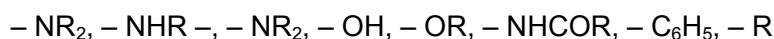
Ilustremos con un ejemplo:



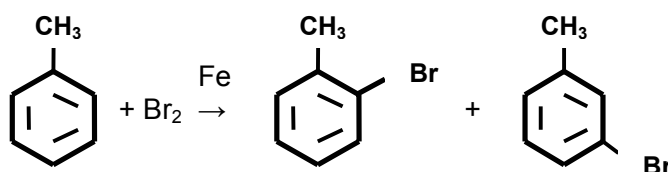
Encontramos que sólo se forma un isómero de posición.

Orientadores orto y para

Son grupos de átomos saturados que se comportan como donadores de electrones al anillo, activándolo y facilitando dos posiciones de sustitución de hidrógenos, por lo que en la mezcla de reacción siempre encontraremos a los dos productos. Estos grupos son:



Analicemos el siguiente ejemplo:



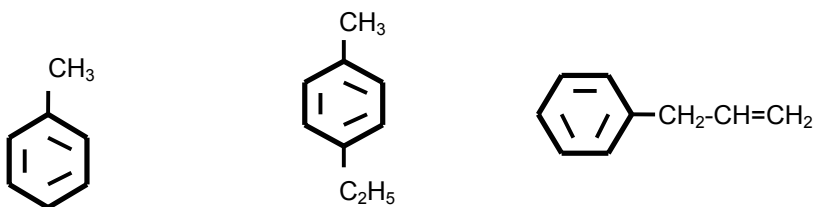
4. Arenos

4.1 Concepto

También llamados hidrocarburos alifáticos – aromáticos. Son compuestos orgánicos que en su cadena carbonada se encuentran anillos aromáticos y cadenas alifáticas. Su comportamiento químico debe reunir el comportamiento del anillo aromático de presentar reacciones de sustitución electrofílica, mientras que la cadena alifática lateral las de sustitución por radicales libres o de adición si en ella se encuentran dobles o triples enlaces; ahora, también se espera cambios en las propiedades del anillo influenciadas por la cadena y de ésta debido a la presencia del núcleo aromático.

4.2 Nomenclatura

Se siguen las reglas de la IUPAC como se habían mencionado anteriormente:



Tolueno o metilbenceno

p-etiltolueno

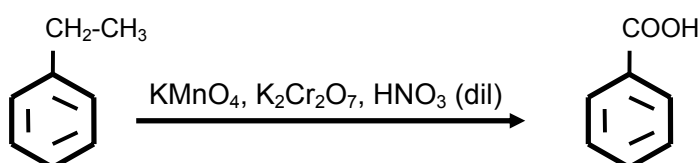
3-fenil-2-buteno o alilbenceno

4.3 Propiedades fisicoquímicas

Sus propiedades físicas son esencialmente las mismas de los hidrocarburos ya estudiados. Insolubles en agua, solubles en solventes orgánicos no polares como el éter, el tetracloruro de carbono o la bencina, menos densos que el agua, y los puntos de

ebullición aumentan de 20 a 30°C por átomo de carbono adicional y los puntos de ebullición están asociados a la estructura que presentan debido a la facilidad de empaquetar que tienen ciertos isómeros como en el caso del p – xileno que es sólido a 13°C mientras que el orto lo hace a -25°C y el meta a -40°C, señal de la diferencias de fuerzas intermoleculares que sostienen en su estructura cristalina sólida.

En sus propiedades químicas, se tiene en cuenta el grupo orientador que poseen, aunque en el caso de la reacción de oxidación con permanganato de potasio conduce a la formación del ácido benzoico:



MATERIAL EN

5. Hidrocarburos aromáticos heterocíclicos

5.1 Concepto

Los compuestos que contienen en su estructura anular un átomo distinto al carbono, se denominan heterocíclicos. El átomo diferente al carbono, generalmente es oxígeno, nitrógeno y azufre, se denominan heteroátomos. Se encuentran en el mundo biológico haciendo parte de la clorofila, la hemoglobina, las porfirinas, la bilirrubina, en algunos aminoácidos, en los ácidos nucleicos, algunas vitaminas y en los alcaloides entre otros.

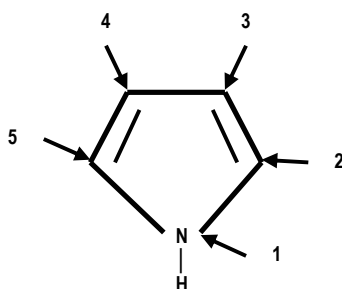
En esta parte vamos a estudiar los que tienen anillos de cinco y seis miembros, con heteroátomos como el oxígeno, el nitrógeno y el azufre.

5.1 Hidrocarburos heterocíclicos penta – atómicos

Son compuestos orgánicos que tienen cuatro átomos de carbono y un heteroátomo; para su estudio se agrupan dependiendo del compuesto más simple. Se tiene el grupo del Pirrol, Benzopirrol y el Tiofeno:

5.1.1 Grupo del pirrol

Su heteroátomo es el nitrógeno. Tiene la siguiente estructura y se numera la posición de sus carbonos en la siguiente forma:

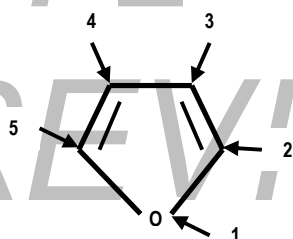


Desde el punto de vista biológico y bioquímico, el pirrol forma parte de sustancias como los colorantes de la sangre, como es la porfirina proveniente de la condensación de cuatro pirroles, que hace parte del grupo heme de la hemoglobina, participa en la estructura de la clorofila, la bilirrubina de la bilis y en la de la vitamina B₁₂.

Al condensarse con un anillo bencénico, forma el núcleo heterocíclico denominado Benzopirrol o indol, núcleo que participa en la estructura del aminoácido triptófano.

5.1.2 Grupo del furano

Es el compuesto heterocíclico aromático cuyo heteroátomo es el oxígeno. Se relaciona con los carbohidratos al descomponerse en furfural y se encuentra haciendo parte de la estructura de ácidos nucleicos y vitamina C entre otros. Se numera en la misma forma del pirrol:

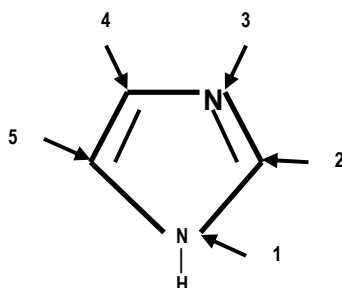


5.1.3 Grupo del tiofeno

Su heteroátomo es el azufre. Se encuentra en el alquitrán de hulla y formando parte de la estructura de compuestos como el colorante índigo rojo y la vitamina H o biotina.

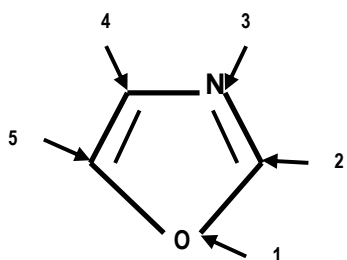
5.1.4 Grupo del imidazol, oxazol y el tiazol

Los compuestos heterocíclicos aromáticos de este grupo se caracterizan por estar formados por un anillo de cinco miembros de los cuales tres son carbonos y dos pueden ser iguales o diferentes. El imidazol tiene un solo heteroátomo: el nitrógeno, su estructura es:

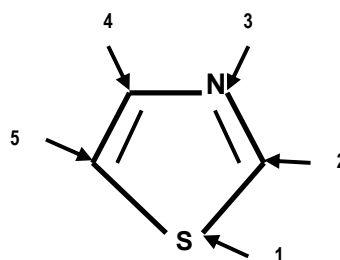


Participa en la estructura de las purinas y en la del aminoácido histidina. El oxazol, tiene una estructura semejante a la anterior solo que tiene un nitrógeno y un oxígeno. El tiazol

tiene nitrógeno y azufre como heteroátomos y se encuentra como núcleo integrante de las sulfas, la penicilina y la vitamina B₁. Las posiciones que ocupa en la cadena son las mismas del imidazol:



Oxadiazol



Thiazol

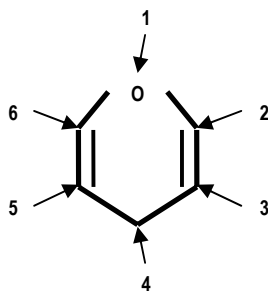
MATERIAL EN REVISIÓN

5.2 **Compuestos heterocíclicos aromáticos hexaatómicos**

Son sustancias orgánicas que tienen un anillo de seis miembros con uno o dos heteroátomos. Como en el caso anterior, se clasifican por grupos:

5.2.1 *Grupo del pirano*

Compuestos heterocíclicos de seis miembros; cinco carbonos y un oxígeno. Forma parte de la estructura de los carbohidratos piranósicos, la vitamina E, la antocianina (el colorante de las flores), de la rotenona un insecticida vegetal. Su estructura es la siguiente:



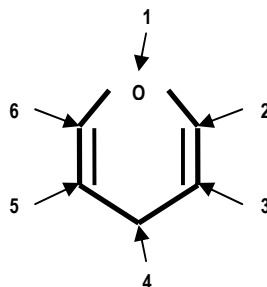
MATERIAL EN REVISIÓN

5.3 **Compuestos heterocíclicos aromáticos hexaatómicos**

Son sustancias orgánicas que tienen un anillo de seis miembros con uno o dos heteroátomos. Como en el caso anterior, se clasifican por grupos:

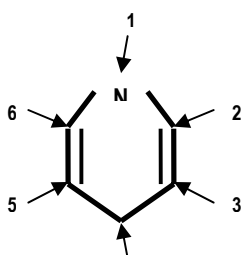
5.3.1 *Grupo del pirano*

Compuestos heterocíclicos de seis miembros; cinco carbonos y un oxígeno. Forma parte de la estructura de los carbohidratos piranósicos, la vitamina E, la antocianina (el colorante de las flores), de la rotenona un insecticida vegetal. Su estructura es la siguiente:



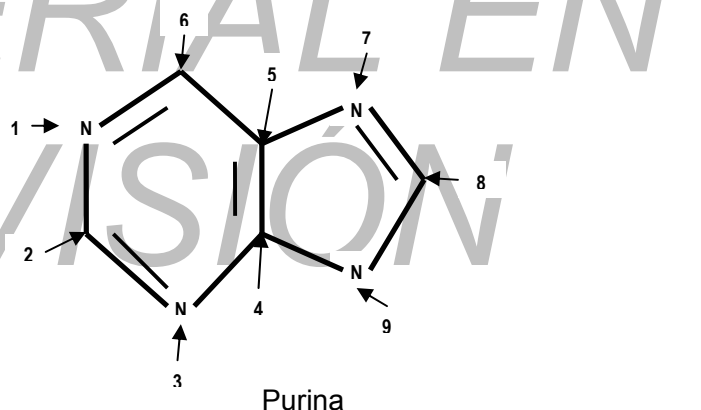
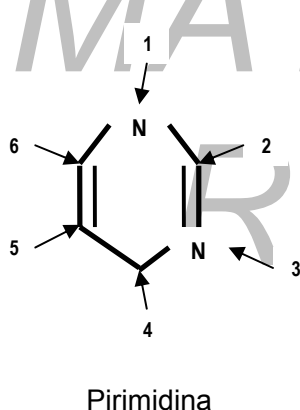
5.3.2 *Grupo de la piridina*

El heteroátomo de este grupo de compuestos corresponde al nitrógeno. Forma parte de la estructura del piridoxal, de la vitamina B₆ y del ácido nicotínico o niacina entre otros. Su estructura es:



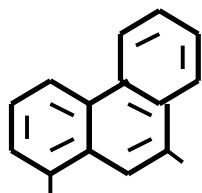
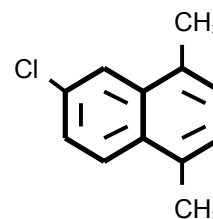
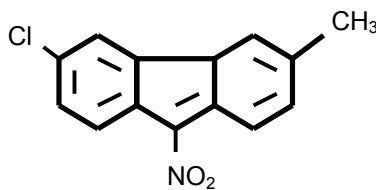
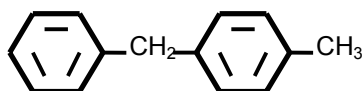
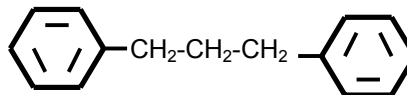
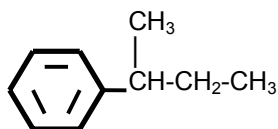
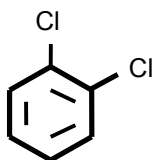
5.3.3 Grupo de la pirimidina y la purina

Grupo de compuestos heterocíclicos hexaatómicos que tienen dos átomos de nitrógeno en las posiciones 1,3 de anillo. Son la estructura fundamental de las bases pirimidínicas de los ácidos nucleicos, aparece en la estructura de los barbitúricos y al condensarse con el imidazol forma las purinas, otras bases de los ácidos nucleicos. Las estructuras de la pirimidina y la purina son:



ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 6

- 1) Elabore un resumen sobre el tema indicando grupo funcional, criterio de aromaticidad, clases de hidrocarburos, propiedades físicas, propiedades químicas.
- 2) Escriba los nombres de las siguientes fórmulas estructurales:



3) Escriba las fórmulas estructurales para los nombres de los siguientes compuestos:

1,3,5-trihidroxibenceno, p-nitrotolueno, ácido p-nitrobenzenosulfónico, 2,6-dicloronitrobenzoceno, 2,4,6-trinitrotolueno, p-etil-tert-butilbenceno, cloruro de bencilo.

4) Ilustre cada una de las reacciones de sustitución que pueden dar los siguientes compuestos aromáticos:



5) ¿Qué compuestos aromáticos son posibles de encontrar formando parte de alimentos o de medicamentos? Realice una pequeña indagación y elabore un escrito dependiendo de su interés profesional. Preséntelo en su grupo de aprendizaje colaborativo o a su tutor. No olvide incorporarlo al Portafolio de Desarrollo Profesional.

MATERIAL EN REVISIÓN

TEMA CUATRO

HIDROCARBUROS HALOGENADOS

Se consideran como derivados de los alcanos, alquenos, alquinos, compuestos cíclicos y aromáticos a los que se les ha sustituido un hidrógeno por un halógeno. Son importantes debido a que se suelen utilizar como productos intermedios o como materia prima para la síntesis de otros compuestos orgánicos.

Una gran variedad de estos compuestos tienen aplicaciones comerciales como solventes, agentes limpiadores y desengrasantes, extinguidores de fuego o en pesticidas del tipo DDT, lindano, clordano y otros. Abundan en las algas marinas.

1. **Concepto y Grupo Funcional.**

Al ser considerados como producto de la sustitución de un hidrógeno por halógenos como cloro, bromo y yodo principalmente ya que los fluorados deben obtenerse por remplazo de algunos de ellos debido a que la reacción directa es explosiva, su fórmula general será $R - X$ o $Ar - X$, teniendo en cuenta las convenciones anteriores donde R es un resto de cadena alifática abierta o cíclica, Ar un anillo aromático y X corresponderá principalmente a Cl, Br o I, mediante un enlace sencillo carbono – halógeno. Esto significa que su reactividad depende de las diferencias de electronegatividades entre estos dos átomos, además de la clase de carbono: primario, secundario o terciario.

2. **Nomenclatura.**

Como en las funciones anteriores tenemos dos sistemas para asignar el nombre a estos compuestos: el común y el IUPAC.

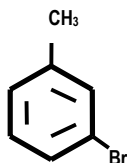
2.1 Sistema común.

Se emplea el nombre del derivado del halógeno (fluoruro, cloruro, bromuro o yoduro) seguido del nombre del grupo alquilo o arilo correspondiente usado como si fuera el catión de una sal.

2.2 Sistema IUPAC.

El nombre del halógeno se coloca como prefijo del nombre del hidrocarburo y se indica su posición con un número. Cuando la cadena tiene varios grupos sustituyentes, sus nombres se colocan por orden alfabético indicando la posición donde se encuentran. Los siguientes ejemplos ilustran el uso de los dos sistemas de nomenclatura:

$\text{CH}_3\text{-CH}(\text{Cl})\text{-CH}_3$ Cloruro de 2 – propilo ó 2 – cloropropano.



m – bromotolueno ó 3 – bromotolueno.

$\text{CH}_3\text{-CH}(\text{I})\text{-CH}(\text{Br})\text{-CH}_3$ 2 – bromuro de 3 – yodo butilo ó 2 – bromo – 3- yodobutano.

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-I} \end{array}$ Yoduro de i – hexilo ó 1- yodo – 4 – metilpentano

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{-C-Cl} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Cloruro de t – butilo ó 1 – cloro – 1,1 – dimetiletano.

3. Propiedades fisicoquímicas.

3.1 Propiedades físicas.

Los hidrocarburos halogenados se caracterizan por ser compuestos polares al ser el halógeno más electronegativo que el grupo alquilo o arilo que lo soporta. Sus puntos de ebullición son superiores a los de los alcanos de igual peso molecular y aumenta al incrementarse el peso de la cadena carbonada y del halógeno, así en la serie de haluros del mismo grupo alquilo el fluoruro ebulle a menor temperatura que el cloruro, éste menor que el bromuro y el yoduro tendrá la mayor temperatura de la serie.

A pesar de ser polares no presentan fuertes atracciones por el agua, siendo insolubles en ella pero si en solventes orgánicos.

Los derivados monofluorados y monoclorados son menos densos que el agua, mientras que los monobromados y monoyodados si lo son. Ninguno de ellos reacciona con el ácido sulfúrico concentrado en frío.

Los hidrocarburos halogenados puros son incoloros, con olor semejante al dulce pero son muy tóxicos a excepción de los polifluoroalcanos, por ello se usan en refrigeración.

3.2 *Propiedades químicas.*

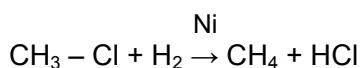
Al ser compuestos polares, los halógenos sufren reacciones de sustitución y de eliminación. Los agentes nucleofílicos⁸ hacen que el halógeno salga como ion haluro siendo sustituido por aquel. El carbono que soporta el halógeno al soportar la carga parcial positiva facilita que uno de sus hidrógenos sea eliminado como un protón por lo que se encuentra como producto de la reacción un haluro de hidrógeno.

La facilidad con que ocurre la reacción de sustitución o la de eliminación depende del tipo de derivado halogenado: primario, secundario o terciario y del halógeno presente. La sustitución se da más fácilmente para compuestos halogenados primarios, luego secundarios y finalmente terciarios donde es más lenta, mientras que la de eliminación la situación es a la inversa; ocurre mejor en terciario, sigue secundario y finalmente el primario es más demorado. Con respecto a los haluros de alquilo y los de arilo, estas reacciones se favorecen más en los primeros que en los segundos. Con respecto al halógeno la situación favorece a yoduro, bromuro, cloruro y por último a fluoruro. No obstante, el comportamiento de las reacciones de este grupo de compuestos es común para yodo, bromo y cloro ya que con el flúor se evidencia un comportamiento muy diferente. En este material solo ilustraremos el comportamiento de los primeros.

Además de las reacciones de sustitución y de eliminación, es de interés las de reducción y las de formación de compuestos organometálicos ya que permiten que este tipo de sustancias sea muy útil en el desarrollo de la síntesis orgánica.

3.2.1 Reducción.

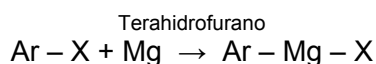
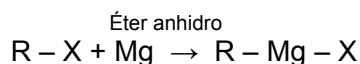
Los halógenos de alquilo se reducen a alcanos utilizando hidrógeno ya sea generado mediante reacción del metal con ácido, sodio metálico en etanol, hidrógeno gaseoso empleando catalizadores como níquel, platino o paladio. La reacción general es:



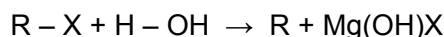
3.2.2 Formación de compuestos organometálicos o reactivos de Grignard.

Los reactivos de Grignard (o haluros de alquil o aril magnesio) son sustancias de gran importancia en síntesis orgánica. Se pueden obtener los dos tipos de compuestos (alquilo o arilo) solo que observando condiciones particulares en su síntesis, especialmente relacionadas con el solvente donde debe ocurrir la reacción (para los primeros se necesita el éter etílico completamente anhidro, mientras que para el segundo es en tetrahidrofurano en las mismas condiciones). La reacción general es:

⁸ Hace referencia a bases de Lewis: OH⁻, RO⁻, X⁻, CN⁻, RCOO⁻, SH⁻, SR⁻, NH₃⁻, NH₂R⁻, NHR₂⁻, R⁻,



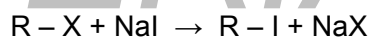
Si se añade agua, se obtiene el alcano o el compuesto aromático correspondiente:



3.2.3 Sustitución nucleofílica.

Como lo mencionamos más arriba, los agentes nucleofílicos desplazan el halógeno de los hidrocarburos halogenados. Esta reacción se representa como S_N y tiene gran importancia debido a que permite la formación de muchas otras sustancias como:

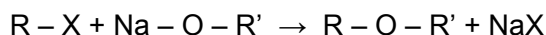
- Intercambio de halógenos:



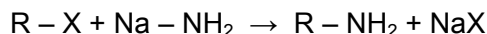
- Síntesis de alcoholes:



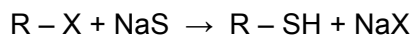
- Síntesis de un éter:



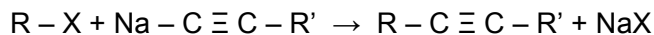
- Síntesis de una amina:



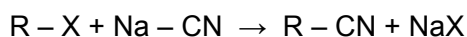
- Síntesis de un mercaptano⁹:



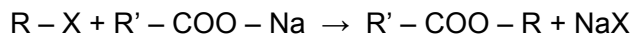
- Síntesis de un acetileno superior:



- Síntesis de un nitrilo:

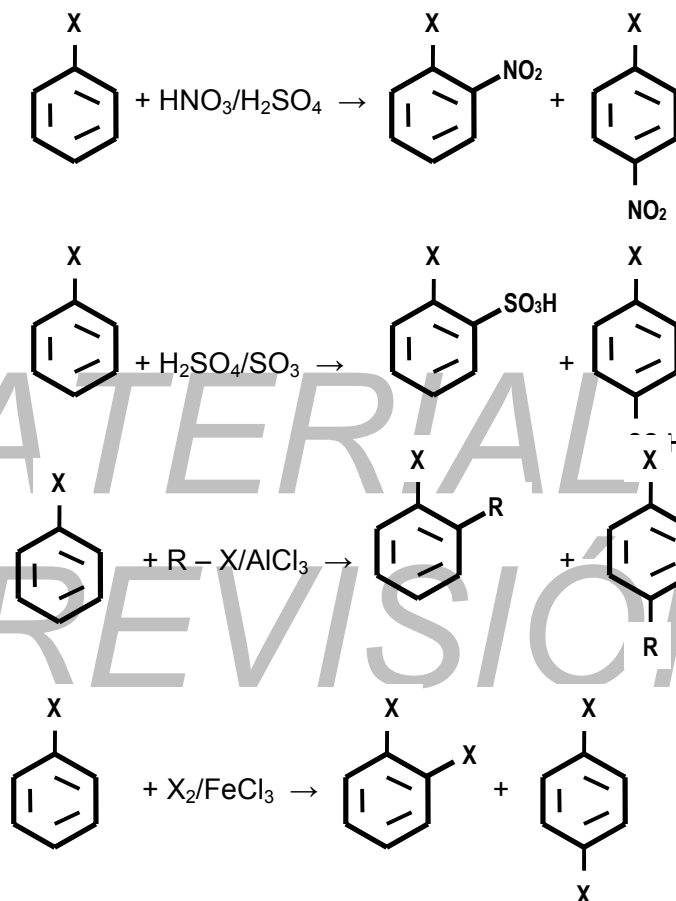


- Síntesis de un éster:



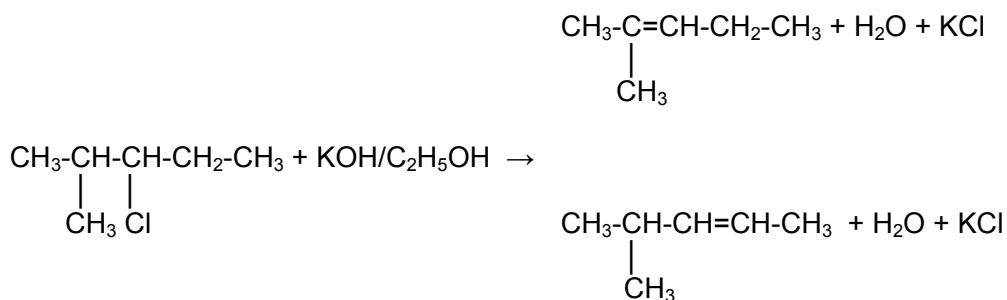
⁹ Un compuesto semejante a los éteres pero formado principalmente por azufre.

La situación con los haluros de arilo es diferente. Recordemos que un grupo halógeno es un orientador orto, para lo cual produce otro conjunto de derivados, aunque en esencia sostiene la reacción de sustitución pero cambiando los hidrógenos ubicados en esas posiciones:



3.2.4 Reacción de eliminación o deshidrohalogenación.

Es una reacción de los haluros de alquilo. Cuando éstos se encuentran en medio alcohólico, reaccionan frente a bases fuertes permitiendo la eliminación de un hidrógeno y el halógeno para formar un doble enlace. El número de productos depende de la estructura del haluro de alquilo ya que dependerá de sobre qué carbonos se está soportando el halógeno (primario, secundario o terciario) y el carbono que esté cerca:



En el ejemplo anterior el 2 – metil – 2 – penteno es el producto que en mayor cantidad se forma puesto que el doble enlace se forma sobre el carbono terciario (regla de Saytseff)

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 7

- 1) Establezca cuáles son las principales características de la función orgánica hidrocarburos halogenados que describa tanto a los compuestos alquílicos como a los aromáticos.
- 2) ¿Cómo explicaría la afirmación: los hidrocarburos halogenados se constituyen en unos productos intermediarios para la síntesis de otros compuestos orgánicos?
- 3) Escriba las fórmulas estructurales de los cinco primeros alcanos, alquenos, alquinos y de los aromáticos, colóqueles los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo) y nómbralos mediante los sistemas común e IUPAC.
- 4) Ilustre las principales reacciones de los haluros de alquilo (cloro, bromo, yodo) para las estructuras que escribió para los compuestos del punto anterior.
- 5) Ilustre las reacciones que presentan los haluros de arilo del benceno, naftaleno y antraceno.
- 6) Escriba cinco reacciones que ilustren la regla de Saytseff.

MATERIAL EN
REVISIÓN

ACTIVIDADES DE LABORATORIO

Introducción

Este curso es metodológico; suministra un conjunto estructurado de conocimientos, unas técnicas y procedimientos experimentales para que el estudiante disponga de herramientas útiles para su trabajo posterior.

Esta parte tiene como propósito el que usted pueda comprobar los principios básicos de la Química Orgánica, a la vez de conocer los procedimientos metodológicos utilizados para el reconocimiento e identificación de los distintos grupos funcionales, los elementos que participan de la estructura química de dichas sustancias y algunos métodos de obtención y purificación de las mismas a partir de fuentes naturales.

Como todo trabajo humano, es necesario observar algunas normas de seguridad; por ello, antes de comenzar el trabajo experimental, es necesario que tome un tiempo para estudiar un pequeño manual de recomendaciones de seguridad ya que en muchos casos va a trabajar con sustancias tóxicas, corrosivas o que ofrecen algún peligro para su vida. Recuerde que esta es una oportunidad para aprender, no para disminuir su vida.

Posteriormente, se le informa sobre la forma en que debe realizar el informe de laboratorio, documento que va a representar una parte de su calificación del curso. Su propósito es entrenarlo en la preparación de informes técnicos que muchas veces en su vida profesional tendrá que elaborar para reportar resultados, concretar asesorías, o presentar propuestas de trabajo especializado, que forma parte del ejercicio profesional. Aunque se le ve a enseñar a presentarlo como un artículo científico, también sirve para que usted se entrene en la preparación de este tipo de escritos como producto de su actividad investigativa, otra forma de ganarse la vida, o para que conozca cómo se elabora dicho material para su publicación en las revistas científicas o incluso por Internet.

Una vez realizada esta actividad previa, si estaremos preparados para comenzar con nuestro trabajo experimental. Este comprende tres prácticas, una tiene que ver con el análisis elemental cualitativo de los compuestos orgánicos cuya finalidad es reconocer los elementos que la componen, otra con la determinación de propiedades físicas de compuestos orgánicos puros como son su punto de fusión y de ebullición y la tercera con técnicas de extracción y purificación de sustancias orgánicas provenientes de fuentes naturales.

El provecho de este trabajo de aprendizaje depende del interés, la motivación y la preparación previa que haga de las prácticas correspondientes.

NORMAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA

1. Riesgos en el Laboratorio¹⁰.

Sabemos lo importante que es el control de calidad en la industria de alimentos y en la farmacéutica ya que se constituye en el respaldo de la garantía de ofrecer al consumidos un producto alimenticio que le aporta todos los nutrientes o buena parte de ellos, que necesita para tener y mantener una excelente salud y que no contiene ningún organismo patógeno que se constituya en un riesgo o un medicamento que le ayuda a recuperar sus salud.

En este tema vamos a estudiar cuáles son aquellos factores de riesgo que podemos correr en un laboratorio químico.

1.1 Riesgos con compuestos químicos.

Aparecen debido al manejo permanente y a la exposición a aquellas sustancias que es necesario manipular, moler o destapar para medir pequeñas cantidades, pesarlas, agregarlas a otras o disolverlas.

La única manera de prevenir y/o disminuir esos riesgos es logrando un profundo conocimiento de las propiedades particulares que tiene ese compuesto y de los métodos más apropiados para su manejo. Lo anterior nos permite concluir que para el manejo de los reactivos químicos debemos reunir tres condiciones:

- Conocimiento del producto químico.
- Conocimiento de su aplicación.
- Conocimiento que posee en operario o analista.

De los tres vamos a enfatizar más en el primero ya que para el segundo y el tercero creemos que la persona que va a manejar una sustancia como éstas ya es un profesional en su manipulación.

¹⁰ ALFARO CUBILLOS, Ana Myriam. *Seguridad en la industria de alimentos*. UNISUR, Bogotá, 1994, p. 333 – 353.

El efecto directo que pueden tener las sustancias químicas sobre el organismo humano es muy variado ya que depende de su estado de agregación: si es sólido es fácil su dispersión como polvo o como humo.

Los polvos al ser inhalados a través del aparato respiratorio se van a alojar en los pulmones y producen un grupo de enfermedades llamadas *neumoconiosis*, que dejan secuelas permanentes como lo muestra la tabla 10:

Tabla 10. Enfermedades producidas por reactivos químicos sólidos en polvo¹¹.

Sustancia	Enfermedad
Asbesto	Asbestosis
Carbón	Antracosis
Sílice	Silicosis
Caliza	Calicosis
Estaño	Estannosis
Hierro	Siderosis
Caña de azúcar	Bagazosis

Algunas de las sustancias químicas al caer sobre la piel pueden ocasionar dermatosis por ser irritantes, corrosivas o alérgicas.

Los humos son partículas generadas durante la volatilización de metales fundidos o de materiales sometidos al fuego. Pueden ser inhalados, afectar los ojos y originar enfermedades crónicas. En la tabla 11 se encuentra un listado de ellas.

Tabla 11. Enfermedades causadas por la aspiración de humos producidos por la vaporización de metales¹².

Metales	Enfermedades
Magnesio	Manganismo
Mercurio	Hidrargirismo
Plomo	Saturnismo
Cadmio	Irritación, edema pulmonar
Zinc	Irritación, edema pulmonar

Los reactivos líquidos son más o menos peligrosos dependiendo de la temperatura, la presión atmosférica, su estructura química, sus propiedades fisicoquímicas (volatilidad, inflamabilidad, temperatura de explosión) y de su interacción con la piel, las mucosas y el

¹¹ CORTES, Luis E. *Seguridad en el trabajo*. Bogotá: Escuela Superior de Administración Pública, 1978, p. 21.

¹² Ibid.

metabolismo. Los riesgos están relacionados con la facilidad de ser inhalados, absorbidos a través de la piel y las mucosas y la ingestión involuntaria del producto.

Los reactivos gaseosos son los más peligrosos debido a la gran movilidad que presentan y a la facilidad de ser inhalados ocasionando somnolencia, asfixia, irritaciones, adormilamiento y envenenamiento.

1.1.1 *Efectos de las sustancias químicas.*

Hemos mencionado anteriormente que existen al menos tres vías de acceso de los compuestos químicos al interior del organismo humano que van a afectar su normal funcionamiento. Examinemos cada una de estas vías.

- **Absorción.**

Por lo general se relaciona con el contacto directo de la sustancia con la piel (especialmente las líquidas) atravesándola, acumulándose en el organismo y desencadenando enfermedades como el cáncer.

Durante un trabajo cualquiera puede facilitarse la aparición de una serie de condiciones que favorecen la absorción del compuesto como:

- La transpiración continua alcaliniza la piel saponificando la capa grasosa que es arrastrada con el sudor.
- Los disolventes y demás compuestos orgánicos se solubilizan relativamente fácil en las grasas y de allí se difunden hacia el interior del cuerpo a través de las glándulas sebáceas.
- La aplicación de ungüentos y cremas grasosas sobre la piel favorecen el ingreso de sustancias tóxicas orgánicas.
- Las heridas, dermatitis y otros traumas que rompan o perforen la piel favorecen la entrada de los tóxicos al organismo.
- La falta de limpieza de la piel destruye la protección natural y permite la entrada de sustancias peligrosas.

- **Ingestión.**

Es la vía más directa. Por lo general se considera como el medio para desarrollar las intoxicaciones crónicas involuntarias, ocasionadas por el desconocimiento de la peligrosidad del compuesto que se manipula, a la nula aplicación de normas de higiene en el consumo de los alimentos (no lavarse las manos antes de comer) o a hábitos peligrosos como fumar cuando se manipula el tóxico o comer al tiempo cuando se trabaja con ellos.

1.1.2 *Conocimiento del producto químico.*

No podemos olvidar lo importante que es tener pleno conocimiento del nombre, propiedades, precauciones de manejo e incompatibilidades que tiene por sí misma una determinada sustancia química y de lo que sepa el laboratorista que está trabajando con ella. La primera tarea que debemos atender es la de elaborar o consultar la ficha para cada producto químico que está usando, verificar que esa información está disponible para todas las personas que tengan que trabajar con el reactivo y comprobar que todos

ellos conocen cuáles son los riesgos que se corren si se manipula de una manera diferente a la considerada como segura.

La información que debe contener dicha ficha es:

- Nombre del reactivo. Tanto el común como el IUPAC para evitar su confusión cuando se le nombra por cualquiera de las dos formas.
- Propiedades físicas. Explicar claramente su estado físico, sus constantes físicas, la facilidad de volatilización, la producción de gases explosivos, su olor característico (si es posible de entrenarlos en su detección a través del olfato, cuando no es muy tóxico), su comportamiento frente al fuego, cambios de temperatura, golpes y frente a otras sustancias con las que sea incompatible, la densidad de sus vapores (para poder evacuar el área ya sea arrastrándose o buscando salidas más altas), los efectos a corto y a largo plazo sobre la salud humana y su comportamiento frente al agua ya que al ser el disolvente universal por excelencia y el medio más apropiado para controlar y apagar incendios, no podemos olvidar que en algunos casos la reacción de la sustancia química con el agua puede ser explosiva (caso de metales alcalinos, cloruros de fósforo), liberar gases tóxicos (soluciones de cianuro en medio ácido) o generar calor (disolución del ácido sulfúrico concentrado) en forma violenta liberando nuevos compuestos más peligrosos o causando incendios.
- Incompatibilidad. Ya lo mencionamos arriba, es el comportamiento químico que se presenta cuando se encuentran juntas dos sustancias haciendo peligroso que estén muy juntas debido a que sus vapores pueden interactuar violentamente causando explosiones e incendios. Esto es muy importante cuando se van a almacenar y cuando se van a utilizar.
- Toxicidad. Debe disponer de toda la información sobre el manejo más apropiado para disminuir los riesgos contra la salud y/o el efecto que puede tener a largo plazo al estar expuesto durante cierto tiempo.
- Norma de manejo. Son indicaciones para el uso de equipo de protección y de otros elementos de seguridad.

Como una ayuda para la elaboración de la ficha del reactivo nos podemos guiar por la encuesta que aparece en la tabla 12.

Tabla 12. Encuesta para la elaboración de la ficha de seguridad para un producto químico¹³.

<i>Ítem</i>	<i>Respuesta</i>
1. Nombre del producto químico:	
2. ¿Cuál es su estado físico?	
3. ¿Es: tóxico? penetrante? crónico? tóxico por ingestión? tóxico por inhalación? tóxico por absorción?	
4. ¿Cuál es: la densidad de su vapor?	

¹³ HANDLEY, William. *Manual de seguridad industrial*. Bogotá, Mc Graw Hill Latinoamericana, 1980., p 39.

la presión de vapor? la temperatura de congelación? su peso específico? su miscibilidad con el agua?	
5. ¿Cuál(es) es (son) sus(s) incompatibilidad(es)?	
6. ¿Es inflamable o altamente inflamable? ¿Cuál es su: temperatura de vaporización? límite de explosividad? temperatura de ignición?	
7. ¿Qué equipo contra incendio se debe usar?	
8. ¿Qué equipo de protección personal se debe usar?	
9. Otras precauciones especiales.	

1.1.3 Reglas para el manejo de los reactivos químicos.

Antes de enunciarlas es necesario que revisemos primero las condiciones del sitio de trabajo.

Por lo general el sitio de trabajo coincide con el laboratorio aunque en algunos casos también puede ser la planta de producción (por ejemplo, un pelado químico). En cualquier caso, el sitio de trabajo debe tener suficiente espacio, buena iluminación y ventilación, adecuada distribución de las mesas de trabajo y salidas de emergencia.

Para el laboratorio es conveniente separar el sitio de almacenamiento de las áreas de manipulación y preparación de soluciones y demás reactivos; éstos también deben tener buena ventilación y salidas de incendio. Las instalaciones del laboratorio deben estar dotadas de infraestructura como:

- *Duchas de emergencia.* Instalada en un sitio de fácil acceso y apertura; una palanca y una cadena que llegue al piso.
- *Lavaojos.* Especie de lavamanos que entregan un chorro de agua potable de cierta fuerza, capaz de realizar un lavado rápido de las vistas cuando les ha caído algún reactivo.
- *Absorbentes.* Sustancias que puede recoger los derrames de líquidos peligrosos.
- *Protección contra incendio.* Sistemas manuales (arena, extinguidores) o rociadores automáticos (sprinklers).
- *Botiquín de primeros auxilios.* Dotado con antídotos.

Los mismos reactivos nos deben garantizar cierta estabilidad que nos permita su manejo y almacenamiento más confiable; en este sentido, los fabricantes responsables venden sus productos con etiqueta de seguridad y advertencias sobre su manejo y almacenamiento.

Es buen hábito el que revisemos las etiquetas adheridas a los frascos y los catálogos que editan los productores de reactivos químicos al ser las primeras fuentes de información que tenemos disponibles antes de manipular un reactivo químico.

Existen trece reglas o normas de seguridad para el manejo seguro de los reactivos que siempre debemos tener en cuenta:

Primera regla. Los reactivos pueden pertenecer a uno o a varios de los siguientes grupos:

- Sustancias explosivas.
- Sustancias comburentes.
- Sustancias fácilmente inflamables.
- Sustancias tóxicas.
- Sustancias nocivas.
- Sustancias corrosivas.
- Sustancias irritantes.

Algunos fabricantes han desarrollado una serie de programas que ayudan a identificar rápidamente el grupo y las medidas de seguridad para su manejo, un ejemplo lo tenemos en la tabla 13.

Segunda regla. Observe y siga las señales de prevención, advertencia, prohibición y de auxilio en su puesto o lugar de trabajo.

Tercera regla. Tenga mucho cuidado al tratar con sustancias peligrosas ya que su manejo inadecuado puede provocar los peligros y los daños a la salud indicados en la tabla 13.

Cuarta regla. Tenga en cuenta las instrucciones específicas cuando se combinan dos características anteriores (Merck lo indica a través de las frases R y las frases S).

Quinta regla. Revise en la literatura todas las particularidades de las sustancias que va a emplear.

Sexta regla. No olvide el peligro que representa el uso de recipientes inadecuados, dañados o con rotulación insuficiente.

Séptima regla. Utilice el equipo de protección. Antes de usarlo, revíselo y si está dañado o es inadecuado cámbielo.

Octava regla. Debe observar todas las instrucciones de seguridad que conozca.

Novena regla. Hacerse chequeos médicos preventivos, sobre todo cuando maneja sustancias de alta peligrosidad o riesgo.

Décima regla. En caso de in disposición y de heridas leves, recurra al puesto de primeros auxilios y acuda al médico aún en casos en que haya recibido tratamiento de urgencia.

Undécima regla. Los menores de edad sólo podrán usar sustancias tóxicas o de riesgo de incendio o de explosión en circunstancias muy especiales y bajo la vigilancia de un experto.

Duodécima regla. Bajo ciertas circunstancias habrá que cumplir la prohibición de manejo de sustancias venenosas, cáusticas, nocivas para la salud o irritantes como son los casos con menores de edad, mujeres en embarazo y madres en lactancia.

Décima tercera regla. Si en un preparado se suponen propiedades peligrosas y no se tienen datos toxicológicos, la sustancia se debe manejar con las mismas precauciones recomendadas para los productos químicos peligrosos.

Por último, no podemos olvidar que existe un grupo de sustancias que tienen la capacidad de producir tumores malignos en el hombre y en los animales de experimentación (sustancias cancerígenas). Tales compuestos se encuentran en la tabla 14.

MATERIAL EN REVISIÓN

Tabla 13. Pictogramas e indicaciones de peligro en etiquetas para reactivos¹⁴.

Pictograma		Indicación de peligro	Clasificación	Precaución
	E	Explosivo	Según resultados experimentales según la prescripción de declaración y control de la ley de productos químicos (R.F.A.)	Evitar choque, percusión, fricción, formación de chispas y acción del calor.
	O	Comburente	Según los resultados de los ensayos considerando la inflamabilidad y el peligro de explosión.	Evitar cualquier contacto con sustancias combustibles. ¡Peligro de inflamación! Los incendios pueden ser favorecidos y dificultada su extinción.
	T+ T	Muy tóxico Tóxico	Tras resultados de ensayos de toxicidad aguda oral, dermal, inhalativa así como por indicios considerables de daños graves para la salud, posiblemente irreversibles, por absorción única, repetida o de larga duración.	Evitar cualquier contacto con el cuerpo humano ya que no se pueden descartar graves daños para la salud, posiblemente de consecuencias mortales. Se hace referencia especial a la acción cancerígena o al riesgo de alteraciones genéticas o de acción teratógena de diversas sustancias.

¹⁴MERCK. *Reactivos, diagnóstica, productos químicos*. 1990/91. Darmstadt, Alemania, E. Merck, p 19.

Pictograma		Indicación de peligro	Clasificación	Precaución
	Xn	Nocivo	Según resultados de ensayos de toxicidad aguda oral, dermal, inhalativa, así como por indicios considerables de posibles daños para la salud, posiblemente irreversibles, por absorción única, repetida o de larga duración.	Evitar el contacto con el cuerpo humano, también la inhalación de vapores. Son posibles daños para la salud en caso de empleo no adecuado. En algunas sustancias no es posible descartar totalmente una acción cancerígena, alteración genética o teratogena. Se hace referencia a ello. Igualmente al peligro de sensibilización.
	F+	Extremadamente inflamable	Líquidos con punto de inflamación inferior a 0 °C y punto de ebullición máximo 35 °C; gases, mezclas de gases (aunque estén presentes en forma licuada), que con el aire a presión normal tienen punto de encendido.	Mantener lejos de llamas abiertas, chispas y fuentes de calor.
	F	Fácilmente inflamable	Determinados peróxidos orgánicos, líquidos con punto de inflamación inferior a 21 °C, pero no extremadamente inflamables; sustancias sólidas que son fáciles de inflamar, de continuar quemando por sí solas o arder sin llama por la acción de una fuente de encendido; liberación de sustancias fácilmente inflamables por la acción de la humedad u otras propiedades.	Mantener lejos de llamas abiertas, chispas y fuentes de calor.

Pictograma		Indicación de peligro	Clasificación	Precaución
	C	Corrosivo	Según intensidad de la destrucción de la piel intacta, sana durante tiempos de acción definidos.	Evitar el contacto con los ojos, la piel y la ropa mediante medidas protectoras especiales. No inhalar los vapores.
	Xi	Irritante	Claros daños de los ojos o irritación de la piel, que se mantienen como mínimos 245 horas posteriores al tiempo de acción o una irritación clara de las vías respiratorias. Se hace referencia especial a una posible sensibilización por contacto con la piel.	Evitar el contacto con los ojos y la piel, no inhalar los vapores.

MATERIALES EN REVISIÓN

Cuando sea necesario manipular esas sustancias lo más recomendable es extremar las medidas de seguridad en su manejo y utilizar el equipo de protección.

A manera de resumen y para facilitar la memorización de las normas de seguridad a tener en cuenta en el manejo de un reactivo químico, podemos establecer siete reglas básicas que son:

- i. Conocer previamente el tipo de sustancias que se va a utilizar.
- ii. Llevar siempre gafas protectoras y en lo posible guantes.
- iii. Realizar todos los trabajos en campana de extracción de gases que tenga buen tiro, con careta respiratoria o en locales bien ventilados.
- iv. Evitar el contacto de los reactivos con la piel, ojos y mucosas. Lavar inmediatamente, en forma abundante, con agua fría cualquier salpicadura.
- v. Lavar los ojos con abundante agua si les ha caído sustancias cáusticas, desplazando ampliamente los párpados, mover el ojo en todas las direcciones. Visitar inmediatamente al oftalmólogo para su tratamiento.
- vi. Quitarse toda la indumentaria que esté impregnada o lavada con sustancias cáusticas o corrosivas y lavar si alcanzó la piel.
- vii. En caso de accidente o de encontrarse mal, buscar atención médica.

Tabla 14. Listado de sustancias cancerígenas¹⁵.

Sustancia	Sustancia	Sustancia
Solución de ácido arsénico.	Cobalto (II) hidroxicarbonato.	Hidracinio monobromuro.
Ácido hexametilfosfórico triamina.	Cobalto (II, III) óxido.	Hidracinio sulfato.
Acrilamida.	Criseno.	4 – metil – 1,3 – fenilendiamina.
Acrlonitrilo.	1,2 – dibromometano.	4 – metoxi – 1,3 – fenilendiamina.
Antimonio (III) óxido.	1,4 – dicloro – 2 – buteno.	Níquel en polvo.
Arsénico (III) óxido.	Dietilo sulfato.	Níquel peróxido.
Auramina.	3,3' – dimetilbencina.	Níquel tetracarbonilo.
Benceno	N,N – dimetilcarbamoilo cloruro.	Níquel (III) hidroxicarbonato.
Benzo (a) pireno	N,N – dimetilhidracina.	2 – nitropropano.
Berilio.	N,N – dimetilhidracinio dicloruro.	N – nitrosodietilamina.
1,3 – butadieno.	Dimetil sulfato.	1,2 – propileno óxido.
Cadmio cloruro.	N,N – dimetilsulfamoilo cloruro.	(R) – (+) – 1,2 – propileno óxido.
Cloroetileno (cloruro de vinilo)	2,4 – dinitrotolueno.	(S) – (-) – 1,2 – propileno óxido.
4 – clorometilanilina.	2,6 – dinitrotolueno.	Di – sodio hidrogenoarsenato.
Cobalto óxido.	3,4 – dinitrotolueno.	Sodio metaarsenito.
Cobalto polvo.	Epiclorhidrina.	o – toluidina.
Cobalto (II) acetilacetato.	Étileno óxido.	Yodometano
Cobalto (III) acetilacetato.	Hidracinio dicloruro.	
Cobalto (II) fluoruro	Hidracinio hidróxido.	

¹⁵ Ibid., p. 16.

1.1.4 Indumentaria de protección.

Para una mejor protección de la persona que manipula sustancias químicas es recomendable que lleve puestos los siguientes elementos de protección:

- Vestimenta fácil de quitar. Debe ser una blusa amplia, que abotone y desabotone fácil. Es importante que siempre esté apuntada para mayor protección del traje de calle; recuerde que si le cae una sustancia corrosiva en la ropa se la tiene que quitar y con toda seguridad la va a perder.
- Máscara contra gases y vapores. Este elemento de protección dispone de filtros que retienen los vapores peligrosos (tóxicos, sofocantes o adormilantes), para su seguridad se debe determinar el tipo de filtro dependiendo del uso y remplazarlo una vez se haya saturado.
- Gafas de seguridad. Es un elemento de uso obligatorio en toda manipulación de reactivos químicos.
- Guantes. Es importante conocer las propiedades del material en que están fabricados para seleccionar el más adecuado para manejar cierta sustancia química ya que no debe ser atacado por ella. La tabla 15 nos resume el comportamiento de los distintos materiales de fabricación de los guantes ante sustancias químicas comunes.

Tabla 15. Comportamiento de los materiales de los guantes para la manipulación de reactivos químicos¹⁶.

Sustancia	Caucho natural	Neopreno	Nitrilo	PVC NOR	PVC alto grado
Ácidos orgánicos.	E	E	E	E	E
Fenoles.	E	E	B	E	E
Ácido crómico (50 %)	B	R	R	E	B
Ácido clorhídrico.	B	B	B	E	B
Ácido fluorhídrico.	B	B	B	E	B
Perhidrol.	B	B	B	E	E
Ácido nítrico.	NR	NR	NR	B	R
Ácido perclórico.	R	B	R	E	B
Ácido fosfórico.	B	B	B	E	B
Ácido sulfúrico (50 %)	B	B	B	E	B
Amoniaco y sales.	E	E	E	E	E
Calcio hipoclorito.	NR	B	B	E	E
Mercurio cloruro.	B	B	B	E	E
Sodio hipoclorito.	NR	R	R	E	E
Sales de cobre.	B	B	B	E	E
Sales de hierro, magnesio, potasio.	E	E	E	E	E
Calcio hidróxido.	E	E	E	E	E
Potasio hidróxido.	E	B	B	E	E
Sodio hidróxido.	E	B	B	E	E
Parafinas.	R	B	E	B	E
Bencina de petróleo.	R	B	E	R	B
Benceno, tolueno, xileno.	NR	R	B	R	B
Nafta de petróleo.	NR	R	R	R	B
Cloruro de bencilo.	R	R	B	R	B
Carbono tetracloruro, cloroformo, diclorometano, percloroetileno, tricloroetileno.	R	R	B	R	B
Acetato de etilo, butilo, amilo, etc.	R	B	B	R	B
Propionatos, butiratos.	R	B	B	R	B
Éteres.	R	B	E	R	B
Formaldehído, acetaldehído.	B	E	E	E	E

¹⁶ VELANDIA. C. Fabio. *Seguridad en el laboratorio. Informaciones químicas Merck* (Bogotá). (44), 3 (1985).

Benzaldehído.	R	R	E	B	R
Acetona, dietilcetona.	B	B	B	R	B
Alcoholes.	E	E	E	E	E
Aminas.	B	B	E	E	E

2. Almacenamiento de los reactivos.

Ya hemos mencionado que entre las sustancias químicas existen incompatibilidades que originan riesgos ya que provienen de sus propiedades químicas que al estar juntas las hace reaccionar espontáneamente en forma explosiva o liberando gases tóxicos. Esto quiere decir que al almacenarlos y al utilizarlos debemos tener en cuenta su comportamiento químico y las condiciones ambientales en que se deben manipular como:

- Facilidad de oxidación con el aire. Los productos secundarios son peligrosos, por ejemplo, la formación de peróxidos en el éter por exposición prolongada al aire.
- La humedad ambiental. El exceso de humedad en el sitio de almacenamiento hace que el reactivo se descomponga violentamente, por ejemplo, los alcoholatos de metales alcalinos y los hidruros.
- El calor puede alterar la calidad o desencadenar reacciones explosivas. Se deben almacenar en refrigeración, por ejemplo, las enzimas y los éteres.

Si en el sitio de trabajo vamos a tener que almacenar reactivos químicos, lo primero que hay que pensar es en un sitio especial ojalá un cuarto separado, bien ventilado e iluminado, con salida de emergencia en caso de incendio. Los anaqueles deben ser de un material resistente y separados por grupos de sustancias según su origen: inorgánicos e inorgánicos, ordenados como lo vemos en la figura 16.

Los éteres volátiles, hidrocarburos y afines se almacenan en un refrigerador a prueba de explosiones.

MATERIAL
EN
REVISIÓN

Figura 16. Organización de estantes para el almacenamiento de reactivos.

SUSTANCIAS INORGÁNICAS					SUSTANCIAS ORGÁNICAS					
1	2	3	4		40	41	42	43	44	45
5	6	7	8	9	46	47			48	
10	11	12	13		49	50	51		52	
	14		15				53			
16		17		18	54	55	56		57	
19	20	21	22	23			58			
24	25	26	27	28	59	60			61	
29	30	31	32							
33	34	35	36	37	38	62	63		64	
		39								
Sustancias inorgánicas					Sustancias orgánicas					
1.	Azufre.				40.	Alcoholes.				
2.	Fósforo.				41.	Glicoles.				
3.	Arsénico.				42.	Amidas.				
4.	Pentóxido de fósforo.				43.	Imidas.				
5.	Haluros.				44.	Iminas.				
6.	Sulfatos.				45.	Aminas.				
7.	Tiosulfatos.				46.	Hidrocarburos.				
8.	Fosfatos.				47.	Esteres.				
9.	Halógenos.				48.	Aldehídos.				
10.	Amidas.				49.	Éteres.				
11.	Nitratos (excepto el de amonio).				50.	Cetonas.				
12.	Ácidos.				51.	Hidrocarburos halogenados.				
13.	Ácido nítrico.				52.	Óxido de etileno.				
14.	Metales.				53.	Compuestos etoxidados.				
15.	Hidruros (mantenerlos lejos del agua).				54.	Sulfuros.				
16.	Cianuros.				55.	Polisulfurados.				
17.	Cianatos.				56.	Sulfóxidos.				
18.	Ácido cianhídrico.				57.	Nitrilos.				
19.	Hidróxidos.				58.	Fenoles.				
20.	Óxidos.				59.	Peróxidos.				
21.	Silicatos.				60.	Hidroperóxidos.				
22.	Carbonatos.				61.	Ácidos orgánicos.				
23.	Carbón activado.				62.	Ácidos orgánicos.				
24.	Sulfatos.				63.	Anhídridos.				
25.	Seleniuros.				64.	Perácidos (mantenerlos lejos de los demás)				

	reactivos).
26. Fosfuros.	Los éteres volátiles, los hidrocarburos y afines se deben almacenar bajo refrigeración y a prueba de explosiones.
27. Carburos.	
28. Nitruros (a nivel del ojo humano y lejos del agua).	
29. Boratos.	
30. Cromatos.	
31. Manganatos.	
32. Permanganatos.	
33. Cloratos.	
34. Percloratos.	
35. Ácido perclórico.	
36. Cloritos.	
37. Hipocloritos.	
38. Peróxidos.	
39. Ácidos inorgánicos.	

MATERIAL EN REVISIÓN

GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE LABORATORIO¹⁷

INTRODUCCIÓN

Si consideramos que la ciencia es una actividad del hombre, aceptamos que toda actividad humana se puede organizar en una secuencia que permite obtener un determinado producto.

En la ciencia, el producto es el conocimiento. Su proceso secuencial es el método científico y la forma de comunicar los logros es a través de su publicación en una revista científica.

El profesional que se dedique a la investigación (tecnólogo o ingeniero), debe conocer la forma como se estructura y se elabora un artículo para revista; el estudiante necesita entrenarse también y para ello utiliza la experimentación que adelanta en sus sesiones prácticas de laboratorio. Si bien es cierto que allí lo que se pretende es comprobar algunos principios teóricos y aprender el manejo de equipo de laboratorio (balanza, centrífuga, pH – metro, mufla, estufa) y material (vasos de precipitados, erlenmeyer, soporte universal, buretas, probetas, pipetas y otros), también es una oportunidad intelectual ya que favorece el intento de una nueva explicación (lógica y coherente) del fenómeno observado, de encontrar nuevas relaciones entre hechos que aparentemente pueden no tener ningún vínculo y de construir su propio modelo teórico.

El informe de laboratorio debe ser elaborado como si se fuera a publicar; debe ser claro, sencillo, con suficiente profundidad (garantía de que no es una burda copia), reflejo de la seriedad profesional de su autor, completo y de fácil interpretación para quien lo lea.

En esta guía se pretende dar algunos criterios para la elaboración de los informes que deben ser entregados como parte de la evaluación de las sesiones prácticas para el curso de Química orgánica y que servirán de base para la asignación de la nota correspondiente, con esto creo ponerme de acuerdo en este delicado punto (el más cuestionado dentro del proceso educativo) y que usted como estudiante, tenga referencia para aceptar su nota.

¹⁷ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. *Apuntes para la elaboración de tesis*. Bogotá, mimeo, s.f., 73 p.

RAMETTE, Richard. *Equilibrio y análisis químico*. Fondo Educativo Interamericano. México, 1983., p. 9.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. *Indicaciones generales sobre el funcionamiento del laboratorio de Físicoquímica*. Facultad de Ciencias, Sección de Físicoquímica. Bogotá, mimeo, 1975. 5 p.
MAHECHA, Gabriela. *Presentación de informes de laboratorio*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Bogotá, mimeo. 1981, 4 p.

No pretendo formarlo como investigador, creo que es una cualidad que se gana al tener contacto con la actividad de investigar, tampoco quiero volverlo un escritor experto en artículos científicos (yo no lo he logrado), pero sí deseo que tenga una oportunidad para que conozca y practique la forma de elaborar un informe científico.

Lo importante es seguir el procedimiento universal para elaborar un informe proveniente de un trabajo experimental.

1. Estructura del Informe

La preparación del laboratorio se inicia con la elaboración del pre – informe. Este documento se elabora en un cuaderno de cien hojas, dejando como mínimo diez hojas por cada práctica. Comienza revisando y adecuando la guía de laboratorio que aparece en el material del curso académico a las indicaciones de esta guía. La guía de laboratorio le orienta en el desarrollo de su trabajo experimental, le ayuda a organizar su cuaderno de notas para la toma de apuntes, registro de datos y de aquellos detalles que aparentemente pueden ser insignificantes pero que suelen ser la clave para resolver inquietudes durante el trabajo con los datos y llevar a los resultados esperados.

El pre – informe debe contener las siguientes partes:

3.1 *Título de la práctica*

Se copia el que aparece en la guía. Si no lo tiene, lo puede elaborar teniendo en cuenta que será exacto, breve y claro (máximo 15 palabras); no debe ser tan extenso que resulte un compendio del artículo ni tan breve que no diga nada; lo importante es que debe dar por sí mismo suficiente información sobre el contenido del informe.

Es recomendable que en el título no aparezcan fórmulas, particularmente las químicas.

3.2 *Objetivos de la práctica*

Comprende la información o los resultados que se esperan obtener de la sesión de laboratorio.

Generalmente las guías suelen traerlos ya formulados, sin embargo, pueden ser reformulados cuando no corresponden a la práctica que se va a realizar o cuando el procedimiento expuesto en la guía se va a adaptar al análisis de una materia prima distinta a la que trae descrita.

Cuando tenga que elaborar un nuevo objetivo se recomienda que inicie con un verbo en infinitivo, luego describir lo que se desea obtener y las condiciones para hacerlo. Por ejemplo: *identificar los elementos que se encuentran en una sustancia orgánica utilizando la fusión sódica.*

Como puede deducir, esta descripción permite establecer lo que se busca en la realización de la práctica, con el fin de interpretar resultados, discutir la bondad del método o decidir sobre la calidad del ensayo y de la muestra.

3.3 Teoría

Es la base de sustentación del trabajo experimental, es ella quien permite verificar la obtención de un resultado, por eso es importante que aclare cuáles son las teorías y las hipótesis adicionales con las cuales va a trabajar. Es importante que desarrolle la capacidad de selección de todas las fuentes de información disponibles (libros y revistas, direcciones URL en la web), todo aquello que le va a servir dependiendo del objetivo que haya formulado previamente y del método seleccionado para lograr los resultados deseados.

Esto implica que en un trabajo mucho más estricto haga lo que se denomina una revisión bibliográfica o de literatura la cual consiste en la búsqueda de fuentes de información que permitan dar respuesta a interrogantes como:

- ¿Cuál es el problema planteado?
- ¿Por qué es importante solucionar el problema planteado?
- ¿Cuáles son los objetivos que se formularon para resolver el problema planteado?
- ¿Cuáles son los métodos aplicados y en qué forma se contribuyó a la solución del problema?

Esta revisión no debe ser excesivamente larga, los comentarios (*abstracts*) de cada fuente bibliográfica deben ajustarse a la realidad para asegurar su interpretación precisa y dar crédito a los respectivos autores.

Esta parte del informe establece criterios para la discusión de los resultados, su comparación con los obtenidos por otros investigadores y le da una base más sólida al trabajo ya que se puede establecer el aporte realizado según el estado actual de las investigaciones, las tendencias, los problemas no resueltos y los métodos de trabajo utilizados.

Como el laboratorio de Química orgánica tiene como intención la comprobación de los principios teóricos contenidos en el módulo (susceptibles de ser ampliados mediante la consulta de la bibliografía disponible, de personas que trabajan en el área y otras fuentes) y el conocimiento y entrenamiento en algunas técnicas para la identificación, síntesis, separación y purificación de sustancias orgánicas. No es necesario adelantar una revisión bibliográfica muy extensa e intensa, sino más bien darle una oportunidad para que desarrolle su capacidad de síntesis y para que tenga en su mente todos los fundamentos, tanto teóricos como metodológicos, que sustentan la guía de laboratorio. Por lo tanto, para la calificación se tendrá en cuenta la aparición de los siguientes apartes:

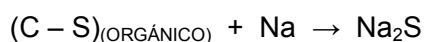
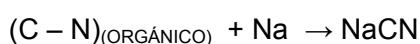
3.3.1 Sumario de principios teóricos

Es un resumen muy concreto sobre los aspectos teóricos que respaldan un procedimiento, por ejemplo en la práctica de identificación de los elementos presentes en una sustancia orgánica, uno de ellos es la posibilidad de mineralizarlos utilizando una reacción con sodio metálico en caliente y posterior identificación de los mismos con reactivos que produzcan precipitados o soluciones coloreadas.

3.3.2 Reacciones

En este aparte se escriben las ecuaciones químicas que ocurren durante la aplicación del método de análisis y permite identificar la forma en que se encuentra la especie química de interés, cómo es modificada por el método y la forma como es cuantificada y reportada después. Por ejemplo, en el caso de la determinación de los elementos orgánicos presentes en una muestra orgánica mediante el método de la fusión sódica, las reacciones que ocurren son:

Fusión:



Como se puede deducir, es conveniente identificar qué cambio químico ocurre en cada paso en donde se agregan reactivos, además de tener presente que las ecuaciones deben estar correctamente balanceadas.

3.3.3 Condiciones

Es el resumen de los principales factores que condicionan a una reacción química para que ocurra. Tales factores son: medio (acuoso u orgánico), pH (ácido, básico o neutro), temperatura, agitación, reposo, influencia de la luz, presión atmosférica, acción del papel de filtro, etc.

Estas se encuentran descritas en el procedimiento que trae la guía; su lectura cuidadosa permite elaborar este listado, el cual le permite determinar posibles errores que impidan obtener el resultado esperado. Por ejemplo, en la determinación de los elementos presentes en una muestra orgánica mediante la fusión sódica, se debe garantizar la mineralización de toda la muestra, observando las precauciones requeridas para el manejo del sodio metálico.

3.3.4 Fórmulas de cálculo

Estas expresiones permiten realizar los cálculos necesarios con los datos a fin de obtener los resultados. Estas se pueden deducir a partir de las ecuaciones químicas generales del método y la unidad en que se exprese el resultado (porcentaje, p.p.m., M, N, m, mg); esto implica que debe realizar un análisis dimensional para que el resultado obtenido con la fórmula se exprese en las unidades indicadas. Por ejemplo, para determinar la normalidad de una solución de hidróxido de sodio contra biftalato de potasio (patrón primario), la fórmula que se utiliza es:

$$N = g/mL(e)$$

Donde:

N = Normalidad del hidróxido de sodio.

g = Masa de biftalato de potasio (en mg).

mL = Volumen del hidróxido de sodio utilizado para virar el indicador.

e = peso miliequivalente del biftalato de potasio.

Si realizamos el análisis dimensional las unidades nos quedan:

$$N = \frac{\cancel{\text{mg}}}{\text{mL} \cdot \frac{\cancel{\text{mg}}}{\text{meq}}} = \frac{\text{meq}}{\text{mL}}$$

3.4 Procedimiento

En esta parte se da una descripción del procedimiento empleado y, cuando sea necesario, la descripción o ilustración de los materiales y elementos utilizados, esto favorece el que un lector razonablemente inteligente y familiarizado con el campo de trabajo se forme una idea del equipo en sus elementos esenciales (es muy útil cuando es nuevo; si es ampliamente conocido basta con dar las especificaciones o la marca).

Para la sesión de laboratorio esta parte le facilita mucho su trabajo al determinar la secuencia de cada paso, economía de tiempo ya que puede saber cuántas y cuáles operaciones puede hacer a la vez (secar la muestra, titular la acidez de otra o medir el color de una secuencia de tubos con patrones), seleccionar el reactivo requerido o emplear el equipo más adecuado que le permita controlar la reacción química y evitar errores pues éstos obligan a repetir todo el ensayo con la subsiguiente pérdida de tiempo y reactivos (¿podría calcular cuánto le costaría en pesos un error de este tipo?)

En su pre – informe deben aparecer los siguientes apartes:

3.4.1 Materiales y equipos

Es un listado de los materiales de vidrio, metal o porcelana, de reactivos y los equipos que va a utilizar en la práctica. Se elabora cuando lea cuidadosamente la guía.

3.4.2 Operaciones de laboratorio

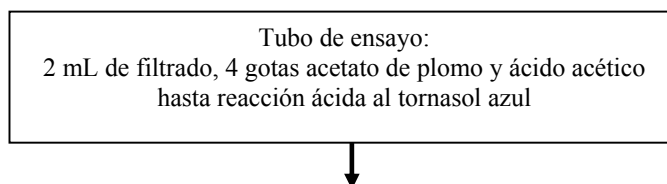
Son los procedimientos más o menos estandarizados que permiten obtener un producto o un dato. Su mención en el informe indica un procedimiento o una metodología. Por ejemplo, si se habla de pesar indica tener una muestra, pesar un vidrio de reloj o un pesa sustancias seco y limpio, agregar la porción de muestra y volver a pesar para registrar cuánta masa se ha tomado para realizar el ensayo. En el laboratorio se suelen realizar las operaciones que se indican en la tabla 16.

Tabla 16. Tipos de operaciones de laboratorio.

Reducción del tamaño de sólidos	Tratamiento térmico de sólidos
<ul style="list-style-type: none"> • Molienda. • Trituración. • Pulverización. • Tamizado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ignición. • Fusión. • Calcinación. • Deflagración. • Reducción. • Sublimación.
Disolución, extracción y desecación	Vaporización
<ul style="list-style-type: none"> • Solución. • Maceración. • Cocimiento. • Infusión. • Digestión. • Emulsión. • Desecación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaporación. • Destilación.
Determinación de masa	Precipitación y separación
<ul style="list-style-type: none"> • Pesado. • Peso específico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación. • Clarificación. • Centrifugación. • Decantación. • Filtración. • Lixiviación. • Cristalización. • Granulación. • Diálisis.
Operaciones cuantitativas	
<ul style="list-style-type: none"> • Titulación. • Gravimetría. 	

3.4.3 Diagrama de flujo

Es la representación secuencial de los principales pasos que se siguen dentro de un procedimiento. Es en cuadro que representa el paso, debe describirse en forma concreta (un poco parecido al estilo telegrama) cómo se realiza, cuáles son las condiciones que se deben tener en cuenta. Es recomendable indicar el paso sin explicarlo, es decir, si en la guía se describe: *en un tubo de ensayo limpio coloque 2 mL del filtrado de la fusión sódica y añadir cuatro gotas de solución de acetato de plomo y ácido acético hasta acidez al papel tornasol azul*, escribirá:



Al terminar de elaborar el diagrama tiene una visión de lo que va a hacer, no necesita consultar la guía de laboratorio y puede programar la ejecución de operaciones simultáneas que le ahorrarán tiempo, que utilizará para pesar, hacer las anotaciones correspondientes en su cuaderno de laboratorio y a encontrar formas de controlar errores durante el trabajo experimental.

Con la preparación de estos apartes termina su pre – informe y usted está ya enterado de lo que debe realizar en la sesión experimental, la cual será muy productiva pues ya dispone de un conjunto de criterios que le facilitarán su trabajo, el registro de los datos

(números, magnitudes que se identifican con las abreviaturas del Sistema Internacional de Medidas, cantidades de cifras significativas), las anotaciones de las observaciones más importantes y hechos significativos durante el desarrollo de la práctica que luego tendrá en cuenta en la interpretación y análisis de sus resultados.

3.5 **Datos experimentales**

Esta sección la elabora durante el trabajo experimental utilizando su cuaderno de notas de laboratorio, escribiendo cuidadosamente los datos de las medidas efectuadas y las observaciones que considere importantes.

La presentación debe hacerse en orden lógico, agrupando convenientemente los diversos resultados y con una breve identificación que facilite su comprensión. La forma más recomendable es utilizando tablas numeradas, en arábigos, siguiendo el orden consecutivo de aparición y respondiendo a preguntas como: ¿qué?, ¿dónde?, y ¿cuándo? Por ejemplo, en la determinación de la acidez de un producto alimenticio, la tabla de datos puede ser:

Tabla 17. Determinación de la acidez en pulpa de manzana.

Determinación	Experimento número		
	1	2	Repetición
Masa de la muestra	15,2897 g	15,3010 g	15,2985 g
Masa del vidrio de reloj	15,0000 g	15,0010 g	
Volumen de dilución	250 mL	250 mL	
Alícuota tomada	25,0 mL	25,0 mL	
Normalidad del NaOH	0,095 N	0,095 N	
Volumen de NaOH gastado	15,9 mL	16,1 mL	

Como puede ver, esta presentación economiza explicaciones en el texto, su título resume los hechos más importantes y se evita aclarar cada uno de los datos experimentales.

Las anotaciones adicionales deben ser escritas identificándolas previamente y pueden constituir en observaciones adicionales que no están dadas en la teoría, modificaciones al procedimiento o a la aclaración de un resultado reportado en la literatura y que al ser comprobado dio diferente.

Las siguientes recomendaciones se deben tener en cuenta para lograr una adecuada presentación de los datos:

- Deben ser presentados en forma objetiva, exacta, lógica y clara.
- Los datos y observaciones expuestos deben ser única y exclusivamente los logrados por la persona o el grupo de trabajo no importa que parezcan contradictorios.
- Desarrollar la capacidad de observación, lo cual implica estar muy atento (a) a todos los fenómenos que se suceden y de ellos, deducir lo importante, muchos detalles insignificantes pueden ser la clave para resolver dudas o lograr resultados satisfactorios.
- Es importante ser honrado científicamente hablando, esto quiere decir que se debe estar libre de prejuicios durante la toma de los datos; es indispensable la

sinceridad en el registro, estar convencido de lo que se obtiene así los consideremos errados ya que es permitido la explicación sustentada de las razones y causas que están motivando dichas diferencias y que no necesariamente son errores fortuitos.

Como es muy posible cometer errores durante el registro de los datos lo aconsejable no es tachar totalmente el dato para que desaparezca bajo una capa de tinta sino cruzarlo con una línea delgada y al frente escribir el verdadero, esto favorece la no desaparición de algo que después puede ser considerado como verdadero. Sin embargo, esto no quiere decir que debe volverse una práctica cotidiana pues se está atentando contra la honradez científica.

3.6 **Cálculos**

En un artículo científico no aparece esta parte; en los informes de laboratorio se exigen para conocer el procedimiento del razonamiento seguido por el estudiante con el fin de verificar su dominio de los conceptos teóricos y si conoce son suficiencia lo que va a realizar durante la sesión experimental. En esta sección se solicita ejemplificar el procedimiento utilizando sus propios datos. Es conveniente efectuar el análisis dimensional con cada una de las fórmulas que utilice para el tratamiento de los datos para que el resultado obtenido esté expresado con las magnitudes requeridas (porcentaje, masa, volumen, concentración expresada en normalidad, molaridad, molalidad, partes por millón, etc.). Para los informes de las prácticas en Química Orgánica, aparecerán cuando se indique en la misma alguna determinación analítica, de lo contrario no.

3.7 **Resultados**

Es el recuento completo y detallado de los hechos obtenidos (valores y observaciones) en el proceso de investigación, los cuales van a conformar la base para posterior interpretación, análisis y derivación de conclusiones y recomendaciones. Su presentación debe ser sencilla y fácil de comprender por el lector, usando tablas, figuras o postulados. Deben reportarse, sobre todo los resultados numéricos (cuando sea necesario), dentro de los límites de exactitud permitidos por la técnica utilizada y con el número de cifras significativas definido por esos límites.

Es importante aquí tener en cuenta la honradez y la objetividad en su presentación lo mismo que la observancia de las recomendaciones expuestas en la sección 1.5.

Si en los resultados se necesitan gráficas como ayudas visuales para facilitar la comprensión y armonizar las explicaciones del texto, se deben denominar como figuras, numerarlas en forma secuencial y escribirles un título pequeño como se estableció para las tablas.

3.8 **Análisis de resultados**

Esta sección es la más importante del reporte del trabajo experimental ya que el autor realiza un examen crítico de sus resultados, verificando el cumplimiento de los objetivos planteados, su correlación con los principios teóricos utilizados e interpreta su significado y alcance.

Lo importante es comprender que sin una interpretación apropiada y completa de los resultados obtenidos en un análisis químico no valdría la pena recogerlos y sería una pérdida de tiempo y dinero valiosos. Al plantear un proyecto de análisis químico, se debe responder la pregunta ¿se puede suponer que estos análisis darán los resultados que contribuirán a resolver el problema planteado?

En la forma en que se evalúen los datos, se podrá dar respuesta a ese interrogante. Aquí pretendo dar una estructura que, pienso puede ser la más adecuada para lograr una buena interpretación y evaluación de su trabajo analítico, no es la verdad revelada y está en discusión, pero si se sigue paso a paso, usted y yo, podemos estar seguros de hablar en el mismo lenguaje y conocer los aciertos y errores, los cuales podrán ser corregidos para mejorar su capacidad crítica y enfrentar, con éxito garantizado, el reto de mantener la calidad en la industria de alimentos.

El análisis de resultados busca:

- Establecer relaciones entre causas y efectos (contrasta teoría con los hechos observados)
- Deducir principios básicos y efectuar generalizaciones sobre lo que se ha comprobado.
- Aclarar las concepciones, modificaciones o contradicciones entre las hipótesis, la teoría y los principios básicos con los hechos observados.
- Señalar las aplicaciones prácticas y las teóricas de los resultados obtenidos, dentro de las limitaciones impuestas o encontradas.
- Servir de base para deducir las conclusiones.

Los datos *buenos* y *malos* se deben estudiar con la misma profundidad, juntos aportan para la mejor comprensión del problema que se intenta resolver; lo importante es tener en cuenta que cualquier discrepancia o desviación significativa que se presente entre los resultados y afecte las conclusiones con respecto al objetivo propuesto en el trabajo exige una breve discusión y una explicación razonable que aseguren la verdad sobre lo que se busca.

Determina cómo los datos obtenidos ayudan a resolver el problema, es decir, los resultados ¿permiten lograr los objetivos?, ¿qué aspectos dados en la teoría se comprobaron en la parte experimental?, ¿las anotaciones realizadas concuerdan con lo predicho en la teoría, es contraria o la complementa?, ¿cómo explicarías esas discrepancias?, ¿se puede aplicar a otros casos?, ¿qué limitaciones tendrían esas aplicaciones?, ¿cómo relaciona los resultados obtenidos con los criterios de calidad establecidos para ese producto?, ¿qué se puede decir de la calidad de la muestra?, ¿por qué razones son diferentes?, ¿qué sugerirías para mejorar los factores de calidad deficientes?

La discusión se podría estructurar así:

- 1) Explicación de resultados.
 - Interpretar los resultados significativos.
 - Discutir las discrepancias más importantes.

- Determinar los niveles de exactitud y precisión de los resultados obtenidos (puede emplear la estadística).

2) Correlación, comparación e interpretación.

- Coherencia de los resultados entre sí.
- Puntos discrepantes que merezcan destacarse ya que aclaran o contradicen la teoría.
- Posibilidades de aplicación y sus limitaciones.
- Comparación con datos reportados en la literatura y con la teoría existente.

3.9 Conclusiones

Este aparte reúne el aporte que al conocimiento realiza su trabajo de investigación, da criterios para tomar una decisión frente a un problema por resolver.

Aquí se enumera y puntualiza las conclusiones que se van formulando en el punto anterior puesto que después de la interpretación y análisis de los resultados obtenidos se tiene una idea sobre lo bueno o lo malo que resultó el trabajo realizado.

Lo importante es que deben basarse solamente en hechos comprobados en el trabajo realizado en orden lógico; no debe ser copia de deducciones reportadas en los libros ya que ellas están en la teoría.

3.10 Bibliografía

Esta parte es importante porque:

- La cita le indica al lector donde encontrar más literatura sobre el tema.
- Evita la sospecha del plagio.
- Revela cortesía profesional para con los otros autores que trabajaron en el tema.
- Es garantía de seriedad y da respetabilidad al trabajo pues señala qué tanto se ha consultado y estudiado sobre el tema.
- Si no aparecen se formulan inquietudes como: ¿El autor pretende dar la impresión de todo lo que dice es original y nuevo?, ¿será que el autor desconoce la literatura o las normas sobre bibliografía?

2. Algunas normas para la redacción del informe

*Un pensamiento debidamente elaborado,
abre la puerta a una expresión
también debidamente elaborada.*

Al ser el medio escrito una forma de comunicación dentro del ambiente científico, es necesario que el estudiante se entrene en su redacción. El informe de laboratorio no es una carga adicional al trabajo experimental, él es una comprobación de su dominio del tema, su conocimiento sobre el desarrollo del trabajo y de su capacidad selectiva y organizativa.

Tampoco debe olvidar que está escribiendo una obra literaria por lo cual debe cuidar su claridad, precisión y concisión, respetando las normas del idioma español. Debe buscar que su escrito tenga mérito científico y literario (ahora debe diferenciar que no es una novela lo que pretende escribir sino un reporte muy objetivo sobre las mediciones y observaciones hechas con criterio científico).

Para facilitar esa redacción se le sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Tenga en cuenta los objetivos previstos y escriba las principales ideas en la forma en que vayan apareciendo y deje espacios en blanco para concretar aspectos, reforzar ideas o ampliar información.
- b) Escriba siempre en tercera persona y elimine los pronombres personales cuando quiera indicar sus propios aportes.
- c) Verifique permanentemente los tiempos de los verbos; como se trata del reporte de un trabajo ya realizado, éstos deben estar en tiempo pasado.
- d) En las descripciones se debe escudriñar y detallar la estructura misma de los hechos y objetivos para dejarlos en forma clara y precisa, eliminando lo vano y metafórico, haciendo uso adecuado de las palabras y evitando el exceso de las mismas dentro de un mismo párrafo empleando los sinónimos adecuados.
- e) La claridad que se tenga sobre el material que escribe permite la correcta comprensión e interpretación del mensaje por parte del lector. Un escrito ininteligible indica un pensamiento confuso e imperfecto y con profundos vacíos conceptuales por parte de quien lo escribe.
- f) Al escribir tenga en cuenta a su lector, no crea que él lo sabe todo o es un neófito en el tema; déle los elementos necesarios para que lo pueda comprender e interpretar, como usted desea que el entiendan su escrito. Seleccione adecuadamente el material y sea equilibrado en el empleo del lenguaje técnico; entregue un mensaje completo y coherente en cada una de sus partes y entre ellas.
- g) Organice el material en forma sistemática, secuencial y que mantenga la coherencia interna (relaciones entre frases, entre párrafos y entre los de análisis y los que contienen las conclusiones). Permita a su lector le siga mentalmente en la forma como obtuvo sus resultados (cuáles fueron los supuestos teóricos usados, qué métodos empleó para su comprobación, qué resultados obtuvo, cómo los evaluó, cómo resolvió el problema, cómo se pueden aplicar a otros problemas semejantes).

3. Normas de seguridad

Con la observación de estas reglas de trabajo en el laboratorio se pueden obtener resultados en forma segura y a un costo relativamente económico (no rompe material, daña equipos o va al hospital).

- 1) La presencia del estudiante es obligatoria durante todo el tiempo asignado a la sesión de laboratorio.
- 2) Para el trabajo experimental el estudiante debe tener una blusa de laboratorio que le proteja los vestidos, gafas plásticas para protección de los ojos, un paño para la limpieza, detergente, churrusco, un pincel, jabón de tocador, toallas para cocina. Un encendedor o una caja de cerillas.

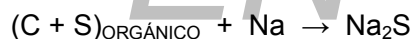
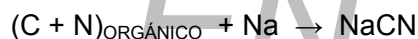
- 3) Debe disponer de un cuaderno para toma de notas de laboratorio donde debe estar consignado el pre – informe de laboratorio como se indicó anteriormente, bolígrafo, regla y cinta de enmascarar.
- 4) Durante la sesión práctica no debe estar realizando otras actividades que le distraigan en su trabajo y que pueden ser peligrosas como fumar, comer, escuchar radio, jugar o recibir visitas (si es urgente atender a alguien, salga del laboratorio).
- 5) No deben estar en el laboratorio personas ajenas a la experiencia, ni niños.
- 6) Mantener su sitio de trabajo ordenado, limpio y completamente seco.
- 7) Los reactivos sólidos, los papeles y los restos de cerillas ya utilizados deposítelos en la caneca de la basura; nunca en el desagüe ni en el piso.
- 8) Los reactivos líquidos deben ser regados en el desagüe y dilúyalos con abundante agua, especialmente si es ácido nítrico.
- 9) Antes de usar un reactivo, compruebe que es el requerido; así evitará equivocaciones peligrosas o mortales.
- 10) Utilice la cantidad de reactivo necesaria. Si es sólido emplee una espátula limpia y seca. Si es líquido, deposite una pequeña cantidad dentro de un vaso de precipitados y tome el volumen necesario utilizando una probeta o una pipeta limpia y enjuagada con el reactivo.
- 11) Si necesita diluir un ácido concentrado en agua, añada el ácido al agua con bastante agitación, evitará salpicaduras y sobrecalentamientos peligrosos.
- 12) Maneje los líquidos inflamables (alcohol, acetona, éter) lejos de las llamas y en sitios bien ventilados.
- 13) Revise permanentemente el líquido de los baños de maría, sobre todo cuando los esté calentando, para evitar su desecación que puede ser peligrosa.
- 14) Los tubos de ensayo se deben calentar en la parte superior del líquido, inclinados, agitándolos suavemente y cuidando de no apuntar a ningún compañero; evitará accidentes por quemaduras ocasionados por el sobrecalentamiento del líquido que ocasiona proyecciones peligrosas.
- 15) Si una reacción desprende muchos gases, es necesario realizarla en la vitrina.
- 16) Al utilizar un recipiente vacío, verifique que lo está y que esté completamente limpio.
- 17) No pruebe los reactivos. Si necesita oler una sustancia no la coloque directamente debajo de su nariz, agite los vapores con la mano hacia su apéndice nasal.
- 18) Si le cae ácido, base o cualquier otra sustancia en las manos, lávese con abundante agua y jabón. Si le cae en los ojos (por no usar las gafas plásticas) lávese con abundante agua y avise al profesor.
- 19) Evite el pánico cuando ocurra cualquier anomalía. Mantenga la puerta y las ventanas del laboratorio siempre abiertas.
- 20) Si desconoce el manejo del equipo de laboratorio, pida instrucciones y déjelos completamente limpios y apagados.
- 21) Una vez termine su práctica, cerciórese de que las llaves de agua y gas están bien cerradas y los aparatos eléctricos desconectados.

DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE NITRÓGENO, AZUFRE Y HALÓGENOS EN SUSTANCIAS ORGÁNICAS

Los elementos nitrógeno, azufre y halógenos presentes en los compuestos orgánicos se encuentran ligados por enlaces covalentes y es esta forma no pueden ser reconocidos fácilmente; es necesario convertirlos en compuestos iónicos para detectarlos. La mineralización del compuesto orgánico se puede conseguir mediante una fusión con algunos metales como el sodio o el potasio. La técnica más empleada es la fusión con sodio y se conoce como método de Lassaigne.

En el procedimiento de Lassaigne la sustancia orgánica se calienta con sodio metálico. Si el compuesto contiene nitrógeno forma cianuro de sodio, si contiene azufre dará sulfuro de sodio y si existen halógenos producirá los halogenuros de sodio respectivos (cloro, yodo, bromo).

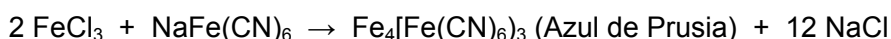
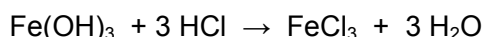
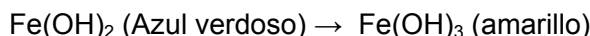
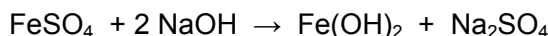
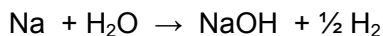
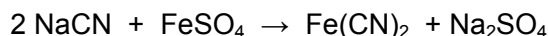
Las reacciones que ocurren son:



El análisis del nitrógeno en ocasiones resulta un poco difícil, debido a que algunos compuestos volátiles se evaporan antes de que ocurra la fusión con el sodio metálico, por esta razón y para mayor seguridad, se aconseja mezclar íntimamente y en partes iguales la sustancia orgánica a analizar con almidón. También algunos compuestos nitrogenados durante la reacción producen pequeñas explosiones (cuidar los ojos con gafas).

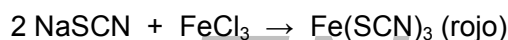
En caso de ocurrir, se debe suspender el calentamiento y reducir el compuesto tratándolo con partes iguales de zinc en polvo, disolver el exceso del metal con ácido acético. Se seca y se procede a efectuar la fusión.

Una vez mineralizado el nitrógeno bajo la forma de cianuro de sodio, se reconoce transformándolo a ferrocianuro férrico o azul de Prusia, que tiene una coloración azul intensa. Se trata con sulfato ferroso, para formar cianuro ferroso más hidróxido ferroso (por reacción entre el hidróxido de sodio – producido por la acción del agua sobre exceso de sodio – y el sulfato ferroso). Luego, se añade cloruro férrico y ácido clorhídrico para disolver los óxidos de hierro formados. Si hay nitrógeno, después de uno o dos minutos aparecerá una coloración azul intensa o un precipitado del mismo color correspondiente al ferrocianuro férrico o azul de Prusia. Las reacciones que ocurren son:

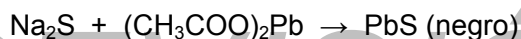


Si al agregar el cloruro férrico y dejar en reposo aparece un color amarillo, no hay nitrógeno; si el color es azul o verdoso, indica fusión deficiente y es aconsejable repetirla.

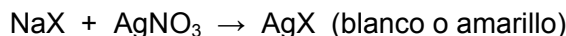
Si el compuesto también contiene azufre, al añadir el sulfato ferroso aparecerá un precipitado casi negro de sulfuro ferroso. Si están presentes simultáneamente el azufre y el nitrógeno, al agregar el cloruro férrico aparecerá una coloración roja por formación de sulfocianuro férrico. Las reacciones son:



Si durante la fusión sódica, el compuesto contiene azufre se reconocerá por la producción de un precipitado negro de sulfuro de plomo al añadir solución de acetato de plomo seguida de acidulación con ácido acético. Las reacciones son:



El análisis de los halógenos se realiza también con los productos obtenidos de la fusión sódica, basta con agregar ácido nítrico y solución de nitrato de plata; la formación de un precipitado blanco, que se oscurece por acción de la luz, o de uno amarillo indica la presencia de halógenos (cloro, bromo o yodo). La reacción es:



Procedimiento

1. *Fusión sódica.*

El sodio metálico es una sustancia orgánica que debe manejarse observando las siguientes precauciones:

- El sodio metálico es muy peligroso, manéjelo cuidadosamente.
- Emplee siempre pinzas para tomarlo y espátula para cortarlo, nunca lo manipule con la mano.
- No deje sodio expuesto a condiciones atmosféricas, siempre debe guardarse en contacto con un líquido inerte como el petróleo o el benceno.

- El sodio reacciona violentamente con el agua, no destruya el exceso con agua, ni bote los desperdicios en las canales o vertederos.
- Para eliminar el exceso de sodio, utilice alcohol etílico. La reacción es lenta y no hay peligro de explosión.
- Efectúe la fusión sódica en una vitrina de gases y protegiendo los ojos con gafas.
- Durante la fusión sódica puede ocurrir una pequeña explosión al comenzar el calentamiento, si lo hace, suspenda el procedimiento y disponga del residuo como se ha recomendado. En otro tubo de ensayo proceda a reducir la sustancia orgánica con polvo de zinc.

Teniendo en cuenta las anteriores observaciones, proceda a realizar las siguientes operaciones:

En una cápsula de porcelana tome aproximadamente 0,2 g de la sustancia orgánica y mezcle con 0,2 g de almidón.

Utilizando pinzas y espátula corte un trozo pequeño del sodio metálico (no más de 4 mm de arista), séquelo con un trozo de papel de filtro y deposítelo dentro de un tubo de ensayos. Agregue unos 20 mg de la muestra tratada en la cápsula de porcelana.

En la vitrina de gases y provisto de sus gafas, fije el tubo al soporte universal y proceda a calentar el fondo suave al comienzo y si no hay una pequeña explosión continúe más fuerte. Añada unos 50 mg más de la muestra cuando se formen vapores de sodio en la parte inferior del tubo. Caliente más fuertemente el fondo del tubo hasta que adquiera un color rojo oscuro por unos minutos. Deje enfriar.

Una vez el tubo frío, añada 2 mL de etanol, para eliminar el exceso de sodio. Con una varilla de vidrio de diámetro pequeño, remueva el residuo de la fusión y transfíralo a un vaso de precipitados de 50 mL, enjuague con 15 mL de agua destilada y viértalo dentro del vaso, caliente a ebullición y filtre en caliente recibiendo en otro vaso seco y limpio. Deseche el papel de filtro con el residuo.

Observe el aspecto del filtrado recolectado en el vaso de precipitados, el cual debe ser transparente; reserve para realizar las reacciones cualitativas de reconocimiento. Si no lo es, debe repetir la experiencia.

2. **Reconocimiento del azufre.**

En un tubo de ensayos seco y limpio, coloque 2 mL del filtrado reservado en el vaso de precipitados. Añada cuatro gotas de la solución de acetato de plomo y agregue solución de ácido acético hasta reacción ácida al tornasol azul. La formación de un color oscuro o de un precipitado café oscuro o negro indica la presencia de azufre.

3. **Reconocimiento del nitrógeno.**

En otro tubo de ensayos seco y limpio, añada 2 mL del filtrado reservado en el vaso de precipitados, agregue cinco gotas de solución de sulfato ferroso y caliente suavemente hasta ebullición. Deje enfriar.

Adicione dos o tres gotas de solución de cloruro férrico al 2 % y luego ácido clorhídrico diluido gota a gota hasta la disolución de los hidróxidos de hierro presentes. Deje en reposo por unos minutos. La formación de un precipitado azul intenso o de una coloración igual señalan la presencia de nitrógeno en la muestra, si la solución es incolora o amarilla, definitivamente no tiene nitrógeno, pero si es de color verde o azul – verde, la fusión fue deficiente.

Si al añadir el sulfato ferroso aparece un precipitado oscuro, indica la presencia de azufre en la muestra, lo mismo si adquiere un color rojo intenso indicando la presencia simultánea de azufre y nitrógeno.

4. **Reconocimiento de halógenos.**

Verifique que ha lavado perfectamente el material con agua destilada para evitar falsas reacciones.

En un tubo de ensayo muy limpio, coloque 2 mL del filtrado reservado en el vaso de precipitados, añada ácido nítrico diluido hasta reacción ácida al tornasol azul y caliente suavemente para reducir el volumen a la mitad.

Añada dos o tres gotas de solución de nitrato de plata. La formación de un precipitado blanco, que va oscureciendo por acción de la luz o amarillo es positiva para halógenos presentes en la muestra.

Figura 17. Esquema del montaje utilizado en la práctica.

MATERIAL
EN
REVISIÓN

DETERMINACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

Propiedades como el punto de fusión, de ebullición y la densidad relativa son constantes que ayudan en la identificación de las sustancias orgánicas cuando se encuentran puras.

El punto de fusión de un sólido cristalino es la temperatura a la que cambia a líquido a la presión de una atmósfera. Cuando está puro, dicha modificación física es muy rápida y la temperatura es característica, siendo poco afectada por cambios moderados de la presión ambiental, por ello se utiliza para la identificación de esas sustancias¹⁸. Además, debido a la alteración que sufre esta constante física con las impurezas, es un valioso criterio de pureza.

Para una sustancia pura el rango del punto de fusión no debe pasar de 0,5 a 1,0 °C o funde con descomposición en no más de un grado centígrado. Si es mayor, se debe a:

- 1) La sustancia está impura, siendo necesario recristalizarla en un solvente apropiado y determinar su punto de fusión.
- 2) El baño ha sido calentado rápidamente y la velocidad de dilatación del mercurio es menor que la velocidad de ascenso de la temperatura.
- 3) Se tiene mucha sustancia en el sistema de determinación del punto de fusión.

Los aminoácidos, sales de ácidos, aminas y carbohidratos funden descomponiéndose en rangos grandes de temperatura aún siendo puros. Cuando es muy difícil determinar el punto de fusión para estas sustancias, se recomienda efectuar el calentamiento del sistema utilizado para determinar esta constante hasta unos 10 °C por debajo de su valor e introducir la sustancia y calentar cuidadosamente.

Si es necesario determinarlo para aquellas sustancias que tienen bajo punto de ebullición, siendo líquidas a condiciones ambientales, se puede utilizar un baño refrigerante (hielo seco, hielo con sal) agitando con el sistema de determinación de temperatura. Una vez solidificada la sustancia, se extrae y se observa el ascenso del termómetro hasta determinar el valor de temperatura cuando la sustancia recupera nuevamente su estado líquido. A veces, cuando la sustancia no está lo suficientemente pura, la congelación puede ser difícil de realizar¹⁹.

El punto de ebullición de las sustancias es otra constante que puede ayudar a la identificación de la misma aunque no con la misma certeza que el punto de fusión debido

¹⁸ BREWSTER, Ray Q. VANDERWERF, Calvin A. McEWEN, William. *Curso práctico de Química Orgánica*. Alhambra, Madrid (España), 1982., p. 4.

¹⁹ MARTÍNEZ, Valderrama Juan C. *Análisis orgánico cualitativo*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Bogotá, mimeo, 1985., p. 32 – 36.

a la dependencia tan marcada que tiene con respecto a la variación de la presión y a la sensibilidad a las impurezas.

Un líquido que no se descompone a la presión atmosférica cuando alcanza un valor de su presión de vapor semejante a la misma, hierve a una temperatura característica puesto que depende de la masa de sus moléculas y de la intensidad de las fuerzas intermoleculares; en una serie homóloga los puntos de ebullición aumentan al hacerlo el peso molecular.

Los líquidos puros de sustancias polares tienen puntos de ebullición más altos que los no polares de pesos moleculares semejantes, mientras que los polares asociados no realizan a valores superiores de los polares no asociados (principalmente cuando se debe a la presencia o ausencia de puentes de hidrógeno). El etanol hierve a 78,8 °C, comparado con el éter metílico (algo polar no asociado) que lo hace a - 23,7 °C, mientras que el propano (no polar, no asociado) ebulle a - 42, 1 °C.

Si se desea un trabajo un poco más preciso, sobre todo cuando no se realiza bajo condiciones atmosféricas normales (una atmósfera de presión), es necesario efectuar una corrección utilizando la ecuación de Sydney – Young:

$$\Delta T = K(760 - P)(273 + t_0)$$

Siendo:

ΔT = corrección a efectuar al valor experimental t_0 .

t_0 = temperatura experimental.

P = presión atmosférica donde se ha efectuado la medición (reportada en mm Hg).

K = constante. Es de 0,00010 para un líquido asociado y de 0,00012 para líquidos no asociados.

La densidad es la relación entre masa y volumen que ocupa un líquido. En la experiencia se hace una determinación relativa, es decir comparándola con el agua destilada para eliminar errores sistemáticos en la determinación y tener un valor semejante al de la densidad absoluta, utilizando un volumen exactamente conocido, de modo que se establezcan relaciones entre masa y volumen. Por lo general, se suele referenciar el valor de la densidad relativa del agua a 4 °C; normalmente dicha determinación se hace a temperatura diferente por lo que se puede efectuar una corrección. La mayoría de laboratorios tienen una temperatura de 20 °C por lo que la fórmula a aplicar sería:

$$D_{4}^{20} = D_{20}^{20}(0,99823)$$

Donde:

D_{4}^{20} = densidad relativa a 4 °C.

D_{20}^{20} = densidad relativa a 20 °C.

La determinación experimental de los puntos de fusión y de ebullición se hace mediante un equipo especial (el tubo de Thiele), utilizando baños con aceite mineral. Si no se dispone se puede usar un vaso de precipitados o un balón de fondo redondo que permita realizar el montaje para la técnica de determinación con capilar.

Existe una ligera variación en la determinación del punto de fusión y el de ebullición por este método. Para el primero es necesario disponer de un capilar muy limpio, se sella un extremo con calor estirándolo de los extremos para que selle a la mitad, mientras se gira, quedando disponible dos tubitos capilares. Utilizando un vidrio de reloj muy limpio, con una espátula pequeña se coloca un montoncito y se toma una porción con el tubo capilar por su extremo abierto, se gira y golpea para que compacte la muestra. Luego se fija con un alambre al termómetro y se lleva dentro del tubo o el recipiente que contiene el aceite mineral, se comienza a calentar (si se usa un recipiente distinto al tubo de Thiele, se debe agitar el aceite para evitar el sobrecalentamiento en el fondo que puede provocar proyecciones peligrosas. Se controla el ascenso de temperatura observando la muestra. Cuando haya fundido, se lee la temperatura registrada en el termómetro. Esta técnica se denomina método del capilar.

El punto de ebullición requiere un pequeño tubo de vidrio (de 4 a 5 mm de diámetro y de 8 a 10 cm de largo) muy limpio y seco al cual se le adiciona casi 0,5 mL del líquido puro, se le coloca un capilar al que se le ha sellado un extremo, de modo que quede sumergido el lado abierto y se calienta dentro del tubo de Thiele o usando el montaje utilizado para el baño. Se controla cuidadosamente el ascenso de la temperatura en el baño efectuando lecturas frecuentes en el termómetro hasta el momento en que del capilar invertido sale un "rosario" sostenido de burbujas y luego ingresa el líquido dentro del capilar. Se lee la temperatura registrada en el termómetro. Esta técnica se denomina método de Siwoloboff.

Para los puntos de fusión y de ebullición se recomienda efectuar las medidas por duplicado; si existe discrepancia efectuar una tercera determinación. Si se mantienen los resultados es necesario purificar las sustancias.

La determinación de densidad se realiza utilizando un picnómetro de 10 mL. Primero se determina su peso estando muy limpio y seco, luego se llena con el líquido puro vigilando que llegue a la marca del afore, se seca y se determina el peso. Finalmente se lava y llena con agua destilada, determinando finalmente su peso. Posteriormente se realiza una operación matemática utilizando la siguiente fórmula:

$$D_T^T = \frac{W_S - W_P}{W_{AGUA} - W_P}$$

Siendo:

D_T^T = Densidad relativa de la sustancia a la temperatura ambiental.

W_S = Peso del picnómetro con la sustancia pura.

W_{AGUA} = Peso del picnómetro con agua destilada.

W_P = Peso del picnómetro vacío.

Procedimiento

1. *Determinación de puntos de fusión por el método del capilar.*

La muestra sólida de la sustancia debe estar seca y pulverizada. Tome del recipiente mediante una espátula una pequeña porción sobre un vidrio de reloj pequeño que se encuentre muy limpio.

Tome un tubo capilar por sus dos extremos y utilizando un mechero bunsen con su llama azul, coloque el centro del mismo y suavemente vaya estirándolo y girándolo hasta que se separe. Déjelos enfriar sobre otro vidrio de reloj muy limpio. Tenga cuidado de no quemarse los dedos, aunque esta operación es muy rápida.

Cuando el tubo capilar separado esté frío, tómelo por el extremo sellado y comience a llenarlo con la sustancia sólida hundiéndolo en el montoncito de muestra, gírelo y compáctelo dándole golpes suaves contra su cuaderno de laboratorio. La cantidad que debe estar empacada debe ser aproximadamente igual a la altura que tiene el bulbo del termómetro con el cual va a determinar la temperatura de fusión.

Procede a efectuar el montaje del baño de aceite mineral con el cual va a calentar la muestra. Utilizando un soporte universal y una pinza para condensador provista de nuez, coloca el tubo de Thiele, preferiblemente, lo llena con aceite mineral hasta un 80 % de su altura²⁰. No olvide verificar las alturas del montaje para que no caiga dentro del capilar el aceite ya que dañaría la experiencia.

Tome el termómetro y proceda a fijar el capilar con la sustancia sólida utilizando alambres de cobre buscando que el fondo del tubo coincida con el fondo del bulbo del termómetro. Asegúrese de la firmeza de la unión para evitarse sorpresas como la separación y caída al fondo del tubo de Thiele del capilar con la sustancia.

Ahora puede introducir el montaje termómetro – capilar dentro del tubo de Thiele buscando que el bulbo del termómetro quede exactamente hacia la mitad del mismo y al centro del tubo pues es el sitio donde la temperatura es uniforme. No lo coloque en el fondo ni muy cerca de la boca del tubo. Proceda a fijar el termómetro colgándolo de una pinza para condensador provista de nuez y que ha fijado previamente al soporte universal.

Comience a calentar suavemente el tubo por la rama lateral utilizando el mechero bunsen y verifique que el ascenso de la temperatura sea de 1 a 2 °C por minuto. Dependiendo del número de muestras que sea necesario determinar, se puede calentar rápidamente el baño hasta unos 15 °C por debajo del punto de fusión y luego se hace lentamente. Si no le han informado cuál es la sustancia de menor punto de fusión puede efectuar un ensayo rápido colocando un poco de la misma en el bulbo del termómetro y calentarla en el mechero utilizando una malla de asbesto observando la temperatura a la cual funde.

²⁰ Si no se dispone de tubos de Thiele en el laboratorio, se puede utilizar un vaso de precipitados de 250 mL. Su montaje requiere el soporte universal, un aro con nuez y una malla de asbesto. No olvide disponer de un agitador de vidrio para mantener la temperatura homogénea mediante agitación.

Una vez determinado por primera vez el punto de fusión repita la experiencia con mucho más cuidado y reporta esa temperatura como el valor experimental determinado, escribiendo el dato en su cuaderno de laboratorio.

Efectúe el mismo proceso hasta determinar los puntos de fusión de todas las muestras que le hayan sido asignadas.

Disponer de los residuos en el sitio asignado para tal efecto por parte del profesor o del instructor de laboratorio.

2. Determinación del punto de ebullición por el método de Siwoloboff.

Tome un capilar por un extremo y séllelo como hizo con los anteriores. No es necesario dividirlo. Déjelo enfriar sobre un vidrio de reloj muy limpio.

Verifique que el pequeño tubo de ensayo que le entregan se encuentra limpio y seco, si no lo está proceda a su limpieza y secado.

Llénelo con la sustancia líquida a la que se le va a determinar el punto de ebullición hasta la altura que sea igual a la del bulbo del termómetro. Introduzca el capilar con el extremo sin sellar hacia abajo y proceda a amarrar el tubo con alambre de cobre como lo hizo con el capilar, verificando la firmeza de la unión.

Coloque el montaje dentro del tubo de Thiele manteniéndolo hacia el centro del tubo y en la zona que hemos identificado de temperatura uniforme. Proceda a calentarlo.

Cuando comienza el calentamiento, empiezan a salir burbujas de aire del tubo capilar primero muy lento y luego más rápido en la medida que sube la temperatura. Estar muy pendiente cuando comienza a formarse el rosario de burbujas (rápido y continuo) ya que debe suspender el calentamiento.

Al observar cuidadosamente el tubo de ensayo, se encuentra que empieza a formarse condensado indicando que se está sobrepasando la temperatura de ebullición del líquido, la producción de burbujas disminuye y hay tendencia del líquido de llenar el capilar. Debe leer y registrar en su cuaderno la temperatura en la que ha ocurrido el fenómeno.

No olvide efectuar la determinación por duplicado y continuar el mismo procedimiento con las demás muestras que le hayan sido asignadas.

Disponer de los residuos en el sitio que para el efecto haya designado el profesor de laboratorio o el instructor.

3. Determinación de la densidad relativa.

Puede utilizar los mismos líquidos a los cuales les determinó su punto de ebullición.

Verifique que el picnómetro de 10 mL que le entregaron se encuentra limpio y seco. Verifique si tiene marca de aforo o establezca un punto de referencia para llenar a esa marca el picnómetro con el líquido al que le va a determinar su densidad relativa y el peso de agua destilada.

Utilizando una balanza analítica determine el peso del picnómetro vacío y registre el dato hasta la cuarta cifra decimal en su cuaderno de laboratorio.

Llénelo con la sustancia a la cual le va a determinar su densidad relativa y colóquele la tapa verificando que llega a la marca de aforo o a la que usted ha tomado como referencia. Con una toalla de cocina, verifique que se encuentra seco. Proceda a determinar el peso del líquido contenido en el picnómetro y a registrarlo en su cuaderno de laboratorio.

Límpielo, séquelo y llénelo con agua destilada hasta la marca de aforo o de referencia que usted ha definido y determine su peso. Registre el dato en su cuaderno de laboratorio. No olvide que todas las medidas disponen del mismo número de cifras y que corresponden a la magnitud masa.

Determine por segunda vez las mismas mediciones y efectúelas con todas las muestras que le hayan sido asignadas.

Disponga de los residuos en el sitio asignado por el profesor o por el instructor de laboratorio. No olvide observar las recomendaciones de seguridad antes de abandonar el laboratorio.

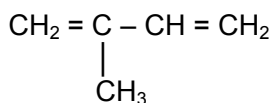
Figura 18. Esquemas del equipo utilizado en la determinación de los puntos de fusión y de ebullición.

MATERIAL
EN
REVISIÓN

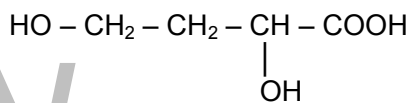
EXTRACCIÓN DE UN ACEITE ESENCIAL MEDIANTE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR

Por la relación que tienen los aceites esenciales con la industria de alimentos y la farmacéutica, puesto que muchos de ellos se utilizan como saborizantes y por la facilidad de consecución de la materia prima, como naranja, limón, mandarina, lima o semilla de eucalipto para efectuar la extracción de sus aceites esenciales por arrastre con vapor de agua.

Normalmente los aceites esenciales están constituidos por mezclas más o menos complejas de diversos compuestos orgánicos entre los cuales predominan los de estructura terpénica, que teóricamente se consideran formados a partir del isopreno y que realmente tiene como precursor universal al ácido mevalónico:



Isopreno



Ácido mevalónico

Con el estudio y realización de esta experiencia, el estudiante quedará capacitado para conocer y aplicar los principios teórico – prácticos fundamentales de la técnica de separación por arrastre con vapor.

Es muy importante tener en cuenta que la técnica de la destilación por arrastre con vapor, no se emplea para la purificación de compuestos orgánicos sino para la separación o extracción de los mismos. En general, se utiliza para la separación de sustancias volátiles y muy poco solubles en agua que se encuentran mezcladas con otras sustancias poco volátiles.

En la práctica se utiliza esta técnica especialmente en los siguientes casos:

- Cuando sea inconveniente el empleo de la extracción con un solvente orgánico, por la presencia de un alquitrán.
- Cuando no se pueda efectuar una destilación simple, una filtración o una extracción, por la presencia de material sólido.
- Cuando la sustancia a extraer se descomponga a la temperatura de ebullición y ésta sea superior a 100 °C.
- Cuando el producto volátil que se va a extraer sea un sólido que al destilar tienda a depositarse en el refrigerante, entonces el agua lo arrastra y no se deposita.

La destilación por arrastre con vapor es una aplicación práctica de la destilación de mezclas inmiscibles.

Una mezcla líquida de compuestos inmiscibles entre sí no obedece la ley de Raoult, por el contrario, a una temperatura determinada cada componente ejerce su propia presión de vapor independientemente de los demás componentes, y la presión de vapor total de la mezcla será la suma de las presiones parciales de cada componente (Ley de Dalton). La mezcla ebullicará a la temperatura a la cual la presión total del vapor es igual a la presión atmosférica.

Si se tiene una mezcla de agua y una sustancia orgánica inmiscible, la presión de vapor del compuesto orgánico es menor que la presión total y hervirá a una temperatura menor cuando esté mezclado con el agua que cuando está puro. Esto permite ahorrar energía.

En una mezcla de dos compuestos inmiscibles A y B, a una temperatura determinada, la presión de vapor de cada componente es proporcional a la concentración de sus moléculas en la mezcla. Por consiguiente, a la temperatura de ebullición en el vapor y en el destilado se tiene:

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{P_A}{P_B}$$

Donde N_A Y N_B es el número de moléculas de A y B respectivamente, P_A y P_B son las presiones de vapor de A y B a la temperatura de ebullición.

Si en la ecuación anterior se multiplican los numeradores por M_A , el peso molecular de A, y los denominadores por M_B , el peso molecular de B, se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{N_A M_A}{N_B M_B} = \frac{P_A M_A}{P_B M_B}$$

Pero el producto del peso molecular ($M = \text{g/mol}$) por el número de moles presentes ($N = \text{mol}$) es igual al peso presente de dicho compuesto ($W = \text{g}$), por lo que la ecuación anterior queda:

$$\frac{W_A}{W_B} = \frac{M_A P_A}{M_B P_B}$$

Siendo W_A el peso del compuesto A destilado y W_B el peso del compuesto B destilado.

Según esta ecuación, la relación en peso de los compuestos A y B en el destilado es directamente proporcional a los pesos moleculares y a las presiones de vapor de los compuestos A y B a la temperatura de ebullición.

Si el componente B de la mezcla es el agua, debido a su bajo peso molecular, en el destilado se obtendrán cantidades apreciables de compuestos de mayor peso molecular.

También, de acuerdo a dicha ecuación, se puede determinar experimentalmente el peso molecular del compuesto desconocido A; basta con mezclar el compuesto A con agua, someter la mezcla a destilación mientras la temperatura permanece estable, separar los líquidos destilados, pesarlos y calcular la presión de vapor del compuesto A a la temperatura de ebullición, que será igual a la presión atmosférica (presión de vapor total de la mezcla a la temperatura de ebullición) menos la presión de vapor del agua a la temperatura de ebullición, tendremos:

$$M_A = \frac{W_A P_B (18)}{P_A W_B}$$

Procedimiento

Como materia prima para la extracción de aceites esenciales se puede utilizar en el laboratorio cortezas de naranja, mandarina, lima, limón, semillas de eucalipto u otro material que contenga buena cantidad de aceites esenciales.

Con el fin de obtener un buen rendimiento, el material traído por el estudiante debe ser fresco y estar ya finamente picado o rayado utilizando una licuadora o picador a baja velocidad pero sin agua, a no ser que se pueda trasladar la mezcla directamente al recipiente de destilación.

En un balón de fondo redondo de 1000 mL, coloque 120 g del material seleccionado para la extracción.

En otro balón de 1000 mL, añada 500 mL de agua e instale un tubo de vidrio que casi toque el fondo del balón para regular la ebullición del agua ya que es el generador del vapor requerido para la destilación, tape los matraces conforme se indica en la figura 19.

Figura 19. Equipo utilizado para la destilación por arrastre con vapor.

El matraz generador de vapor debe descansar sobre una malla de asbesto, esta sobre un trípode metálico o un aro con nuez. Verifique que el tubo de seguridad llega casi hasta el fondo del balón. No olvide durante la experiencia controlar el nivel del agua para evitar sobrecalentamientos peligrosos.

El matraz donde se realiza la destilación, también va sobre un trípode o un aro y sobre otra malla de asbesto. Puede disponer de un mechero para mantener caliente el balón una vez se haya acumulado suficiente agua condensada proveniente del generador.

El refrigerante que va conectado a este balón también ira montado sobre un soporte universal sujeto con una pinza para condensador con nuez; el agua fría ingresa por la parte inferior y sale por la superior. Se debe disponer de las mangueras de conexión a la llave respectiva y de salida al desagadero correspondiente, evitando derrames o salpicadero de agua en la mesa de trabajo o en el equipo.

Es necesario verificar permanente la hermeticidad del sistema para controlar una vez detectados los escapes de vapor o de agua, manteniendo presentes las normas de seguridad para evitar quemaduras o apozamientos.

Comience a calentar el agua del matraz generador de vapor. Verifique que fluye sin dificultades; mantenga la destilación hasta que verifique la ausencia de gotas de aceite en el destilado mediante su recolección sobre un vidrio de reloj limpio y seco.

Si durante la destilación se condensa demasiado vapor en el balón de destilación, demorándola, puede calentarlo suavemente con otro mechero; verifique que se mantiene agua dentro del mismo para evitar que se queme.

La recolección del destilado se hace sobre el tubo doblado en U que funciona como separador ya que queda encima el aceite esencial, el exceso de agua condensada se acumula en el vaso de precipitados que lo sostiene.

Una vez finalice la experiencia al no obtener aceite luego de dos determinaciones de control del destilado con el vidrio de reloj, desmonte el sifón, apague los mecheros y deje enfriar por diez minutos, luego afloje los tapones entre los balones generador y de destilación tomando las debidas precauciones para evitar quemarse con el vapor que todavía hay dentro del sistema.

Teniendo en la mano el tubo en U, utilice una pipeta de 1 mL para recuperar el aceite, mida el volumen obtenido y si la cantidad se lo permite determine la densidad utilizando un picnómetro de 1 mL. Calcule el rendimiento de aceite sobre 100 g del material y reporte el dato en su informe.

ACTIVIDADES DE PROFUNDIZACIÓN Y TRANSFERENCIA

El (la) tutor(a) encargada del asesoramiento del curso, tendrá la oportunidad de planear y diseñar una actividad de aprendizaje para ser realizada por el grupo de estudiantes a su cargo, ya sea individual o a distancia, con el propósito de cerrar esta unidad de trabajo académico. De ser posible, debe incluir las sesiones de laboratorio de modo que favorezca la discusión que se debe realizar al trabajo experimental y su relación con los principios teóricos estudiados.

Se da esta oportunidad al docente – tutor ya que tiene la ventaja de conocer a sus estudiantes, a su entorno y la posibilidad de efectuar el seguimiento al trabajo académico de los mismos. Por ello puede enfatizar en los temas críticos encontrados durante el desarrollo de la unidad, de modo que puede aprovechar la oportunidad para afianzar esos conocimientos y brindar a sus estudiantes una oportunidad para asegurar su completa comprensión.

La actividad que diseñe y ejecute debe tener como característica fundamental la de permitir el trabajo personal y colectivo del estudiante, además de ser una oportunidad para la evaluación final de la unidad con doble propósito: acumulación parcial de calificaciones y de autoevaluación de las estrategias metacognitivas que se han venido alcanzando en el estudio del material.

REVISIÓN

SEGUNDA UNIDAD

FUNCIONES OXIGENADAS

1. Palabras claves.

Aldehído, Cetona, Alcohol, Fenol, Éter, Ácido carboxílico, Carbohidratos, Lípidos, Ésteres.

2. Propósitos.

En esta unidad el estudiante utilizará sus capacidades intelectuales para comprender la estructura, diferencias en el grupo funcional, nomenclatura, propiedades físicas y químicas de aquellas sustancias formadas principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, que para facilitar su estudio se han agrupado bajo el nombre de sustancias orgánicas oxigenadas.

Tendrá la oportunidad de conocer los fundamentos fisicoquímicos de algunas técnicas de separación de sustancias orgánicas, de análisis químico cualitativo para identificar o reconocer algunos grupos funcionales oxigenados y posibilidades de obtener sustancias a través de la síntesis orgánica, como referentes teóricos, conceptuales y metodológicos que le ayudarán posteriormente en el conocimiento de aquellas sustancias de este grupo que pueden ser utilizadas como alimentos, parte de ellos o con capacidades farmacológicas que ayuden a la recuperación de la salud.

Propende por el desarrollo de las capacidades cognitivas superiores al proponerle al estudiante metas cognitivas, de procedimiento para el estudio de esta disciplina y la generación de criterios que le sirvan como referentes para el análisis de esos resultados y la elaboración de las recomendaciones más apropiadas para el mejoramiento del mismo de ser posible.

3. Objetivos.

- Diferenciar con base en la estructura del grupo funcional, un alcohol, un éter, un compuesto carbonílico, un ácido orgánico o un éster, un carbohidrato o un lípido, estableciendo sus principales propiedades fisicoquímicas y reacciones típicas de conversión a otro grupo funcional ya sea alifático o aromático.
- Aplicar técnicas analíticas de identificación cualitativa para este tipo de sustancias orgánicas, lo mismo que la posibilidad de utilizar un método de separación y purificación de sustancias de algunos de los grupos funcionales.
- Elaborar un informe escrito donde explicita los resultados encontrados, los criterios utilizados y las recomendaciones para su mejoramiento o su rechazo

4. Competencias.

Estar en capacidad de dar cuenta del conjunto de sustancias orgánicas que se caracterizan por tener dentro de su grupo funcional al elemento oxígeno, pudiendo identificar su estructura, los grupos funcionales que lo constituyen, sus propiedades fisicoquímicas y el efecto que algunas de ellas pueden tener en los alimentos o en las sustancias utilizadas como medicamentos, en beneficio de la salud y del bienestar humano.

La capacidad de realizar por su cuenta los análisis químicos cualitativos para la identificación de los grupos funcionales oxigenados y de utilizar algunas técnicas para la

separación y purificación de algunas de esas sustancias y la posibilidad de acercarse a los fundamentos de la síntesis orgánica de sustancias orgánicas muy sencillas.

Valorar apropiadamente los resultados experimentales obtenidos y darles un manejo ético.

5. Metas de aprendizaje.

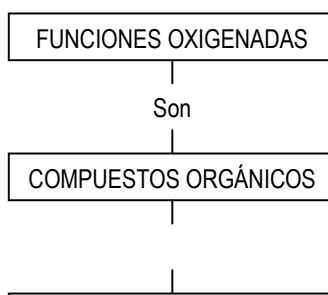
Establecer su propio procedimiento para el estudio de las sustancias orgánicas que se han agrupado como funciones oxigenadas, describirlas, definir su posible comportamiento fisicoquímico y enunciar algunas técnicas para su identificación cualitativa.

Establecer un conjunto de criterios que le permitan comprender la posible utilidad en beneficio de la salud humana de aquellas sustancias orgánicas con funciones oxigenadas que se pueden usar con fines alimenticios o con capacidad farmacológica, útil para su posterior recomendación ética.

Dar cuenta de los fundamentos químicos y físicos de los métodos de separación, purificación e identificación de sustancias orgánicas con grupos funcionales oxigenados.

MATERIAL
EN
REVISIÓN

ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA UNIDAD



MATERIAL EN REVISIÓN

TEMA UNO

COMPUESTOS CARBONÍlicos

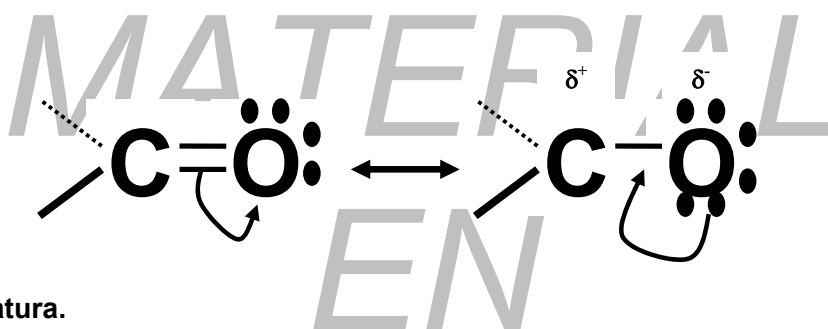
1. Concepto y grupo funcional.

Son sustancias alifáticas y aromáticas o combinadas que se caracterizan por tener como grupo funcional característico a la combinación carbono – oxígeno unida mediante doble enlace, C=O, denominado grupo carbonilo.

La estructura de este grupo funcional se caracteriza por tener una hibridación sp^2 o digonal, ello hace que el carbono se encuentre unido a tres átomos diferentes, incluyendo al oxígeno, mediante enlaces σ y exista otra unión específica entre carbono – oxígeno de tipo π determinando un comportamiento particular del grupo funcional.

La parte de la molécula que rodea al grupo carbonilo es plana, con ángulos de enlace de 120° , los átomos de la unión tienen electronegatividad diferente por lo que se forma una polaridad debido a la tendencia del oxígeno a atraer los electrones del enlace, principalmente los ubicados en el enlace π , de gran influencia en sus propiedades fisicoquímicas ya que el grupo se encuentra en resonancia permanente.

Figura 20. Estructuras resonantes del grupo carbonilo.



2. Nomenclatura.

Como en las funciones ya vistas se dispone de dos formas para nombrar estas sustancias: el sistema común y el sistema IUPAC.

2.1.1 Sistema común.

Como tenemos dos tipos de sustancias, los aldehídos que se caracterizan por tener sobre el grupo carbonilo un sustituyente alquilo o arilo y el otro es un átomo de hidrógeno, mientras que las cetonas el grupo carbonilo se encuentra rodeado por dos grupos alquilo, dos arilos o por un arilo y otro alquilo, su nomenclatura es diferente. Para los primeros, corresponde a la combinación del nombre del ácido del que provienen mediante reacciones de reducción y se terminan con la palabra *aldehído*.

Para las cetonas, se nombran los dos sustituyentes por separado finalizando con la palabra *cetona*. En la tabla 16 ilustramos esta aplicación.

2.1.2 Sistema IUPAC.

Se tienen en cuenta las reglas definidas en las funciones anteriores como es la de identificar la cadena más larga, numerar los sustituyentes y encontrar la menor posición posible estableciendo como criterio el grado de complejidad y la presencia de las funciones que hemos venido estudiando que también deben nombrarse como tales ya

que la función carbonilo es más importante por tener mayor reactividad, por ello el nombre debe terminar con el sufijo *al*.

Para las cetonas, se escoge la cadena más larga que contenga al grupo carbonilo, se numeran y al nombrarlo, se indica con un número la posición del grupo funcional y se termina el nombre del hidrocarburo con la terminación *ona*. En la tabla 16 damos ejemplos con el propósito de que compare estos dos sistemas.

3. Propiedades fisicoquímicas.

Como lo mencionamos atrás, el grupo carbonilo define características especiales para los aldehídos y las cetonas.

3.1 Propiedades físicas.

Este grupo de sustancias se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, la glucosa es un polihidroxialdehído, mientras que la fructosa es una polihidroxicetona; la testosterona y la progesterona, hormonas sexuales, son cetonas; la vainillina, un saborizante es un aldehído; la muscona, un componente de perfumes, es una cetona cíclica, lo mismo que el alcanfor que es bicíclica.

Como lo mencionamos arriba, las propiedades químicas de los compuestos carbonilos están dadas por la presencia de este grupo polar en la molécula, de modo que pueden establecer fuerzas intermoleculares entre sí que aumentan su punto de ebullición comparados con compuestos no polares del mismo peso molecular: acetona (56 °C), propionaldehído (49 °C) y butano (-0,5 °C)²¹.

Su solubilidad en agua es relativa al peso molecular ya que los compuestos carbonílicos de hasta C₅ son completamente miscibles en agua, posiblemente a su facilidad de formar puentes de hidrógeno intermoleculares, pero al incrementarse el peso molecular comienzan a ser solubles en solventes orgánicas por efecto de la cadena carbonada.

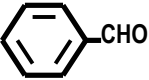
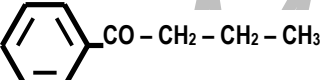
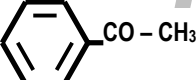
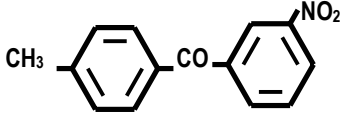
Es necesario destacar que el formaldehído es un gas que se utiliza en solución acuosa o en estado sólido bajo la forma de paraformaldehído, un polímero de fórmula (CH₂O)_n.

Como podemos ir deduciendo, el comportamiento fisicoquímico de los compuestos carbonílicos dentro del grupo suelen ser diferentes dependiendo de si es aldehído o si es cetona; la polaridad del grupo afecta el comportamiento de sus sustituyentes.

Tabla 16. Estructuras y nombres comunes de algunos aldehídos y cetonas.

Estructura	Nomenclatura	
	Sistema común	Sistema IUPAC
H – CHO	Formaldehído	Metanal
CH ₃ – CHO	Acetaldehído	Etanal
CH ₃ – CH ₂ – CHO	Propanaldehído	Propanal
CH ₃ – (CH ₂) ₂ – CHO	Butiraldehído	Butanal

²¹ La acetona, el propionaldehído y el butano tienen un peso molecular de 58 g/mol.

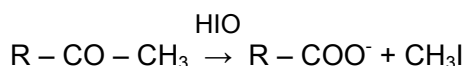
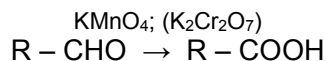
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CHO}$	Valeraldehído	Pentanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CHO}$	Capronaldehído	Hexanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CHO}$	Enantaldehído	Heptanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{CHO}$	Caprilaldehído	Octanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CHO}$	Pelargonaldehído	Nonanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{CHO}$	Caprialdehído	Decanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_9 - \text{CHO}$	Undecialdehído	Undecanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{CHO}$	Lauraldehído	Dodecanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{11} - \text{CHO}$	Mirisaldehído	Tetradecanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{CHO}$	Palmitaldehído	Hexadecanal
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{CHO}$	Estearaldehído	Octadecanal
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CHO}$	Acrialdehído	2 - propenal
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CHO}$	Crotonaldehído	2 - butenal
	Benzaldehído	
$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$	Acetona (dimetil - cetona)	2 - propanona
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	4 - metil - 3 - hexanona	Etil - s - butilcetona
	Butirofenona	Fenil - propilcetona
	Acetofenona	Metilfenona
		3 - nitro - 4' - metilbenzofenona

3.2 Comportamiento químico.

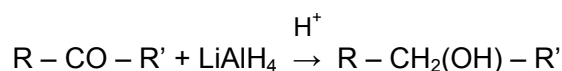
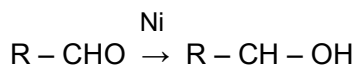
Se pueden considerar dos tipos de reacciones: reacciones Redox y la adición nucleofílica.

3.2.1 Reacciones Redox.

Los aldehídos se pueden oxidar hasta los ácidos carboxílicos del mismo número de átomos de carbono, mientras que las cetonas no lo hacen. Sin embargo si el sustituyente es un grupo metilo, se pueden presentar oxidación pero en condiciones especiales, como ocurre con la reacción del haloformo, utilizada para identificar a estas sustancias:

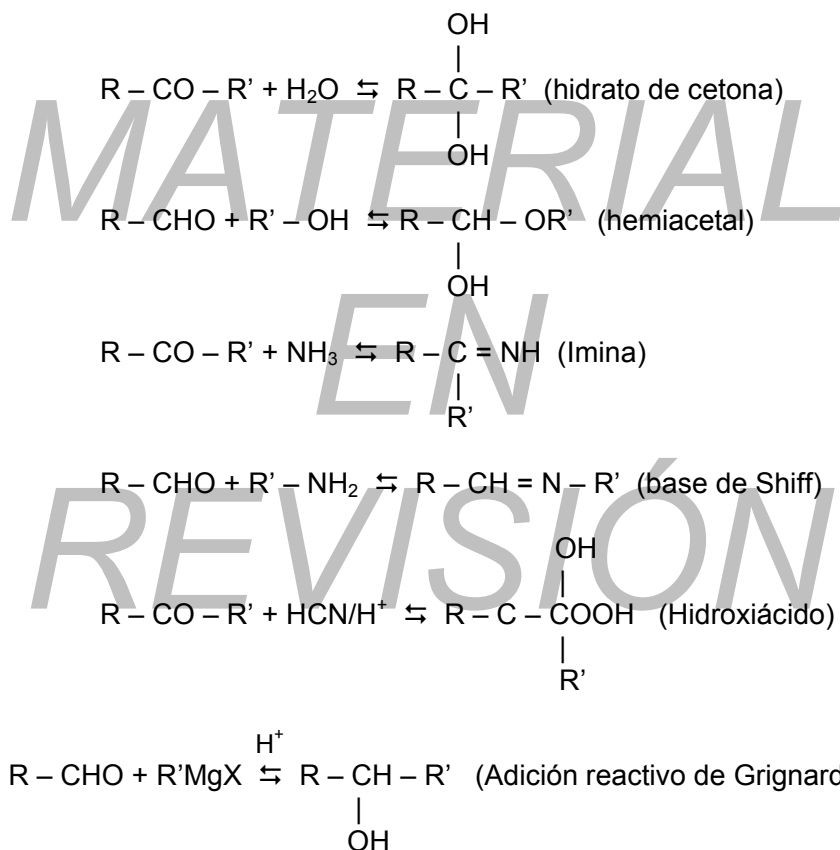


Los aldehídos y cetonas se pueden reducir a alcoholes primarios o secundarios respectivamente al hacerlos reaccionar con hidrógeno gaseoso o con hidruro de aluminio y litio:



3.2.2 Reacciones de adición nucleofílica.

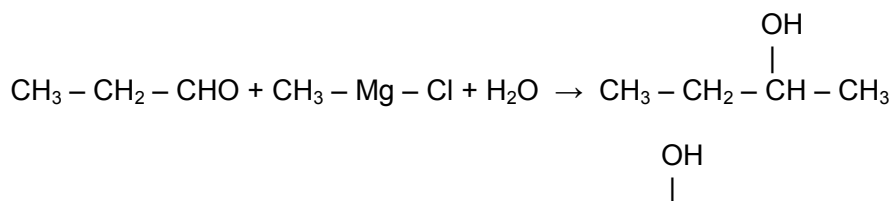
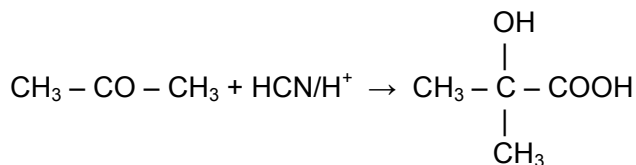
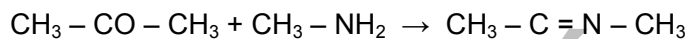
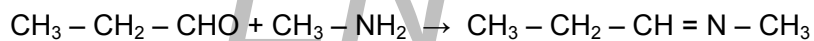
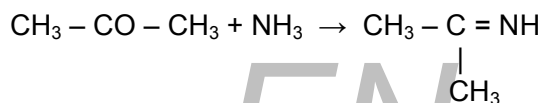
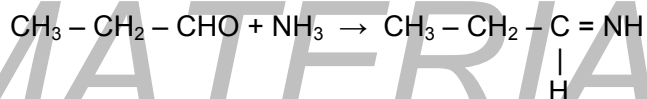
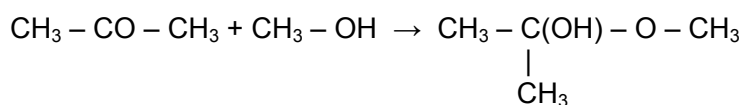
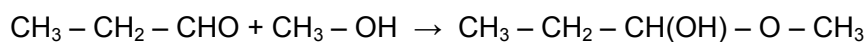
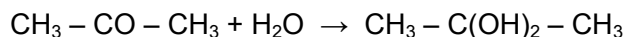
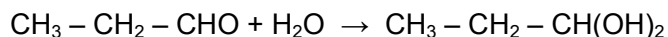
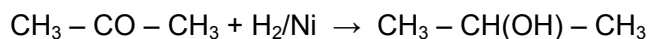
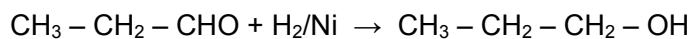
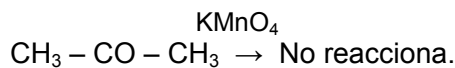
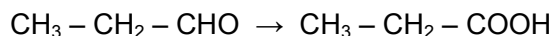
La resonancia que presenta el grupo carbonilo determina que el carbono adquiera carga positiva a la que puede acceder un reactivo nucleofílico como puede ser el agua, alcoholes, amoníaco, aminas, ácido cianhídrico y los reactivos de Grignard:

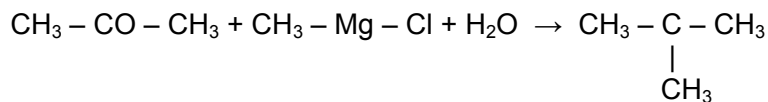


El reactivo de Grignard proviene de tratar un halogenuro de alquilo o de arilo con magnesio en éter para formar un metalero; éste se adiciona al doble enlace y por hidrólisis forma alcoholes secundarios si son aldehídos, o alcoholes terciarios si son cetonas.

Ilustremos las anteriores reacciones con el propanal y con la 2 – propanona:







4. Compuestos carbonílicos de interés.

En propiedades fisicoquímicas mencionamos alguna utilidad de estas sustancias en el campo de los alimentos como saborizantes, es decir, sustancias que potencian o modifican el sabor.

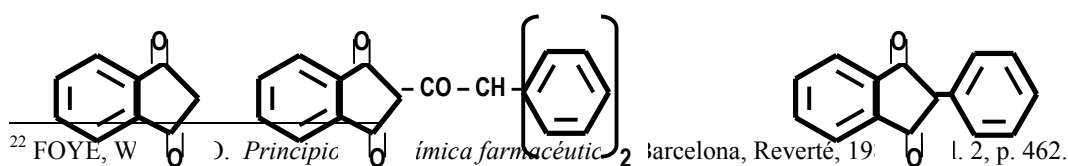
El formaldehído es un gas a temperatura ambiente. Su disolución en agua al 40 % se le denomina formalina o formol, empleado como desinfectante, en la conservación de muestras biológicas y como materia prima en la fabricación de resinas; lo que a veces lleva a usarlo para la conservación de la leche lo cual está prohibido.

El benzaldehído se encuentra en el aceite de almendras. Se utiliza en la elaboración de colorantes, perfumes y saborizantes. El cinamaldehído se encuentra en el aceite de clavo y tiene el mismo uso del anterior. La vainillina forma parte de la vainilla y se usa como saborizante de bebidas, jugos y otros alimentos. El citronelal hace parte del aceite de citronela obtenido del limón; se usa en la elaboración de perfumes y repelentes de insectos. La acetofenona, se obtiene por síntesis y se usa como solvente y en perfumería. La benzofenona, otro producto de síntesis, se utiliza para elaborar perfumes, jabones, insecticidas y antihistamínicos.

En la industria farmacéutica las 1,3 - indandionas son una familia de cetonas que presentan actividad anticoagulante cuando se administran por vía oral, se solubilizan en disolventes no polares, pero al tener un protón ionizable en el carbono dos, debido a la combinación atrayente del grupo carbonilo, el 2 - difenilacetilo y el grupo fenilo, las hace solubles en disoluciones alcalinas. Su acción anticoagulante se debe al ser metabolizadas por el organismo produce inhibidores que bloquean la producción de pro trombina y de dos factores demorando el tiempo de coagulación. En la figura 21 encontramos dichas estructuras.

También se encuentran cetonas que actúan como andrógenos o medicamentos que colaboran en el crecimiento y desarrollo de los testículos, aunque también participan aumentando la síntesis proteínica reduciendo su metabolismo. En el caso de la 17 - α - metil - testosterona, la oximesterona, la oximetolona, y la metandrosterona, un compuesto mucho más activo por la presencia de más grupos sustituyentes (¿puede ubicar sus estructuras químicas?).

Figura 21. Estructuras y nombres de los derivados de la 1,3 - indandiona²².



1,3 – indandiona Difenadiona (2 – difenilacetil – 1,3 – indandiona) Fenindiona (2 – fenil – 1,3 – indandiona)

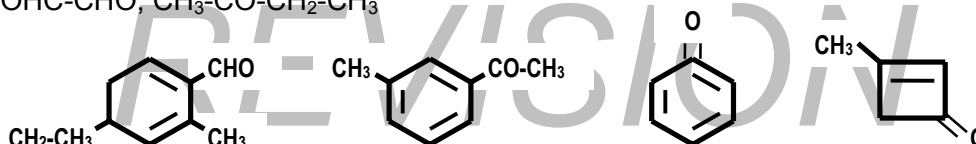
Un aldehído con influencia en la actividad sexual es el gossipol; estudios han demostrado que es capaz de destruir los elementos del epitelio seminífero sin alterar la función endocrina de los testículos, es un potencial anticonceptivo masculino al reducir la producción de espermatozoos, que luego se recupera al dejar de ser ingerido. Su mayor problema es que produce hipokalemia que conduce a parálisis transitoria.

Un antiséptico y desinfectante importante es el formaldehído, forma soluciones acuosas del 37 % denominado formalina, un bactericida de acción lenta debido posiblemente a que alquila los grupos funcionales de las proteínas (carboxilos, hidroxilos o sulfhidrilos) produciendo derivados hidroximetilados ocasionando la muerte de esos microorganismos. Si al formaldehído se hace reaccionar con amoniaco en exceso produce la metenamina un bactericida del tracto urinario.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 8

- 1) Complete el siguiente cuadro sinóptico sobre las características de los compuestos carbonílicos.
- 2) Escriba las estructuras de los siguientes compuestos cuyos nombres son: trimetilacetaldehído, 3 . metil – 2 pentanona, metil – isobutilcetona, 1,3 – difenil – 2 – propen – 1 – ona, m – tolulaldehído, cinamaldehído, p,p – dihidroxibenzofenona.
- 3) Escriba los nombres para los compuestos cuya fórmula estructural es:

$\text{CH}(\text{Cl})_2\text{-CH-CHO}$; $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$; $(\text{CH}_3)_2\text{-CH-CO-CH}_2\text{-CH}_3$; $\text{HO-CH}_2\text{-CHO}$;
 OHC-CHO ; $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$



- 4) Tome los cinco primeros compuestos y los cinco últimos de la tabla 16 y escriba las reacciones que pueden presentar dichas sustancias. ¿Qué diferencias puede encontrar entre la reacción de un aldehído aromático, una cetona aromática con un aldehído alifático o una cetona alifática?

ALCOHOLES, FENOLES Y GLÚCIDOS

En este tema vamos a estudiar tres tipos diferentes de sustancias que se encuentran relacionadas entre sí por tener en común el grupo funcional – OH, denominado hidroxilo, diferente al anterior aunque mencionamos que los carbohidratos son polihidroxialdehídos y polihidroxicetonas debiéndolos estudiar en el tema anterior; lo que ocurre es que comparten algunas propiedades de este grupo justificando trabajarlos aquí.

1. Alcoholes.

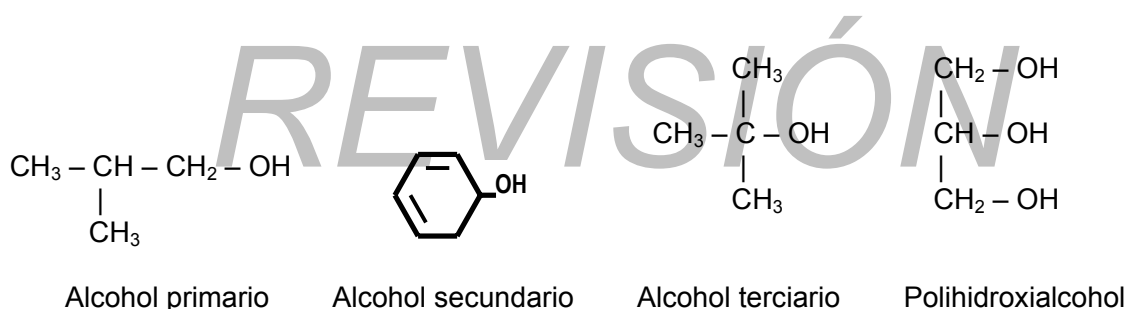
1.1 Concepto y Grupo funcional.

Comprende una familia de compuestos orgánicos alifáticos o alicíclicos saturados e insaturados que tienen como grupo funcional al hidroxilo²³. Se identifican como R – OH.

Como en el caso de los carbonilos, la unión carbono – oxígeno por las diferencias de electronegatividad hace que sea un grupo polar con carga parcial positiva sobre el carbono y negativa sobre el oxígeno haciendo fácil la liberación del hidronio dando características de ácido débil y la formación del puente de hidrógeno facilitando la solubilidad en solventes polares como el agua

Dependiendo de la posición del grupo hidroxilo sobre la cadena carbonada, tendremos alcoholes primarios, secundarios y terciarios. En la misma forma, dependiendo del número de grupos hidroxilos en la cadena carbonada podemos tener monoalcoholes y alcoholes polihidroxilados. La figura 22 nos muestra estas características particulares de los miembros de este grupo funcional.

Figura 22. Clasificación de los alcoholes.




1.2 Nomenclatura.

Tenemos las dos formas de poderlos nombrar, el sistema común y el IUPAC. En el primero hay dos subsistemas, uno es el del *carbinol* el cual considera a todos los alcoholes como derivados el alcohol metílico o metanol al que se denomina carbinol y se adiciona el nombre del grupo alquilo que lo acompaña, el otro es el *alquilico* que inicia con la palabra alcohol, sigue el nombre del grupo alquilo correspondiente y se terminal con el sufijo *alquilico*.

²³ El alcohol bencílico rompería esta regla ya que tiene un anillo aromático, sin embargo no es así ya que está separado por un grupo CH_2 del grupo funcional hidroxilo, considerándose, entonces, como alcohol.

El sistema IUPAC, sigue las reglas establecidas para los demás grupos funcionales, numerando los sustituyentes en sus denominaciones más bajas, el nombre de la cadena carbonada terminada en *ol*. La tabla 17 nos ilustra los dos sistemas.

Tabla 17. Sistemas de nomenclatura para los alcoholes.

Sustancia	Sistema de nomenclatura		
	Sistema común		Sistema IUPAC
	Carbinol	Alquílico	
CH ₃ – OH	Carbinol	Alcohol metílico	Metanol
CH ₃ – CH ₂ – OH	Metilcarbinol	Alcohol etílico	Etanol
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$	Metil, propencarbinol	Alcohol s – 4 – pentenílico	4 – penten – 2 – ol
	Fenilcarbinol	Alcohol bencílico	Fenil – metanol

1.3 Propiedades fisicoquímicas.

1.3.1 Propiedades físicas.

La serie homóloga tiene como fórmula condensada C_nH_{2n + 2}O, son líquidos del carbono uno al once y de ahí en adelante son sólidos.

Son solubles en agua hasta carbono cuatro, para luego comenzar a hacerlo en solventes orgánicos comunes, aunque las ramificaciones pueden modificar ese comportamiento.

Estas propiedades se hacen más notorias en los puntos de fusión y de ebullición de estas sustancias cuando se comparan con los hidrocarburos de pesos moleculares semejantes. Los puntos de fusión son bajos para los primeros miembros de la serie y sufren modificaciones dependiendo de su estructura química ya que pueden formar estructuras cristalinas más organizadas que se traducen en mayores puntos de fusión por estar mejor empaçadas, como ocurre con los miembros superiores.

Los puntos de ebullición son altos, pero cuando hay ramificaciones disminuyen dependiendo si son primarios, secundarios o terciarios siendo éstos los más bajos: el propanol hierve a 97 °C, el 2 – propanol a 82 °C, el alcohol butílico a 117 °C el s – butílico a 99,5 °C y el t – butílico a 83 °C, comportamiento debido a que se afecta la posibilidad de establecer entre ellos puentes de hidrógeno y otro tipo de fuerzas intermoleculares debida a la polaridad que presentan.

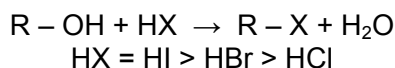
1.3.2 Propiedades químicas.

Los alcoholes son sustancias muy versátiles porque son como productos intermedios en los cambios de muchos grupos funcionales. Estas sustancias presentan como comportamiento químico característico tres grupos de reacciones dependiendo de la

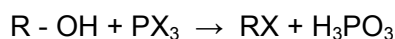
ruptura de las uniones C – O – H: una es la separación del enlace C – OH, la otra corresponde a la de la unión CO – H y la última es la de oxidación.

1.3.2.1 Rompimiento de la unión C – OH.

En este grupo de reacciones, se separa el grupo hidroxilo de la función soporte que viene a equivaler a reacciones de sustitución aunque también presenta un caso de reacción de eliminación:



La ordenación del reactivo sustituyente muestra la mayor facilidad en que ocurre el cambio químico, se forma más rápido el yoduro de arilo que el cloruro correspondiente.

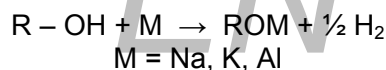


La reacción de eliminación mencionada es:

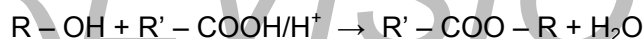


1.3.2.2 Ruptura de la unión CO – H.

Se debe al comportamiento que los alcoholes presentan como sustancias ácidas débiles, pues ceden el protón semejante a los ácidos de Bronsted – Lowry:



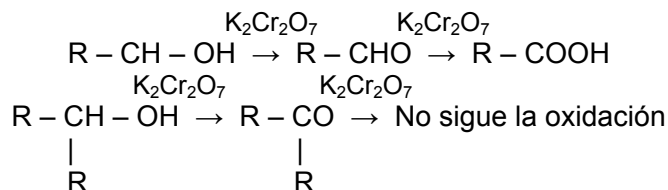
Se forma la sal metálica correspondiente o metaluro de alcoholo.



Esta reacción es característica de los alcoholes para la síntesis de los ésteres.

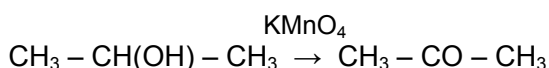
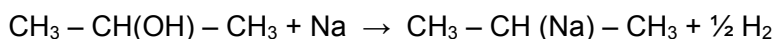
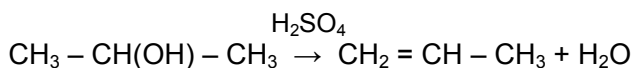
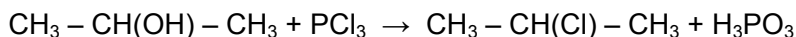
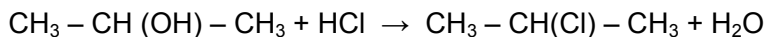
1.3.2.3 Reacciones de oxidación.

Los alcoholes pueden transformarse en aldehídos (alcohol primario) o en cetonas (alcohol secundario) cuando interactúan con soluciones diluidas de permanganato o de bicromato de potasio. Si el ataque es prolongado, el aldehído se oxida hasta el ácido correspondiente.



El alcohol terciario no reacciona.

Ilustremos los anteriores cambios utilizando el 2 – propanol:



1.4 ***Alcoholes de importancia en alimentos y en farmacia.***

En el campo de los alimentos, la sustancia de mayor utilidad es el alcohol etílico o etanol, ya que suele ser el producto más importante de la fermentación biológica de productos provenientes de azúcares o de la hidrólisis de almidones, fundamento de la industria del vino, aguardientes, cerveza y de la producción de combustibles para motores.

En la industria farmacéutica tenemos como depresores del sistema nervioso central o hipnótico – sedantes al hidrato de cloral que se absorbe fácilmente por el tracto gastrointestinal produciendo sueño a la hora de ser suministrado, su metabolización produce tricloroetanol por lo que se piensa que la acción se debe a la combinación de las dos sustancias, luego se transforma como ácido tricloroacético inactivo. Como tiene olor y sabor desagradables se han sintetizado otras sustancias con el mismo efecto pero sin estas propiedades que limitan su uso como la cloralbetaína, clorhexadol, clorobutanol, cloral salicilamida y el carbocloral.

Por lo general, los alcoholes son hipnóticos, siendo esta propiedad más pronunciada en los alcoholes terciarios y se potencia aún más si tienen sustituyentes del tipo etinilo como el etclorvinol.

Los monoalcoholes sencillos se utilizan como desinfectantes o antisépticos como ocurre con el etanol y el isopropanol, su eficacia aumenta con el peso molecular y la longitud de la cadena pero su poder bactericida aumenta en este orden: alcohol primario normal > primario iso > secundario normal > terciario. Su efecto se debe a un efecto de desnaturalización de las proteínas al deshidratar al microorganismo aunque se ha encontrado que ha afectado los sistemas de fosforilación a nivel de mitocondrias.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 9

- 1) Escriba las estructuras de los diez primeros alcoholes de la serie, escriba su nombre teniendo en cuenta los tres sistemas de nomenclatura. Ahora incorpórele cada una de las funciones que se han visto hasta ahora (alqueno, alquino, haluro, aldehído) y nómbrelas utilizando esos sistemas.
- 2) Utilizando los anteriores ejemplos, ilustre cada una de las reacciones típicas de los alcoholes, siguiendo el comportamiento químico que tiene cada uno de los grupos estudiados hasta aquí.
- 3) Escriba las estructuras de los alcoholes que tienen actividad biológica.
- 4) Elabore una monografía de los alcoholes que tienen importancia en la industria de alimentos.

2. Fenoles.

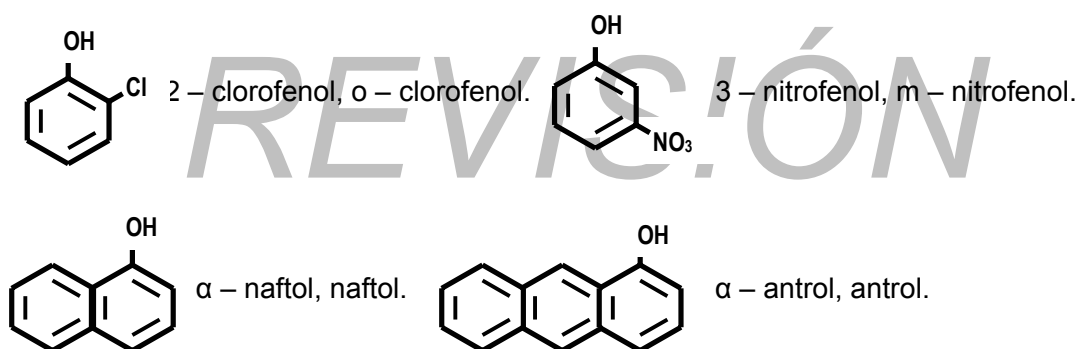
2.1 Concepto y Grupo funcional.

Son sustancias en las cuales el grupo funcional hidroxilo se encuentra ligado sobre un anillo aromático. Forma una serie homóloga que se identifica como Ar – OH.

2.2 Nomenclatura.

Muchos de estos compuestos tienen nombres comunes que es necesario memorizar. La tabla 18 recoge esa denominación.

También debemos aplicar las reglas IUPAC, como lo podemos ilustrar aquí:



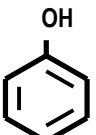
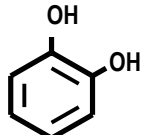
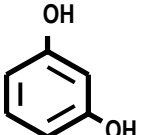
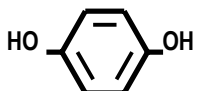
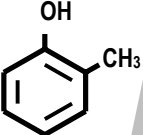
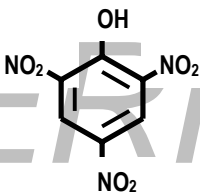
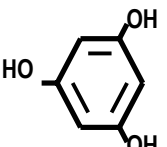
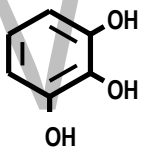
2.3 Propiedades fisicoquímicas.

2.3.1 Propiedades físicas.

Los fenoles más sencillos son líquidos o sólidos de bajo punto de fusión, sus puntos de ebullición son elevados debido a su capacidad de formar puentes de hidrógeno explicando parte de su solubilidad parcial en agua aunque si son muy complejos son

insolubles. Por lo general son incoloros, se oxidan fácilmente coloreándose a causa de los productos de descomposición.

Tabla 18.- Nomenclatura común de los fenoles.

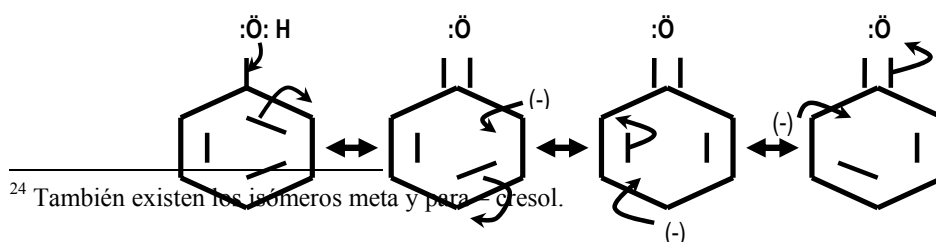
Estructura	Nombre	Estructura	Nombre
	Fenol		Catecol
	Resorcinol		Hidroquinona
	o - cresol ²⁴		Ácido pícrico
	Floroglucinol		Pirogalol

Es de destacar que los fenoles son más ácidos que los alcoholes debido a la deslocalización electrónica de la unión con el hidrógeno y la resonancia del anillo haciendo fácilmente disponible al hidronio como se puede observar en la figura 21.

2.3.2 Reacciones químicas.

Los cambios químicos de los fenoles los podemos agrupar en dos comportamientos típicos: como ácido y la sustitución nucleofílica aromática que ya habíamos trabajado cuando estudiamos el comportamiento de los hidrocarburos aromáticos.

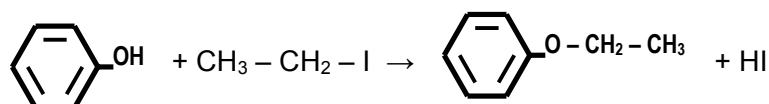
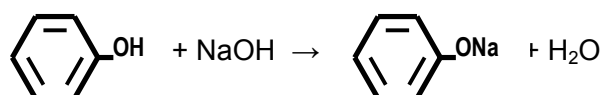
Figura 21. Estructuras resonantes del fenol.



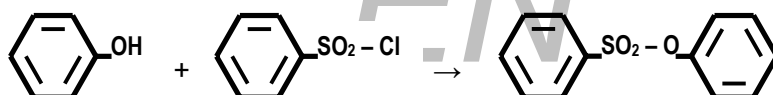
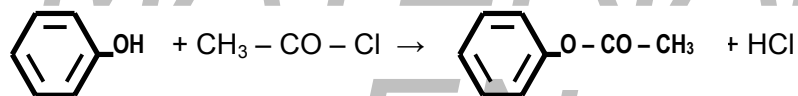
²⁴ También existen los isómeros meta y para -cresol.

2.3.2.1 Reacciones como ácido.

Se presentan debido a la ruptura de la unión oxígeno – hidrógeno del grupo hidroxilo para formar sales metálicas, éteres y ésteres. Ilustrémoslo utilizando al fenol:



Los fenoles presentan la reacción de Williamson que se caracteriza por la unión del fenol con un cloruro de ácido:



Se ilustra la reacción con dos tipos de reactivo diferentes para que comprenda que se pueden sintetizar un éster alifático, en el primer caso, o un éster aromático, para el segundo.

2.3.2.2 Reacciones de sustitución nucleofílica aromática.

Presenta las mismas reacciones del benceno que hemos estudiado en el tema de hidrocarburos aromáticos; recordamos que el grupo hidroxilo es un fuerte orientador orto, para y que en cada reacción siempre se obtienen los dos isómeros.

2.4 Fenoles de importancia en alimentos y farmacia.

En general, los fenoles poseen propiedades germicidas. El fenol fue el primer compuesto utilizado como antiséptico pero por su alta toxicidad se reemplazó por otros menos peligrosos ya que es cáustico y produce quemaduras; al ser ingerido ocasiona la muerte. El pentaclorofenol se usa en la preservación de la madera y en el control de crecimiento

de algas. El ácido 2,4 – diclorofenoxiacético o 2,4 – D es un derivado del 2,4 – diclorofenol utilizado como herbicida. El timol se encuentra en el aceite esencial del tomillo, es un poderoso antiséptico y con olor aromático más agradable que el del fenol o los cresoles. El guayacol, producto de destilación del guayaco se usa como antioxidante, lo mismo que el ácido norhidroguayarático (NDGA) y la mezcla de 2 y 3 – terbutil – 4- metoxifenol (BHA) utilizados para controlar la rancidez de los aceites y grasas. El eugenol es un producto del aceite esencial del clavo, utilizado como condimento en alimentos.

El Resorcinol tiene efectos biológicos, impidiendo la absorción del yodo necesario para que la glándula tiroides produzca sus hormonas en cantidad suficiente, lo que ocasiona un aumento anormal en la glándula ocasionando el bocio. Este efecto se descubrió al usar el Resorcinol para el tratamiento tópico de las úlceras de las piernas.

El uso más frecuente ha sido en la limpieza y esterilización de heridas, posteriormente se encontró que los fenoles alquílicos o halogenados presentaban mayor potencia antibacteriana. Esto condujo al desarrollo del hexaclorofeno en 1941.

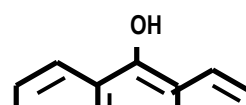
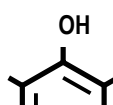
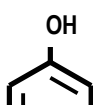
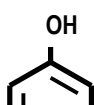
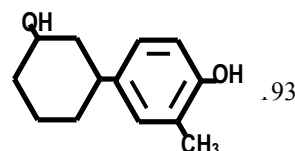
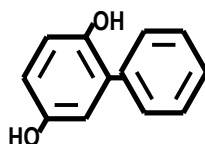
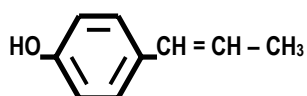
El efecto germicida del fenol se debe a su combinación por absorción mediante puentes de hidrógeno desnaturalizando las proteínas, favoreciendo la penetración de más fenol dentro de la célula bacteriana. En alta concentración, este compuesto puede ocasionar la lisis celular.

Como se mencionó antes, la actividad bactericida aumenta al incrementarse el peso molecular de los sustituyentes alquilo y disminuyendo su toxicidad para el mamífero. La halogenación incrementa su capacidad siempre y cuando se localice en la posición apropiada respecto al grupo funcional. El clorofeno, el o- fenilfenol y el hexilresorcinol son derivados muy activos.

Otras sustancias con capacidad antiséptica y desinfectante son los bis – fenoles, compuestos cuya estructura química base son dos fenoles como es el caso del hexaclorofeno. Esta sustancia debe su acción biológica a la capacidad que tiene de formar quelatos, complejos anillados, con la membrana celular desintegrando la pared celular y ocasionando la muerte de la bacteria.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 10

1) Escriba los nombres de los compuestos cuyas fórmulas estructurales son:



- 2) Utilizando las fórmulas anteriores, escriba las reacciones características que presentan los fenoles.
- 3) Utilizando los modelos de los átomos que aparecen en los compuestos orgánicos, construya alguna de las moléculas que tienen acción biológica y que se han descrito en la parte final del tema.

3. **Glúcidos o carbohidratos.**

En esta parte vamos a estudiar una familia de compuestos que en su cadena hidrocarbonada dispone de dos grupos funcionales: carbonilo e hidroxilo que conjuntamente determinan un comportamiento físico y químico a cualquiera de las dos funciones incluso aquella que por convención hemos aceptado como la determinante del grupo: la carbonilo.

Nuestra experiencia con estas sustancias es cotidiana. Los alimentos de origen vegetal lo incluyen ya sea como azúcar, almidón o fibra para facilitar el proceso digestivo. En alimentos de origen animal suelen aparecer básicamente como glicógeno (almidón animal) puesto que por su proceso digestivo (generalmente en los herbívoros) el almidón vegetal lo transforma en azúcar y lo recombina como material de reserva almacenándolo en el hígado.

También los usamos como vestido a través de las fibras vegetales como el algodón, el lino entre otros. Para la construcción de casas y muebles como madera formada fundamentalmente por este tipo de sustancias o como medio de intercambio de conocimientos a través del papel para libros, documentos, revistas y periódicos, de intercambio comercial como papel moneda o títulos valores, medio para formalizar compromisos sociales como las actas matrimoniales, nacimiento, defunción o como material de empaque en bolsa, cajas o rollos.

Tal versatilidad ha llegado hasta formar parte de medicamentos. Por ello es nuestro interés conocer más a fondo este grupo de sustancias como hemos venido trabajando con otras igualmente importantes.

3.1 **Características generales.**

Los carbohidratos son polihidroxialdehídos, polihidroxicetonas o compuestos que se hidrolizan a sustancias similares.

El sufijo asociado a este tipo de moléculas orgánicas es *osa*. Su clasificación se hace teniendo en cuenta aspectos estructurales; si su función es aldehído se llamará *aldosa* pero si es cetona será *cetosa*. Dependiendo de la cantidad de carbonos que tenga la cadena será *triosa*, *tetraosa*, *pentosa*, *hexosa*. Si el carbohidrato se rompe (hidroliza) a moléculas más simples será un *polisacárido* si produce más de diez unidades simples, *oligosacárido* si forma hasta diez, *disacárido* si produce dos y *monosacárido* si mantiene una sola molécula. Como siempre se llega hasta estas sustancias, se suele considerar como las unidades más simples.

La fórmula molecular mínima para esta serie de sustancias es $C_n(H_2O)_n$ de donde se deriva el nombre de hidratos de carbono o carbohidratos.

En esta familia de compuestos vamos a trabajar su nomenclatura y algunas propiedades químicas que no mencionamos en los temas anteriores debido a que tenemos la combinación de dos grupos funcionales.

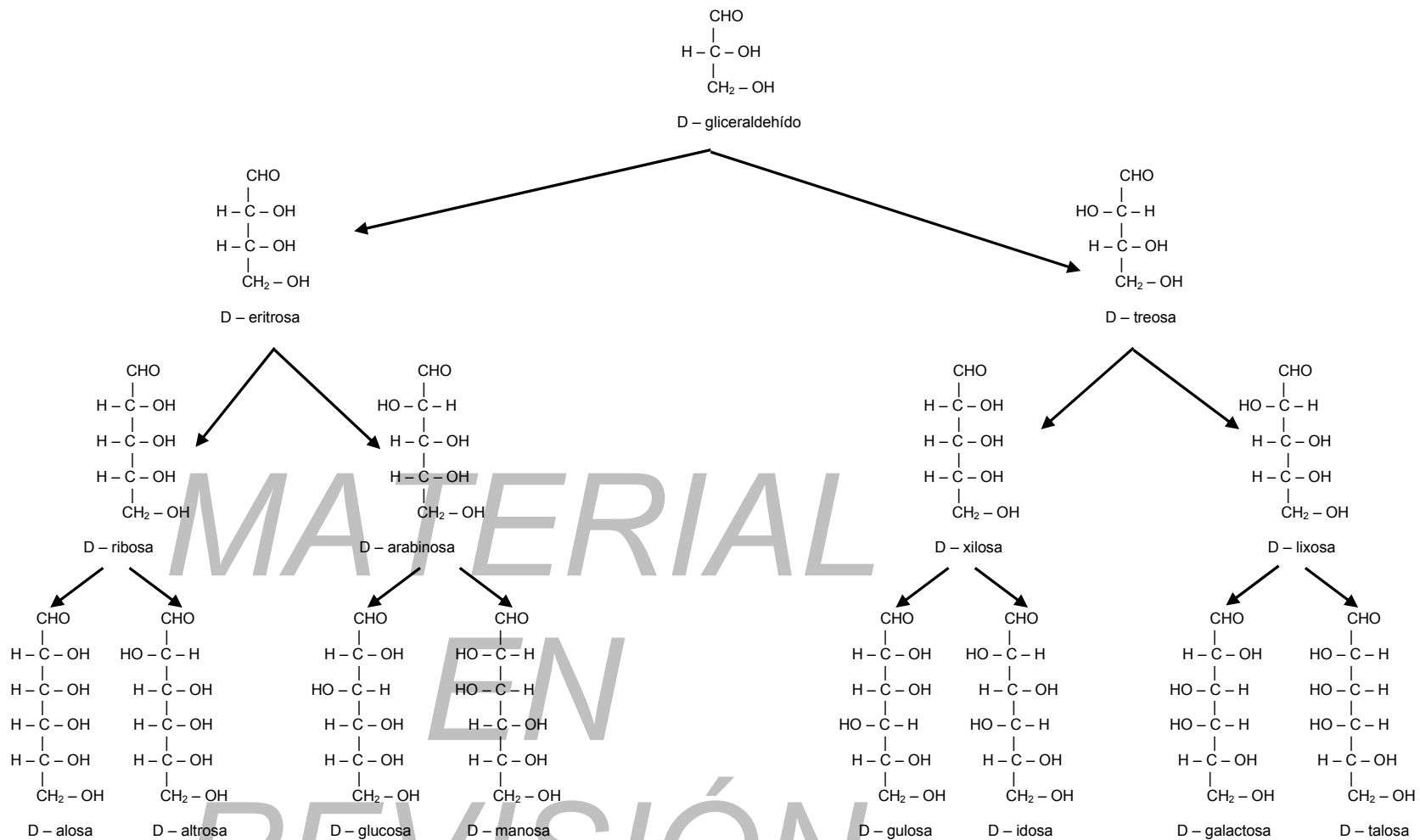
Comenzamos con los monosacáridos. Como ayuda pedagógica iniciaremos con el D – gliceraldehído que viene siendo la unidad óptica estructural más sencilla ya que por lo general estas sustancias son ópticamente activas.

En la figura 22 encontramos que el primer carbohidrato corresponde al gliceraldehído, los primeros miembros, el metanal y el 2 – hidroxietanal tienen comportamiento químico más marcado a aldehído que a carbohidrato.

En el gliceraldehído tenemos dos isómeros ópticos, el D – y el L –, dando cada uno origen a las familias de compuestos dextro y levo que discutimos en las propiedades ópticas en la primera unidad de este módulo. Nos quedaremos trabajando únicamente con la familia D.

Los carbohidratos son sólidos cristalinos, incoloros, inodoros, solubles en agua, de sabor dulce y presentan isomería óptica.

Figura 22. Estructuras de proyección de Fischer para las aldosas de la serie D.



3.2 Nomenclatura.

Los primeros carbohidratos, hasta hexosa, se suelen denominar teniendo en cuenta el número de carbonos que tiene su cadena carbonada y el nombre común como lo evidenciamos en la figura 22. A partir de la heptosa, es necesario identificar los carbonos asimétricos de la cadena carbonada principal, asociarla a la estructura de monosacárido con el mismo número de carbonos asimétricos, asignarle el prefijo correspondiente al que está definido en la tabla 19, otro para indicar los carbonos asimétricos no incluidos. El nombre finaliza con una palabra compuesta por el prefijo de carbonos equivalente al número de carbonos y finalizado en *osa* cuando la función principal es aldehído y *ulosa* cuando sea una cetona indicando con un número la posición del grupo funcional principal.

Tabla 19. Prefijos para las configuraciones de monosacáridos²⁵.

Nombre del azúcar	Número de carbonos asimétricos	Prefijo
D - gliceraldehído	Uno	D – glicero
D – eritrosa	Dos	D – eritro
D – treosa	Dos	D – treo
D – ribosa	Tres	D – ribo
D – arabinosa	Tres	D – arabino
D – xilosa	Tres	D – xilo
D – lixosa	Tres	D – lixo
D – alosa	Cuatro	D – allo
D – altrosa	Cuatro	D – altro
D – glucosa	Cuatro	D – gluco
D – manosa	Cuatro	D – mano
D – gulosa	Cuatro	D – gulo
D – idosa	Cuatro	D – ido
D – galactosa	Cuatro	D – galacto
D – talosa	Cuatro	D – talo

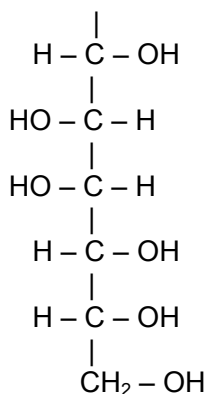
Si hemos comprendido el significado de la actividad óptica y su asociación a átomos asimétricos, teniendo en cuenta la figura 22 relacionada con la ubicación de dicho carbono y recordando el concepto de la imagen especular, usted puede construir la serie L para dichos hidrocarburos e intentar establecer su nomenclatura como un simple ejercicio académico, ya que aquí sólo estaremos trabajando con prioridad a la familia de compuestos D ya que son los que suelen tener actividad biológica relacionada con nosotros los humanos.

Hagamos un ejercicio para aclarar lo complejo que puede ser el nombrar un compuesto de este estilo.

Tomemos un monosacárido cuya fórmula estructural es:

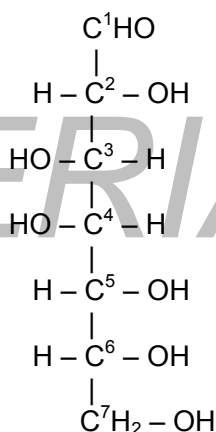


²⁵ LEDERKREMER, Rosa M de. VARELA, Óscar. *Hidratos de carbono*. Washington. Secretaría General de la O.E.A. 1988., p. 6.



Numeramos su cadena principal teniendo en cuenta las reglas de la IUPAC, como lo hemos mencionado en los grupos funcionales anteriores, y utilizando exponentes:

MATERIAL EN REVISIÓN

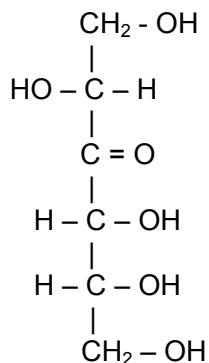


Contamos el número de carbonos quirales o asimétricos ubicados entre el grupo carbonilo y el grupo alcohol final de la molécula, encontrando cinco (C^2 , C^3 , C^4 , C^5 y C^6). Observamos la tabla 19 para encontrar el carbohidrato que tenga cuatro carbonos asimétricos y otro con idéntica configuración en la proyección de Fisher:

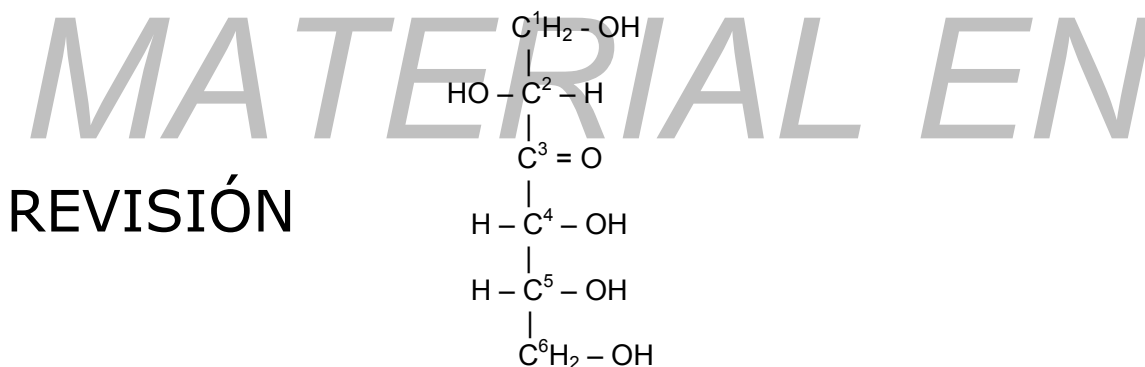
CHO 	→	Función aldehído	
$ \begin{array}{c} \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \end{array} $	→	$ \begin{array}{c} \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \end{array} $	Estructura similar a la de D - galactosa.
$ \begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{OH} \end{array} $	→	$ \begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{OH} \end{array} $	Estructura similar a la de D - gliceraldehído

El nombre del monosacárido del ejemplo será: D - glicero - D - galacto - heptosa.

Nos preguntamos ¿cómo se hará para nombrar una polihidroxicetona? Veamos la siguiente estructura:



Como en el caso anterior, numeramos la cadena buscando que el grupo carbonilo quede con el número más bajo. La secuencia, en la proyección de Fisher va de arriba hacia abajo:

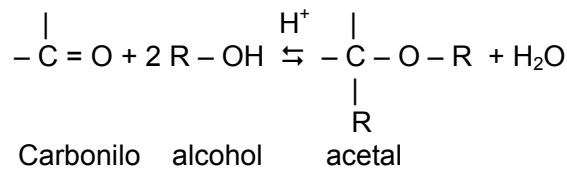


Determinamos el número de carbonos asimétricos, encontrando que son tres (C^2 , C^4 y C^5). Sin embargo, cuando buscamos las configuraciones para asignar los prefijos sólo vemos que C^4 y C^5 se asocian por su configuración con la D – arabinosa pero el C^2 no. Por lo tanto el nombre será: D – arabino – 3 – hexulosa.

Las fórmulas de proyección de Fisher representan moléculas de cadena abierta, flexibles que corresponderían a un comportamiento químico más amplio como el de presentar las reacciones típicas del grupo carbonilo u otras como:

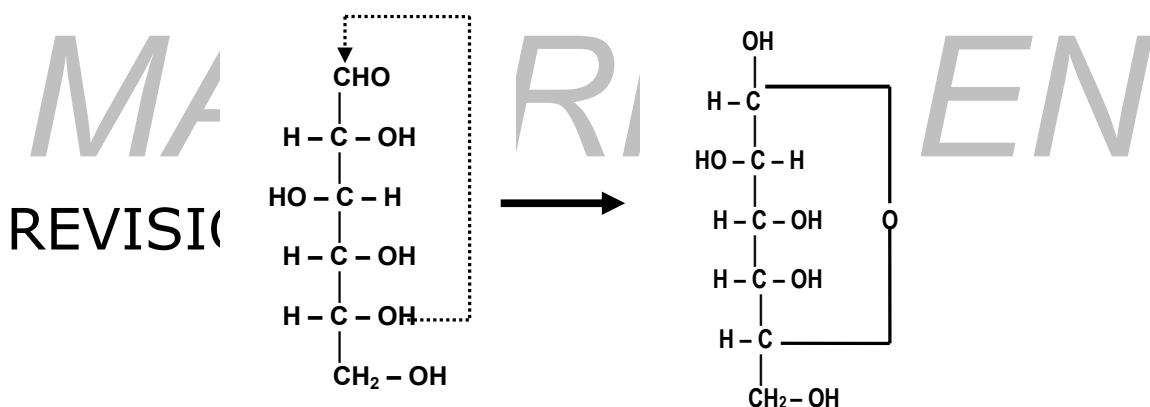
- Las aldosas no dan la reacción de Schiff que si la presentan los aldehídos.
- Hay variación en la rotación específica cuando los azúcares están en solución acuosa hasta alcanzar un valor constante; fenómeno llamado mutarrotación.
- Los monosacáridos forman acetatos cuyo comportamiento químico difiere de los aldehídos ya que sabemos que los ésteres no se forman sobre este grupo funcional.

Estas diferencias hacen que tengamos que considerar una estructura diferente que nos explique las razones por las cuales se presentan esas características. Si revisamos las propiedades químicas de los alcoholes y los aldehídos encontramos que ellos reaccionan entre sí para formar acetales; cambio que podemos representar así:



Este fenómeno químico también se presenta en los carbohidratos sólo que forma un anillo de cuatro, cinco o seis miembros dependiendo del número de carbonos que tenga la cadena: uno de los átomos que interviene es uno de los oxígenos involucrados (probablemente el del grupo carbonilo). Esta ciclización del carbohidrato se llama *hemiacetal* dando origen a rigidez en la estructura del compuesto, la aparición de dos anómeros por ubicación en el espacio del hidroxilo resultante, el surgimiento de comportamientos reductores típicos y la posibilidad de formar polímeros.

Para estudiar cada una de las propiedades mencionadas arriba, ilustremos con las proyecciones de Fisher esta ciclización utilizando como ejemplo la glucosa:



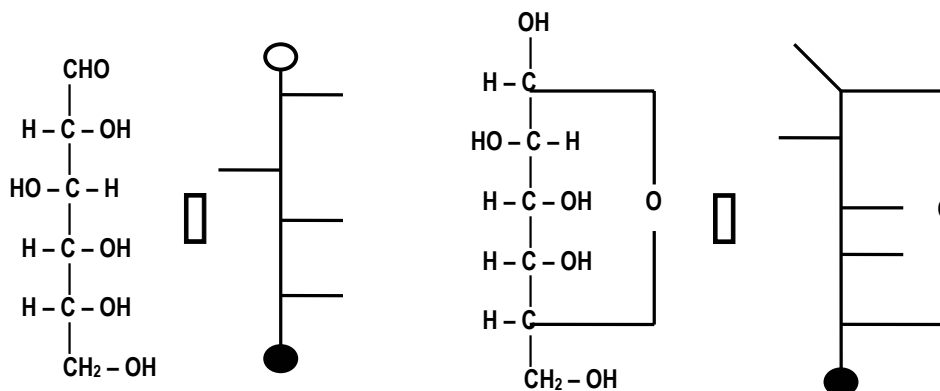
En la configuración de la molécula, también se aplican los criterios de estabilidad definidos como tensiones angulares mínimas, impedimento estérico reducido (acomodación de los sustituyentes voluminosos en condiciones de mínima energía) y configuración espacial con mínima energía.

Para comprender un poco lo de anomería, debemos emplear una forma geométrica adecuada que nos represente en un plano lo que puede ser una visión aproximada de la estructura tridimensional.

Esa aproximación corresponde a las proyecciones de Haworth. Para hacer el cambio de fórmulas de proyección tenemos en cuenta los siguientes criterios:

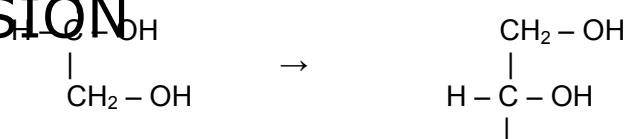
Se escribe la fórmula del monosacárido utilizando la fórmula de proyección de Fisher. Incluso se puede escribir en forma simplificada trazando una línea vertical; uno de sus extremos se coloca un círculo blanco para representar al grupo carbonilo y uno negro representando, en el extremo opuesto, al grupo alcohol primario terminal. Los grupos hidroxilos intermedios los representamos con líneas horizontales a la izquierda o a la derecha como aparezcan en la fórmula de proyección de Fisher. Se dibuja el cuadrado,

pentágono o hexágono que representa a la cadena carbonada incluyendo al oxígeno. Apliquémoslo para representar a la estructura de la glucosa:

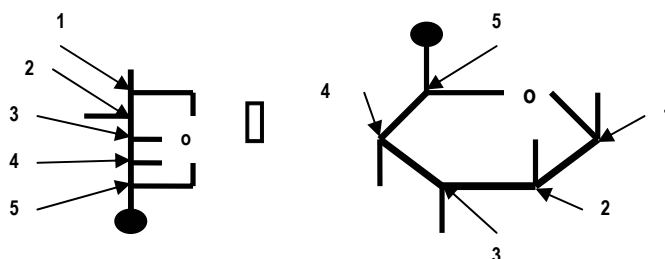


Ahora debemos colocar los sustituyentes. Por lo general no representamos al hidrógeno pero sabemos que el carbono por ser tetravalente, los sustituyentes que no se han indicado son hidrógenos. Ahora bien, si el sustituyente se encuentra al lado derecho de la proyección de Fisher deben quedar debajo del plano del anillo cuando el oxígeno se localiza atrás y el carbono cinco debe sufrir ese cambio.

REVISIÓN



En el caso de la glucosa, la aplicación de estos criterios nos da:

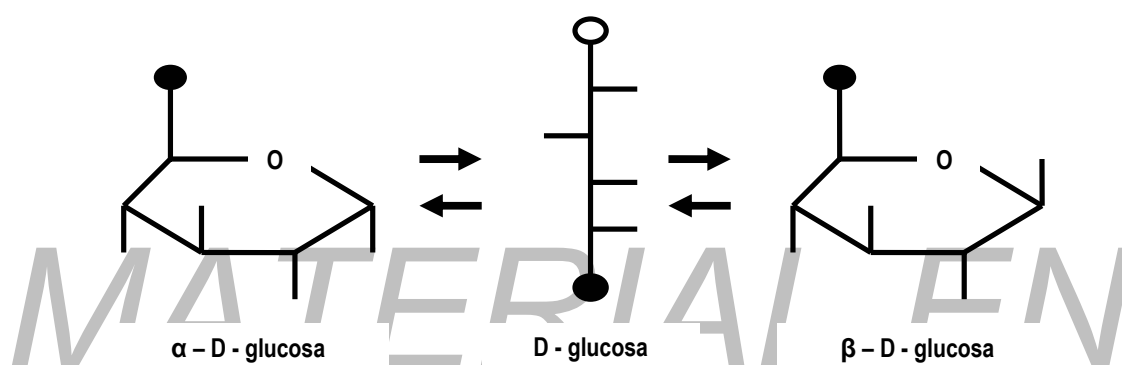


Hemos numerado la cadena para aplicar fácilmente los criterios. Siempre se escribe el número uno al carbono que tiene la función carbonilo.

Ahora vamos a explicar la formación de los dos anómeros y de paso el fenómeno de la mutarrotación.

¿Qué es la mutarrotación?

Corresponde a un fenómeno que siempre presenta la glucosa cuando se disuelve en agua y se procede a medir su rotación óptica; inicialmente muestra un valor de $+19^\circ$ que lentamente va disminuyendo hasta estabilizarse en $52,7^\circ$. Si el azúcar se disuelve en alcohol acuoso y se mide su rotación, comienza en $+113^\circ$ y disminuye hasta estabilizarse nuevamente en $52,7^\circ$. Por convención se estableció que la forma cristalina en agua – etanol corresponde al anómero α (alfa) y la que se encuentra en agua al anómero β (beta). Esta facilidad de interconversión de estructuras se debe precisamente a un equilibrio hemiacetal – aldehído.



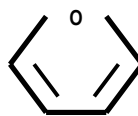
REVISIÓN

Esto significa que la representación real de la D – glucosa en cualquier solución corresponde a una mezcla en equilibrio de dos formas hemiacetálicas cíclicas diastereoisómeras y la forma aldehídica de cadena abierta.

Para recordar esta característica particular, en la nomenclatura de los monosacáridos, sobre todos de pentosas y hexosas, las estructuras cíclicas formadas recuerdan la de dos compuestos heterocíclicos llamados pirano y furano:



Pirano



Furano

La glucosa, al tener un anillo de seis miembros, se denominará como α – D – glucopiranososa o β – D – glucopiranososa. ¿Cómo se llamarán a los demás miembros de las aldohexosas que pueden formar hemiacetales?

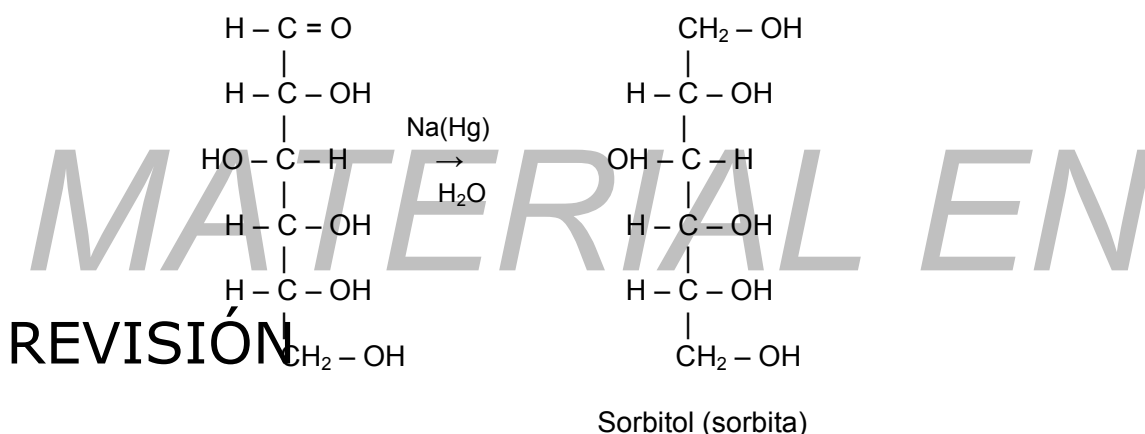
La estructura real de la glucosa cíclica corresponderá a una configuración silla en la cual el hidroxilo del carbono anomérico se verá favorecido en una posición axial (para el alfa) o ecuatorial (para el beta). Compruébelo elaborando el correspondiente modelo y ubicando el hidroxilo en la posición que ocupará en el anillo.

3.3 Propiedades químicas.

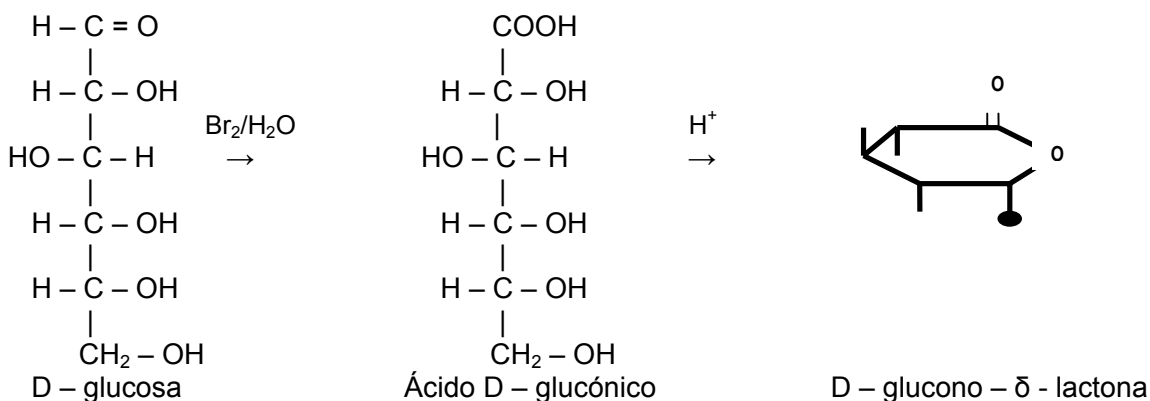
Comprendidas las propiedades estructurales de los monosacáridos, revisemos su comportamiento químico. No podemos considerar en conjunto las características de los dos grupos funcionales (al menos ya lo hicimos al considerar la ciclización hemiacetálica) sino que debemos analizar al grupo carbonilo y al hidroxilo por separado.

Para el grupo carbonilo, tenemos que se puede reducir para formar alcoholes, usando amalgama de sodio y agua, oxidar con bromo o carbonato de calcio y agua ácida para formar los ácidos aldónicos, con ácido nítrico para obtener ácidos aldáricos o hacerlos reaccionar con cianhidrina para alargar la cadena carbonada. Ilustremos esos cambios con la glucosa:

3.3.1 Reducción.



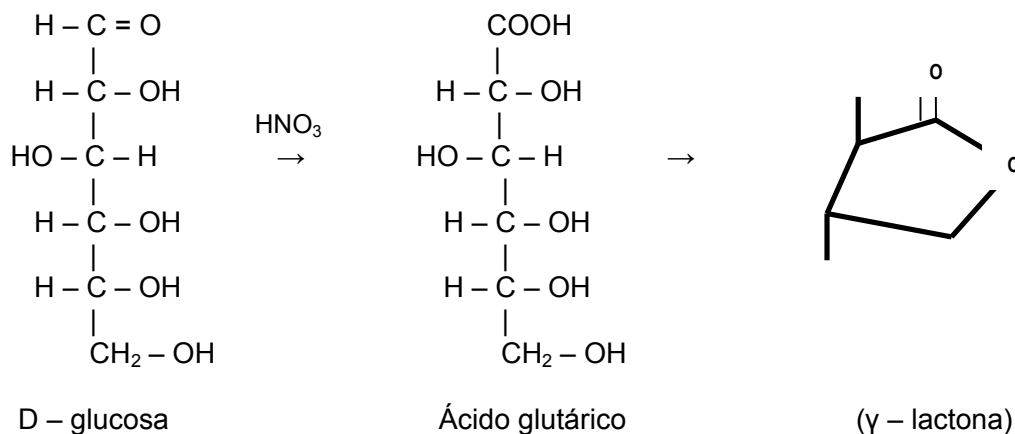
3.3.2 Oxidación a ácido aldónico.



Vale la pena destacar que el último paso ocurre cuando en la cadena se presentan dos funciones: la carboxilo y la hidroxilo. Entre ellos se puede presentar una interesterificación intramolecular para formar anillos de cinco miembros (se tiene una γ -lactona) o de seis miembros (una δ -lactona)²⁶ que es el compuesto que forma la glucosa en las condiciones del ensayo.

²⁶Los símbolos: γ -lactona y δ -lactona se leen gamma-lactona y delta lactona respectivamente.

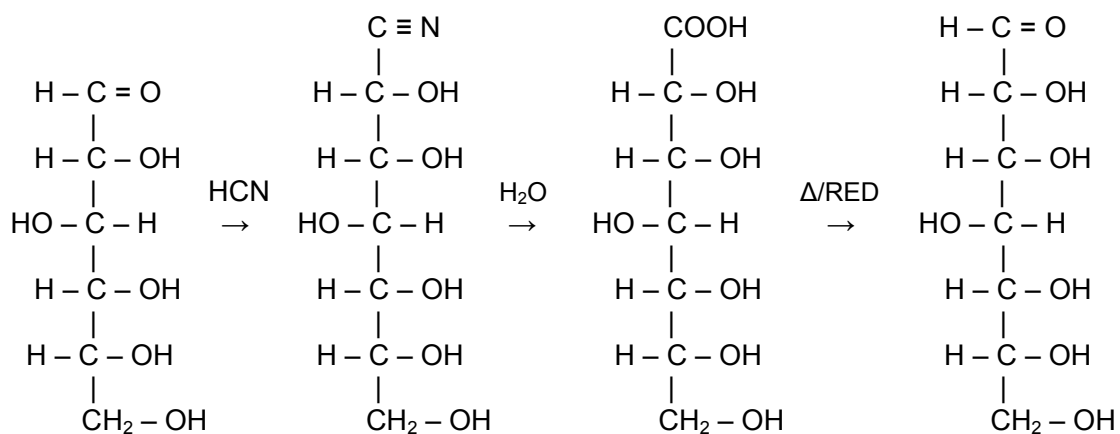
3.3.3 Oxidación a ácido aldárico.



3.3.4 Reacción con cianhidrina.

También se denomina la síntesis de Killiani y como lo mencionamos arriba, sirve para aumentar en un carbono la cadena carbonada del azúcar:

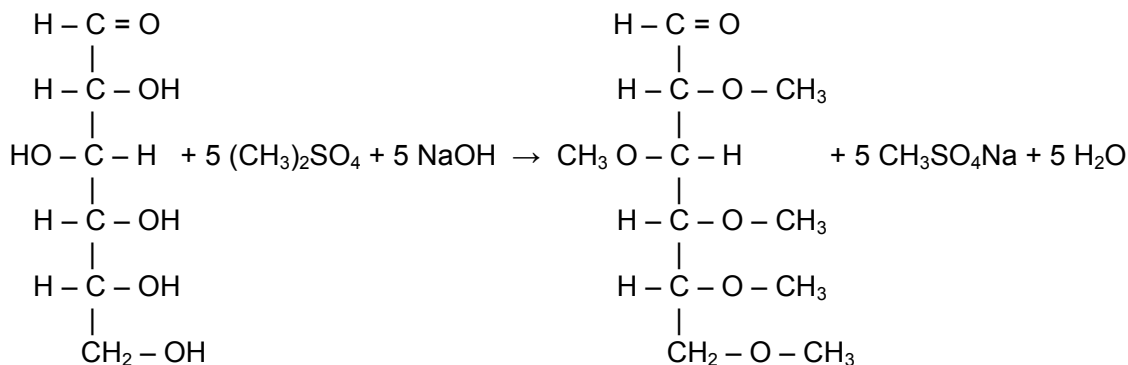
REVISIÓN



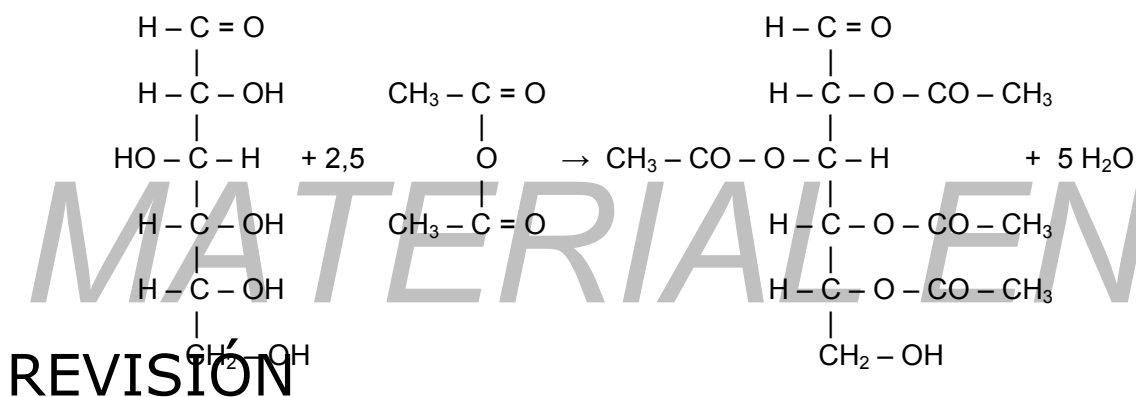
El paso final de síntesis involucra dos etapas: un calentamiento y una reducción para transformar la función carbonilo en carbonilo.

Ahora revisemos las reacciones que pueden presentar los grupos hidroxilo, similares a las que ocurren como alcoholes: formación de éteres y de ésteres.

3.3.5 Formación de éteres.



3.3.6 Formación de ésteres.

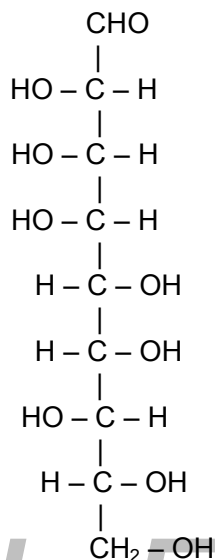
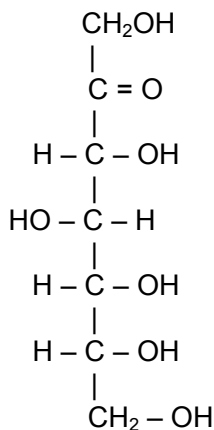
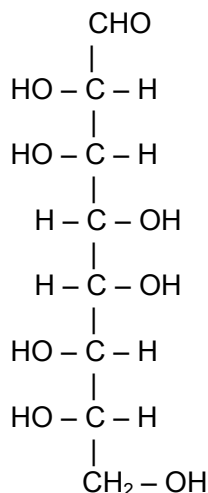


ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 11

Dada la complejidad de este subtema, vamos a efectuar un alto para tener la oportunidad de revisar los conceptos, las estructuras y las propiedades fisicoquímicas de los monosacáridos ya que son el elemento fundamental de este grupo de sustancias.

- 1) Construya un mapa conceptual que le permita ubicar a los glúcidos y a sus principales propiedades.
- 2) Escriba las estructuras de proyección simplificada de Fisher para las aldosas de la serie L. No olvide utilizar el criterio de la imagen especular ya visto en la primera unidad. Para facilidad en la realización del ejercicio, escriba primero las proyecciones simplificadas para la familia D – aldosas.
- 3) Elabore los modelos utilizando las esferas y clavijas para las estructuras químicas de la D – alosa, D – altrosa, D – glucosa, D – manosa, D – gulosa, D – idosa, D – galactosa y D – talosa. Intente construir las moléculas de estas mismas sustancias pero siendo L. Compárelas y escriba sus conclusiones.

- 4) Utilizando las normas de nomenclatura IUPAC para los azúcares, escriba el nombre de los carbohidratos con la siguiente fórmula estructural:



- 5) Escriba las reacciones de la D – alosa, D – altrosa, D – manosa, D – gulosa, D – idosa, D – galactosa y D – talosa. No olvide escribir los nombres de los productos que se forman según la reacción sea del grupo carbonilo o del grupo hidroxilo.

REVISIÓN

3.4 *Disacáridos.*

Estos carbohidratos están formados por la unión glicosídica entre dos monosacáridos y son relativamente fáciles de hidrolizar (separar con agua acidulada, una reacción inversa a la que origina el compuesto donde se libera agua).

En la naturaleza hay cuatro disacáridos comunes: sacarosa, maltosa, lactosa y celobiosa.

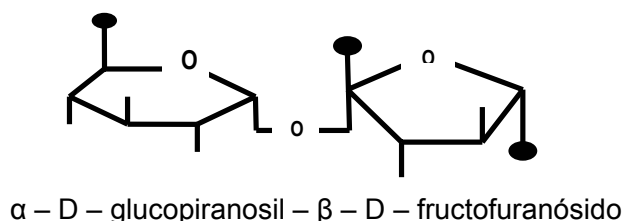
La sacarosa o azúcar de caña o de remolacha, es un disacárido de fórmula condensada $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, que no reduce el reactivo de Tollens o de Fehling, no presenta anómeros ni mutarrotación, indicando que no dispone de grupo aldehído libre.

Sin embargo, al hidrolizarlo, se obtienen cantidades equimoleculares de D – (+) – glucosa y de D – (-) – fructosa presentándose cambios en el signo de rotación (pasa de positivo a negativo) por lo que esta mezcla se llama azúcar invertido (¿qué diferencia existe entre la miel de abejas y el azúcar invertido? ¿Cómo se prepara este último?).

La (+) – sacarosa está formada por una unidad de D – glucosa y otra de D – fructosa unidas mediante un enlace glicosídico entre el carbono uno de la molécula de glucosa y el carbono dos de la molécula de fructosa como lo vemos en la figura 23.

En la industria alimenticia y farmacéutica es muy común el uso de jarabes para dar sabor a ciertos productos que por sí mismos presentan alguna propiedad que afecta su palatabilidad.

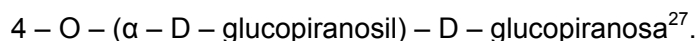
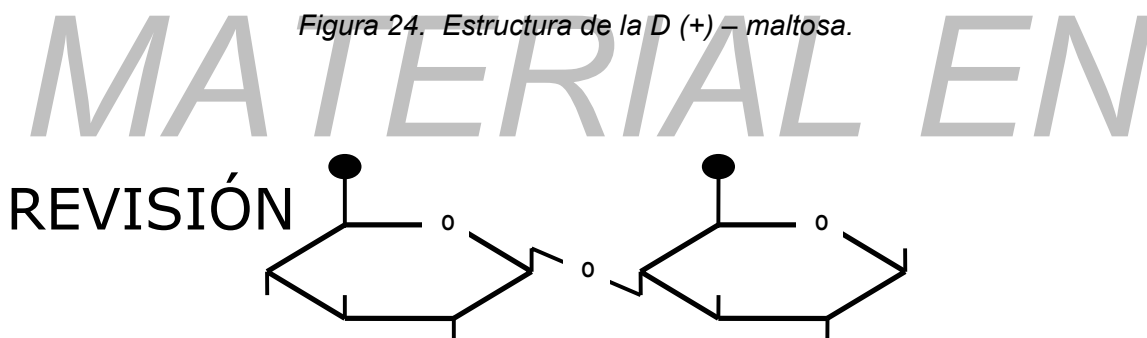
Figura 23. Fórmulas de proyección de Haworth para la sacarosa.



La maltosa es un subproducto de la hidrólisis parcial del almidón, su fórmula molecular es $C_{12}H_{22}O_{11}$, se comporta como un azúcar reductor ya que oxida los reactivos de Tollens y Fehling. Tiene dos anómeros que en solución sufren mutarrotación, hechos que confirman que la (+) – maltosa tiene un grupo carbonilo en forma hemiacetálica.

Su hidrólisis produce dos moléculas de glucosa que están unidas mediante un enlace alfa – glicosídico como lo podemos ver en la figura 24.

Figura 24. Estructura de la D (+) – maltosa.



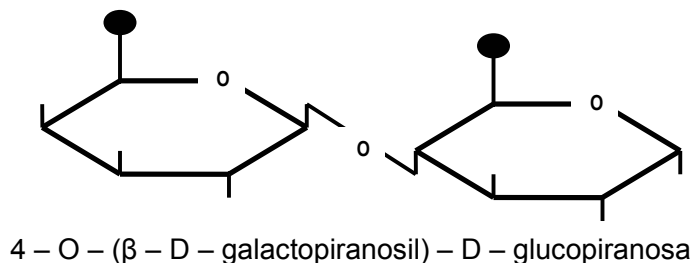
Esta estructura nos muestra que la unión glicosídica es de tipo alfa e involucra al carbono uno de una de las moléculas (vemos que interactúan dos hidroxilos liberando una molécula de agua).

La lactosa o azúcar de la leche, llega a representar del 4 al 6 % del contenido de la leche de vaca y del 5 al 8 % de la leche humana, corresponde a un betagalactósido ya que está formada por una molécula de galactosa y una de glucosa unidas por un enlace betagalactósido. Es conveniente que diferencie en la estructura de cada molécula la forma como se está representando cada uno de estos enlaces y la invitación es a que construya el modelo utilizando las bolas y clavijas que ha construido en la unidad anterior ya que facilita muchísimo la comprensión de lo que se está estudiando acá.

Su fórmula molecular es $C_{12}H_{22}O_{11}$, corresponde a un azúcar reductor, tiene dos anómeros que sufren mutarrotación, debido a que deja libre el carbono anomérico de la (+) – glucosa. Observemos la figura 25.

²⁷ La O indica que la unión se hace a través de un átomo de oxígeno.

Figura 25. Fórmula de proyección de Haworth para la (+) – lactosa.



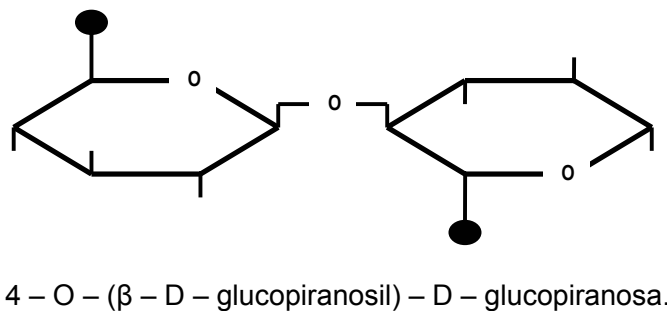
Por último, la celobiosa es un producto de la degradación parcial por hidrólisis de la celulosa.

La (+) – celobiosa tiene la misma fórmula molecular de la (+) – maltosa: $C_{12}H_{22}O_{11}$, siendo un azúcar reductor, presenta dos anómeros y sufre de mutarrotación. Se hidroliza en medio ácido para formar dos moléculas de glucosa.

Esto indica que la maltosa y la celobiosa son isómeros y que su diferencia radica en el tipo de unión glicosídica que se presenta entre los dos monosacáridos ya que todos los animales monogástricos podemos digerir la maltosa más no la celobiosa. En la figura 26 está dibujada la estructura de esta sustancia la que podemos comparar con la de la figura 24 para evidenciar dichas diferencias y comprender la especificidad de las enzimas digestivas que permiten la hidrólisis de estos compuestos en el tracto digestivo.

REVISIÓN

Figura 26. Fórmula de proyección de Haworth para la (+) – celobiosa.



3.5 Polisacáridos.

Terminamos el estudio de estas sustancias estudiando los compuestos que se polimerizan a partir de unidades estructurales de monosacáridos.

Hemos comprendido cómo se unen los monosacáridos para formar disacáridos a través del enlace glicosídico ya sea alfa o beta, ahora podemos ampliar su flexibilidad en el sentido de que se puede establecer con él uniones lineales o ramificadas para dar una molécula muy compleja y de elevado peso molecular a la que llamaremos *polímero*.

Los polisacáridos o glicanos, son polímeros de monosacáridos que están unidos por enlaces glicosídicos. Se encuentran en plantas, animales y microorganismos en los cuales cumplen diversas funciones, algunas ya determinadas y en otras desconocidas. La celulosa y la quitina son materiales estructurales, el almidón y el glucógeno son sustancias de reserva de energía y los polisacáridos de paredes bacterianas confieren a la misma especificidad inmunológica.

Los glicanos que están formados por un solo monosacárido son homopolisacáridos y se denomina cambiando la terminación *osa* del monosacárido por *ano*. Un heteropolisacárido lo forman dos o más tipos de monosacáridos.

Todo polisacárido tiene un solo extremo reductor y las unidades terminales no reductoras están presente en números variables dependiendo del grado de ramificación. Los monosacáridos constituyentes más comunes son la D – glucosa, la D – y L – galactosa, D – manosa, D – fructosa, D – xilosa y L – arabinosa.

En esta parte revisaremos la estructura y las propiedades de los más comunes como son el almidón, la celulosa y el glicógeno todos ellos homopolisacáridos.

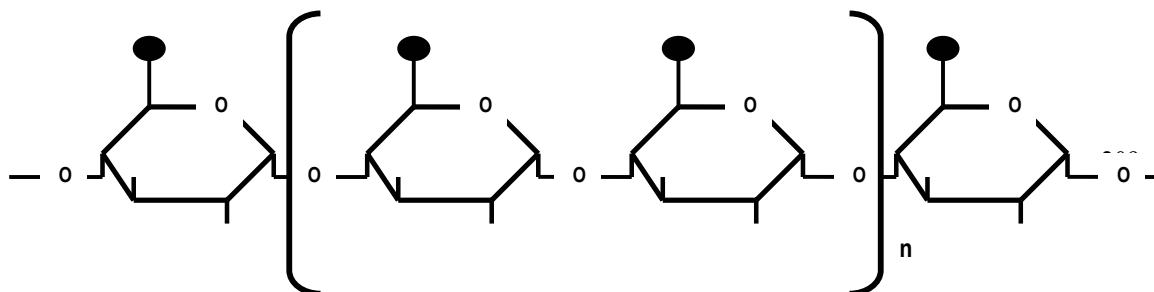
Estos tres polisacáridos son polímeros de la glucosa, con fórmula empírica $(C_6H_{10}O_5)_n$ donde n varía entre 100 y 120000; los pesos moleculares varían de 20000 a 20000000. Son sólidos amorfos, insolubles en agua y que al hidrolizarse producen un gran número de moléculas de monosacáridos, según el tipo de carbohidrato.

El almidón es el carbohidrato de reserva de las plantas y se encuentra almacenado en todos los granos, semillas, raíces y tubérculos. Por ello las principales fuentes comerciales son el maíz, las papas, el trigo, el arroz y la tapioca. (¿En su región existe alguna fuente farinácea diferente? Si es así por favor nómbrela).

En el vegetal, el almidón se encuentra como gránulos, de tamaño y formas características. Cuando están intactos son insolubles en agua fría; al romperse en la molienda, se hinchan con el agua formando un gel. Si se tratan los gránulos completos con agua caliente, ésta se difunde a través de la membrana una parte hincándola hasta reventarla. La fracción soluble en agua (responde al 20 %) se llama *amilosa* y el 80 % restante, insoluble se denomina *amilopectina*. Este comportamiento revela que el almidón corresponde a una mezcla de dos polisacáridos diferentes.

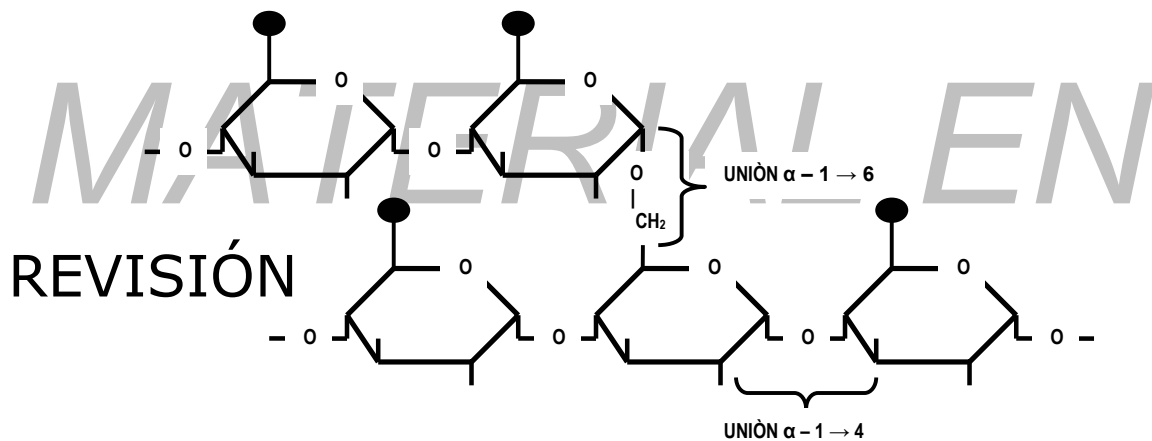
La amilosa es un polímero formado por unidades de maltosa correspondiendo a 1000 o más unidades de D – glucosa con un enlace glicosídico alfa y con escasa o nula ramificación por lo que se supone que es una cadena lineal. Sin embargo, cuando se encuentra en solución adopta una estructura helicoidal que le permite formar complejos de inclusión con el yodo para dar un cromóforo azul intenso utilizado en análisis cualitativo para identificar al almidón. En la figura 27 encontramos la estructura de este glicano.

Figura 27. Fórmula de proyección de Haworth para la amilosa.



La amilopectina es el otro glicano del almidón, que tiene una estructura más compleja que la amilosa. La cadena base es muy ramificada ya que tiene varios cientos de cadenas cortas formadas por 20 a 25 unidades de D – glucosa, indicándonos que se presentan dos tipos de unión: la misma que presenta la amilosa (enlace glicosídico $\alpha - 1 \rightarrow 4$) y la ramificación que se presenta por un enlace $\alpha - 1 \rightarrow 6$. En la figura 28 se ilustra la forma en que ocurren las uniones mencionadas.

Figura 28. Fórmulas de proyección de Haworth para la estructura de la amilopectina.



Cuando se encuentra en solución también trata de adquirir la configuración en hélice y puede formar complejos de inclusión con el yodo para dar un complejo de color rojo – violeta.

El glicógeno, almidón animal o almidón del hígado, es el polisacárido energético de reserva lo mismo que fuente potencial de fosfato ya que este polímero está esterificado con estos grupos (¿puede conseguir la fórmula estructural de esta sustancia?)

Su estructura es similar a la de la amilopectina solo que más ramificada, la cadena lineal tiene una diez moléculas de glucosa en unión $\alpha - 1 \rightarrow 4$, aparece una ramificación $\alpha - 1 \rightarrow 6$ y repite nuevamente la estructura. Es rápidamente hidrolizado a glucosa cuando su concentración baja en la sangre.

Por último, la celulosa es el polisacárido más extendido en la naturaleza ya que forma parte de la pared celular vegetal.

Es un polímero lineal, no reductor, insoluble en agua y con una fórmula condensada $(C_6H_{10}O_5)_n$. Su hidrólisis produce D – glucosa. Su peso molecular oscila entre 250000 a

más de un millón. El enlace glicosídico es de tipo $\alpha - 1 \rightarrow 4$ semejante al de la celobiosa al que podemos considerar su unidad fundamental de repetición.

Al ser un polímero lineal, no favorece el hinchamiento de la estructura con agua (de ahí su insolubilidad) pero si se agrupan para formar haces estabilizados por uniones de puente de hidrógeno. Dichos enlaces se tuercen entre sí para fabricar fibras, base de la madera, ya que encajan entre lignina para dar mayor resistencia a todo el conjunto, facilitar la organización del tronco y las ramas de los vegetales.

3.6 **Carbohidratos de importancia biológica.**

Hemos mencionado atrás los azúcares más importantes para los seres humanos, los animales monogástricos y los poligástricos como fuente principal de energía, material de reserva y estructural en los vegetales. En la industria alimenticia juegan papel fundamental ya que tienen una amplia participación dentro de las materias primas ya sea como componente principal, material de relleno, vehículo o aglomerantes de otros componentes fundamentales y que constituyen la esencia de la tecnología.

En el campo de los medicamentos, se encuentran sustancias con actividad como anestésicos, la cloralosa un compuesto proveniente de la combinación química del hidrato de cloral con la glucosa, los glicósidos cardíacos provenientes de algunos vegetales y venenos de los sapos que actúan sobre el miocardio para tratar insuficiencias cardíacas congestivas o arritmias como son el caso del grupo de los lanatósidos A, B y C, y la estrofantina G.

REVISIÓN

La heparina, una molécula semejante a los carbohidratos, tiene acción sobre el mecanismo de la coagulación de la sangre, es un mucopolisacárido con peso molecular de 6000 a 20000 compuesto por dos unidades monómeras: la D – glucosalina y el ácido D – glucorónico con unión glicosídica $\alpha - 1 \rightarrow 4$. A pH fisiológico (cercano a la neutralidad) se encuentra como un anión.

Los dextranos son polímeros de la glucosa producidos por bacterias del género *Leuconostoc* que se utilizan en fracciones purificadas como expansores del plasma o sustancias que promueven la recuperación de la pérdida de sangre.

Por último, también encontramos algunos carbohidratos con capacidad antiinflamatoria como es el caso de la aurotioglucosa y la auranofina utilizadas en el tratamiento de las artritis como agente de alivio sintomático y retardar el deterioro de las articulaciones afectadas.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 12

- 1) Elabore un mapa conceptual que le permita relacionar monosacáridos, disacáridos y polisacáridos estudiados en este tema.

- 2) Utilizando el modelo de bolas y clavijas, construya algunas de las estructuras estudiadas como monosacáridos, disacáridos y polisacáridos para identificar la posición espacial que ocupa cada uno de los enlaces glicosídicos (α y β) y comparar la figura geométrica con las proyecciones de Fisher y de Haworth que utilizamos en la representación de algunas de ellas.
- 3) Elabore una pequeña monografía ilustrando el uso de las propiedades de los carbohidratos en la industria alimenticia.
- 4) Elabore la fórmula química estructural de las sustancias que se describieron con utilidad como medicamento y compárelas con las estructuras ya analizadas de otras sustancias con igual capacidad biológica. ¿Qué puede concluir?

MATERIAL EN REVISIÓN

TEMA TRES

ÉTERES

Esta familia de compuestos se diferencia de las demás en que su grupo funcional, el oxígeno, se encuentra unido a dos átomos de carbono diferente por lo que sus propiedades son diferentes como lo vamos a estudiar enseguida.

3.1 Concepto y Grupo funcional.

Este grupo funcional se caracteriza por que el átomo de oxígeno se encuentra dentro de la cadena carbonada formando parte de ella o también enlazando dos estructuras carbonadas diferentes ya que dichas cadenas pueden ser alifáticas, cíclicas, saturadas o no, o aromáticas.

El ángulo de la unión C – O – C no es de 180 °, los momentos bipolares generados por la diferencia de electronegatividad no se neutralizan entre sí por lo que siempre van a manifestar un pequeño momento dipolar que los coloca un poco por encima de los compuestos apolares pero en menor grado a los de los alcoholes isómeros.

Conforman una serie homóloga de compuestos con fórmula general R – O – R', R – O – Ar, o Ar – O – Ar'.

Se suele considerar que estas sustancias resultan de la sustitución del hidrógeno hidroxílico de un alcohol o de un fenol por un grupo alcohilo o arilo.

Dependiendo de los sustituyentes (R – o Ar –) los éteres pueden ser simétricos o simples si sus cadenas son iguales y asimétricos o mixtos cuando son diferentes, factor a tener en cuenta cuando se está planeando su síntesis.

3.2 Nomenclatura.

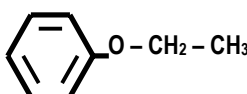
Como en el caso de las funciones anteriores, existen dos sistemas: el común y el IUPAC.

En el sistema común se nombran los grupos según su orden de complejidad seguido de la palabra *éter* o se inicia con la palabra *éter* y termina con el nombre de los dos grupos en una sola palabra y finalizando con el sufijo *ico*.

En el sistema IUPAC, los éteres se nombran como si fueran alcohoxi derivados de los hidrocarburos, tomándose el radical más largo como la estructura fundamental. Veamos los siguientes ejemplos:

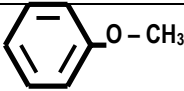
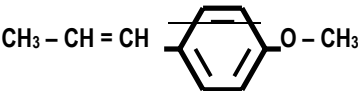
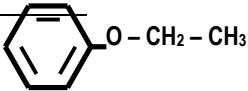
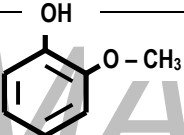
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$ Dimetil éter, éter metílico, metoximetano.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Etil – propil éter, éter etil propílico, etoxipropano.

 $\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Etil – feniléter, éter etil fenílico, etoxibenceno.

También encontramos algunos éteres que tienen nombres comunes particulares que debemos aprender. Se encuentran en la tabla 20.

Tabla 20. Estructura y nombres de algunos éteres comunes.

Estructura	Nombre
	Anisol
	Anetol
	Fenetol
	Guayacol

3.3 Propiedades físicoquímicas.

3.3.1 Características físicas.

Como lo mencionamos arriba, los éteres tienen un pequeño momento dipolar que los coloca un poco por encima de los compuestos no polares pero no los coloca como totalmente polares identificándose a este grupo como de sustancias no asociadas, que mantiene el mismo comportamiento de las sustancias vistas hasta ahora: los puntos de ebullición no son altos, así que el éter metílico (-24 °C) y el metil etiléter (8 °C) son gases a temperatura ambiente y por encima del éter etílico (35 °) son líquidos volátiles inflamables que aumentan su punto de ebullición al incrementar su cadena carbonada, los isómeros ramificados tienen menores puntos que sus congéneres lineales.

Tienen solubilidad en agua comparable a las de los alcoholes por lo que es muy posible que puedan formar enlaces de hidrógenos débiles pero suficientes para disolverse en agua, comportamiento que disminuye al aumentar el peso molecular de la sustancia.

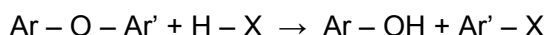
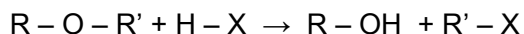
3.3.2 Reacciones químicas.

La mayoría de éteres alifáticos se convierten lentamente en peróxidos cuando están en contacto con el aire. A pesar de que aparecen a baja concentración, los peróxidos son muy peligrosos debido a su inestabilidad, causa de explosiones si se llegan a destilar sin efectuar procesos de reducción previos.

El grupo funcional de los éteres es poco reactivo, siendo su mayor utilidad como solventes orgánicos. Sin embargo presentan dos cambios característicos: la degradación con halogenuros de ácido y la formación de alquenos:

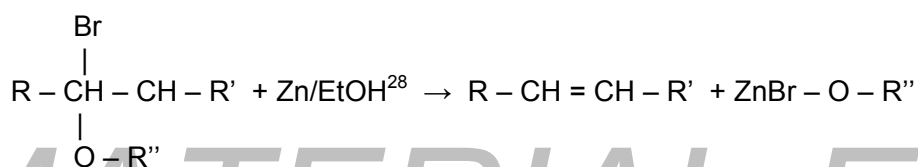
3.3.2.1 Degradación ácida.

Los éteres reaccionan con los haluros de hidrógeno para regenerar el alcohol y el haluro de alquilo o de arilo que le dieron origen:



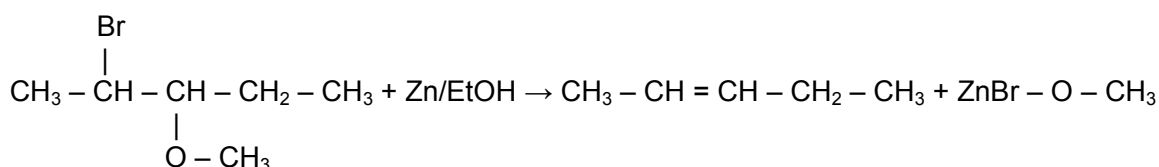
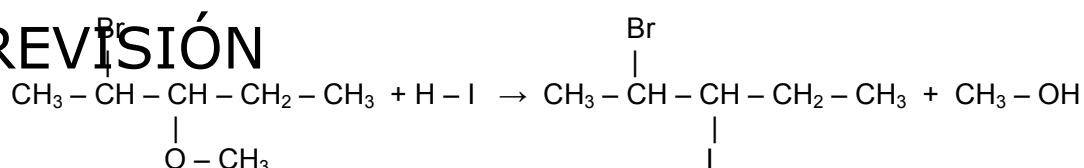
3.3.2.2 Formación de alquenos.

Se presenta cuando junto a la función éter se encuentra un halógeno:



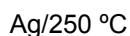
Ilustremos las anteriores reacciones utilizando un ejemplo:

REVISIÓN

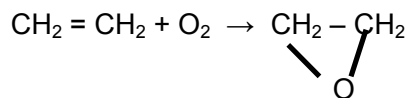


Es necesario reseñar un tipo especial de éteres cíclicos que tienen un anillo de tres miembros siendo llamados *epóxidos*. Esta estructura, muy pensionada, confiere a la sustancia gran reactividad química que permite utilizarlos especialmente en la síntesis de alcoholes con la función éter dentro de su cadena carbonada.

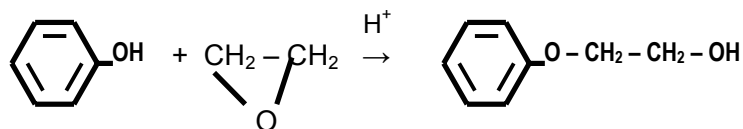
El compuesto epóxido más sencillo es el óxido de etileno que se obtiene por la oxidación catalítica del etileno:



²⁸ EtOH es una abreviatura para representar al Etanol o alcohol etílico.



Una reacción típica es:



El dioxano y el furano son dos sustancias que se consideran éteres cíclicos, por ello debemos mencionarlas como parte de este grupo funcional.

3.4 Éteres de importancia en alimentos y farmacia.

En la industria de alimentos es de utilidad el éter etílico en la determinación de las grasas de las materias primas o en el control de calidad de producto terminado.

En farmacia se usan como anestésicos volátiles, fármacos depresores que eliminan parcialmente la sensación dolor y se acompañan de la pérdida de la conciencia, sin embargo son tóxicos por lo que se debe controlar su uso. Se han desarrollado una familia de compuestos etil y vinil sustituidos, para los primeros, la inclusión de insaturaciones aumenta su potencia y disminuye el período de inducción y de recuperación (antes y eliminación bioquímica del anestésico).

REVISIÓN

Otro grupo de sustancias que vale la pena mencionar son los monoéteres del glicerol y los éteres glicidílicos; se caracterizan por ser relajantes musculares de acción central, es decir, que ejercen un efecto sedativo sobre el sistema nervioso central sin producir la pérdida de conciencia.

El óxido de etileno es un gas con olor semejante al del éter etílico, capaz de formar mezclas explosivas con aire; se diluye con nitrógeno hidrocarburos fluorados o dióxido de carbono para utilizarlo como agente desinfectante esterilizante de materiales porosos debido a su gran capacidad de difusión y baja inercia química. Posiblemente su poder se debe a su capacidad de realizar inhibiciones enzimáticas alquilando los ácidos carboxílicos, grupos amino o hidróxido presentes en los péptidos y las proteínas de los seres vivos alterando su estructura celular.

- 1) Escriba la serie homóloga de los éteres alquílicos simétricos y asimétricos que tengan desde el carbono uno hasta el diez y al frente los nombres del sistema común y del IUPAC.
- 2) Escriba las fórmulas estructurales de los compuestos cuyos nombres encuentra enseguida: 2 – cloroetoxi – 2 – cloroetano, metoxinaftaleno, éter p – bromopropoxibenceno, 3 – metoxihexano, metil – ciclopropiléter, 1,1,1 – trimetoxietano, 1,2 – dimetoxi – 3 – etoxipropano, p – etoxitolueno, éter p – tolílico, éter propilisopropílico y éter butil – t – butílico. Seleccione alguna de estas estructuras y trátelas de representar utilizando el modelo de bola y clavija; escriba las conclusiones que encuentre relacionadas con la distribución espacial de la molécula.
- 3) Utilizando las anteriores estructuras químicas ilustre los dos tipos de reacciones que presentan los éteres.
- 4) Escriba las estructuras químicas de las sustancias con actividad farmacéutica mencionadas en el tema.

MATERIAL EN REVISIÓN

TEMA CUATRO

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS, ÉSTERES Y LÍPIDOS

Comprende un grupo de compuestos que tienen en común al grupo carboxilo individual o asociado a otras estructuras alifáticas o aromáticas, presentando un conjunto de características que los diferencia de las demás familias de compuestos de carbono que hemos estudiado hasta ahora.

La biología celular nos ha presentado la estructura de la membrana celular en la cual los lípidos, unos ésteres de los ácidos grasos, se disponen de manera especial permitiendo la organización de la misma y el intercambio de sustancias que permiten mantener sus características estructurales y funcionales de algo que bioquímicamente hablando se denomina la vida.

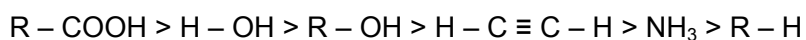
1. Ácidos carboxílicos.

3.1 *Concepto y Grupo funcional.*

El grupo carboxilo, $-\text{COOH}$, se caracteriza porque sobre el carbono se encuentra unido a dos átomos de oxígeno, uno de ellos con unión doble y el otro enlazado con una sencilla, mostrando dos tipos de hibridación (sp^2 y sp^3), con una característica especial y es la de presentar dos formas estructurales distintas en resonancia como lo habíamos analizado en la primera unidad (figura 7), permitiendo la liberación relativamente fácil del hidrógeno como catión indicando características ácidas de donde deriva el nombre del grupo funcional.

Tal acidez es baja, confiriéndole ciertas propiedades útiles para el sostenimiento de la vida como es la facilidad de formar soluciones buffer, tampón o amortiguadoras de variaciones razonables en el potencial de hidrógeno o pH al permitir condiciones para que ocurran las reacciones bioquímicas como lo estudiarán en su curso de bioquímica.

Recordando el concepto de acidez y basicidad derivado del curso de Química General, al disolver una sustancia orgánica en agua, se puede construir una escala cualitativa con otras funciones que pueden presentar esta actividad química, así:



En ella encontramos que los ácidos son las sustancias con mayor capacidad de liberar protones, comparadas con los alcanos últimos miembros de la serie.

La disposición del grupo carboxilo establece que los ácidos sean moléculas polares, con capacidad para formar puentes de hidrógeno incluso intermoleculares o con otras sustancias modificando sus propiedades físicas.

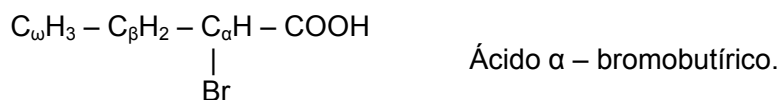
Según el número de grupos carboxilos que exhiba la molécula, los ácidos carboxílicos pueden ser mono -, di -, tri - o policarboxílicos.

Ahora debemos resaltar un aspecto importante que ya hemos evidenciado en funciones orgánicas anteriores: sobre la estructura carbonada de soporte aparecen otras funciones de menos importancia, en el concepto que hemos venido manejando en el curso y establecido por convención internacional; sin embargo, ellas pueden ayudar a definir un comportamiento biológico determinado al realizar modificaciones estructurales como es el caso de los hemiacetales en los carbohidratos.

En forma similar, en los ácidos carboxílicos que presentan en el carbono dos de su estructura carbonada (también llamado carbono alfa) un grupo hidróxido se pueden esterificar intramolecularmente para formar anillos denominados *lactidas*, como ocurre en el ácido láctico, málico, tartárico o cítrico donde todos ellos son α - hidroxiaácidos. Situación semejante presenta los ácidos γ - hidroxiaácidos y δ - hidroxiaácidos que forman ésteres cíclicos de cinco y seis miembros denominados γ - y δ - lactonas.

3.2 **Nomenclatura.**

Muchos de los ácidos carboxílicos se descubrieron y bautizaron antes del desarrollo de un sistema racional de nomenclatura, por lo que el sistema común mantiene esos nombres. Cuando se va a indicar la posición de un sustituyente, se emplean las letras del alfabeto griego comenzando en alfa para el segundo carbono, beta para el tercero y así sucesivamente. El último carbono siempre será omega, sin importar que no sea el lugar correcto dentro del alfabeto respectivo:



El ácido de cuatro carbonos se denomina butírico en el sistema común.

En la tabla 21 encontramos los nombres comunes y IUPAC para los ácidos más comunes. Desafortunadamente tendremos que hacer un esfuerzo de memorización de estos nombres ya que comenzarán a aparecer indistintamente en la literatura que se esté trabajando sobre el tema.

En el sistema IUPAC, los ácidos carboxílicos se denominan tomando como base el nombre del alcano que tenga el mismo número de carbonos de la cadena principal que contenga al grupo carboxilo, terminado con el sufijo *ico* y anteponiendo la palabra ácido.

Si hay sustituyentes se numeran y escriben como se ha explicado en las anteriores funciones. El átomo de carbono que tiene la función carboxilo siempre corresponderá al primero de la estructura.

Tabla 21. Estructuras y nombres de los ácidos carboxílicos más comunes según su estructura.

Estructura	Nomenclatura	
	Común	IUPAC ²⁹
Ácidos monopróticos³⁰ saturados		
H – COOH	Ácido fórmico	Metanoico
CH ₃ – COOH	Ácido acético	Etanoico
CH ₃ – CH ₂ – COOH	Ácido propiónico	Propanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₂ – COOH	Ácido butírico	Butanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₃ – COOH	Ácido valérico	Pentanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₄ – COOH	Ácido caprónico	Hexanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₅ – COOH	Ácido enántico	Heptanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₆ – COOH	Ácido caprílico	Octanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₇ – COOH	Ácido pelargónico	Nonanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₈ – COOH	Ácido capríco	Decanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₉ – COOH	Ácido undecílico	Undecanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₁₀ – COOH	Ácido laúrico	Dodecanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₁₁ – COOH	Ácido mirístico	Tetradecanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₁₂ – COOH	Ácido palmítico	Hexadecanoico
CH ₃ – (CH ₂) ₁₆ – COOH	Ácido esteárico	Octadecanoico
Ácidos monopróticos insaturados		
CH ₂ = CH – COOH	Ácido acrílico	2 – propenoico
CH ₃ – CH = CH – COOH	Ácido crotonico	2 – butenoico
CH ₂ = CH – (CH ₂) ₈ – COOH	Ácido undecilénico	10 – undecenoico
CH ₃ – (CH ₂) ₇ – CH = CH – (CH ₂) ₇ – COOH	Ácido oleico	9 – octodécenoico
CH ₃ – (CH ₂) ₂ – CH = CH – (CH ₂) ₂ – CH = CH – (CH ₂) ₇ – COOH	Ácido linoleico	Cis – 9,12 – octodécadienoico
Ácidos dipróticos saturados		
HOOC – COOH	Ácido oxálico	Etanodioico
HOOC – CH ₂ – COOH	Ácido malónico	Propanodioico
HOOC – (CH ₂) ₂ – COOH	Ácido succínico	Butanodioico
HOOC – (CH ₂) ₃ – COOH	Ácido glutárico	Pentanodioico
HOOC – (CH ₂) ₄ – COOH	Ácido adípico	Hexanodioico
HOOC – (CH ₂) ₅ – COOH	Ácido pimélico	Heptanodioico
HOOC – (CH ₂) ₆ – COOH	Ácido subérico	Octanodioico
HOOC – (CH ₂) ₇ – COOH	Ácido azelaico	Nonanodioico
HOOC – (CH ₂) ₈ – COOH	Ácido sebaico	Decanodioico
Ácidos dipróticos insaturados		
$\begin{array}{c} \text{HOOC} \quad \text{COOH} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Ácido maléico	Cis – butenodioico
$\begin{array}{c} \text{HOOC} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{COOH} \end{array}$	Ácido fumárico	Trans – butenodioico
Hidroxiácidos		
HO – CH ₂ – COOH	Ácido glicólico	2 – hidroxietanoico
CH ₃ – CH(OH) – COOH	Ácido láctico	2 – hidroxipropiónico

²⁹ No olvide que siempre incluye la palabra ácido por lo que su nombre completo es ácido Metanoico y así sucesivamente. No se repite en esta columna para evitar cacofonía en su lectura.

³⁰ Las denominaciones monoprótica, diprótica, etc., se refiere a la cantidad de grupos carboxilos que presenta la molécula del ácido ya que pueden liberar uno, dos, etc., protones o iones hidronio.

HOOC – CH(OH) – CH – COOH	Ácido málico	2 – hidroxibutanodioico
HOOC – CH(OH) – CH(OH) – COOH	Ácido tartárico	2,3 – dihidroxibutanodioico
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	Ácido cítrico	3 – hidroxipentatrioico

3.3 Propiedades fisicoquímicas.

3.3.1 Propiedades físicas.

Los ácidos son moléculas polares debido al grupo funcional, pueden formar puentes de hidrógeno lo que favorece su solubilidad en agua para los compuestos de bajo peso molecular o que tengan más de un grupo hidroxilo, en la serie homóloga lineal, los cuatro primeros ácidos son solubles en agua pero comienzan a disminuir al aumentar el peso molecular aunque se tornan solubles en solventes orgánicos polares como éter, alcohol y benceno entre otros. Los puntos de ebullición son mayores comparados con los alcoholes de peso molecular semejante.

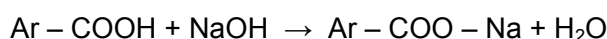
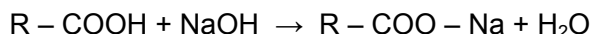
3.3.2 Propiedades químicas.

Estas sustancias se caracterizan por formar sales, presentar reacciones de reducción, de sustitución y la formación de derivados.

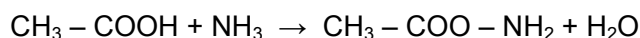
3.3.2.1 Formación de sales.

REVISIÓN

Los ácidos carboxílicos se combinan con bases fuertes o débiles para formar las sales correspondientes y agua:



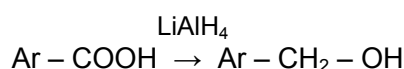
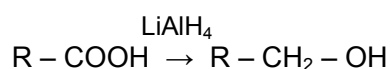
La sal se nombra cambiando la terminación oico del nombre del ácido por *ato* se usa la partícula de y finaliza con el nombre del catión:



La sal formada se denomina acetato de amonio o etanoato de amonio.

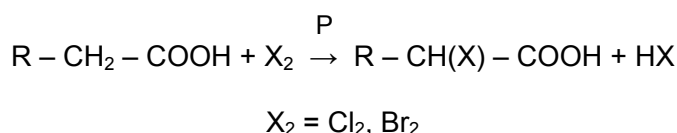
3.3.2.2 Reacciones de reducción.

Al tratar los ácidos carboxílicos con hidruro de aluminio y litio forman los alcoholes correspondientes:



3.3.2.3 Reacciones de sustitución.

Depende del tipo de ácido carboxílico, si es alifático se va a afectar el carbono dos de la estructura de soporte debido a que la electronegatividad del grupo hace que el hidrógeno sobre esta posición sea afectado, mientras que para los ácidos carboxílicos, se afecta el anillo generando derivados en la posición meta debido al carácter desactivador que tiene el grupo:

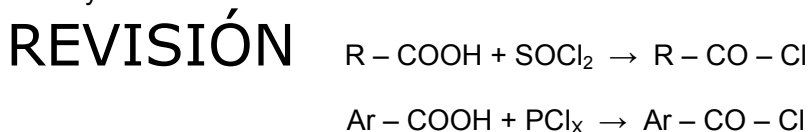


3.3.2.4 Formación de derivados funcionales.

Los derivados funcionales de los ácidos carboxílicos corresponden a aquellas sustancias que se pueden obtener mediante una reacción sencilla a partir del ácido o que mediante hidrólisis lo producen. Estos derivados son: haluros de ácido (acilo), anhídridos de ácido, ésteres y amidas. Vamos a ilustrar la síntesis de cada uno de ellos:

Conversión en haluros de ácido

Son sustancias que se caracterizan porque en el grupo carboxilo se sustituye un hidroxilo por un halógeno, generalmente cloro o bromo. Se utilizan como reactivos el cloruro de tionilo y los haluros de fósforo.



Los nombres de estas sustancias generalmente se hace como si fueran sales: se cambia la palabra ácido por la del haluro respectivo se adiciona la partícula de y se termina con el nombre del ácido orgánico cambiando la terminación oico por *ilo*:

CH₃ - CO - Cl Cloruro de acetilo, cloruro de etanoilo.

Br - CH₂ - CH₂ - COCl Cloruro de 3 - bromo propanoilo, cloruro de β - bromo propionilo.

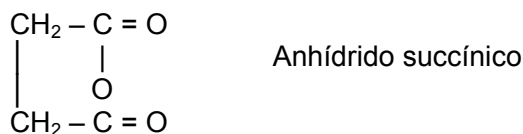
Conversión en anhídridos de ácido

El ácido sulfúrico concentrado es un agente deshidratante fuerte por lo que puede lograr la unión de dos moléculas de ácido ya sea del mismo o de dos diferentes, para producir anhídridos simétricos o asimétricos:



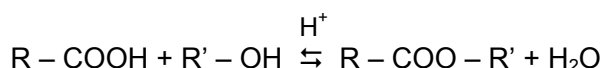
Una de las moléculas de ácido cede un ion hidroxilo y la otra un protón. Para su nomenclatura, se cambia la palabra ácido por *anhídrido* y se conserva el resto del nombre del ácido:

CH₃ - CO - O - CO - CH₃ Anhídrido acético o anhídrido etanoico.

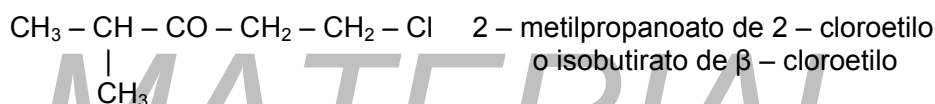


Conversión en ésteres

El éster proviene de la combinación de un ácido carboxílico y un alcohol en medio ácido, que actúa como catalizador:



En el sistema común y en el IUPAC se inicia escribiendo el nombre del anión del ácido cambiando la terminación oico por *ato*, luego va la partícula de y se finaliza con el nombre del grupo alquilo del alcohol terminado en *ilo*:



Este grupo de derivados es especial en los seres vivos, por lo cual elaboraremos una monografía estudiando sus principales características como base para la comprensión de la estructura química y las propiedades de los lípidos.

REVISIÓN

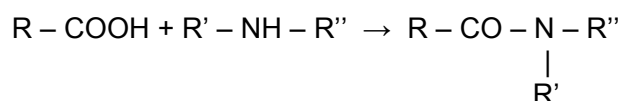
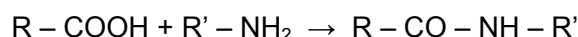
Conversión en amidas

En estas sustancias se reemplaza el grupo hidroxilo del carboxilo por el amino, -NH₂. Esta reacción es la que se presenta entre los aminoácidos para formar las proteínas estableciendo el llamado enlace peptídico cuyas características estudiaremos en la próxima unidad.

Hay dos formas de realizar la síntesis de las amidas. Cuando se desea obtener una amina sin sustituir, se forma la sal de amonio y luego se calienta para producir la amida respectiva:

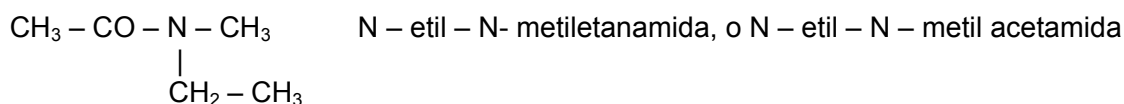


Cuando se desean obtener amidas mono o disustituidas se hace reaccionar con una amina primaria o con una secundaria respectivamente:



En los sistemas IUPAC y común el nombre de estas sustancias se inicia cambiando la terminación oico del ácido por *amida* en el nombre del ácido que la origina. Cuando el

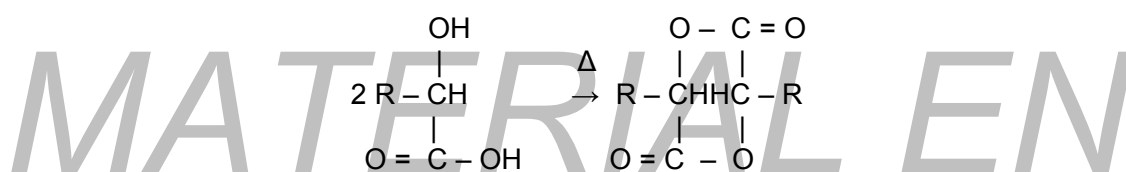
nitrógeno tiene sustituyente, se indica empleando la letra N, guión y finalmente el nombre del sustituyente en vez de utilizar números:



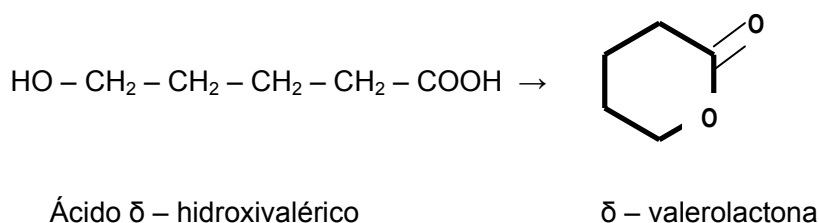
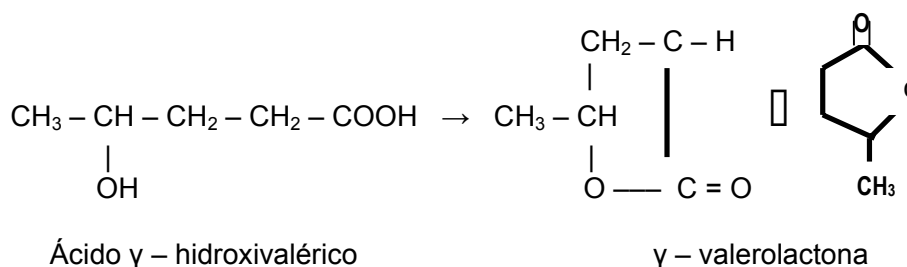
Como en el caso de los ésteres, este derivado de ácido lo estudiaremos con más detalle en la próxima unidad.

Por último, vamos a evidenciar algunas propiedades de los hidroxiaácidos, especialmente lo relacionado con la interesterificación que sufren y la formación de los anillos correspondientes.

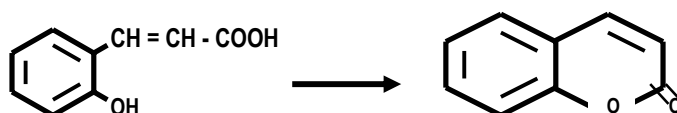
Mencionamos más arriba la posibilidad que tienen los α - hidroxidos de formar las láctidas, ahora observemos la ecuación general que ilustra su formación:



En la misma perspectiva, los γ - hidroxiaácidos y los δ - hidroxiaácidos se deshidratan intramolecularmente dando ésteres cíclicos de cinco y seis miembros conocidos como γ - lactonas y δ - lactonas estructuras ampliamente distribuidas en sustancias con actividad farmacológica, las reacciones generales que las originan son:



En la serie aromática se forman δ - y γ - lactonas cuando el grupo hidroxilo se encuentra en la posición orto respecto a la función carboxilo. En farmacia es importante la cumarina y sus derivados; sustancia que se forma por la ciclización estérica del ácido o - hidroxicinámico:



3.4 Ácidos carboxílicos de importancia biológica.

Estas sustancias, quizá fueron las primeras con las cuales el hombre tuvo mucho contacto, como lo revela la proliferación de los nombres comunes y en algunas de las funciones estudiadas la consideración de ser sus derivados o sustancia que se podía relacionar.

Gran variedad de ellos son productos naturales. El ácido acético, componente del vinagre, tiene gran importancia industrial: disolvente, materia prima en la fabricación de plásticos, gomas, medicamentos y otros productos orgánicos. El ácido cítrico, presente en esas frutas, es un importante intermediario del metabolismo de los carbohidratos como lo estudiará en su curso de bioquímica, por lo que se utiliza ampliamente en la industria de bebidas, el ácido cólico presente en la bilis animal y el ácido gálico, obtenido de las agallas, se usan en la elaboración de tintas, fotografía y en la curtiembre del cuero.

En la mayoría de ambientes intra e intercelulares el pH se encuentra en un valor de 7,4. Como es una condición para que ocurra la mayoría de las reacciones bioquímicas que mantienen la vida, los grupos ácidos como los carboxilos y fosforilo se encuentran ionizados, es decir como aniones ($-COO^-$, $-PO_4^-$). Estos grupos sirven como centros de interacción con cationes derivados de fármacos sobre la superficie de las membranas y de las biomoléculas (principalmente proteínas). Como una evidencia de esta situación, la tabla 22 nos muestra ejemplos de los grupos ácidos presentes en la biomoléculas o de fármacos con un grado de ionización determinado al pH fisiológico ya mencionado.

Tabla 22. Grado de ionización de grupos ácidos a condiciones fisiológicas.

Grupo o compuesto ácido	Porcentaje de ionización
α – carboxilo (terminal)	100
β – carboxilo (ácido aspártico)	99,98
γ – carboxilo (ácido glutámico)	99,92
Fosforilo primario (terminal)	100
Fosforilo secundario	96,3 a 96,17
Bencil penicilina	100
Ácido acetilsalicílico	99,99
Sulfadiazina	89,27
Fenobarbital	49,43

Como conclusión, podemos establecer que la mayor parte de los fármacos de uso común son ácidos débiles que reaccionan con el agua para formar iones en una extensión que depende de su fortaleza ácida y del pH fisiológico.

La cumarina y sus derivados se usan como anticoagulante orales. Sus moléculas modificadas con hidroxilo ayudan a su solubilidad y mejorar su potencial biológico como es el caso del dicumarol, tromexan o pelentan, cumadin o panwarfin y el cumopyran. Su

uso está indicado para tratar la tromboflebitis, la embolia pulmonar y la trombosis coronaria, se administran bajo vigilancia médica pues es fácil que interaccionen con otros medicamentos o generen reacciones adversas en el paciente.

El ácido cítrico, un ácido tricarboxílico soluble en agua, se utiliza como acidulante en jarabes, elixires, comprimidos y polvos efervescentes. Se usa como medicamento como la sal de sodio para controlar la acidosis debido a que se metaboliza a bicarbonato.

El ácido antranílico y la furosemina son diuréticos, lo mismo que el ácido etacrínico, un derivado dihalogenado del ácido fenoxiacético.

El ácido nicotínico se utiliza para resolver problemas de hiperlipidemia debido a que aumenta la secreción biliar de colesterol, pero no la de los ácidos biliares que suelen ser fácilmente absorbidos. También es una vitamina.

Las lactonas como la oxandrolona y ésteres como el acetato de metenolona y de clortestosterona son sustancias con actividad biológica andrógena.

Quizás donde mayor importancia adquiere la función carboxilo es en el grupo de fármacos con actividad antiinflamatoria como lo es el ácido salicílico y su derivado la aspirina capaces de inhibir la prostaglandina sintetasa asociada al mecanismo de inflamación. Sin embargo, solo modifican la respuesta antiinflamatoria pero no eliminan la causa subyacente de las mismas, tanto que se emplean para aliviar enfermedades invalidantes como la artritis y la osteoartritis pues controlan el dolor y reducen la inflamación.

REVISIÓN

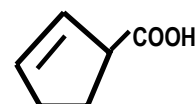
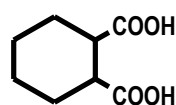
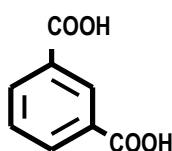
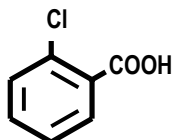
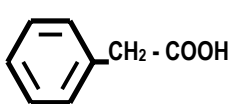
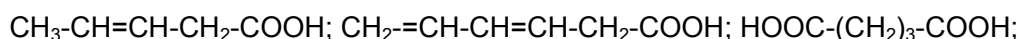
Los ácidos grasos de cadena larga como el caprílico, son bactericidas aunque también actúan como fungicidas. El ácido mandélico es un antiséptico urinario eficaz. El ácido salicílico y el ácido benzoico se usan debido a sus propiedades conservantes, antisépticas y fungicidas. Al disminuir el pH aumenta su actividad bactericida.

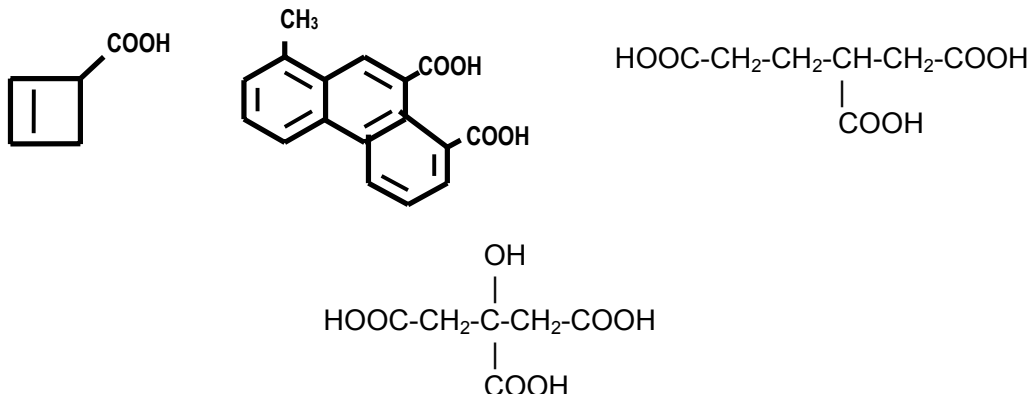
El ácido p – aminosalicílico se usa como agente antituberculoso en las primeras etapas de la enfermedad pues actúa eficazmente sobre los bacilos jóvenes.

En los antibióticos aparece la penicilina, una β – lactama. Los microorganismos desarrollan resistencia a la misma a través de la generación de β – lactamasas que rompen el anillo haciéndole perder su capacidad biológica. Existen varias sustancias de este grupo dependiendo de la modificación que tiene la estructura base.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 14

- 1) Escriba los nombres para los siguientes compuestos cuyas fórmulas estructurales aparecen en seguida:





- 2) Escriba las reacciones que como ácidos pueden presentar las anteriores estructuras y en el caso de funciones adicionales, indique qué otras reacciones podrían ocurrir y bajo qué condiciones.
- 3) Utilizando las mismas estructuras, escribas las reacciones de los derivados de ácido que pueden formar y el nombre correspondiente del producto presentado.
- 4) Elabore una pequeña monografía indicando los ácidos y su importancia que pueden intervenir en la industria de alimentos.
- 5) Escriba una monografía sobre la penicilina, indicando la estructura base, las estructuras modificadas que presentan sus derivados, el mecanismo de acción biológica y la forma como los microorganismos pueden generar resistencia a la misma.

REVISIÓN

2. Ésteres.

Como lo mencionamos arriba, la importancia de estos derivados de ácido es alta, por ello vamos a dedicar este subtema a estudiar algunas de sus propiedades y características como un preámbulo al estudio del siguiente grupo que son los lípidos, polímeros de importancia biológica tanto en el campo de los alimentos como en el de la farmacia.

2.1 Grupo funcional.

Los ésteres son un grupo de derivados funcionales de los ácidos carboxílicos en los que el hidroxilo ha sido remplazado por un radical alcohilo o fenilo (R - O - o Ar - O -) sustituido o no, sin importar el resto de la molécula va a mantener las propiedades características de este derivado. Como el resto de derivados de ácido, se caracteriza por tener como grupo funcional al llamado *grupo acilo*: R - CO -.

Con respecto a su nomenclatura, en la sección anterior se mencionaron las reglas tanto del sistema común como del IUPAC para su nombramiento. Basta recordar que en los dos sistemas se siguen las reglas definidas para las sales iniciando con la palabra éster...

2.2 Propiedades fisicoquímicas.

La presencia del grupo C = O polariza los derivados de ácido. Para los ésteres determina que sus puntos de ebullición sean aproximados a los de los aldehídos y cetonas de peso molecular comparable. Su solubilidad sigue la tendencia establecida para series homologas polares: los miembros de tres a cinco carbonos son solubles en agua y del seis en adelante comienzan a solubilizarse en solventes orgánicos, aunque ellos también empiezan a funcionar como buenos disolventes orgánicos.

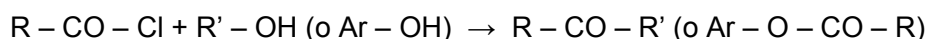
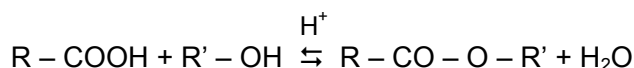
Tienen mayor volatilidad que otros compuestos semejantes, produciendo olores agradables que los hace útiles en la industria de perfumes, condimentos y saborizantes artificiales.

Con respecto a su comportamiento químico, el grupo carbonilo determina que su principal reacción sea la de sustitución nucleofílica del acilo. Como se prepara a partir del ácido, mediante el proceso de esterificación, su descomposición ocurre en sentido contrario por lo que se denomina hidrólisis; esto hace que frecuentemente sea el camino para la reconversión de estos compuestos o para la obtención de otros derivados. Por lo general las reacciones típicas del grupo se deben al grupo carbonilo quien determina un lugar para el ataque nucleofílico y la acidez del carbono alfa. Esto es comprensible ya que como lo vimos en los compuestos carbonilo, el grupo C = O tiene hibridación sp^2 con un ángulo de enlace de 120° y la posibilidad de generar resonancia por diferencias de electronegatividad generando polarizaciones que pueden ser utilizadas en reacciones químicas características del grupo.

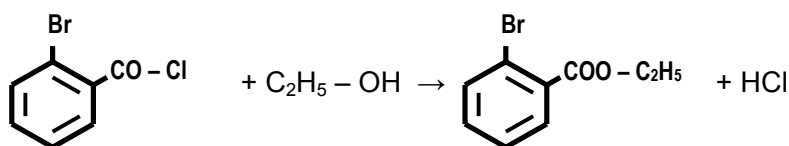
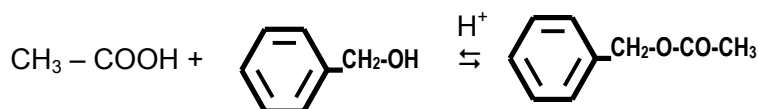
REVISIÓN

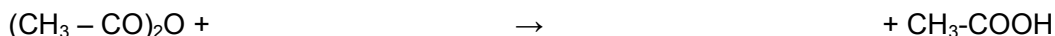
2.2.1 Síntesis de ésteres.

Se puede efectuar por dos vías: la mencionada esterificación o combinación en medio ácido de un ácido orgánico con un alcohol o un fenol y mediante la utilización del anhídrido de ácido o cloruro de ácido. Las reacciones son:



Ilustremos estos cambios con ejemplos como:



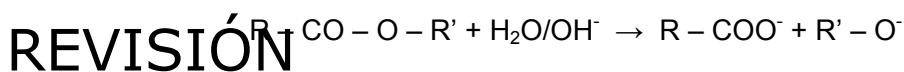
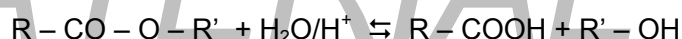


2.2.2 Sustitución nucleofílica.

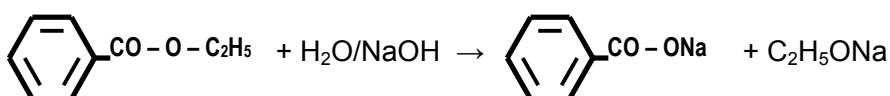
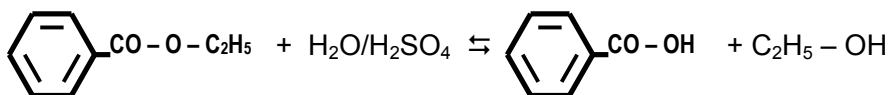
Considerada como la reacción típica o característica de este grupo de sustancias, traducida en comportamientos como la hidrólisis o conversión a ácidos y a sus derivados (amidas, y otros ésteres), reacción con los reactivos de Grignard y la reducción a alcoholes principalmente.

2.2.2.1 Hidrólisis o conversión a ácidos y sus derivados.

Esta reacción se puede efectuar en medio ácido o básico, sólo que varían los productos finales, en el primero se tiene el ácido y el alcohol o fenol correspondiente y en el otro se obtienen sales del ácido y el alcohol o fenilo respectivo ya que los productos tienen características ácidas y existe en el medio exceso del ácido o de la base ya que necesariamente debe existir porque el ácido o la base tienen funciones catalíticas. Una diferencia significativa entre los dos catalizadores, la primera se genera una reacción en equilibrio mientras que la segunda si permite la mayor conversión posible a las sales.

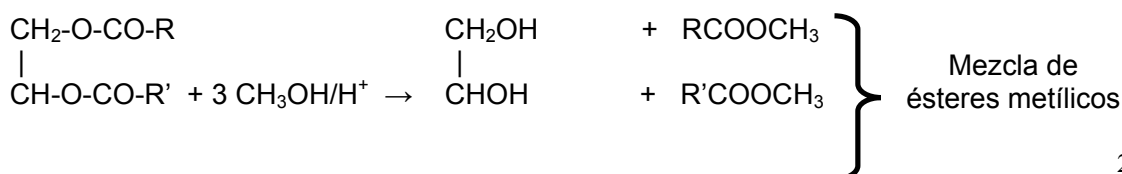
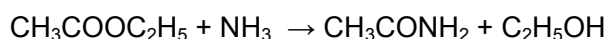


Utilizando sustancias orgánicas tenemos:



Como cambios a otros derivados de ácido, los ésteres pueden sufrir la amonólisis o conversión a amidas para lo cual requiere reaccionar con amoníaco para producir la amida monosustituida correspondiente. Otra reacción corresponde a la transesterificación en la cual se pueden obtener ésteres más sencillos de otros más complejos, utilizando como reactivo un alcohol más simple y en medio ácido.

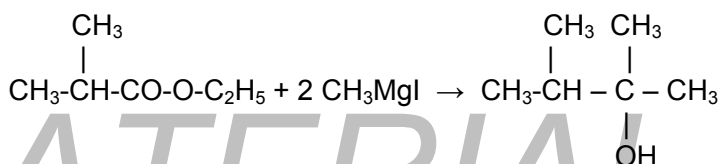
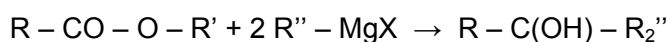
Las reacciones que se presentan son:





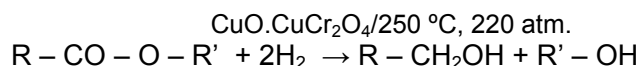
2.2.2.2 Reacciones con reactivo de Grignard.

Es una técnica ideal para la preparación de alcoholes terciarios, recordemos que se produce como intermediario una cetona pero la acción del grupo carbonilo que sigue presente en esta función hace que la reacción tienda a la obtención de este producto final. No debemos olvidar que para la recuperación de los productos finales es necesario hidrolizar los productos formados.

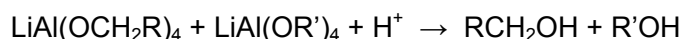
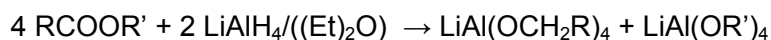


2.2.2.3 Reacciones de reducción.

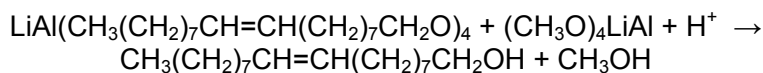
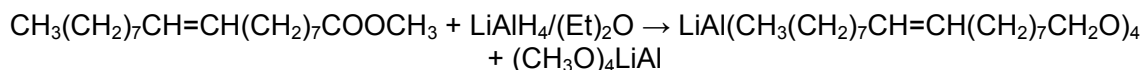
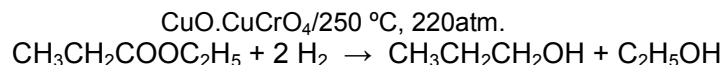
Se tienen dos procedimientos para efectuar la transformación de los ésteres en alcoholes primarios principalmente: la hidrogenación catalítica que emplea un catalizador formado por óxido de cobre y cromato cúprico a temperatura y presión relativamente altas (250 °C y 220 atmósferas) y la reducción química que ya conocemos, la cual utiliza hidruro de aluminio y litio en éter anhidro, se forma un producto intermedio el cual se hidroliza para formar el alcohol primario correspondiente:



La reducción química es:



Utilicemos fórmulas de sustancias orgánicas para ilustrar el cambio respectivo.



Estas reacciones nos pueden parecer algo complejas pero si las realizamos con varias fórmulas semejantes, adquirimos la capacidad y la destreza de resolverlas sin ningún inconveniente.

2.3 Ésteres de importancia biológica.

Los ésteres constituyen una clase de compuestos muy importantes debido a lo extraordinariamente difundidos que se encuentran en la naturaleza. Los ésteres de bajo peso molecular son líquidos de olor agradable a frutas; muchos de los fragantes olores de los diferentes frutos y flores se deben a estas sustancias: el acetato de isoamilo se encuentra en el plátano, el butirato de amilo en el albaricoque y el acetato de etilo en la piña tropical, si bien los verdaderos olores naturales de dichos frutos se deben a mezclas de ésteres y otros compuestos. Los ésteres de los ácidos alifáticos lineales de cadena larga constituyen los aceites, grasas y ceras que tanto abundan en los reinos vegetal y animal. Las ceras son ésteres de peso molecular alto, de alcoholes monohidroxílicos de cadena lineal larga con ácidos grasos superiores de cadena recta: la cera de abejas tiene los ésteres $C_3(CH_2)_{24}COO(CH_2)_{27}CH_3$ y $CH_3(CH_2)_{26}COO(CH_2)_{25}CH_3$. La cera de carnauba, proveniente de las hojas de la palma brasileña (*Copernicia cerifera*) se utiliza en la fabricación de velas y ceras para piso y automóviles y el esperma de ballena, obtenido de la cabeza del cachalote es principalmente $C_{15}H_{31}COOC_{16}H_{33}$. No obstante, la cera de parafina no es un éster sino un conjunto de alcanos normales de C_{26} a C_{30} . Los más importantes son los lípidos un grupo de sustancias formadas por grasas y aceites que estudiaremos en el próximo tema.

REVISIÓN

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 15

- 1) Escriba la serie de los primeros diez ésteres alifáticos tanto de cadena normal como ramificada y asígneles los correspondientes nombres comunes e IUPAC. Luego haga lo mismo con ésteres aromáticos utilizando la serie correspondiente trabajada en la unidad anterior.
- 2) Desarrolle las reacciones típicas de estas sustancias para cada una de las estructuras escritas en el punto anterior.
- 3) Elabore una pequeña monografía de los ácidos grasos presentes en la leche de vaca.
- 4) En el diccionario de especialidades farmacéuticas determine aquellas estructuras de medicamentos que tienen la función éster y determine cuál es su acción biológica o al grupo farmacéutico al que pertenece (antibiótico, antiinflamatorio,...)

3. Lípidos.

Estas sustancias constituyen otro grupo importante para la vida que junto a los carbohidratos y las proteínas reciben el nombre de biomoléculas.

Su complejidad es mayor comparada a la de los carbohidratos, donde los monosacáridos son los responsables de la complejidad y las propiedades de los oligosacáridos y los polisacáridos. Sin embargo, encontramos que realmente son muy pocos los que tienen una función biológica importante, por lo menos en lo que hasta ahora conocemos.

Nuestro contacto con estas sustancias ha sido a través del alimento: en culinaria conocemos de su capacidad para ser medio en la generación y mantenimiento de olores y aromas (¿Quién desconoce un frito: carne, papa y yuca?), la suavidad de los helados y de los productos de pastelería, etc. Como medio de cocción y el papel que desempeñan a nivel nutricional como suministro y almacenamiento de energía traducido en problemas de obesidad o de la aparición de enfermedades cardiovasculares.

La biología celular nos aporta otro saber sobre la importancia y la necesidad de estas sustancias ya que ellas desempeñan un papel importante en la estructura de la membrana celular y en la determinación de las propiedades de intercambio de sustancia al interior y al exterior de la célula, de la que no escapan los medicamentos.

Aquí revisaremos la estructura, clasificación y propiedades fisicoquímicas de este conjunto de sustancias, estableceremos características que determinan su actividad biológica y revisaremos estructuras de algunos fármacos que guardan similitud con estas sustancias o que pertenecen a algunas de sus clases, de modo que podamos hallar evidencias para establecer a qué se debe o qué origina esa propiedad farmacológica desde el punto de vista químico.

3.1 **Características generales.**

Los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas principalmente por carbono, oxígeno e hidrógeno aunque puede contener fósforo o nitrógeno al ser parte de sustancias más complejas.

Por definición, suele decirse que los lípidos son sustancias insolubles en agua pero que si se disuelven en solventes orgánicos no polares como el éter, cloroformo o benceno entre otros.

Este concepto operacional involucra una gran cantidad de sustancias, obligando a definir un criterio que permita simplificar los grupos; este corresponde a identificar la estructura que presenta una sustancia considerada como lípido.

En la tabla 23, hallamos una forma de clasificación basada en si la sustancia presenta ácido graso³¹ o no lo contiene, en cuyo caso diremos que se trata de un lípido simple o no saponificable o no hidrolizable. El otro corresponderá a un lípido complejo o hidrolizable. Dentro de cada grupo encontramos los nombres de las estructuras orgánicas que lo acompañan mostrando la complejidad que tienen estas sustancias.

¿Por qué decimos que un lípido es saponificable? Esta propiedad se debe a que estos lípidos se encuentran esterificados o eterificados, de modo que si se someten a un tratamiento con un álcali en medio acuoso, se rompe la molécula para producir un jabón (sales de los ácidos grasos). De esto podemos deducir que es la presencia o la ausencia del ácido graso la que determina si es un lípido complejo o no.

³¹ Que corresponde a una grasa o a un aceite de donde originariamente fueron extraídos para su caracterización química.

El ácido graso es un compuesto carbonado de cadena larga en uno de sus extremos se encuentra un grupo carboxilo. Se diferencia de los ácidos carboxílicos en la complejidad que presenta la cadena carbonada que generalmente es lineal saturada o no (puede ser mono o poliinsaturada), generalmente con isomería cis y presente en todos los seres vivos como producto de su metabolismo.

Tabla 23 Clasificación de los lípidos³².

Clases de lípidos	Estructura química
<i>Complejo o saponificable</i>	
Acilglicéridos	Glicerina – ácido graso.
▪ Éter alquilacilglicérido.	Glicerina – alcohol – ácido graso.
▪ Éter glicérfico.	Glicerina – alcohol.
▪ Glucosilacilglicérido.	Azúcar – diacilglicérido.
Fosfoglicéridos	3 – fosfato de glicerilo.
Esfingolípidos.	Esfingosina – ácido graso.
▪ Esfingomielina.	Fosforiletanolamina. Fosforilcolina.
▪ Glucoesfingolípidos neutros.	
• Cerebrósidos.	Monosacárido – esfingosina – ácido graso.
• Sulfátidos.	Éster sulfúrico de galactocerebrósido.
▪ Gangliósidos.	Glucosfingolípidos ácidos.
Ceras.	Monoalcohol graso – ácido graso.
<i>Simples o insaponificables</i>	
Terpenos.	Unidad isopreno.
▪ Monoterpenos.	Dos isoprenos.
▪ Sesquiterpenos.	Tres isoprenos.
▪ Diterpenos.	Cuatro isoprenos.
▪ Triterpenos.	Seis isoprenos.
▪ Tetraterpenos.	Ocho isoprenos.
Esteroides.	
Prostaglandinas.	Ácido protanoico ³³ .

Existen unas cien moléculas de ácidos grasos conocidas y algunas de ellas presentan grupos alquilo o hidroxilo como se puede ver en la tabla 24 que nos presenta las estructuras y nombres de los ácidos grasos comúnmente encontrados en la naturaleza.

En la literatura, debido a la complejidad de nombres y de estructura se ha establecido una codificación para los ácidos grasos insaturados que ilustramos en la mencionada tabla: se escribe un número, generalmente después del símbolo químico del carbono, indicándonos el número de carbonos del compuesto, dos puntos y otro número (cero, uno, dos, tres, ...) que señala la ausencia o la cantidad de insaturaciones que posee la molécula y luego la letra delta seguida de los números que identifican al carbono sobre el

³² LEHINGER, Albert L. *Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y la función celular*. Op. Cit., p 286.

³³ Se diferencian por el número de hidroxilos, la posición en la cadena o modificaciones en el anillo de ciclopentano.

cual se soporta el doble enlace; como todos ellos son cis, únicamente se nombra si en la estructura se encuentra una isomería geométrica trans.

Los ácidos grasos de animales y vegetales superiores son de número par de carbonos, del C₁₄ a C₂₂, predominando del C₁₆ al C₁₈. Los ácidos saturados más comunes con el ácido palmítico y el esteárico, mientras que entre los insaturados se encuentra el ácido oléico.

Tabla 24. Ácidos grasos naturales³⁴.

Símbolo	Fórmula	Nombre común
<i>Ácidos saturados</i>		
C _{10:0}	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	Ácido laúrico.
C _{14:0}	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH	Ácido mirístico.
C _{16:0}	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	Ácido palmítico.
C _{18:0}	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	Ácido esteárico.
C _{20:0}	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH	Ácido araquídico.
C _{24:0}	CH ₃ (CH ₂) ₂₂ COOH	Ácido lignocérico.
<i>Ácidos insaturados</i>		
C _{16:1} Δ ₉	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Ácido palmitoléico.
C _{18:1} Δ ₉	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Ácido oléico.
C _{18:2} Δ _{9,12}	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Ácido linoléico.
C _{18:3} Δ _{9,12,15}	CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Ácido linolénico
C _{20:4} Δ _{5,8,11,14}	CH ₃ (CH ₂) ₄ (CH=CHCH ₂) ₃ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH	Ácido araquidónico.
<i>Ácidos poco frecuentes</i>		
C _{16:1} Δ _{9, trans}	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Ácido trans –hexadecenoico.
C _{18:1} Δ _{9, trans}	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	Ácido elaídico.
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}-\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH} \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \quad \text{CH}_2 \end{array}$	Ácido lactobacílico.
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Ácido tuberculoesteárico.
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_{21}\text{CHCOOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Ácido cerebrónico.

La presencia de saturación o de insaturación determina el estado físico del lípido a temperatura ambiente: si predominan los ácidos grasos saturados, el lípido es sólido y se suele llamar grasa o manteca, mientras que si hay mayor cantidad de ácidos insaturados se llamarán aceites debido a que son líquidos.

Es de destacar una característica estructural que presentan los ácidos grasos poliinsaturados y es que uno de los dobles enlaces aparece entre los carbonos nueve y

³⁴ *Ibid.*, p. 287.

diez (como también lo hacen los monoinsaturados) y los adicionales se ubican entre ellos y el grupo metilo terminal de la cadena separados entre sí por un metileno (un grupo CH₂).

En las bacterias encontramos pocos ácidos grasos y los que aparecen son sencillos: saturados de C₁₂ a C₁₈ algunos con ramificaciones (grupos metilo) y de insaturados de C₁₆ a C₁₈. No se han encontrado poliinsaturados. Esto es importante conocerlo ya que determina la actividad de los agentes antisépticos y desinfectantes.

Los ácidos grasos impares aparecen en pequeñas cantidades en animales terrestres pero abundan en los organismos marinos.

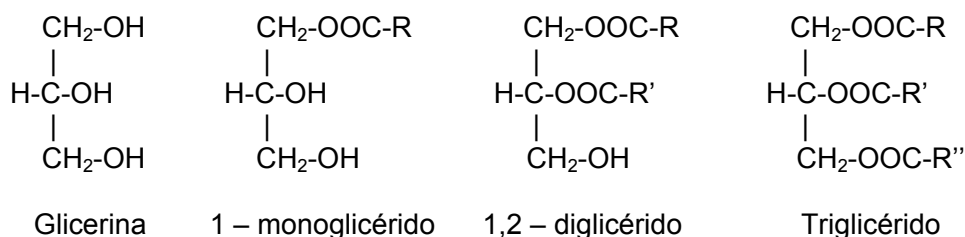
La configuración de los ácidos grasos saturados e insaturados es variable. Para los primeros las conformaciones son infinitas ya que las uniones sencillas pueden rotar, sin embargo mantienen una forma extendida correspondiendo al menor contenido de energía.

Los ácidos grasos insaturados tienen zonas rígidas donde aparece el doble enlace, la configuración cis produce un ángulo de 30° adicionales a los que tiene la cadena saturada mientras que la trans se aproxima al valor del ángulo de enlace de la cadena saturada, determinando algunas propiedades características: facilita la acomodación y la aparición de enlaces intermoleculares afectando su estado físico, puntos de fusión y de ebullición, densidad y otras.

Vamos a revisar algunas propiedades de los grupos de lípidos que enunciamos en la tabla 23.

REVISIÓN

Los acilglicéridos o glicéridos, lípidos complejos, están formados por ésteres del glicerol con ácidos grasos por lo que se pueden determinar tres clases: mono, di y triglicéridos según esté uno, dos o tres ácidos grasos enlazados a la glicerina:



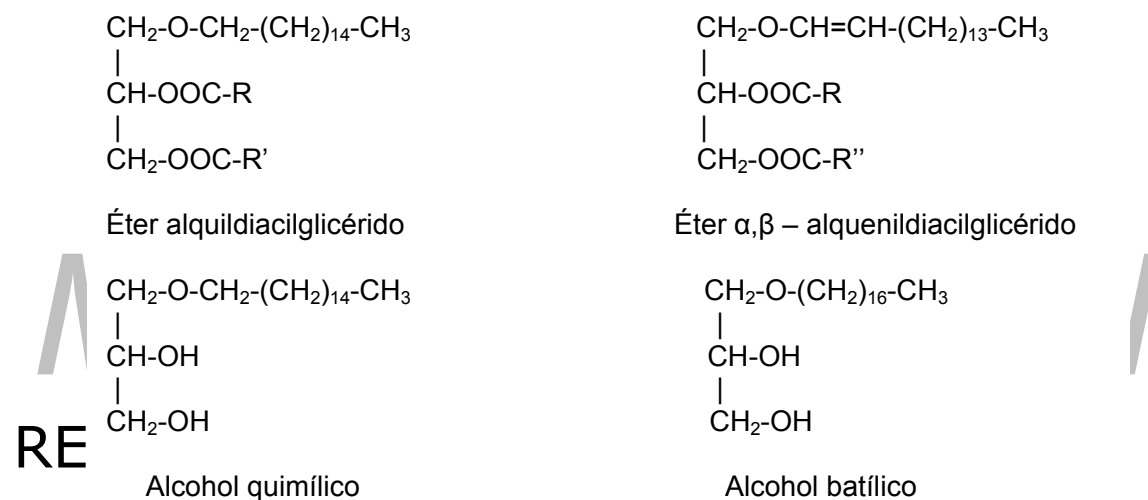
Todos ellos se encuentran en los seres vivos pero los más importantes son los triglicéridos. En ellos podemos encontrar dos clases dependiendo de su composición en ácidos grasos: si es el mismo se llama triglicérido simple por lo que se llama con el nombre del ácido graso componente; triestearina o triestearilglicérido cuando el ácido es el esteárico. Si hay dos o más ácidos grasos diferentes encontramos seis isómeros (cuatro de ellos son estereoisómeros), son triglicéridos mixtos y se denominan teniendo en cuenta la posición que ocupan sobre la glicerina.

Sus propiedades fisicoquímicas dependen del tipo de ácido graso y del grupo al que pertenezca el glicérido. Los mono y digliceroleos son polares pero no afecta en nada su solubilidad en agua o en los solventes orgánicos. Los gliceroleos se dispersan en el agua formando aglomerados llamados micelas dejando al centro la cola no polar y hacia fuera la cabeza polar. Pueden presentar isomería óptica sobre todo cuando se disponen de

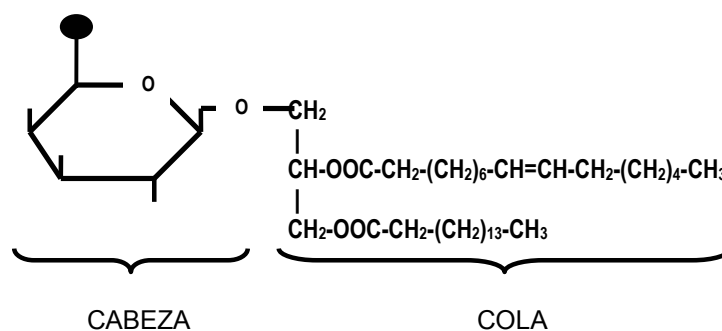
diferentes ácidos grasos sustituyentes en el carbono dos de la glicerina (algo parecido a lo que estudiamos en los carbohidratos y en isomería más atrás).

Se hidrolizan relativamente fácil ya sea con ácido, bases o enzimas (lipasas) liberando ácidos grasos libres, sus sales (llamadas jabones) y glicerina.

Los ésteres alquílicos de los acilglicéridos contienen una molécula de glicerina esterificada a dos ácidos grasos y eterificada, por un hidroxilo, a una cadena larga alquilo saturada o insaturada. Se hidroliza fácil para producir los jabones correspondientes (cuando la saponificación se hace con hidróxido de sodio) y un éter llamado alcohol batílico o quimílico:



Los glucosilacilglicéridos son glicéridos que contienen un monosacárido unido a un hidroxilo de glicerina mediante enlace glicosídico y el resto de la glicerina está esterificada con dos moléculas de ácido graso. En estas moléculas se hace más evidente dos zonas: una polar a la que se le llama cabeza (por ser más pequeña) y otra apolar y a la que se le denomina cola:



Los fosfoglicéridos o glicerofosfátidos, están formados por una molécula de glicerina a la que están esterificados un grupo fosfato y dos ácidos grasos. Presentan isomería óptica y son la base estructural de las membranas celulares como lo explica el modelo del mosaico fluido.

Este grupo de compuestos también es anfipático, es decir, presenta una cabeza polar y una cola no polar. Además, en la cabeza, formada principalmente por un residuo de ácido fosfórico, aparece otra molécula cuya presencia determina ocho clases de fosfolípidos.

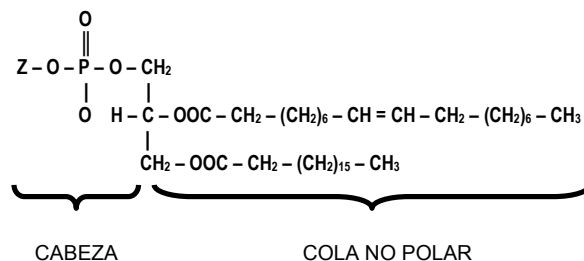
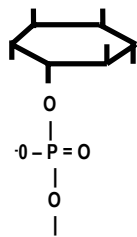
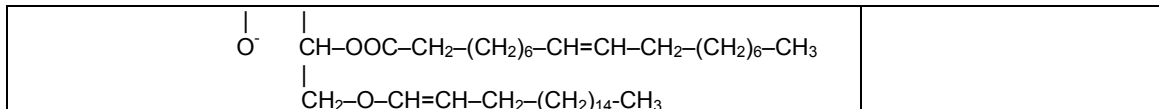


Tabla 25. Estructuras de las clases de fosfolípidos.

Estructura de Z	Nombre de la clase
$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^+\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-P-O-} \\ \\ \text{O}^- \end{array} $	Fosfatidiletanolamina.
$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ (\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-P-O-} \\ \\ \text{O}^- \end{array} $	Fosfatidilcolina.
$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OOC-CH-CH}_2\text{-O-P-O-} \\ \quad \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{O}^- \end{array} $	Fosfatidilserina.
	Fosfatidilinositol.
$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-O-P-O-} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{O}^- \end{array} $	Fosfatidilglicerina.
$ \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-O-} \\ \quad \\ \text{O=P-O}^- \quad \text{O=P-O}^- \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array} $	Cardiolipina.
$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{N}^+\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-P-O-CH}_2 \end{array} $	Plasmalógeno.

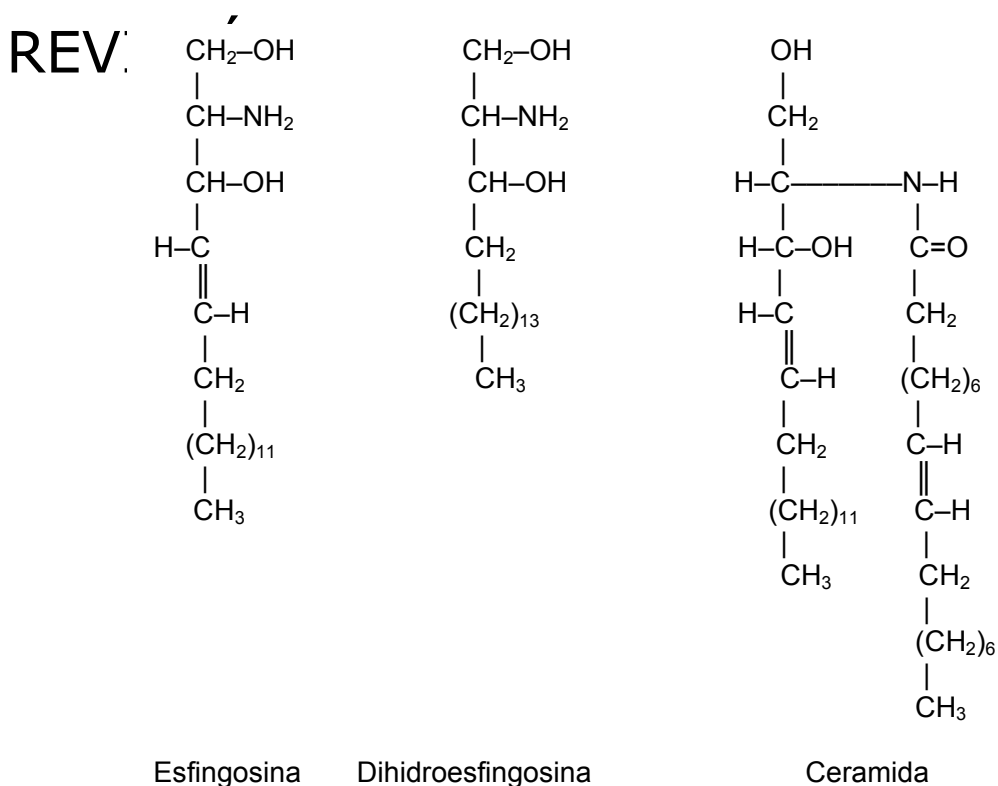


En los seres vivos, los más abundantes son el fosfoglicérido de etanolamina (un aminoalcohol) y de colina (otro aminoalcohol) que entran en mayor proporción en la constitución de las membranas de la célula animal.

Otros son la fosfatidilserina (la serina es un aminoácido), el fosfatidilinositol (el inositol es un polialcohol cíclico de seis carbonos) y la cardiolipina en donde el sustituyente de la cabeza es otra molécula de glicerina que une a dos fosfolípidos, se encuentra formando parte de las membranas de la mitocondria.

Los plasmalógenos se diferencian un poco de las anteriores clases de fosfolípidos formada por glicerina esterificada con un ácido graso ubicado en la posición dos, otra cadena alifática α,β – insaturada de configuración cis unida por enlace éter a la posición uno y con una molécula de etanolamina sobre el grupo fosfato. Se encuentra en la membrana de las células musculares y nerviosas.

Los esfingolípidos son compuestos formados por la esfingosina o un derivado suyo, una molécula de ácido graso y una molécula compleja en la cabeza polar, la ceramida, un esfingolípidos que tiene dos colas no polares, es la base de estas sustancias y su estructura es:



La esfingosina es un aminoalcohol de cadena larga presente en las esfingomielinas de los tejidos animales; en las plantas aparece la dihidroesfingosina, en las levaduras la fitoesfingosina y en los invertebrados la 4,8 – esfingodieno, una base insaturada.

Los glucoesfingolípidos neutros son esfingolípidos que tienen uno o más restos de azúcares en la cabeza polar pero sin carga eléctrica. Los más simples son los cerebrósidos que une el monosacárido por enlace β – glicosídico a un hidroxilo de la ceramida; los del cerebro y sistema nervioso llevan galactosa y los de tejido no neuronal, glucosa.

En este grupo aparece una clase de éteres sulfúricos a los que se han llamado sulfátidos. En la tabla 26 encontramos la estructura de estas sustancias:

Tabla 26. Clases y estructuras de los glucoesfingolípidos neutros³⁵.

Clases		Estructura química³⁶
Glucoceramidas.	Monohexósido.	Glc 1 → ceramida.
	Dihexósido.	Gal 1 → 4 → Glc 1 ceramida.
	Trihexósido.	Gal 1 → 4 → Gal 1 → 4 Glc 1 → ceramida.
	Tetrahexósido.	GalNAc 1 → 3 Gal 1 → 4 Gal 1 → 4 Glc 1 → ceramida.
Galactosilceramidas	Galactocerebrósido.	Gal 1 → ceramida.
	Dihexósido	Gal 1 → 4 Gal 1 → ceramida.

Estas sustancias son importantes en la superficie celular de los tejidos animales ya que sus colas no polares penetran en la bicapa lipídica de la membrana celular y las cabezas polares emergen siendo responsables de la especificidad de ciertas células como por ejemplo las de los glóbulos rojos y su relación con los grupos sanguíneos.

REVISIÓN

Los gangliosidos o glucoesfingolípidos ácidos se diferencian del anterior grupo en que en la cabeza aparece un polisacárido con uno o más restos de ácido siálico; en los humanos corresponde al ácido N – acetilneuramínico, abundante en la materia gris (llega a ser el 6 % de los lípidos totales). Se han encontrado unos 20 tipos de gangliosidos que se diferencian en el número y posición de los restos de hexosas y de ácido siálico. Parece ser que tienen funciones muy específicas en la transmisión de los impulsos nerviosos y en el desarrollo de tejidos especializados y de órganos, como también en mecanismos de inmunidad y de reconocimiento celular.

Las ceras son ésteres sólidos de ácidos grasos de cadena larga con alcoholes grasos monohidroxílicos o esteroides. Insolubles en agua, pero al calentarlos se ablandan permitiendo moldearlos. Forman las cubiertas protectoras de la piel, pelo, plumas, hojas y frutos de las plantas superiores y del exoesqueleto de los insectos. Como para que tengamos una idea de la estructura química de estas sustancias, la cera de abeja es un éster del ácido palmítico y alcoholes de 26 a 34 carbonos, la lanolina o grasa de la lana es una mezcla de ésteres de ácidos grasos con alcoholes esteroides como el lanosterol y el agnosterol.

Los lípidos simples son sustancias que se disuelven o son extraídas con solventes orgánicos, de los lípidos complejos apareciendo en menor cantidad, sin embargo, muchos de ellos son sustancias con gran actividad biológica como son las vitaminas, hormonas y

³⁵

³⁶ Las abreviaturas significan: Glc = D – glucosa. Gal = D – galactosa. GalNAc = N – acetil – D – galactosamina.

otras cuya estructura permite agruparlas como terpenos y esteroides que revisaremos en la otra unidad.

Las prostaglandinas son lípidos simples, derivados de ácidos grasos insaturados, principalmente del ácido araquidónico cuya actividad biológica se relaciona con la disminución de la tensión arterial y la contracción de los músculos lisos, aunque algunas de ellas son reguladoras en el metabolismo de ciertos tejidos.

3.2 **Lípidos de importancia en alimentos y farmacia.**

No sobra recordar que los lípidos se constituyen en la principal fuente de reserva energética que tienen los seres vivos y es común encontrar entre los tejidos esenciales las grasas y haciendo parte del tejido nervioso, la membrana celular y de organelos celulares (mitocondrias, microsomas y núcleo entre otros).

Su rol en la alimentación humana es innegable, los aceites de maíz, algodón, soya, canola, etc., son conocidos por todos ya que se utilizan en la preparación de alimentos, aderezo de las ensaladas o en la elaboración sintética de la margarina al hidrogenar los aceites de algodón, cacahuete y soya permitiendo modificar color, sabor y aroma haciéndolos más comestibles.

Su importancia nutricional radica en los aportes que puede hacer de los ácidos grasos esenciales, por cierto todos los insaturados, ya que el sistema metabólico de los animales omnívoros (incluido el hombre³⁷) no los pueden sintetizar siendo necesarios incluirlos en la dieta como lo son los ácidos oleico, linoleico, palmitoleico y el linolénico. Otros como el palmítico y el esteárico se encuentran más ampliamente distribuidos en la mayoría de alimentos y su exceso se acumula en la grasa corporal.

Dentro del campo farmacéutico destacamos las prostaglandinas como mediadoras de las condiciones inflamatorias, dolorosas y febriles frente a las cuales los fármacos antiinflamatorios actúan inhibiendo su biosíntesis.

Las prostaglandinas, u hormonas locales porque se producen en los mismos tejidos, exhiben diversos efectos biológicos actuando conforme a necesidades específicas de inhibición, de tal forma que se han podido conocer las clases PGA, PGB, PGC, PGD, PGE, PGF y PGI³⁸. Su estructura base es el ácido prostanoico un esqueleto ciclopentanoico como dos cadenas laterales. Las modificaciones se dan en el anillo de cinco carbonos, determinando las clases mencionadas arriba. Su importancia radica en la búsqueda de antiinflamatorios no esteroides que generen menos rechazos o efectos secundarios.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 16

- 1) Elabore una monografía sobre las materias primas, los procesos de extracción, refinación, determinación de características de calidad en la industria de grasas y aceites con fines alimenticios.

³⁷ Se entiende al ser bisexuado, cúspide de la evolución conformado por mujeres y varones.

³⁸ PGA, se lee prostaglandina A, PGB, prostaglandina B,... y así sucesivamente.

- 2) Escriba una pequeña memoria sobre las estructuras y propiedades farmacológicas de las prostaglandinas.

No olvide incluirlas en su portafolio de desarrollo personal.

ACTIVIDADES DE LABORATORIO

Introducción.

Como en la anterior unidad, aquí vamos a realizar un corte en el estudio teórico del curso para realizar una experiencia de dos días trabajando en el laboratorio para tener la oportunidad de continuar en el desarrollo de destrezas, métodos y avance con las competencias superiores al tener la oportunidad de evaluar y obtener conclusiones luego del análisis detallado de los resultados obtenidos. Recordemos que lo más importante de esta experiencia no es el desarrollo pormenorizado de las instrucciones dadas en cada una de las guías de práctica sino más bien la oportunidad de analizar los resultados desde sus condiciones adquiridos en el estudio de cada uno de los grupos funcionales ya estudiados.

Nuestro trabajo experimental tiene como dos propósitos fundamentales: uno es el de poder confirmar el comportamiento físico y químico de cada una de los grupos funcionales analizados en las guías, deducir su posible estructura con base en dichos resultados y comprobar que ese comportamiento se debe al grupo funcional o, en otros casos, a la presencia de otras estructuras que definen ese mismo comportamiento de modo que podamos establecer claramente la relación grupo funcional – comportamiento fisicoquímico como se ha venido discutiendo en las unidades ya estudiadas. El segundo, a la posibilidad de utilizar técnicas de síntesis y de purificación de estos compuestos en las condiciones normales de este tipo de laboratorio ya que existen otros procedimientos más avanzados y costosos que suelen utilizarse en procesos de investigación donde la cantidad de la sustancia juega un papel fundamental en la selección de dichas técnicas. Además, serán objeto de estudio en cursos más avanzados.

Las prácticas que vamos a realizar aquí están proyectadas para realizarlas en jornadas de cuatro horas. Las primeras serán de corte cualitativo y la final comprende una síntesis y la purificación por destilación fraccionada de los productos obtenidos para luego determinar el grado de pureza de la sustancia obtenida.

No olvide que después de finalizado el trabajo experimental debe construir el informe correspondiente para entregar sus resultados, discusión y conclusiones a su tutor. Si disponen de tiempo o ha sido programado por el profesor, se puede efectuar un taller de discusión de esos resultados para poder complementar la teoría con la práctica, siendo una rica oportunidad de aprendizaje.

ALCOHOLES Y FENOLES

Estas sustancias se consideran como derivados orgánicos del agua al remplazar uno de sus hidrógenos por un radical alquilo (alcohol) o arilo (fenol).

Los alcoholes pueden ser primarios, secundarios o terciarios dependiendo sobre qué tipo de carbono se encuentre enlazado el grupo funcional ($-OH$). El orden y la velocidad de la reactividad de cada uno de ellos será objeto de estudio en esta práctica cualitativa. También encontramos alcoholes monohidroxílicos o polihidroxílicos cuando tienen uno o varios grupos hidroxilo asociados a la misma cadena carbonada.

Los primeros miembros de la serie son líquidos incoloros, menos densos que el agua, volátiles, sin descomposición y de olor característico. A partir del C_{12} (alcohol dodecílico) son sólidos blancos de consistencia cerosa semejante a la de la parafina. Poseen gran tendencia a asociarse a través de puentes de hidrógeno, causa de su elevado punto de ebullición y de la solubilidad en agua de los cinco primeros alcoholes.

En la experiencia vamos a comprobar sus propiedades físicas y el comportamiento típico de cada una de estas sustancias. Los alcoholes, relacionado con su acidez, reacciones de oxidación y de liberación del hidroxilo. Para los fenoles, su acidez y las reacciones de sustitución nucleofílicas. Se tendrá la oportunidad de comparar en el mismo ensayo químico sustancias de estos dos grupos para que pueda verificar su comportamiento químico y comprender los aspectos analizados en la teoría.

Procedimiento

El instructor colocará a su disposición los alcoholes y fenoles disponibles en el laboratorio, entre los cuales se recomienda, Etanol, Butanol, sec – butanol, ter – butanol, Fenol y Resorcinol entre otros.

1. *Propiedades físicas.*

Tome sendos tubos de ensayo limpios y secos, márkelos con el nombre de la sustancia, tome 1 mL de cada uno de ellos o 0,5 g de la sustancia y deposítelos en el tubo previamente identificado. Determine su estado físico, olor, color. Ahora proceda a determinar su solubilidad en cada uno de los siguientes solventes: agua destilada, solución de hidróxido de sodio, solución diluida de HCl, acetona, éter, cloroformo y etanol.

Para ello añada 2 mL de cada solvente al tubo de ensayo y agite cuidadosamente por un minuto. Deje reposar y compruebe si existe una sola fase, en cuyo caso el ensayo es positivo o si hay dos fases indica que es insoluble. Escriba su registro en el cuaderno de laboratorio.

2. **Acidez de los alcoholes y fenoles.**

2.1 *Ensayo al papel tornasol.*

Tome seis tubos de ensayos limpios y secos, márkelos con el nombre de las sustancias disponibles, tome 1 mL o 0,5 g de las sustancias, añádales 2 mL de agua destilada y agite por un minuto. Ahora, ayudado con una varilla de agitación tome una pequeña muestra y colóquela sobre un trocito de papel tornasol azul. Busque que el papel se humedezca y observe si existe algún cambio o no. Cuando vaya a utilizar otra muestra, no olvide lavar y secar la varilla para evitar contaminación de los reactivos y errores en los ensayos. Registre sus resultados en el cuaderno de laboratorio, indicando el color final del papel tornasol.

2.2 *Ensayo con hidróxido de calcio.*

En otros seis tubos de ensayos limpios y secos, debidamente marcados, coloque 1 mL o 0,5 g de las sustancias disponibles para el ensayo. Agregue 2 mL de solución saturada de hidróxido de calcio. Determine el tiempo en que desaparece el precipitado, escriba los resultados en su cuaderno de laboratorio y en su informe indique las reacciones que ocurren.

REVISIÓN

3. **Reemplazo del grupo hidroxilo.**

En sendos tubos de ensayos limpios y secos, coloque 1 mL del reactivo de Lucas (solución saturada de cloruro de zinc en ácido clorhídrico concentrado y en cada uno de ellos adicione 1 mL o 0,5 g de las sustancias disponibles. Determine en cuál tubo se formó un enturbiamiento debido a la producción de un cloruro de alquilo insoluble en agua y en qué tiempo. Escriba sus observaciones en el cuaderno de laboratorio y obtenga sus conclusiones cuando desarrolle el informe de la práctica.

4. **Reacciones de oxidación.**

4.1 *Ensayo con bicromato de potasio en medio ácido.*

Tome seis tubos de ensayos limpios y secos, márkelos con el nombre de las sustancias disponibles para el ensayo, agregue 1 mL de solución de bicromato de potasio y tres gotas de ácido sulfúrico concentrado, luego adicione a cada tubo 1 mL o 0,5 g de la sustancia con la cual ha sido marcado. Observe el cambio de coloración y registre en su cuaderno de laboratorio. Ahora caliente suavemente cada tubo. Ocurre oxidación si cambia el color anaranjado de la solución a color verde. No olvide registrar sus resultados en el cuaderno de laboratorio.

4.2 *Ensayo con permanganato de potasio.*

En otros seis tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados, añada 1 mL o 0,5 g de las sustancias disponibles y adicione 2 mL de solución de permanganato de potasio diluida, agite y caliente suavemente cada tubo y escriba las observaciones de los cambios encontrados, por lo menos en cinco minutos, en su cuaderno de laboratorio.

5. **Ensayo del xantato.**

En seis tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados, coloque 1 mL o 0,5 g de la sustancia disponible, agregue una lenteja de hidróxido de potasio y caliente suavemente hasta su disolución. Enfríe el tubo y añada 1 mL de éter etílico. Adicione gota a gota bisulfuro de carbono hasta formación de un precipitado amarillo pálido o hasta agregar 2 mL del reactivo. Escriba los resultados hallados en su cuaderno de laboratorio.

6. **Reacción con cloruro férrico.**

En seis tubos de ensayos limpios y secos debidamente marcados, coloque 1 mL o 0,5 g de las sustancias disponibles, añada 1 mL de agua destilada y agite hasta formar la solución. Luego a cada tubo adicione cuatro gotas de solución del cloruro férrico al 3 % y observe las coloraciones que se pueden desarrollar en los tubos. Haga el registro de sus observaciones en su cuaderno de laboratorio.

7. **Ensayo con agua de bromo.**

En seis tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados, añada 1 mL o 0,5 g de las sustancias disponibles, añada 0,5 mL de agua destilada y agite suavemente hasta disolución. Posteriormente agregue a cada tubo y gota a gota solución saturada de bromo en agua y vaya registrando los cambios que se producen en cada tubo hasta alcanzar el equivalente a 1 mL, en su cuaderno de laboratorio.

8. **Formación de ácido pícrico.**

En seis tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados, coloque 1 mL o 0,5 g de las sustancias disponibles, añada 1 mL de ácido sulfúrico concentrado y luego 1 mL de ácido nítrico concentrado. Observe si se forma algún precipitado amarillo y registre sus observaciones en el cuaderno de laboratorio; la formación de ese precipitado es positivo para el ensayo. Si ocurren otros cambios, no olvide intentar una explicación de los mismos en su informe apoyándose en el módulo o en otros textos de química orgánica.

No olvide durante la elaboración del informe de la práctica tener en cuenta las recomendaciones dadas para esta parte en la primera unidad.

ALDEHÍDOS, CETONAS Y CARBOHIDRATOS

No olvidemos que el grupo funcional común de estas tres familias de sustancias es el grupo carbonilo (C=O), mientras que en los carbohidratos encontramos asociados grupos hidroxilos que les ayudan a definir un comportamiento particular, siendo aprovechado por los seres vivos para utilizarlos como elementos estructurales y funcionales.

Estudiaremos el comportamiento químico de estas sustancias buscando identificar las reacciones que son típicas para cada uno de ellos, utilizando el criterio trabajado en la práctica anterior pero esta vez dando más ayuda desde la teoría para evitarnos reacciones falsas que generen conclusiones equivocadas, debido precisamente a lo complejas que son estas sustancias especialmente los carbohidratos.

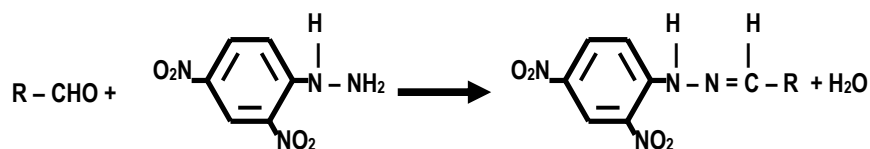
Procedimiento

1. Aldehídos y Cetonas.

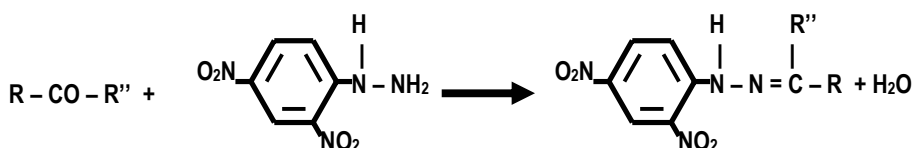
1.1 Formación de fenilhidrazonas.

La fenilhidracina ($C_6H_5NH-NH_2$), un derivado del amoniaco forma con los aldehídos y cetonas derivados sólidos de color amarillos denominados fenilhidrazonas.

El reactivo más común para este tipo de ensayos es la 2, 4 – dinitro – fenilhidracina que forma precipitados rojizos o amarillo anaranjado con aldehídos y cetonas:



Reacción con un aldehído



Reacción con una cetona

El auxiliar de laboratorio podrá disponer de las siguientes sustancias para poder efectuar los ensayos aquí recomendados: formaldehído, acetaldehído, benzaldehído, cetona, benzofenona.

En cinco tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados con los nombres de las sustancias disponibles, añada 0,5 mL ó 0,5 g de las sustancias disponibles y agregue 1 mL de etanol. Agite suavemente para disolver las sustancias. Luego adicione a cada tubo 1 mL de solución de 2,4 – dinitro – fenilhidracina; agite fuertemente y vaya registrando los tiempos de aparición de los correspondientes precipitados hasta un tiempo de máximo 10 minutos. Registre los cambios, colores y otros aspectos que usted considere convenientes en su cuaderno de laboratorio. En su informe no olvide escribir las reacciones correspondientes.

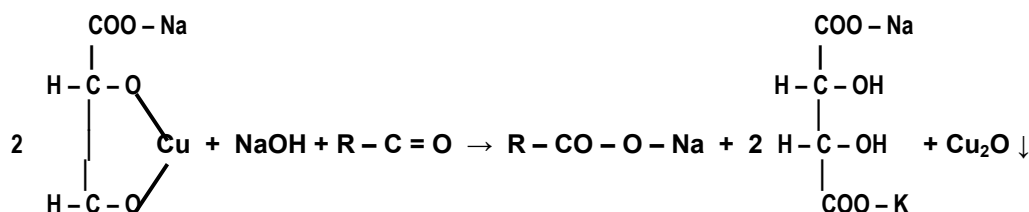
1.2 Reacciones de oxidación.

Permiten efectuar una diferenciación de los aldehídos y las cetonas. Afortunadamente usted está trabajando con sustancias patrón (al menos con grado de reactivo analítico) permitiéndole efectuar más bien una comprobación que realmente la resolución de un problema con una sustancia desconocida.

Vamos a experimentar los ensayos de Fehling, Benedict y Tollens que tienen diferente fuerza reductora permitiendo diferenciar los aldehídos de las cetonas.

1.2.1 Ensayo de Fehling.

El reactivo de Fehling está formado por dos soluciones denominadas A y B³⁹. Al momento de efectuar el ensayo se mezclan en volúmenes equivalentes para formar un complejo cupro – tartárico en medio alcalino. Oxida a los aldehídos más no a las cetonas. La reacción que ocurre es:



Tome cinco tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados, mezcle 1 mL de solución de Fehling A y 1 mL de solución de Fehling B, agite suavemente, añádale 1 mL ó

³⁹ La solución A de Fehling es una disolución de sulfato cúprico en agua, mientras que la solución B es tartrato de sodio y de potasio, hidróxido de potasio y agua.

0,5 g de las sustancias disponibles para el ensayo. Coloque los tubos en un baño de agua hirviendo, durante unos tres minutos. Un precipitado amarillo naranja de óxido cuproso es ensayo positivo. Si se ha añadido exceso de reactivo puede aparecer una coloración verde que se toma también como positivo.

Otras sustancias orgánicas como las α – hidroxicetonas dan positivo el ensayo. No se debe calentar demasiado tiempo los tubos ya que las cetonas pueden oxidarse en las condiciones del ensayo, falseando los resultados. Los aldehídos aromáticos y los alifáticos que no tengan hidrógeno en el carbono α no dan precipitado.

1.2.2 Ensayo de Benedict.

También tiene ión cúprico en medio alcalino. Es un único reactivo que contiene sulfato de cobre, citrato de sodio y carbonato de sodio. Reduce a los aldehídos y puede usarse como prueba confirmatoria. La reacción es semejante a la que se tiene en Fehling solo que el complejo orgánico es un citrato.

En cinco tubos de ensayos limpios, secos y debidamente rotulados, adicione 2 mL del reactivo de Benedict, 1 mL ó 0,5 g de los compuestos a ensayar y caliéntelos en un baño de agua hirviendo por tres minutos. Observe los resultados y regístrelos en su cuaderno de laboratorio.

1.2.3 Ensayo de Tollens.

Este reactivo contiene el ion complejo de plata amoniacal, que se reduce a plata metálica cuando reacciona con aldehídos, azúcares y polihidroxifenoles fácilmente oxidables. Se debe controlar el calentamiento ya que el exceso lleva a la oxidación de las cetonas siendo imposible su diferenciación. El tubo de ensayo debe estar bien limpio para formar el espejo de plata; si aparece un precipitado negro, también se considera al ensayo positivo.

Como el reactivo es inestable, es necesario prepararlo mezclando hidróxido de sodio acuoso, nitrato de plata acuoso e hidróxido de amonio.

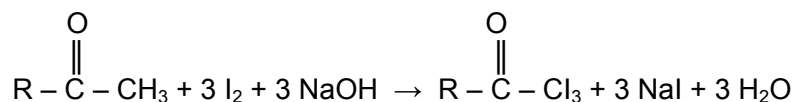
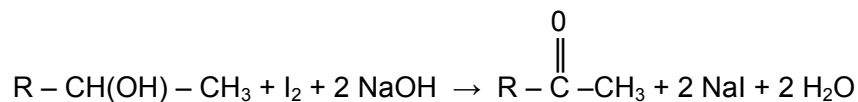
En un tubo de ensayo limpio y seco mezcle 1 mL de hidróxido de sodio al 5 % con 5 mL de nitrato de plata al 5 %, agite cuidadosamente el tubo y añada gota a gota solución de hidróxido de amonio 2 N hasta disolver todo el precipitado.

Luego, tome cinco tubos de ensayos limpios y secos marcados con los nombres de las sustancias a ensayar y coloque 2 mL del reactivo que preparó antes, agregue 1 mL ó 0,5 g de las sustancias en ensayo, agite el tubo y deje reposar por 10 minutos. Si no ha ocurrido reacción alguna, puede calentar en baño maría a 35 °C por cinco minutos. No olvide controlar la temperatura para que no reaccionen las cetonas. Luego registre sus datos en el cuaderno de laboratorio.

1.3 *Detección de hidrógenos α . Ensayo del haloformo.*

Si la sustancia tiene una estructura con la configuración: $\text{CH}_3 - \text{C} = \text{O}$, o que la puede generar cuando reacciona con un hipoyodito alcalino, da positiva este ensayo. También se le denomina ensayo del haloformo porque se puede obtener cloroformo, bromoformo y

yodoformo, pero se prefiere el último por ser un sólido amarillo y con olor característico. La reacción que ocurre es:



Yodoformo

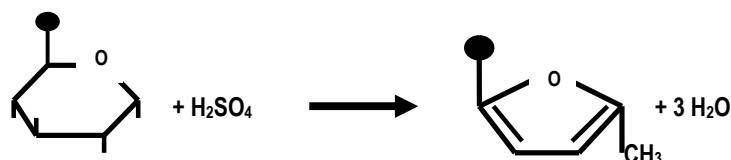
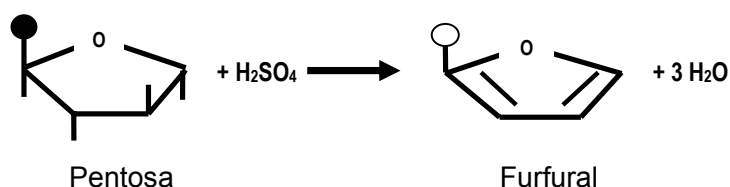
Tome cinco tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados con los nombres de las sustancias disponibles para el ensayo, coloque 0,5 mL ó 0,5 g de la sustancia, añada 5 mL de dioxano y agite hasta la disolución de la muestra. Agregue 1 mL de hidróxido de sodio al 10 % y solución de yodo – yoduro de potasio hasta mantener exceso de yodo (aparece coloración oscura). Si hay decoloración con 2 mL de la solución, coloque el tubo en un baño de agua caliente y controle el ascenso de temperatura con un termómetro hasta 60 °C, añada más solución de yodo – yoduro hasta que se mantenga el color oscuro durante dos minutos a la temperatura indicada. Remueva el exceso de yodo adicionando unas gotas de hidróxido de sodio al 10 % y agitando. Llene el tubo con agua y deje en reposo por 15 minutos. Un precipitado amarillo indica la presencia de yodoformo.

2. Carbohidratos.

Es posible establecer una especie de marcha analítica para la identificación específica de estos biocompuestos, iniciando con una reacción general típica que los identifica, discriminar si son poli, di o monosacáridos y diferenciar si son aldosas o cetosas y dentro de ellas si son pentosas o cetosas.

El esquema de dicha marcha lo encontramos en la figura 29. Ahora vamos a desarrollar cada una de las pruebas indicadas en esa marcha.

Los di, oligo y polisacáridos se hidrolizan al ser calentados con ácido mineral concentrado (generalmente ácido sulfúrico) generando monosacáridos quienes se deshidratan por acción del mismo para producir furfural o 5 – hidroximetil – furfural:

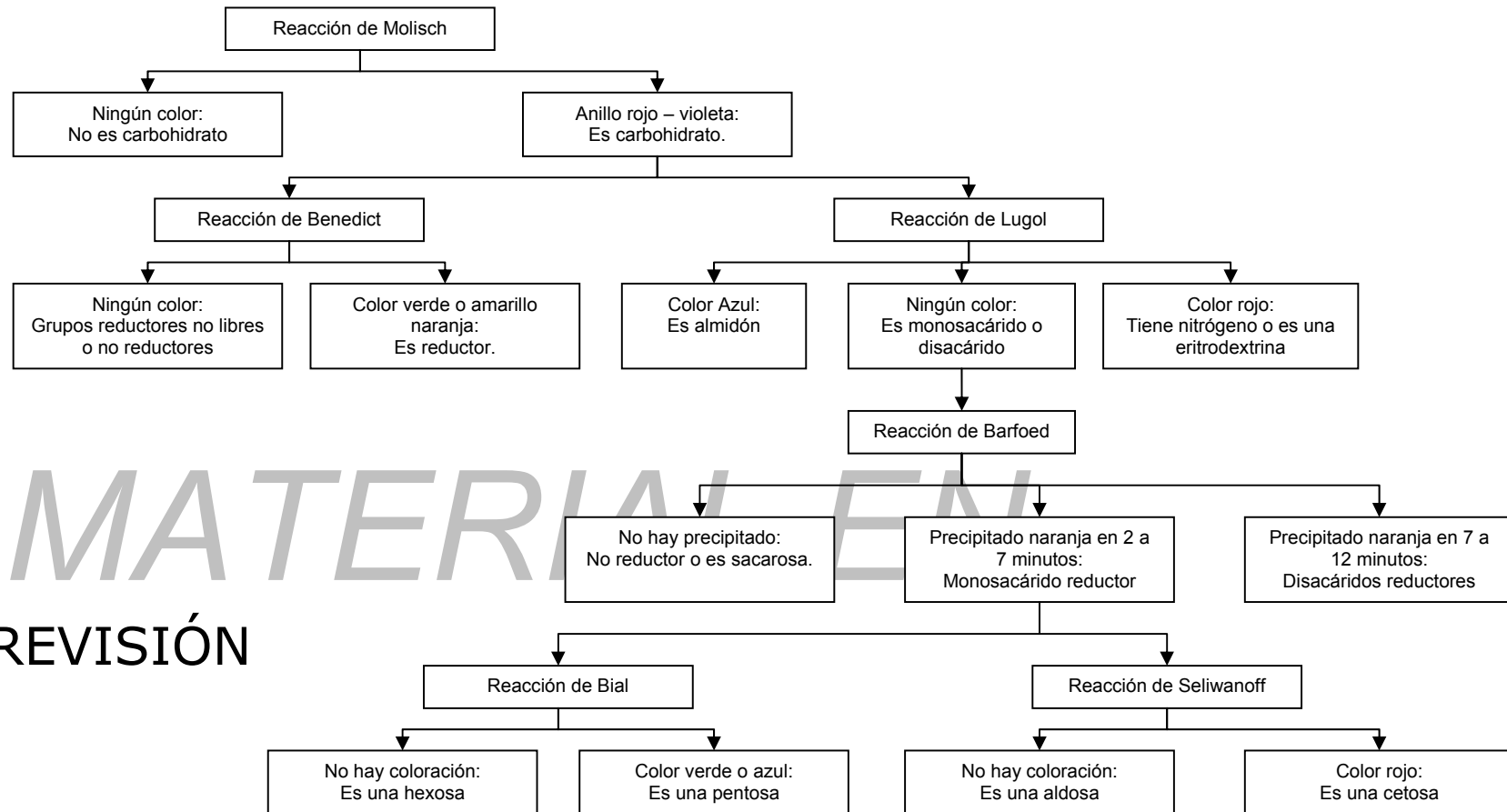


Hexosa

5 – hidroxil – metil – furfural

MATERIAL EN REVISIÓN

Figura 29. Marcha analítica para la identificación de carbohidratos.



REVISIÓN

Su instructor o auxiliar de laboratorio la facilitará las siguientes sustancias para efectuar los análisis: glucosa, manosa, fructosa, sacarosa y almidón. Debe realizar todos los ensayos con el fin de comprobar la marcha propuesta y establecer el comportamiento de las mismas según su estructura química ya estudiada en la unidad anterior.

2.1 *Reacción de Molisch.*

Utilizamos ácido sulfúrico concentrado para descomponer el carbohidrato a furfural o su derivado y reconocerlo con α – naftol en metanol ya que forma un anillo de color púrpura – violeta.

Tome cinco tubos de ensayos limpios y secos, marcados con los nombres de las sustancias por ensayar, añada 0,5 g de cada uno de ellos, añada 1 mL de agua y agite hasta disolverlos y agregue cuatro gotas de reactivo de Molisch. En otro tubo, coloque 1 mL de ácido sulfúrico concentrado, incline un poco el tubo de ensayo, adicionando cuidadosamente la solución del carbohidrato preparada anteriormente buscando que quede encima del ácido sulfúrico. El desarrollo de un color púrpura – violeta en la interfase se toma como positivo.

2.2 *Reacción de Benedict.*

Contiene citrato de cobre en medio alcalino suave, al reaccionar con los azúcares reductores da un precipitado oscuro de óxido cuproso.

Tome cinco tubos de ensayos limpios secos, debidamente marcados, añada a cada uno 2 mL y añada 0,5 g del compuesto, coloque el tubo en un baño de agua hirviendo durante tres minutos. Un precipitado es positivo para carbohidratos reductores. No olvide registrar los resultados obtenidos en su cuaderno de laboratorio.

2.3 *Reacción del Lugol.*

En cinco tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados, añada 2 mL de agua destilada, 0,5 g de la sustancia y agitar hasta disolución. Luego adicione cinco gotas de la solución de Lugol y observe los cambios que se presentan: Si no hay color, corresponde a un monosacárido o un disacárido, si da color azul se tiene almidón o si es rojo contiene nitrógeno o es una eritrodextrina⁴⁰. Registre sus resultados en el cuaderno de laboratorio.

2.4 *Reacción de Barfoed.*

Permite diferenciar los monosacáridos de los disacáridos ya que los primeros se oxidan más fácilmente. Como es un ensayo no específico, es necesario tener la certeza de que las sustancias analizadas corresponden a carbohidratos como le venimos efectuando hasta ahora.

En cinco tubos de ensayos limpios y secos debidamente marcados, tome 2 mL del reactivo y añada 0,5 g de las sustancias por analizar, caliente el tubo en un baño de agua

⁴⁰ En la hidrólisis enzimática o en autoclave del almidón se obtienen tres fracciones: amilodextrina, eritrodextrina y acrodextrina. La eritrodextrina es soluble en agua, precipita en etanol y es muy viscosa por lo que se suele emplear en la fabricación de adhesivos.

y si se forma precipitado en dos a siete minutos, la sustancia es un monosacárido. Después de siete minutos, el ensayo es positivo para los disacáridos.

2.5 *Reactivo de Bial.*

Permite la identificación de pentosas.

Tome cinco tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados. Añada 2 mL de agua destilada y 0,5 g del compuesto por analizar, agite para formar la solución. Luego añada 1 mL del reactivo y caliente el tubo en un baño de agua caliente; la aparición de un color o un precipitado verde es ensayo positivo. Registre sus resultados en el cuaderno de laboratorio.

2.6 *Reactivo de Seliwanoff.*

El ensayo utiliza la conversión de la cetosa a hidroximetil – furfural y su condensación con Resorcinol para formar compuestos coloreados.

En cinco tubos de ensayos limpios, secos y marcados, coloque 1 mL del reactivo y 1 mL de la solución del carbohidrato en agua como se ha venido preparando (1 mL de agua y 0,5 g de la sustancia y agitar hasta disolución), caliente la mezcla en un baño de agua hirviendo. El desarrollo del color rojo en dos minutos es prueba positiva para cetosas, pasado ese tiempo, las aldosas dan una coloración más débil. Escriba sus resultados en el cuaderno de laboratorio.

REVISIÓN

SÍNTESIS Y PURIFICACIÓN DEL ACETATO DE ETILO

En esta práctica de laboratorio, buscaremos ilustrar la síntesis orgánica de un compuesto y su posterior purificación, con el fin de determinar sus principales características y su posible grado de pureza.

Como habíamos mencionado en las introducciones a la parte experimental del curso, el propósito no es únicamente la comprobación de las reacciones más características de cada grupo funcional, sino también el poder establecer cómo se planea y ejecuta la síntesis de una sustancia. Sin embargo, en esta práctica la situación realmente no va a ser tan compleja como puede ser la obtención de otra sustancia más específica o especializada pero si nos permite adentrarnos en este campo tan interesante de la Química Orgánica y que tiene mucha utilidad ya sea en la industria de alimentos o en la farmacéutica, puesto que la obtención de aditivos para mejorar algunas características de esta sustancia son muy especiales. El otro propósito es ilustrar otra técnica de purificación con lo es la destilación fraccionada, complementando la destilación con arrastre de vapor que estudiamos y practicamos en la unidad anterior.

REVISIÓN
No olvide recordar que estamos trabajando con sustancias volátiles fácilmente inflamables por lo que es conveniente mantener siempre el sitio de trabajo bien ventilado, si se usan llamas abiertas tener precaución con el manejo de los vapores sobre todo de los que salen de los equipos de reacción y de destilación.

Iniciaremos purificando el alcohol de reacción ya que partiremos de alcohol antiséptico al que purificaremos mediante destilación fraccionada, luego de determinar su grado de pureza, lo utilizaremos como reactivo en la síntesis del acetato de etilo al que finalmente también purificaremos con la técnica de destilación fraccionada.

1. Principios teóricos de la técnica de destilación fraccionada.

Cuando discutimos las propiedades fisicoquímicas de las sustancias puras, encontramos que sus constantes físicas ayudan a su identificación; ahora encontramos que también ayudan a su purificación ya que se mantienen cuando están mezcladas y su presión de vapor permite controlar la composición dependiendo de la temperatura.

Para un líquido puro, sabemos que la temperatura de ebullición depende de la presión y la temperatura externas debido a que se encuentra en equilibrio que le es característico. Si variamos la temperatura, el sistema nuevamente busca el equilibrio pero con valores totalmente diferentes a las condiciones iniciales hasta alcanzar una condición denominada punto crítico en la cual se tiene una fase homogénea, es decir desaparecen las dos fases iniciales (líquido \rightleftharpoons vapor) para formar una sola. Esta misma situación se presenta si comenzamos a variar la presión.

Cuando en el curso de Química General estudiamos las propiedades coligativas de las soluciones encontramos que al adicionar un soluto a un líquido puro, disminuye su presión de vapor, esta variación es proporcional a la fracción molar del soluto adicionado. Este comportamiento se ha traducido en la ley de Raoult ya que esa disminución es constante a cualquier temperatura.

Si esta mezcla se calienta, comienza a vaporizarse el componente más volátil. Si estamos siguiendo la separación en un balón mediante un termómetro, los vapores se condensan a una determinada temperatura estableciendo un equilibrio líquido \rightleftharpoons vapor que corresponde a un punto de ebullición. Si dejamos escapar esos vapores y luego los condensamos en otro recipiente, es posible que obtengamos todo el componente puro si seguimos observando cuidadosamente la temperatura que registra el termómetro. Si continuamos el proceso, veremos que va incrementándose la temperatura hasta alcanzar otro momento en que no va a variar y es cuando comienza a destilar el otro componente menos volátil que si condensamos podemos obtener relativamente puro ya que habrá un momento de transición donde saldrán algunas mezclas de las dos sustancias o al final se formará otra que destilará a una temperatura también constante pero en la cual las dos sustancias se encuentran íntimamente unidas como si fueran puras. Esas mezclas se llaman azeótropos.

La destilación simple no es una técnica adecuada para separar las mezclas de líquidos con muchas impurezas o si sus componentes tienen presiones de vapor similares en temperatura de ebullición; el fundamento de esta técnica es efectuar muchas destilaciones sencillas en la que se logre efectuar una concentración mayor del componente más volátil hasta la obtención del líquido puro. Este fenómeno se puede dar en la columna de fraccionamiento, donde en cada espacio de su longitud se establece un equilibrio "seriado" líquido \rightleftharpoons vapor que va enriqueciendo en el compuesto más volátil hasta alcanzar el líquido puro o relativamente puro al final de la columna, permitiendo luego su condensación para la recuperación de la mezcla más pura posible. Ahora, si tenemos suficiente cantidad de sustancias, encontraremos que se estabilizará la temperatura permitiendo obtener fracciones: inicialmente una mezcla de volátiles, la cabeza de la destilación, luego una porción de temperatura estable, otra mezcla y finalmente otro momento de estabilidad en temperatura donde destila la sustancia menos volátil quedando en el balón un resto que normalmente se le denomina cola de destilación.

Existe un conjunto de principios que se tienen que observar en esta técnica, como son:

- Contacto íntimo y prolongado entre las fases vapor y líquido. Una columna larga y que tenga amplia superficie de contacto lo facilita, ello significa un relleno conveniente para que en cortos espacios existan muchas zonas de equilibrio. (Lana de vidrio o pedazos de tubo de vidrio).
- Establecimiento y conservación de un gradiente adecuado de temperatura. La regulación de la velocidad de calentamiento y la reducción de excesiva pérdida de calor por parte de la columna impedirá que el proceso se demore o que no haya destilación fraccionada.
- Longitud suficiente de la columna.
- Los componentes de la mezcla deben tener una diferencia significativa en sus puntos de ebullición.

- Tener conocimiento de los azeótropos que se forman ya que establecen la temperatura óptima máxima de destilación. Para modificar la composición del azeótropo es necesario utilizar reacciones químicas.

Un azeótropo es una mezcla líquida que hierve a una determinada temperatura, a presión constante, sin que varíe su temperatura como si fuera un compuesto puro. Por lo general se presentan debido a las fuerzas intermoleculares entre las dos sustancias, sin embargo cuando se varía la presión cambian de composición o se pueden utilizar técnicas como destilarlos a diferentes presión, la adición de otro componente químico que permite formar otro azeótropo liberando el componente de interés que se recupera por destilación o reacciones químicas que impliquen al otro componente. Por ejemplo el etanol forma a presión normal un azeótropo con el agua dando una composición máxima del 95 %, pero se puede eliminar utilizando un agente desecante como el sulfato de sodio anhidro; aquí la sal se hidrata retirando el agua del azeótropo dejando el etanol con mayor pureza.

2. Síntesis del acetato de etilo.

La reacción de un ácido carboxílico con alcohol en medio ácido se denomina esterificación de Fischer y se caracteriza por presentar un equilibrio el cual necesariamente se tiene que considerar para lograr un rendimiento en la sustancia de interés. En nuestro caso buscamos producir suficiente acetato de etilo para poder obtener una cantidad adecuada que nos permita verificar algunas de sus propiedades.

Observando la constante de equilibrio se aproxima a cuatro, lo que significa que no podremos obtener rendimientos superiores al 67 %, sin embargo si se utiliza un exceso de uno de los reactivos podremos aumentar un poco ese resultado⁴¹.

Nuestra práctica implica el uso del ácido acético reaccionando con exceso de alcohol etílico utilizando como catalizador el ácido sulfúrico a temperatura controlada mediante un baño de agua hirviendo y posterior recuperación del producto final mediante destilación fraccionada.

3. Procedimiento.

3.1 Purificación del etanol.

Para ilustrar la técnica de la destilación fraccionada, se sugiere que el estudiante traiga al laboratorio una botella de 300 mL de alcohol antiséptico, el cual es una mezcla acuosa de etanol al 37 % que contiene una sustancia preservante tóxica que impide su utilización como bebida alcohólica. El propósito es obtener una mezcla del 95 % de pureza que luego utilizaremos en la síntesis del acetato de etilo.

En un balón de fondo redondo de 250 mL, mida unos 150 mL del alcohol antiséptico, añada unas perlas de ebullición (pequeñas esferas de vidrio, pedazos de porcelana o de ladrillo que ayudan a regular la ebullición evitando el sobrecalentamiento ya que una vez instalado el equipo no se puede mover, agitar o golpear las paredes ya que se pueden correr riesgos de incendio. Proceda a efectuar el montaje indicado en la figura 30, verificando que quede fijo y cierre hermético tanto del sistema de destilación como el de

⁴¹ BREWSTER, Ray Q. Vanderwerf, Calvin A. McEwen, William E. *Curso práctico de Química Orgánica*. Alhambra, Madrid. 1982., p. 121.

refrigeración, controlando la emisión de vapores inflamables y derrames del agua de enfriamiento.

Figura 30. Equipo utilizado para la destilación fraccionada.

Caliente el balón y observe como va ocurriendo la destilación, una vez haya condensado en el bulbo del termómetro comience a registrar la temperatura del primer destilado hasta recoger unos 10 mL que va a constituir la cabeza de destilación⁴², luego de dicha cantidad recoja la siguiente fracción que corresponde a etanol posiblemente del 95 % hasta cuando comienza a variar la temperatura o haya alcanzado menos de la mitad de líquido en el balón de destilación, momento en que debe suspender el calentamiento, cerrar la llave del agua de enfriamiento y dejar enfriar el sistema. El remanente que queda es la cola de la destilación.

Utilizando un picnómetro de 5 mL determine la densidad de cada una de las tres mezclas obtenidas y utilizando la tabla 23 determine la concentración aproximada que tienen en etanol. Intente efectuar una descripción de las características que tiene cada una de esas mezclas. No olvide reportar esos resultados en su informe de laboratorio.

Deseche la cabeza y la cola de la destilación, reservando para el siguiente experimento la mayor fracción.

Desmunte el sistema una vez esté frío y lave cuidadosamente el balón de destilación. El resto del equipo no es necesario ya que cuando se efectúe otra destilación el mismo se

⁴² Para Bogotá se puede efectuar el siguiente control: cabeza de 67 ° a 70 °C, cuerpo o corazón de 70 ° a 71 °C y la cola queda en el matraz de destilación. En otras regiones del país es necesario que el instructor efectúe el ensayo previamente e informe a los estudiantes esas temperaturas, o recurrir como control a la observación cuidadosa del termómetro.

hace autolimpieza eliminando los volátiles conforme a la nueva temperatura de destilación.

MATERIAL EN REVISIÓN

Tabla 23. Contenido alcohólico en peso y volumen de acuerdo con la densidad de soluciones hidroalcohólicas.

DENSIDAD D^{20}_{20}	PESO % ETANOL	VOLUMEN % ETANOL	DENSIDAD D^{20}_{20}	PESO % ETANOL	VOLUMEN % ETANOL	DENSIDAD D^{20}_{20}	PESO % ETANOL	VOLUMEN % ETANOL	DENSIDAD D^{20}_{20}	PESO % ETANOL	VOLUMEN % ETANOL	DENSIDAD D^{20}_{20}	PESO % ETANOL	VOLUMEN % ETANOL
1,00000	0	0	0,96901	21	25,7	0,93479	41	48,43	0,89040	61	68,6	0,84245	81	86,2
0,99813	1	1,3	0,96763	22	26,9	0,93272	42	49,51	0,88807	62	69,6	0,83997	82	87,1
0,99629	2	2,5	0,96624	23	28,1	0,93062	43	50,6	0,88574	63	70,5	0,83747	83	87,9
0,99451	3	3,8	0,96483	24	29,2	0,92849	44	51,6	0,88339	64	71,5	0,83496	84	88,7
0,99279	4	5,0	0,96339	25	30,4	0,92636	45	52,6	0,88104	65	72,4	0,83242	85	89,5
0,99113	5	6,2	0,96190	26	31,6	0,92421	46	53,7	0,87869	66	73,3	0,82987	86	90,2
0,98955	6	7,5	0,96037	27	32,7	0,92204	47	54,7	0,87632	67	74,2	0,82729	87	91,0
0,98802	7	8,7	0,95880	28	33,9	0,91986	48	55,8	0,87396	68	75,1	0,82469	88	91,8
0,98653	8	10,0	0,95717	29	35,1	0,91766	49	56,8	0,87158	69	76,0	0,82207	89	92,5
0,98505	9	11,2	0,95551	30	36,2	0,91546	50	57,8	0,86920	70	76,9	0,81942	90	93,2
0,98361	10	12,4	0,95381	31	37,4	0,91322	51	58,8	0,8680	71	77,8	0,81674	91	94,0
0,98221	11	13,6	0,95207	32	38,5	0,91097	52	59,8	0,86440	72	78,6	0,81401	92	94,7
0,98084	12	14,8	0,95028	33	39,6	0,90872	53	60,8	0,86200	73	79,5	0,81127	93	95,4
0,97948	13	16,1	0,94847	34	40,7	0,90645	54	61,8	0,85958	74	80,4	0,80848	94	96,1
0,97816	14	17,3	0,94662	35	41,9	0,90418	55	62,8	0,85716	75	81,2	0,80567	95	96,7
0,97677	15	18,5	0,94473	36	43,0	0,90191	56	63,8	0,85473	76	82,1	0,80280	96	97,4
0,97560	16	19,7	0,94281	37	44,1	0,89962	57	64,8	0,85230	77	83,0	0,79988	97	98,1
0,97431	17	20,9	0,94086	38	45,2	0,89733	58	65,8	0,84985	78	83,8	0,79688	98	98,7
0,97301	18	22,1	0,93886	39	46,3	0,89502	59	66,8	0,84740	79	84,6	0,79383	99	99,3
0,97169	19	23,3	0,93684	40	47,4	0,89271	60	67,7	0,84494	80	85,4	0,79074	100	100,0
0,97036	20	24,5												

3.2 **Síntesis del acetato de etilo.**

En el matraz de fondo redondo de 250 mL, adicione 30 g de ácido acético glacial y 50 mL de la mezcla de etanol destilada en el punto anterior, añada agitando continuamente 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Agregue unos trocitos de porcelana o esferas de vidrio, coloque un refrigerante y lleve la mezcla a reflujo por 30 minutos calentando con un baño de agua hirviendo, como lo muestra la figura 31.

Figura 31. Montaje para el reflujo de esterificación.

MATERIAL EN

Terminado el tiempo, deje enfriar el equipo y luego efectúe el montaje para la destilación fraccionada conforme lo realizó para la purificación del etanol en la experiencia anterior, sólo que es conveniente que recoja las fracciones en erlenmeyer pequeños, de 50 a 100 mL de capacidad, adaptándoles una manguera que lleve los vapores lejos de la llama si está utilizando mechero de bunsen, ojalá cerca al desagüe y en un baño de agua con hielo.

La destilación la debe efectuar también sobre el baño de agua hirviendo y debe controlar la temperatura hasta cerca de 60 °C para recoger la cabeza, el cuerpo y corazón que debe ser la mayor porción dejando en el matraz la cola que corresponde a residuos de ácido acético sin reaccionar, ácido sulfúrico y etanol.

Luego, utilizando un embudo de separación de 100 mL, tome el cuerpo y lávelo con 50 mL de solución de carbonato de sodio al 5 % para eliminar restos de etanol, ácido acético y ácido sulfuroso provenientes de la reacción (no olvide que está trabajando con un líquido muy volátil, por ello mantenga el embudo inclinado y con la llave un poco levantada para que la abra y deje salir los gases, si no lo hace, cuando abra la tapa saldrá proyectado el líquido afectando su cuerpo e iniciando un incendio si hay llamas cerca). Decante cuidadosamente la capa acuosa que queda al fondo y recupere la capa orgánica en un erlenmeyer con 10 g de sulfato de sodio anhidro. Deje secar por treinta minutos y luego determine la densidad de la sustancia y describa sus principales propiedades.

ACTIVIDADES DE PROFUNDIZACIÓN Y TRANSFERENCIA

El (la) tutor(a) encargada del asesoramiento del curso, tendrá la oportunidad de planear y diseñar una actividad de aprendizaje para ser realizada por el grupo de estudiantes a su cargo, ya sea individual o a distancia, con el propósito de cerrar esta unidad de trabajo académico. De ser posible, debe incluir las sesiones de laboratorio de modo que favorezca la discusión que se debe realizar al trabajo experimental y su relación con los principios teóricos estudiados.

Se da esta oportunidad al docente – tutor ya que tiene la ventaja de conocer a sus estudiantes, a su entorno y la posibilidad de efectuar el seguimiento al trabajo académico de los mismos. Por ello puede enfatizar en los temas críticos encontrados durante el desarrollo de la unidad, de modo que puede aprovechar la oportunidad para afianzar esos conocimientos y brindar a sus estudiantes una oportunidad para asegurar su completa comprensión.

La actividad que diseñe y ejecute debe tener como característica fundamental la de permitir el trabajo personal y colectivo del estudiante, además de ser una oportunidad para la evaluación final de la unidad con doble propósito: acumulación parcial de calificaciones y de autoevaluación de las estrategias metacognitivas que se han venido alcanzando en el estudio del material.

TERCERA UNIDAD

FUNCIONES CON HETEROÁTOMOS

6. Palabras claves.

Aminas, Amidas, Aminoácidos, Proteínas, Alcaloides, Bases Nitrogenadas, Vitaminas.

7. Propósitos.

En la misma forma que en las unidades anteriores, en esta se analizarán las estructuras, las propiedades fisicoquímicas y las reacciones de grupos funcionales con nitrógeno, la de bases nucleicas, los alcaloides y las vitaminas, sustancias complejas que tienen mucho que ver con la estructura de la vida, sustancias de metabolismo que pueden ser utilizadas en pequeñas dosis para el tratamiento de algunas enfermedades. Se estudiarán agrupadas en cuatro capítulos para que podamos comprender mejor su comportamiento como se ha realizado con grupos funcionales estudiados en las unidades anteriores.

El último capítulo presenta las prácticas que se pueden realizar en la determinación cualitativa de esos grupos funcionales y una caracterización de las proteínas.

8. Objetivos.

- a) Comprender y aplicar el comportamiento químico de aquellas sustancias orgánicas alifáticas y aromáticas asociadas con grupos funcionales que poseen nitrógeno o se asocian con átomos como el fósforo para producir compuestos de interés para la vida como los aminoácidos, las proteínas, las vitaminas o las bases nucleicas.
- b) Experimentar con algún tipo de sustancias de estos grupos químicos orgánicos para identificar su estructura, analizar su comportamiento u obtenerlo de seres vivos.
- c) Escribir un informe sobre las experiencias realizadas, indicando los resultados encontrados, los criterios utilizados en el análisis de los mismos y las principales recomendaciones.

9. Competencias.

Se complementa el conocimiento de las sustancias orgánicas, siendo capaz de identificar su estructura, los grupos funcionales que puede soportar, sus propiedades fisicoquímicas y el efecto que algunas de ellas pueden tener en los alimentos o en las sustancias utilizadas como medicamentos, en beneficio de la salud y del bienestar humano, especialmente aquellas que tienen átomos distintos a los de los grupos anteriores como es el nitrógeno o el fósforo principalmente.

La capacidad de realizar por su cuenta los análisis químicos cualitativos para la identificación de estos grupos funcionales y de utilizar algunas técnicas para la separación y purificación de algunas de esas sustancias y la posibilidad de acercarse a los fundamentos de la síntesis orgánica de sustancias orgánicas muy sencillas.

Valorar apropiadamente los resultados y darles un manejo ético.

10. Metas de aprendizaje.

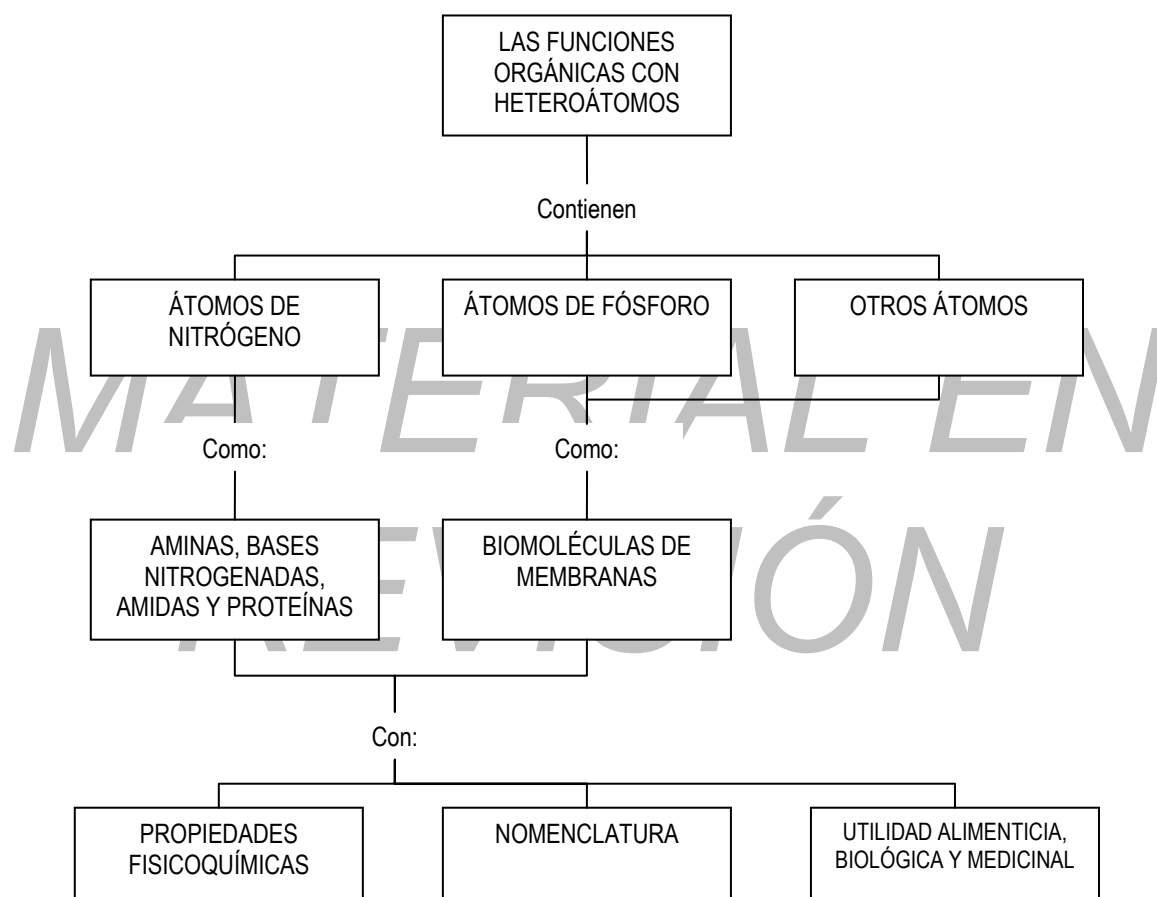
Complementar su propio procedimiento para el estudio de las sustancias orgánicas, describirlas, definir su posible comportamiento fisicoquímico y enunciar algunas técnicas para su identificación cualitativa.

Establecer un conjunto de criterios que le permitan comprender la posible utilidad en beneficio de la salud humana de aquellas sustancias con estructura química incluyendo otros átomos como el nitrógeno o el fósforo y con posibilidades de usos alimenticios o con capacidad farmacológica, útil para su posterior recomendación ética.

Dar cuenta de los fundamentos químicos y físicos de los métodos de separación, purificación e identificación de sustancias orgánicas que tienen estos grupos funcionales.

MATERIAL EN REVISIÓN

ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA UNIDAD



TEMA UNO

AMINAS Y BASES NITROGENADAS

En este grupo de sustancias consideramos aquellas que contienen carbono, hidrógeno y nitrógeno principalmente, aunque algunas de ellas pueden tener asociaciones con átomos de fósforo o de azufre en contadas ocasiones. La presencia del átomo de nitrógeno permite la manifestación de ciertas propiedades, asociadas con la disponibilidad de un par de electrones libres que se pueden utilizar para asociarse con otras moléculas, dando nuevas características a las sustancias en las que participan.

Como en el caso de las sustancias estudiadas en las anteriores unidades, se hará una descripción de su grupo funcional, la forma en que se identifican estas sustancias, las principales características fisicoquímicas asociadas al grupo funcional y, por último, la descripción de algunas sustancias utilizadas con fines alimenticios o medicinales. Posteriormente se tendrá una oportunidad de consolidar el conocimiento a través de actividades de aprendizaje que deben ser desarrolladas de manera individual, en pequeño grupo de aprendizaje colaborativo bajo la asesoría de su tutor (a).

1. Aminas.

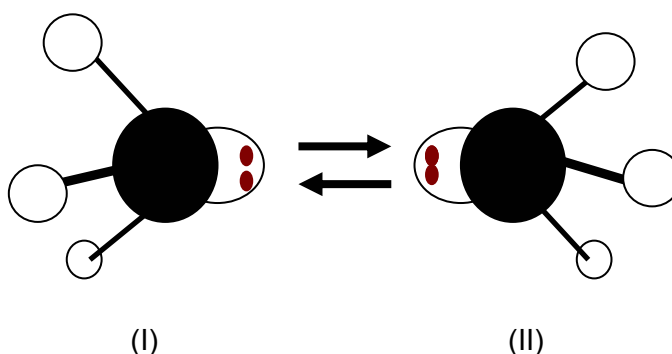
1.1 Concepto y grupo funcional.

Son un grupo de sustancias que se caracteriza por tener unida a la cadena carbonada un átomo de nitrógeno que a su vez puede estar enlazado con átomos de hidrógeno o de otros carbonos.

Semejante al carbono, el nitrógeno, que tiene una distribución electrónica $1s^2 2s^2 2p_x 2p_y 2p_z$, también presenta fenómeno de hibridación sp^3 haciendo que tenga también una estructura tetraédrica semejante al carbono saturado salvo que los ángulos de enlace varían entre 108° , debido a dos factores: la repulsión entre los átomos unidos al nitrógeno y la hibridación entre los orbitales del nitrógeno en los cuales tres se encuentran asociados a orbitales s de hidrógeno o a otros sp^3 de los carbonos asociados y uno de ellos deja espacio al par de electrones libres. La estructura que adopta tanto la molécula de amoníaco como la de las aminas es de tipo piramidal.

Al construir los modelos de estas sustancias encontramos dos posibilidades estructurales que harían evidente la posibilidad de tener dos estructuras quirales, no superponibles definiendo propiedades ópticas para estas sustancias, sin embargo en las más sencillas no es posible detectarlas debido a que presentan ínter conversiones muy rápidas entre estas dos formas impidiendo aislarlas (en el amoníaco sólo requieren 6 kcal/mol, indicando las escasas necesidades energéticas para pasar de la forma I a la II como lo vemos en la figura 32).

Figura 32. Estructura de los enantiómeros del amoníaco y las aminas.



diaminopentano). A partir del carbono siete son líquidas y/o sólidos incoloros insolubles en agua pero si en solventes orgánicos comunes.

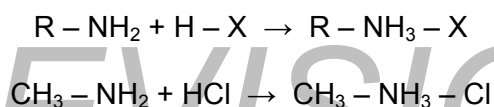
Las aminas aromáticas son líquidas, incoloras recién preparadas pero con el tiempo presentan color pardo oscuro o rojo debido a que sufren oxidación con el aire, muy tóxicas, se absorben por la piel y son poco solubles en agua.

Con respecto a su comportamiento químico, tienen la capacidad de formar puentes de hidrógeno intermoleculares a excepción de las aminas terciarias; la presencia del par de electrones libres sobre el nitrógeno hacen que sean bases de Lewis más fuertes que el agua debido a la menor electronegatividad del nitrógeno, lo que explica la formación de sales de amonio cuaternario. Su fortaleza no es muy alta y pueden ser desplazadas por otras bases inorgánicas más fuertes como el hidróxido de sodio.

Para estudiar su comportamiento químico, podemos considerar tres: basicidad y formación de sales, conversión a amidas y aminas superiores y sustitución aromática.

1.3.1 Basicidad y formación de sales.

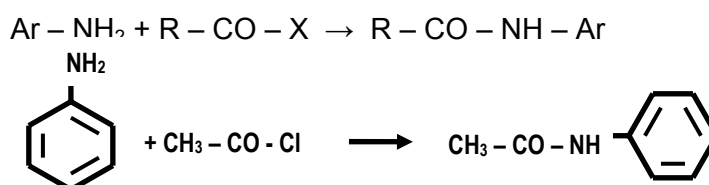
Las aminas corresponden a las bases orgánicas moderadas y débiles como lo estamos discutiendo arriba; fuerza que depende del grupo soporte, más fuertes si tienen grupos alquilo y más débiles cuando tienen grupos arilo. Este comportamiento permite la formación de sales orgánicas:



La sal resultante se llama cloruro de metilamonio o clorhidrato de metilamina.

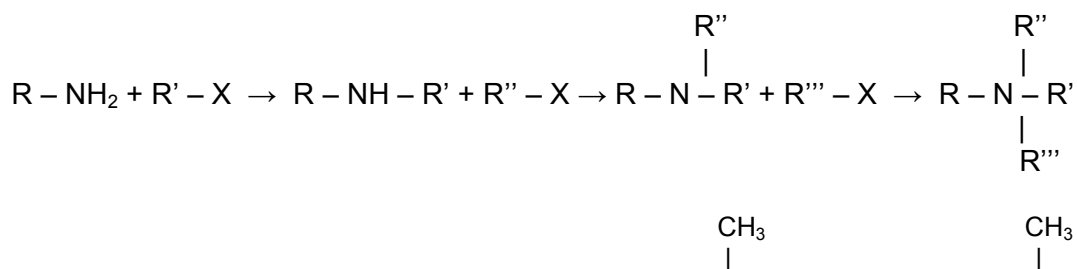
1.3.2 Conversión a amidas y aminas superiores.

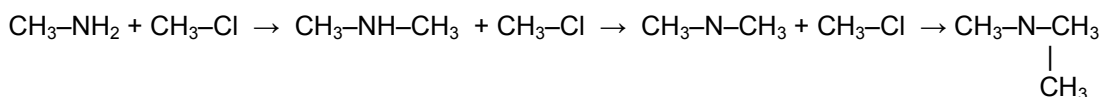
Las aminas primarias y secundarias pueden reaccionar con los haluros de ácido para formar las respectivas amidas:



El nombre del producto formado es acetato de anilina.

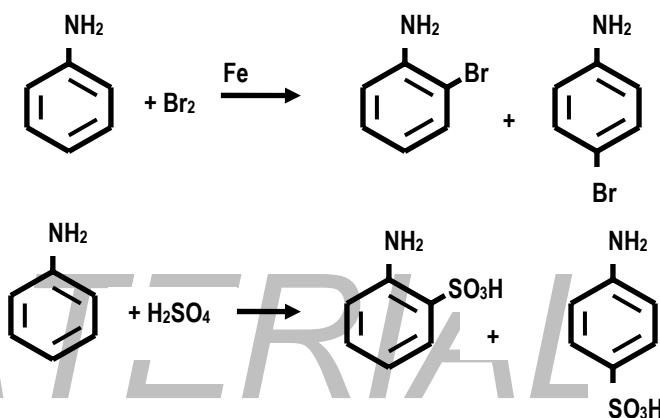
Las aminas primarias y secundarias reaccionan con haluros de alquilo para formar las aminas superiores hasta las sales de amonio cuaternarias: primaria a secundaria, secundaria a terciaria y terciaria a sales de amonio cuaternario:





1.3.3 Sustitución aromática.

Es exclusiva de las aminas arílicas. El grupo –NH₂ es un activador orto, para, luego cualquiera de las reacciones que presenta el benceno se presentan en las aminas aromáticas produciendo los dos isómeros correspondientes como lo podemos observar en las siguientes reacciones que presenta la anilina:



¿Qué otras reacciones puede dar la anilina que sean similares a las que presentan los anillos aromáticos? Escríbalas y compare con lo que se presenta en los textos universitarios de Química Orgánica o consulte con su tutor(a).

1.4 Sustancias de importancia alimenticia y farmacológica.

En la industria alimenticia, quizás su mayor aplicación esté en el control del grado de frescura de carnes, pescados y sus derivados ya que como se mencionó arriba, son indicativos de descomposición. En cambio en la industria farmacéutica su participación en los grupos farmacológicos es importante.

Entre los anestésicos encontramos al hidrocloreto de cetamina, anestésico disociativo de acción rápida utilizado en cirugía que no requiera relajación muscular.

En el organismo humano existen aminas involucradas en el proceso de transmisión de impulsos nerviosos como lo es la histamina, aminas fenólicas y catecolaminas (dopamina, tiramina, octopamina, norepinefrina, epinefrina y serotonina). Es frecuente encontrar medicamentos con función amina que afectan o potencian la acción de las anteriores sustancias como lo es el grupo de las benzodiazepinas útiles en el tratamiento de la epilepsia, o de las butirofenonas con elevada capacidad neuroléptica y cuya acción se potencia por modificación de la estructura básica y la conservación de una estructura de amina terciaria presente en la molécula.

Se encuentra en este grupo de sustancias los alucinógenos, capaces de producir temporalmente en el humano estados de humor, discernimiento, percepción o comportamiento alterados e impredecibles, como ocurre con la mescalina, un derivado trimetoxilado de la fenetilamina y derivados de la fenilisopropilamina. No profundizamos en el estudio de estas sustancias debido a que son más del campo de la farmacología.

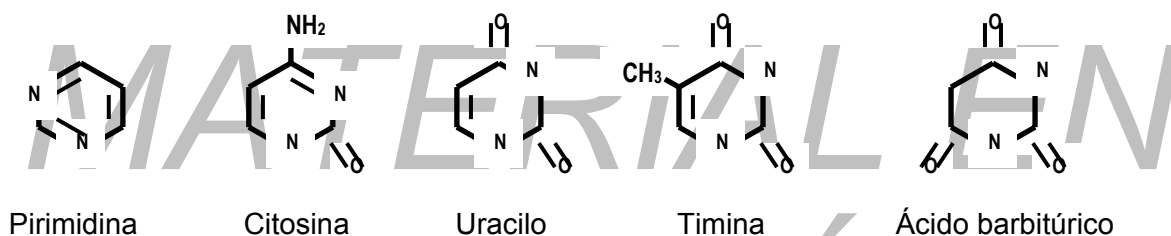
2. Bases nitrogenadas.

Comprenden un conjunto especial de aminas cíclicas que participan activamente en la estructura y funcionamiento de los seres vivos ya que normalmente están asociadas a moléculas complejas como son los ácidos nucleicos, a estructuras como la de los genes y los cromosomas.

2.1 Grupo de la pirimidina.

La pirimidina es un compuesto heterocíclico hexa – atómico con nitrógenos en las posiciones 1,3 que se puede considerar aromático ya que puede cumplir con la regla de Hückel, forma parte de la estructura de la citosina (4 – amino – 2 – oxipirimidina), el uracilo (2,4 – dioxipirimidina) y de la timina (5 – metiluracilo) que participan en la formación del ácido desoxirribonucleico (DNA⁴³) y del ácido ribonucleico (RNA).

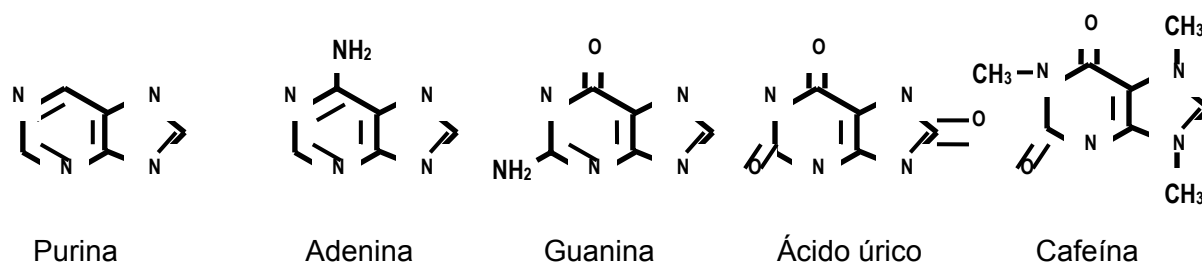
En sustancias activas con capacidad farmacológica, hace parte de los barbitúricos y al condensarse con el imidazol forma la estructura básica de otras bases nitrogenadas nucleicas como son las purinas. Sus estructuras químicas son:



2.2 Grupo de las purinas.

Corresponden a productos obtenidos de la hidrólisis de los ácidos nucleicos, presentes en las nucleoproteínas de las células animales y vegetales.

Está constituido por la fusión de la pirimidina con un grupo imidazol. Entre sus derivados encontramos la Adenina (6 – aminopurina) y la Guanina (2 – amino – 6 – oxipurina), aunque tendremos otros derivados como lo son el ácido úrico y la cafeína. Sus estructuras químicas son:

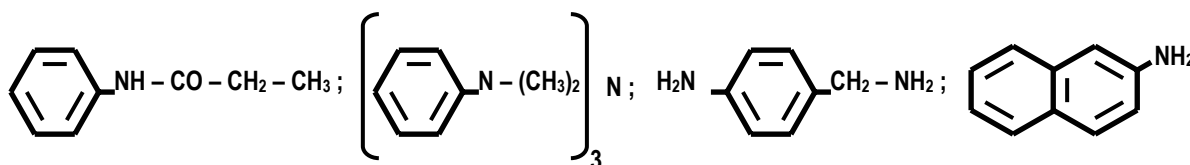


ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 17

⁴³ El DNA contiene citosina y timina, mientras que el RNA posee citosina y uracilo. Es conveniente diferenciar las bases que participan pues no son las mismas.

- 1) Escriba los nombres de las aminas cuyas fórmulas estructurales aparecen enseguida:

$(\text{CH}_3)_2 - \text{CH} - \text{NH} - \text{CH}_3$; $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$; $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{CH}_3$;
 $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$; $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$; $(\text{CH}_3)_3 - \text{C} - \text{NH}_2$;
 $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$; $(\text{CH}_3)_2 - \text{CH} - \text{N} - (\text{CH}_3)_2$; $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$;



- 2) ¡Un reto que puede aceptar! Escriba las fórmulas estructurales y los nombres de todas las aminas isómeras de fórmula $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$. Clasifíquelas como primarias, secundarias o terciarias; además, establezca cuáles de ellas pueden presentar actividad óptica.
- 3) Teniendo como base la fórmula química de la anilina, ilustre todas las reacciones de sustitución nucleofílica que puede presentar.
- 4) Utilizando las estructuras químicas de los puntos 1) y 2) escriba todas las reacciones típicas que presentan las aminas.
- 5) En textos de bioquímica ubique los mecanismos de putrefacción de la carne y elabore una pequeña monografía del tema, adjúntela a su portafolio y discútala en su pequeño grupo colaborativo y con su tutor(a).
- 6) Elabore una pequeña monografía de las aminas que tienen participación en los grupos farmacológicos, indicando su estructura química y la acción que presenta sobre el organismo. Adjúntela a su portafolio, discútala con su grupo de estudio y con su tutor(a).
- 7) Utilizando el modelo de bolas y clavijas, construya las estructuras de las bases nitrogenadas. ¿Qué conclusiones puede obtener sobre el volumen, geometría y disposición espacial de esas moléculas bases de la vida?

MATERIAL EN REVISIÓN

TEMA DOS

AMIDAS Y PROTEÍNAS

Este grupo de sustancias se caracteriza por originar su grupo funcional de la combinación química de un ácido orgánico y una amina. Sin embargo las primeras aparecen de la unión de dos sustancias diferentes, mientras que la segunda proviene de la combinación de ácidos y bases ligadas al mismo compuesto por lo que se llaman aminoácidos. A continuación tendremos la oportunidad de estudiar a cada grupo por separado.

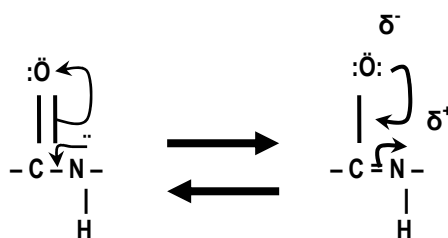
1. Amidas.

1.1 Concepto y grupo funcional.

Aunque estos compuestos se consideran como derivados de los ácidos carboxílicos, los incluimos aquí debido a que presentan el nitrógeno como función orgánica junto al carboxilo y porque lo podemos considerar como una sal debido a que la formación del enlace se da entre el grupo carboxilo y amoniaco o una amina.

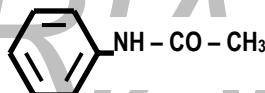
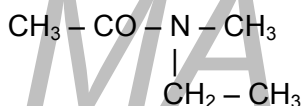
Se estima que el grupo amido ($-\text{CO}-\text{NH}-$) es un híbrido de resonancia, como lo vemos en la figura 33 y es la unión de las proteínas, poliamidas con propiedades que dependen de la composición de los aminoácidos. En la industria tenemos al nylon, una poliamida sintética.

Figura 33. Estructuras de resonancia del grupo amido.



1.2 Nomenclatura.

En los sistemas IUPAC y común el nombre de estas sustancias se inicia cambiando la terminación oico o ico por *amida* del ácido que la origina, cuando el nitrógeno tiene sustituyentes, se indican empleando la letra N, guión y luego el nombre del sustituyente. No se utilizan números:



N – etil – N – metiletanamida
N – útil – N – metilacetamida

Acetanilida

1.3 Propiedades fisicoquímicas.

Las amidas son derivados nitrogenados de los ácidos carboxílicos aunque se suele considerarlas como los derivados acilados del amoniaco, de modo que pueden ser no sustituidas (grupo amino libre), N – sustituidas si sobre el nitrógeno existen residuos alquílicos o arílicos o N,N – disustituidas si aparecen dos residuos alquílicos, arílicos o una combinación de éstos sobre el grupo amino.

1.3.1 Propiedades físicas.

Casi todas las amidas son sólidas a excepción de la formamida que es líquida. Comportamiento debido a la facilidad que tienen para formar puentes de hidrógeno intermoleculares siendo más notorio en las N,N – disustituidas que son líquidas siendo además uno de los solventes orgánicos utilizados en el laboratorio como es el caso de la N,N – dimetilformamida.

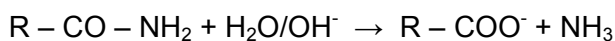
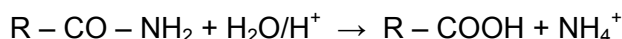
Sus puntos de ebullición son más altos que los de los ácidos correspondientes (ácido fórmico, 46 g/mol, 100 °C; formamida, 45 g/mol, 211 °C) indicativo de formación de enlaces de hidrógeno intermolecular que ayuda a la formación de una mejor estructura cristalina. Sin embargo al incrementar los N – sustituyentes esta propiedad comienza a disminuir.

1.3.2 Propiedades químicas.

Podemos considerar tres tipos de comportamiento de estas sustancias: su hidrólisis, la conversión en imidas y su descomposición a aminas.

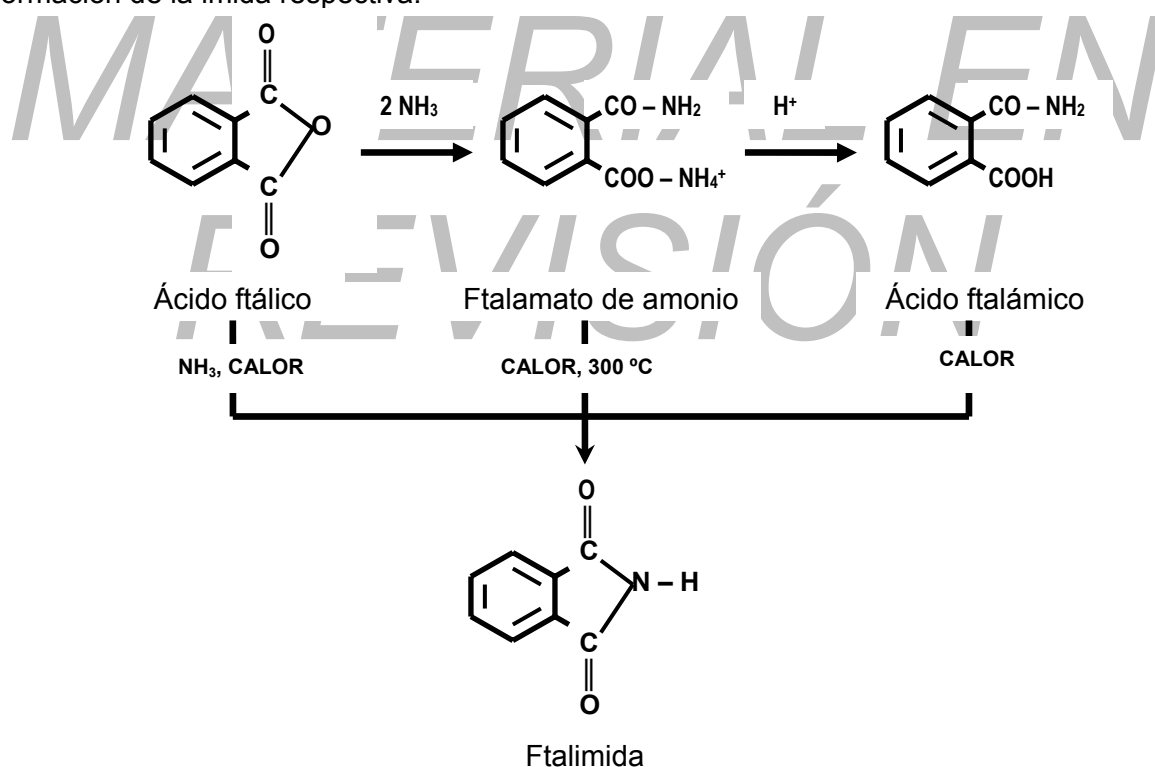
1.3.2.1 Hidrólisis de las amidas.

Reacción típica de las amidas. Implica una sustitución nucleofílica donde se reemplaza al grupo amino por un hidroxilo. Ocurre en medio ácido por acción del agua sobre la amida protonada o en medio alcalino donde el ataque es directo a la amida:



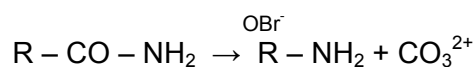
1.3.2.2 Formación de imidas.

Los anhídridos cíclicos reaccionan con el amoniaco para producir amidas donde sobre la misma cadena se encuentran los grupos amida y carboxilo. El calentamiento de esta amida - ácido permite la pérdida de una molécula de agua con la consecuente formación de un anillo en la que interviene un nitrógeno quedando en medio de una estructura con dos grupos acilo, por lo cual se denominan imidas. Ilustramos esta reacción con el anhídrido ftálico que puede permitirnos tres vías diferentes para la formación de la imida respectiva:



1.3.2.3 Transformación en aminas.

Es un método de síntesis, llamado degradación de Hofman, en el cual se obtiene una amina con un átomo de carbono menor que el de la amida correspondiente, debido a un fenómeno llamado transposición molecular pues ocurre la migración de un grupo desde el carbono carbonílico hacia el nitrógeno:



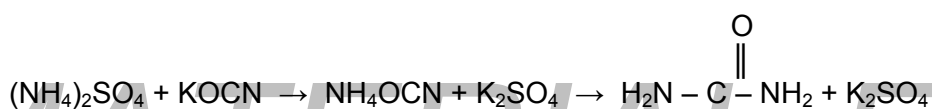
El catalizador es el ion hipobromoso. Siempre se obtiene una amina primaria. Lo mismo ocurre con las amidas aromáticas.

1.4 Amidas de importancia en alimentos y en farmacia.

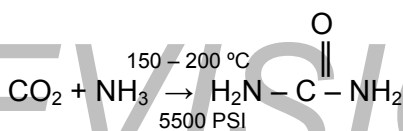
En la industria de alimentos es escaso el aporte que tienen estas sustancias.

En la farmacia existen sustancias con actividad farmacológica que tienen esta función o está enlazada a grupos carboxilos como el caso de los carbamatos, los ureidos y los barbituratos.

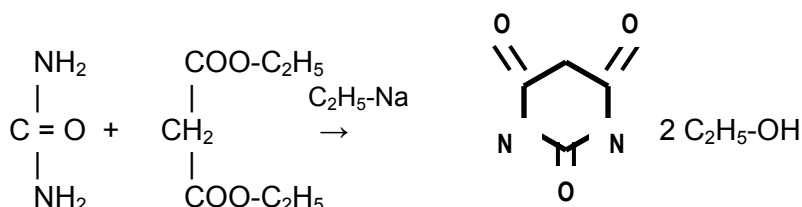
Los barbituratos son anestésicos volátiles usados en anestesia basal y quirúrgica. Son derivados del ácido carbónico que reacciona con amoníaco formando la diamida llamada urea siendo la base de estas sustancias. También es el producto final del metabolismo de las proteínas expulsándose en la orina que normalmente corresponde a unos 30 g diarios. En la industria se obtiene por dos vías: una es mezclar el cianato de potasio con sulfato de amonio para obtener cianato de potasio que luego se calienta para formar la urea:



O haciendo reaccionar el dióxido de carbono y el amoníaco a presión elevada (5500 psi):



La urea reacciona con cloruros o ésteres de ácidos dicarboxílicos formando amidas cíclicas llamadas ureidos; si la acción química es con ésteres malónicos dialquílicos se obtienen los barbitúricos, como lo podemos ver enseguida:



Dentro de este grupo de sustancias encontramos el alobarbitral, aprobarbital, barbital, ciclobarbitral, mefobarbital, pentotal y el vinbarbital que tienen diferentes estructuras dependiendo de la posición que ocupen dentro de la estructura de sal del ácido barbitúrico.

Otro grupo de compuestos relacionados con el ácido carbónico son los carbamatos. Se forman transformando el ácido barbámico ($\text{H}_2\text{N} - \text{COOH}$) a sus ésteres llamados uretanos con una estructura $\text{H}_2\text{N} - \text{CO} - \text{O} - \text{R}$, o también derivados N - sustituidos como el etimato y el meprobamato.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 18

- 1) Elabore una lista con las diez primeras amidas, teniendo en cuenta las ramificaciones de la cadena alifática y tres amidas aromáticas.
- 2) Escriba el nombre químico IUPAC y común de las anteriores estructuras.
- 3) Plantee las reacciones químicas que presenta cada una de ellas.
- 4) Ubique algunos anhídridos de ácido, alifáticos o aromáticos, e ilustre la formación de imidas.

2. Proteínas.

Como mencionamos al inicio del tema, estas sustancias provienen de la combinación de una unidad estructural denominada Aminoácidos.

En el curso de biología encontramos que este conjunto de sustancias son fundamentales para todos los seres vivos, debido a la multiplicidad de funciones que desempeñan, de las cuales merece destacarse la estructural y la fisiológica.

En la función estructural se menciona su participación en la formación del citoesqueleto, en la conformación de tejidos especializados, mientras que en la fisiológica, su trabajo como enzimas en diferentes procesos metabólicos y otras actividades biológicas que mencionaremos más adelante.

Las proteínas están compuestas por la combinación de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en unidades sencillas denominadas aminoácidos, porque la estructura carbonada soporta un grupo carboxilo terminal y un grupo amino localizado en la posición α (carbono uno después del carbono del grupo carboxílico)

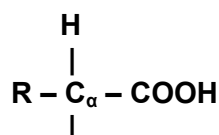
Proteína se deriva del griego *proteios*, primero, para indicar que son las sustancias primordiales de la vida.

Desde el punto de vista químico, las proteínas son biopolímeros del tipo poliamida, cuya unidad fundamental o monómero es el ácido α – amino carboxilo. Estos se diferencian entre sí por las variaciones de la cadena lateral (residuos de aminoácidos) de los cuales veinte son comunes a todas las proteínas hasta ahora conocidas ya que cada especie viva suele tener sus propias proteínas.

Aquí pretendemos: describir las características que presentan los aminoácidos y la forma que definen a la proteína. Identificar las principales propiedades que permiten diferenciar a las proteínas teniendo en cuenta estructura y función y relacionar la estructura de los péptidos y proteínas con su función biológica.

2.1 Los aminoácidos.

Son los monómeros de las proteínas. Formados por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (CHON). Contienen al menos un grupo amino primario ($-NH_2$), ubicado en la posición α respecto al carbono del grupo carboxilo ($-COOH$), de modo que su estructura es:

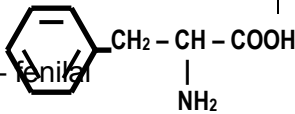
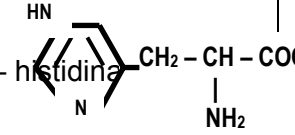


NH₂

Siendo R una cadena lateral de composición variable que identifica a cada aminoácido en particular y determina sus propiedades fisicoquímicas y de la proteína que lo contiene.

Para familiarizarnos con esas variaciones observemos cuidadosamente la tabla 24 que reúne las características estructurales y las abreviaturas con que se identifica a cada uno de ellos en una secuencia peptídico.

Tabla 24. Estructura, nombre y abreviatura de los aminoácidos más comunes⁴⁴.

Nombre del aminoácido	Abreviaturas		Estructura química
(+) – alanina	Ala	A	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
(+) – arginina	Arg	R	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{NH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – asparagina	Asg	N	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
Ácido (+) – aspártico	Asp	D	$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – cisteína	CyS	C	$\begin{array}{c} \text{HS} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – cistina	CyS – SyC		$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{HO} - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} - \text{OH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – fenilalanina	Phe	F	
Glicina	Gly	G	$\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
Ácido (+) – glutámico	Glu	E	$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{C} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
(+) – glutamina	Glu – NH ₂ Gln	Q	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{C} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – histidina	His	H	
(+) – isoleucina	Ile		$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH}$

⁴⁴ CHEFTS, Jean – Claude, CUQ, Jean Louis, LORIENT, Denis. *Proteínas alimentarias*. Acribia. Zaragoza, 1989., p. 6 – 7.

			$\begin{array}{c} \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – leucina	Leu	L	$\begin{array}{c} \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – metionina	Met	M	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 - \text{S} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – prolina	Pro	P	
(-) – serina	Ser	S	$\begin{array}{c} \\ \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
(+) – tirosina	Tyr	Y	
(-) – treonina	Tr	T	$\begin{array}{c} \quad \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
(-) – triptófano		W	
(+) – valina	Val	V	$\begin{array}{c} \quad \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$

De acuerdo con las estructuras que presentan los α – aminoácidos, podemos establecer las siguientes propiedades:

- Son sólidos cristalinos no volátiles que funden con descomposición a temperaturas relativamente altas.
- Son solubles en agua pero insolubles en solventes no polares (éter, benceno o éter de petróleo)
- Pueden presentar actividad óptica y en la naturaleza predominan los isómeros L.
- A pH cercano a la neutralidad, pH fisiológico, se encuentran como iones bipolares y su constante de acidez está determinada por la acidez del ion amonio ($\text{R} - \text{NH}_3^+$) que presente la estructura del aminoácido.
- El grupo lateral, típico de cada aminoácido, también determina comportamientos fisicoquímicos que ha permitido clasificarlos en grupos como lo muestra la tabla 25. Estas propiedades cobran especial importancia en la definición de las características estructurales y funcionales de las proteínas como lo estudiaremos más adelante.

Tabla 25. Clasificación de los aminoácidos con base en su cadena lateral⁴⁵.

Grupo	Clase	Aminoácidos
Alifáticos	No polares	Glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, prolina
	Hidroxi	Serina, treonina
	Con azufre	Cisteína, metionina
	Ácidos	Aspártico, glutámico
	Básicos	Arginina, lisina
	Amidas	Asparagina, glutamina
Aromáticos		Fenilalanina, tirosina, triptófano, histidina

Los aminoácidos alifáticos no polares y aromáticos (fenilalanina y triptófano) son insolubles en agua por lo que también se les ha llamado hidrófobos; el menos hidrófobo es la alanina por lo que lo ubica en la frontera con los aminoácidos polares.

Los aminoácidos polares sin carga (serina, treonina, tirosina, todos con grupos hidroxilo, Asparagina y glutamina que tienen la función amida y la cisterna que contiene azufre) determinan que sean más solubles en agua debido a la formación de los enlaces por puentes de hidrógeno.

Los aminoácidos básicos tienen grupos que se cargan positivamente a pH siete, como ocurre con la lisina, que tiene un grupo amino adicional, la arginina cuyo grupo guanidinio adquiere carga positiva y la histidina con su función imidazolio, grupo débilmente básico, se torna negativa.

Los aminoácidos que tienen grupos ácidos, diferentes a los que determinan la función aminoácido, a pH siete se encuentran ionizados soportando carga negativa.

Esto nos permite concluir que los aminoácidos al encontrarse en solución y a pH fisiológico van a estar ionizados determinando un comportamiento particular ya que los grupos carboxilo y amino se ionizan adquiriendo carga negativa y positiva respectivamente manteniendo la electro neutralidad pero definiendo un comportamiento polar, ácido o base, según la cadena lateral del mismo.

Es necesario destacar que no existen veinte aminoácidos. En ciertas proteínas suelen aparecer otros bien diferentes como el caso de la 4 – hidroxiprolina y la hidroxilina en el colágeno, la desmosina y la isodesmosina en la elastina por mencionar algunos ejemplos.

Debido a su conformación, los aminoácidos presentan actividad óptica y su comportamiento químico está determinado por cada grupo funcional y por la cadena lateral, por ello no indicamos nada en particular. Sus grupos laterales participan en la formación de complejos de transferencia de carga; aunque es una unión muy débil, se potencia con el acompañamiento de enlaces por puente de hidrógeno, uniones de Van der Waals o hidrófobas que van a tener significancia en la consolidación de las propiedades de las proteínas.

Esas interacciones aparecen por la atracción electrostática entre moléculas dadoras de electrones y otra aceptora con escasez de electrones, como se puede evidenciar en la tabla 26.

⁴⁵ FAYE. William O. *Principios de la química farmacéutica*. Op. Cit., p. 646.

Tabla 26. Estructuras de aminoácidos capaces de formar puentes de hidrógeno.

	Grupos	Aminoácidos
Aceptores de protones	Carboxilo	Ácido aspártico Ácido glutámico
	Sulfuro	Metionina Cistina
Dadores de protones	Amonio	Lisina
	Guanidinio	Arginina
	Sulfhidrilo	Cisteína
	Imidazol	Histidina
Aceptores y dadores de protones	Amida	Asparagina Glutamina
	Alcoholo	Serina Treonina Hidroxiprolina
	Fenóxido	Tirosina

2.2 Las proteínas.

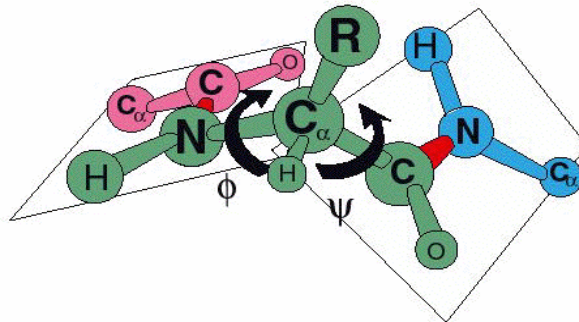
Son las moléculas más abundantes de las células, ya que alcanzan a ser el 50% de su peso seco. Puras son cristalinas y sus elementos constituyentes comunes son carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, aunque casi todas contienen azufre, tenemos otras que presentan fósforo, hierro, cinc y cobre. Todas tienen pesos moleculares elevados que al hidrolizarse en medio ácido dan α – aminoácidos.

La formación de proteínas comienza por la generación de péptidos que implica la unión covalente de dos o más aminoácidos en la secuencia grupo carboxilo de un aminoácido con el grupo α – amino del siguiente aminoácido estableciendo una unión tipo amida a la que se le distingue con el nombre de enlace peptídico.

El grupo amida del enlace peptídico es plano: el carbono carbonílico, el nitrógeno y los cuatro átomos que están enlazados a ellos están en el mismo plano. Esta configuración se encuentra estabilizada por la resonancia entre el carbonilo y la amina ya que el enlace carbono – nitrógeno es más corto que el de una unión sencilla y los ángulos de los enlaces son semejantes a los que presenta el carbono en hibridación trigonal, siendo factible generalizar:

- El grupo amino del enlace peptídico, no sufre protonación entre valores de pH de cero a catorce.
- No hay rotación en el enlace carbono – nitrógeno (evidencia el carácter de doble enlace definido arriba).
- La ubicación espacial de dos grupos carbonilo de dos aminoácidos en secuencia es trans; en esta forma se reduce el problema de las interacciones estéricas entre los grupos laterales que acompaña a cada aminoácido.
- El carbono que sirve de puente entre el grupo carboxilo y el grupo amino no se encuentra completamente restringido en su giro ya que lo puede hacer dentro de cierto ángulo (180°). Esto justifica la presencia de las cuatro conformaciones o estructuras que presentan las proteínas. La figura 35 ilustra lo anterior.

Figura 35. Estructura del enlace peptídico.



Las proteínas no son poliamidas al azar; cada una tiene una composición química específica, un peso molecular característico, una secuencia ordenada de sus aminoácidos y una forma tridimensional. Todo ello determina sus propiedades fisicoquímicas, en los cursos de biología y de microbiología, se ha encontrado que existe una estrecha relación entre los ácidos nucleicos y la síntesis de estas sustancias.

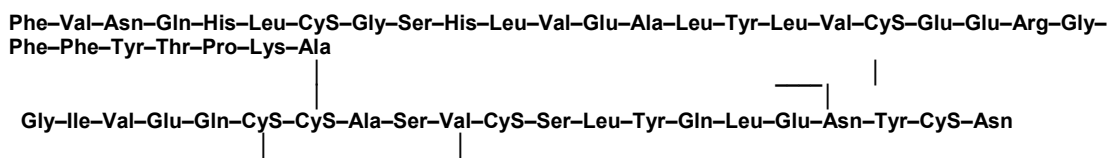
2.2.1 Estructura de las proteínas.

Tenemos claro el concepto del enlace peptídico, sabemos dónde ocurre la síntesis de las proteínas en la célula (el ribosoma); esto significa que en los extremos de cualquier proteína siempre encontraremos un grupo carboxilo libre (por ello se denomina extremo C – terminal) y en el otro encontraremos un grupo amino libre (extremo N – terminal) y entre ellos están alternando los diferentes grupos laterales de cada uno de los aminoácidos que participan de la proteína. Por ello, aquí revisaremos primero la estructura física de la proteína y luego sus funciones específicas.

La composición en aminoácidos de una proteína, establece cuatro clases de estructura:

2.2.1.1 Estructura primaria.

Corresponde al esqueleto covalente de la cadena polipeptídica dada por la secuencia de unión de cada aminoácido que forma a la proteína. Si tomamos como ejemplo la insulina bovina encontramos que la forman dos cadenas entre las cuales existen interacciones definidas por los aminoácidos que participan:



La molécula de insulina bovina tiene dos cadenas, la más pequeña se denomina Cadena A y la más grande Cadena B; la secuencia de aminoácidos de cada una de ellas es la indicada, de modo que cada una de ellas tiene un extremo N – terminal que corresponde el de la izquierda (glicina para cadena A y fenilalanina para la cadena B) y el de la derecha corresponderá al extremo C – terminal (asparagina para la cadena A y alanina para la cadena B). Destacamos la presencia de dos enlaces covalentes entre las moléculas de cisteína uniendo las cadenas A y B para mantener la estructura de la molécula, lo mismo que uno intermolecular en la cadena A.

2.2.1.2 Estructura secundaria.

Corresponde a la ordenación periódica en el espacio de las cadenas polipeptídicas en una dirección. En el caso de la insulina corresponde a la forma en que están orientadas las dos cadenas entre sí, de modo que puedan estar lo más cerca posible los dos aminoácidos cisteína responsables de la manutención de la estructura integral de la proteína.

Para otras proteínas, la interacción se estabiliza por la formación de puentes de hidrógeno permitiendo que la disposición de las cadenas sean relativamente lineales de modo que aparecen configuraciones de tres tipos así:

- Tipo 1 (grupo I). Estructura de hoja plegada.
- Tipo 2 (grupo II). Estructura en α – hélice.
- Tipo 3 (grupo III). Estructura en triple hélice.

Cada grupo se caracteriza porque existen unidades de repetición donde se establecen las uniones por puente de hidrógeno intercatenarias y en esta forma, definen una disposición espacial en la molécula que, en últimas, determina su nombre.

En el tipo 1, las cadenas se disponen en el mismo sentido, por lo que se dicen que son paralelas, ya que coinciden los dos extremos (N – terminal de una cadena con el N – terminal de la otra cadena) o en sentido contrario, a lo que se le llama antiparalelas porque el extremo N – terminal de una de ellas está al frente de extremo C – terminal de la otra.

Como cada enlace peptídico se localiza en un plano, donde también aparecen los puentes de hidrógeno, todo el conjunto recuerda al de una hoja plegada, donde cada unidad de repetición se localiza de 6,5 a 7,0 angstroms.

En el tipo 2, la unidad de repetición se encuentra entre 5,1 y 5,4 angstroms, con puentes de hidrógeno intermoleculares, obligando al plegamiento en forma circular ascendente a lo largo de un eje semejante a como lo hace una escalera en caracol.

El tipo 3, tiene su unidad de repetición cada 2,8 angstroms y el puente de hidrógeno se alterna entre las tres cadenas polipeptídicas, enrollándolas entre sí de manera helicoidal.

Podemos concluir que la aparición de una estructura secundaria favorece una función estructural en la proteína que la posee ya que puede formar fibras que al asociarse entre sí dan armazones relativamente rígidas, algo flexibles como lo encontramos en huesos, músculos y tendones del cuerpo humano.

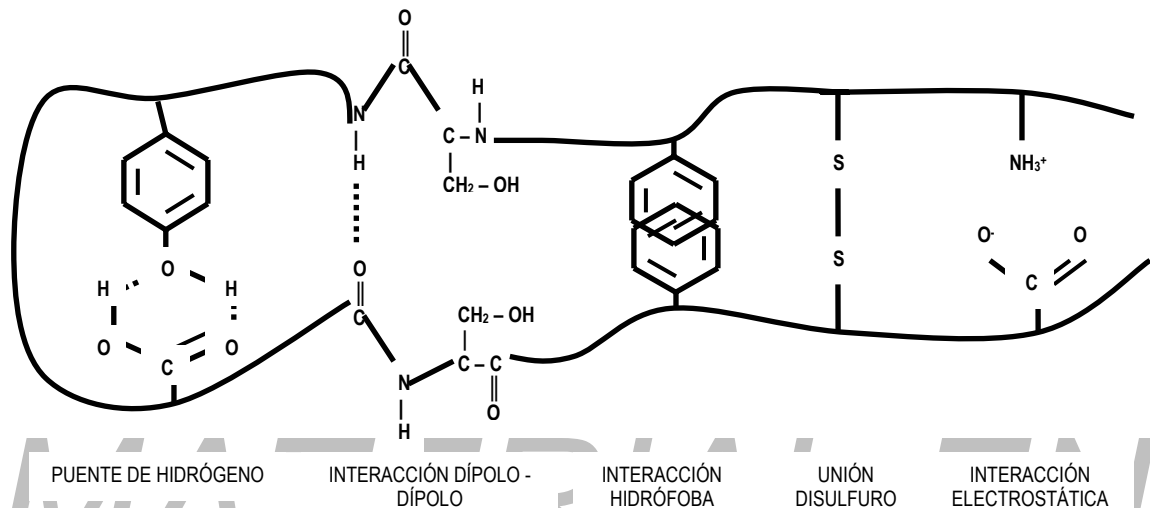
Las proteínas donde podemos encontrar estas estructuras son: para el tipo 1, de hoja plegada, en la fibroína de la seda; para el tipo 2, de α – hélice, está la α – queratina del cabello, lana, piel, plumas, cuernos, uñas y el exoesqueleto de los insectos. El tipo 3, triple hélice, tenemos al colágeno que forma parte del tejido conjuntivo, piel, huesos y tendones.

2.2.1.3 Estructura terciaria.

Aparece ante la necesidad de curvar y plegar la cadena polipeptídica de modo que se forman zonas protegidas polares o no o que se pueden asociar a otras estructuras proteicas o no con la finalidad de disponer de un sitio con actividad específica. Normalmente adquieren una forma globular.

Esta configuración aparece por las interacciones que se pueden establecer entre los grupos laterales de los aminoácidos, como se pueden evidenciar en la figura 36, dando cadenas características.

Figura 36. Interacciones presentes en la estructura terciaria de las proteínas.



2.2.1.4 Estructura cuaternaria.

Corresponde a la disposición espacial de varias cadenas polipeptídicas que se asocian entre sí para formar otra estructura que tiene actividad biológica. En esta configuración pueden aparecer otros grupos que no necesariamente son polipéptidos y cuya función es complementar la actividad biológica que exhiben. El ejemplo más representativo lo tenemos con la hemoglobina, una proteína encargada del transporte del oxígeno. Tiene cuatro cadenas polipeptídicas, dos α y dos β , asociadas a un grupo heme proveniente de la condensación de cuatro moléculas de pirrol para formar una estructura llamada porfirina la base del grupo heme que liga un átomo de hierro (III) sitio donde se asocia el oxígeno que luego se intercambia por bióxido de carbono en las células pulmonares de los animales superiores (incluidos nosotros).

2.2.2 Clasificación de las proteínas.

Disponemos de dos criterios para organizar o agrupar estas sustancias complejas; su estructura y función. En esta sección consideramos únicamente el primero.

La clasificación por estructura tiene a su vez dos subcriterios, la presencia exclusiva de los monómeros fundamentales de las proteínas: los aminoácidos y el otro es la conformación que presenta físicamente la proteína. Veamos cada uno de ellos.

Con el primero, decimos que las proteínas pueden ser simples o conjugadas. Una proteína simple es aquella que al hidrolizarse produce únicamente aminoácidos, de modo que al realizar su análisis elemental contiene un 50 % de carbono, un 7 % de hidrógeno, un 23 % de oxígeno, 16 % de nitrógeno y de 0 a 3 % de azufre. La proteína conjugada al hidrolizarse, además de aminoácidos presenta otros componentes orgánicos e inorgánicos, llamados grupos protéticos como pueden ser ácidos nucleicos, lípidos, fosfatos, cationes metálicos, grupos heme como lo describe la tabla 27.

Tabla 27. Algunas proteínas conjugadas⁴⁶.

	Clase	Grupo prostético
Sistema núcleo proteínico	Ribosomas	RNA
	Virus mosaico del tabaco	RNA
Lipoproteínas	β – lipoproteína del plasma	Fosfolípidos, colesterol, lípidos neutros.
Glucoproteínas	γ - globulina	Hexosamina, galactosa, manosa, ácido siálico, galactosa.
	Orosomucoide del plasma	N – acetilglucosamina, Ácido N - acetilneuramínico
Fosfoproteína	Caseína	Fosfato – serina
Hemoproteína	Hemoglobina	Ferroprotoporfirina
	Citrocromo C	Ferroprotoporfirina
	Catalasa	Ferroprotoporfirina
Flavoproteína	Succinato – deshidrogenasa	Flavín – nucleótido
	D – aminoácido – oxidasa	Flavín – nucleótido
Metal proteínas	Ferritina	Hidróxido férrico
	Citrocromo – oxidasa	Hierro y cobre
	Alcohol deshidrogenasa	Zinc
	Xantinoxidasa	Molibdeno e hierro

El otro subcriterio es la conformación o forma tridimensional característica, asociada a las estructuras secundaria, terciaria o cuaternaria que pueden presentar las proteínas. Está determinada por dos extremos: las proteínas fibrosas y las proteínas globulares.

Las proteínas fibrosas tienen sus cadenas polipeptídicas ordenadas en paralelo o antiparalelo para formar fibras o láminas (estructura secundaria), resistentes, insolubles en agua o en soluciones salinas diluidas. Generalmente estas proteínas tienen una función estructural en tejidos óseo, muscular o en el citoesqueleto.

Las proteínas globulares disponen sus cadenas polipeptídicas plegadas adoptando formas esféricas o globulares compactas, organizando los residuos de los aminoácidos componentes para que queden en la superficie externa de la proteína, mientras que los hidrófobos se encuentran al interior, muy cercanos entre sí, favoreciendo fuerzas que definen la estructura terciaria.

Estas proteínas son solubles en agua o en soluciones salinas y su principal función tiene que ver con actividades fisiológicas celulares: enzimas, hormonas, transporte de otras sustancias o como anticuerpos. Se encuentran suspendidas, como coloides en los fluidos inter y extracelulares.

Decimos que es una forma de clasificación porque hay proteínas que tienen partes fibrosas y globulares en su misma estructura debido a que desempeñan funciones especializadas de modo que no se pueden asignar estrictamente a uno de los dos grupos anteriores, lo tenemos con la miosina y el fibrinógeno, proteínas muscular y de la sangre respectivamente donde la primera se desempeña como contractor muscular y la segunda como parte esencial de la síntesis de la fibrina que conforma el coágulo sanguíneo.

⁴⁶ LENHINGER, Albert. *Bioquímica*. Op. Cit., p. 61.

2.2.3 Funciones de las proteínas.

La gran diversidad que presentan estas sustancias y las variaciones que pueden adoptar las moléculas por su composición en aminoácidos o su capacidad de asociación con otras sustancias diferentes, ha permitido que sea las encargadas de realizar múltiples funciones como las que aparecen reseñadas en la tabla 28 y que explicaremos enseguida para dejar los fundamentos que le permitan afrontar exitosamente sus estudios en bioquímica, fisiología, farmacología y la toxicología desde el punto de vista de comprensión de la interacción organismo – medicamento o cuerpo – salud para el caso de la nutrición.

Las enzimas con catalizadores biológicos de alta especificidad que permiten la ocurrencia de un solo tipo de reacción química, ya que se reconoce con su sustrato o el otro reactivo con el que puede interactuar; si no hay un acople perfecto, no se presenta el cambio químico (modelo llave – cerradura).

Las proteínas de reserva son sustancias que el organismo almacena para permitir el desarrollo y crecimiento del embrión, dando cumplimiento a su función reproductora. Muchas de ellas las utilizamos como alimento, debido a que nos suministran algunos aminoácidos que no podemos sintetizar, necesarios para el remplazo de tejidos y de proteínas con funciones biológicas (enzimas y hormonas) que al no ser ingeridos genera enfermedades de carencia nutricional, por ello se han llamado aminoácidos esenciales pues al ser suministrados en la dieta hay recuperación del organismo enfermo. Ver tabla 29.

La proteína transportada se liga (posiblemente en forma no covalente) a una determinada sustancia, un gas, un catión metálico o a una biomolécula importante para desplazarla por los sistemas de circulación de un organismo, a fin de dejarla disponible a las necesidades celulares.

Tabla 28. Clasificación de proteínas por su función biológica⁴⁷.

	Clases	Función
Enzimas	Hexoquinosa	Fosforila glucosa.
	Lactato – deshidrogenasa	Deshidrogena lactato
	Citocromo C	Transfiere electrones
	DNA – polimerasa	Replica y repara DNA
Proteínas de reserva	Ovoalbúmina	Proteína de clara de huevo
	Caseína	Proteína de leche
	Ferritina	Reserva férrica en el bazo
	Gliadina	Proteína de semilla del trigo
	Ceína	Proteína de semilla de maíz
Proteína transportadora	Hemoglobina	Intercambio de gases en vertebrados.
	Hemocianina	Intercambio de gases en invertebrados.
	Mioglobina	Transporte de oxígeno en músculo.
	Seroalbúmina	Transporta lípidos en sangre.
	β – lipoproteína	Transporta lípidos en sangre.
	Ferroglobulina	Transporta hierro en sangre.
	Ceruloplasmina	Transporta cobre en la sangre.
Proteína contráctil	Miosina	Filamento estacionario miofibrilla.
	Actina	Filamento móvil de miofibrilla.
	Dineína	Cilios y flagelos.
Proteína protectora vertebrados	Anticuerpos	Acompleja proteínas extrañas.
	Complemento	Acompleja antígeno – anticuerpo.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 66.

	Fibrinógeno	Precursor de fibrina
	Trombina	Componente para coagulación.
Toxinas	Toxina de <i>C. botulinum</i>	Envenenamiento.
	Toxina diftérica	Envenenamiento.
	Veneno de serpiente	Fosfoglicerolipasas.
	Ricina	Toxina del ricino.
	Gosipina	Toxina del algodón.
Hormonas	Insulina	Regula metabolismo de glucosa.
	Hormona adrenocorticotropa	Síntesis de corticosteroides.
	Hormona del crecimiento	Regula crecimiento de huesos
Proteínas estructurales	De recubrimiento viral	Cubierta del cromosoma.
	Glucoproteínas	Cubierta celular y pared celular.
	α – queratina	Piel, pluma, uña, pezuña.
	Esclerotina	Exoesqueleto de insectos.
	Fibroína	Seda.
	Colágeno	Tejido conectivo fibroso.
	Elastina	Tejido conectivo elástico.
	Mucoproteína	Secreciones, sinovía.

Una proteína contráctil, se asocia a un sistema locomotor para que pueda desempeñar la función de facilitar el desplazamiento del organismo o de crear corrientes asociadas a la búsqueda del alimento si el ser vivo se mantiene fijo (especies inferiores).

Las proteínas protectoras forman parte de los sistemas defensivos, actúan ya sea bloqueando al agente extraño o formando estructuras más complejas y sin actividad biológica.

Tabla 29. Aminoácidos esenciales.

Aminoácido esencial	Aminoácido esencial
Fenilalanina	Tirosina
Histidina	Isoleucina
Leucina	Lisina
Metionina	Cisteína
Treonina	Triptófano
Valina	

Las toxinas, sustancias producidas por otros organismos, tienen función defensiva para ellos pero si las ingerimos ocasionan malestar, enfermedad e incluso la muerte, pero hemos estudiado algunas de ellas y se han usado para la fabricación de vacunas o de medicamentos.

Las hormonas tienen actividad biológica al regular el correcto funcionamiento de órganos o de reacciones bioquímicas esenciales para la vida y el mantenimiento de la salud.

Por último, las proteínas estructurales al organizarse dentro de un organismo vivo dan posibilidades de diversidad, complejizarlos como un producto evolutivo o permitirles su correcto funcionamiento como lo es la sinovía en las articulaciones óseas donde actúa como una especie de lubricante cohesivo.

2.3 Comportamiento químico de los aminoácidos y las proteínas⁴⁸.

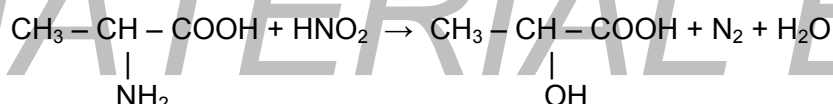
⁴⁸ Esta parte es una adaptación del texto: DE LA TORRE, Jaramillo, Germán y MORENO Vesga, Pedro. *Química orgánica*. Op. Cit., Volumen 2, pp. 363 – 372 y 381 – 387.

Las reacciones que presentan los aminoácidos se deben a la combinación de los grupos amino, los grupos carboxilo y las que se puedan presentar debidas a las estructuras de las cadenas laterales (insaturaciones, presencia de anillos aromáticos, etc.).

La presencia de un grupo ácido y de un grupo básico en la misma molécula, haría que cada aminoácido fuese eléctricamente neutro; por ello se comenta que tienen un comportamiento anfótero y la estructura que presentan se llama un Zwitterión: el grupo carboxilo está ionizado y el grupo amino se encuentra protonado, entonces el aminoácido es isoeléctrico e isoiónico. Este comportamiento también explicaría el carácter de buffer o de amortiguación ácido – base en condiciones fisiológicas que se encuentra en los fluidos de los organismos vivos. Vale la pena que comentemos, cuáles pueden ser las reacciones típicas de estas sustancias.

2.3.1 *Reacción con el ácido nitroso.*

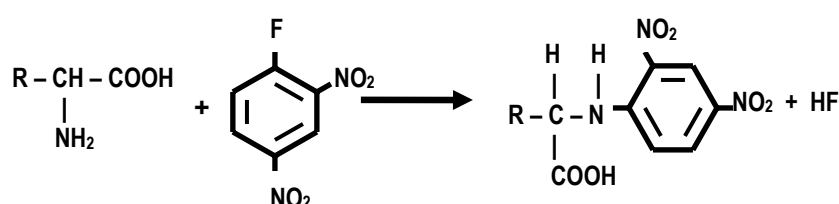
El grupo amino de los aminoácidos reacciona con el ácido nitroso liberando nitrógeno gaseoso. Esta reacción puede ser cuantitativa, por lo que se aplica en la valoración de los grupos alfa – amino de aminoácidos, péptidos y proteínas:



La mitad del nitrógeno proviene del aminoácido; de modo que si podemos determinar el nitrógeno liberado, podremos tener una idea de cuántos grupos aminos libres se tienen en la sustancia analizada.

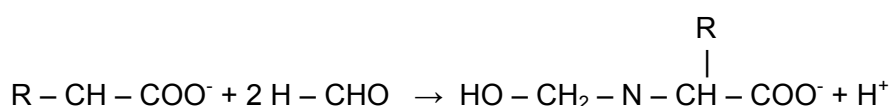
2.3.2 *Reacción de Sanger.*

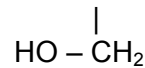
El 1 – flúor – 2,4 – dinitrobenzenceno reacciona con el grupo amino libre del aminoácido para formar un dinitro – fenil aminoácido de color amarillo. Este comportamiento lo exhibe únicamente el residuo N – terminal de un péptido o una proteína:



2.3.3 *Reacción de Sorensen.*

El formol en exceso reacciona con el grupo amino para producir N,N – dihidroximetilderivados, liberando estequiométricamente un protón por cada grupo amino, si los valoramos mediante una solución estandarizada de hidróxido de sodio utilizando fenolftaleína como indicador, sabremos cuántos grupos carboxilos posee el aminoácido, el péptido o la proteína analizada:





La mayoría de proteínas existen en dispersión coloidal, son amorfas y ópticamente activas. Su solubilidad depende de su composición, estructura y el pH del solvente utilizado, se descomponen a temperaturas relativamente bajas sin fundirse y muy sensibles a cambios de las condiciones ambientales; la exposición al calor, a valores extremos de pH, a la acción de metales pesados (plata, plomo o mercurio) e incluso solventes orgánicos (alcohol o acetona), modifican profundamente su estructura de forma irreversible por ello se comenta que la proteína se ha desnaturizado perdiendo su actividad biológica y precipitan. También son isoiónicas e isoelectricas con valores típicos dependiendo de la composición de aminoácidos.

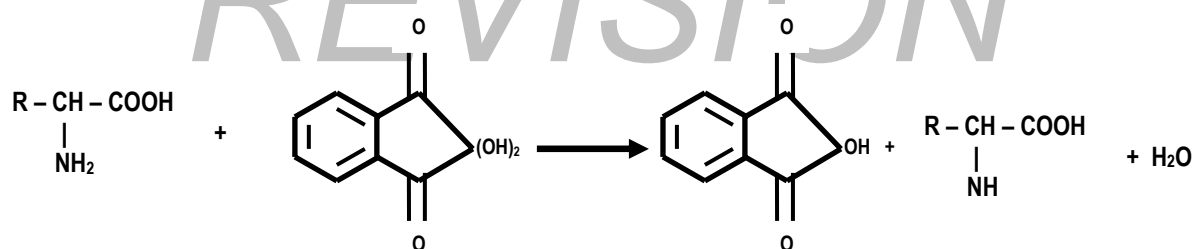
2.3.4 Reacciones de coloración de aminoácidos, péptidos y proteínas.

Los aminoácidos, péptidos y proteínas son sustancias incoloras por ello es necesario desarrollar colores para su identificación cualitativa:

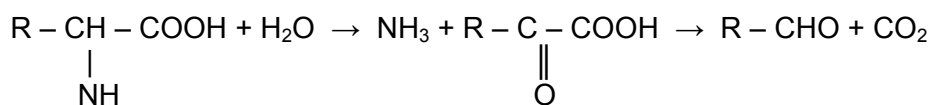
2.3.4.1 Reacción con la ninhidrina.

La ninhidrina o hidrato de tricetohidrindeno reacciona con los aminoácidos mediante el siguiente mecanismo:

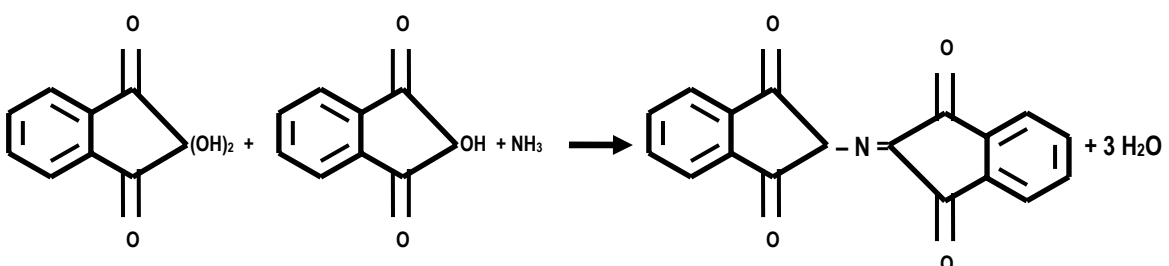
Primero hay una reacción Redox en la que aparece la ninhidrina reducida y un iminoácido:



El iminoácido se hidroliza formando un α - cetoácido que luego se descarboxila:



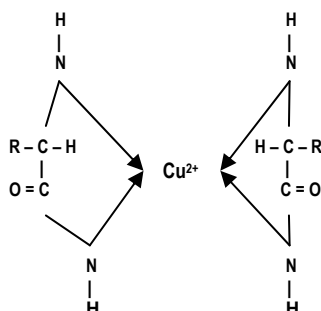
Finalmente el NH_3 producido reacciona con cantidades equimoleculares de ninhidrina reducida y oxidada para producir un complejo de color azul - púrpura:



Este reactivo se suele utilizar para revelar estas sustancias en la cromatografía de papel.

2.3.4.2 Reacción del Biuret.

Es una mezcla de sulfato cúprico en medio fuertemente alcalino. Identifica proteínas y polipéptidos ya que detecta la presencia de dos o más enlaces peptídicos al formar un complejo de color violeta rojizo entre el cobre (II) y ese enlace:



2.3.4.3 Reacción Xantoprotéica.

Identifica la presencia de núcleos aromáticos en aminoácidos, péptidos y proteínas. Ocurre una nitración del anillo bencénico cuando se calienta la sustancia con ácido nítrico concentrado, formando un precipitado de color amarillo que se intensifica cuando se alcaliniza el medio. La fenilalanina, tirosina, tiroxina y el triptófano dan positiva esta prueba.

2.3.4.4 Reacción de Hopkins – Cole o del ácido glioxílico.

Detecta la presencia del grupo indol, por lo que el triptófano ya sea como aminoácido o haciendo parte de polipéptidos y de proteínas. El ácido glioxílico en presencia de ácido sulfúrico concentrado forma un anillo de color violeta en la interfase de las dos soluciones.

2.3.4.5 Reacción de Millon.

Identifica aminoácidos libres o asociados a péptidos y proteínas que tengan en su estructura un grupo fenólico, como es el caso de la tirosina y la tiroxina al formar un complejo de color rojo al reaccionar con este reactivo formado por ácido nítrico, nitrato mercurioso y nitrato mercúrico.

2.3.4.6 Reacción de Sakaguchi.

El grupo guanidil o guanidina presente en la arginina produce un color rojo intenso cuando se trata con una mezcla de α - naftol e hipoclorito de sodio.

2.3.4.7 Prueba del azufre.

La cisteína, cistina y metionina libres o combinados en péptidos o proteínas forman un precipitado negro de sulfuro de plomo cuando se tratan con ion plomo (II).

2.3.4.8 Reacción de Mc Carthy – Sullivan o del nitroprusiato.

El nitroprusiato de sodio ($\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$) en solución acuosa de amoníaco produce un color rojo intenso cuando reacciona con el grupo Sulfhidrilo libre de la cisteína.

Como puede comprender, estas reacciones pueden ayudarnos en la identificación de algunos aminoácidos presentes en las proteínas. Sin embargo la determinación de la estructura primaria de cualquier proteína es una tarea muy compleja requiriendo técnicas y equipos más complejos lo mismo que un buen entrenamiento por parte del analista.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 19

- 1) Utilizando los materiales del modelo de bolas y clavijas que usted construyó en la primera unidad de este módulo, construya el enlace peptídico y defina los planos, formas geométricas y orientaciones en el espacio que pueden tomar el resto de sustituyentes de los aminoácidos implicados. Si tiene suficiente tiempo haga el modelo incorporando dos aminoácidos que usted quiera, sólo que debe centrar su atención en el enlace peptídico.
- 2) Construya un mapa conceptual relacionando las características y propiedades de los aminoácidos y las proteínas.
- 3) Recurriendo a la bibliografía y a Internet, explore algunas figuras e imágenes de las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas. Idéese una forma de construir esos modelos físicos para que pueda usted relacionar estructura – función que suelen exhibir estas sustancias.
- 4) Elabore una pequeña monografía sobre el colágeno y oriente su trabajo por cualquiera de estas dos opciones dependiendo de sus intereses: la acción del colágeno en la emulsión de la carne para producir derivados cárnicos, el uso y desarrollo de productos para el cuidado de la piel en humanos.

REVISIÓN

TEMA TRES

ALCALOIDES Y VITAMINAS

Incluimos este tema debido a la importancia que presentan estos dos tipos de sustancias en el campo de trabajo de los alimentos y los medicamentos. No será un trabajo muy exhaustivo debido a la complejidad que tienen estas sustancias que muchas veces hay que estudiarlas por separado, pero si se buscará que usted tenga la suficiente información como para que comprenda su importancia, determine sus principales características, comportamientos biológicos y si está interesado en estudiar algunos de ellos recurrir a la bibliografía más especializada o a los buscadores por Internet.

3.1 Alcaloides.

Son, quizás, las sustancias más antiguas usadas por el hombre con fines mágicos, farmacéuticos y homicidas (recordemos la condena de Sócrates, el filósofo griego que supuestamente corrompía a la juventud y le ordenaron beber cicuta).

El término fue propuesto por el farmacéutico W. Meissner, en 1819 para identificar aquellos compuestos básicos de origen vegetal con alguna actividad biológica.

Las alquilaminas de cadena abierta mono, di o trimetiladas, las colinas y betaínas se consideran aminas biológicas o protoalcaloides. Las fenil – alquilaminas también lo son.

Por lo anterior, los alcaloides están formados por tres elementos (carbono, hidrógeno, oxígeno) o cuatro (carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno) siendo la mayoría compuestos sólidos, cristalinos, muy pocos líquidos generalmente sin oxígeno con olores muy fuertes como es el caso de la nicotina.

Hasta la fecha se conocen más de 4000 sustancias y se estima que aparecen en el 10 al 15 % de las plantas vasculares; abundan en ciertas dicotiledóneas y en un reducido número de familias vegetales como *Papaveraceae*, *Papilionaceae*, *Ranunculaceae*, *Rubiaceae*, *Rutaceae* y *Solanaceae*.

En estas plantas, los alcaloides se encuentran como sales y cuando el vegetal es joven se suelen encontrar distribuidos en la mayoría de órganos, pero al madurar se localizan en mayor cantidad en órganos o secreciones como granos (cóchico, café, cicuta), hojas (coca, belladona, beleño, estramonio, mate), cortezas (quina), raíces (granado, hidrastis), órganos subterráneos (acónito, ipeca) y látex (opio).

Por razones históricas y a la gran complejidad que presentan se ha sistematizado la nomenclatura de estas sustancias, por lo que se suele asignarles nombres relacionados con la planta de donde son aislados y se clasifican teniendo en cuenta la similitud que guarden con estructuras moleculares más sencillas y comunes.

3.1.1 **Características comunes.**

Podemos considerar a los alcaloides como aquellas sustancias más o menos tóxicas, que pueden actuar sobre el sistema nervioso central. Son de carácter básico y en la mayoría de los casos tienen un átomo de nitrógeno heterocíclico y pueden ser sintetizados por algunos vegetales a partir de los aminoácidos o de sus derivados inmediatos.

Son poco solubles en agua, pero si lo son en solventes orgánicos como el cloroformo, acetona, etanol, metanol, acetato de etilo, éter, benceno, hexano o mezclas de ellos.

Por su carácter básico, pueden formar sales con ácidos orgánicos o inorgánicos como son los clorhidratos, bromhidratos, sulfatos, tartratos, etc., solubles en agua e insolubles en los solventes orgánicos.

Junto a la función amina, aparecen otros grupos funcionales como el hidroxilo fenólico, alcohol primario, secundario o terciario, éster, éter, etc., que le confieren a la molécula propiedades características.

Suelen tener actividad óptica asociada a su actividad farmacológica.

Debido a su gran complejidad, los más de 4000 alcaloides registrados en la literatura, sólo 1800 se han descrito en forma parcial incluso sin tener plena certeza de su estructura química. Para facilitar su estudio se han considerado quince grupos así:

Tabla 30. Grupos de los alcaloides.

Grupo	Nombre	Grupo	Nombre
1	Pirrolidínicos	8	Quinazolínicos
2	Piridínicos y piperidínicos	9	Quinolizidínicos
3	Isoquinólicos – feniletílamínicos	10	Pirrolizidínicos
4	Morfínicos	11	De la <i>Eritrina</i>
5	Quinólicos	12	<i>Amaryllidacea</i>
6	Indólicos	13	De <i>Lycopodio</i>
7	Imidazólicos	14	Esteroidales
		15	Diterpénicos

Al observar ejemplos de estructuras de cada uno de los grupos anteriores encontramos que no tienen conformaciones comunes salvo la presencia en la mayoría de un nitrógeno amínico secundario. Se puede intentar la comparación de las estructuras químicas de cada uno de esos grupos para hallar semejanzas y entre los mismos para detectar sus diferencias, como se acostumbra cuando se tiene una nueva sustancia y se pretende clasificarla o hasta abrirla un grupo particular.

3.1.2 **Alcaloides de importancia en alimentos y en farmacia.**

En la industria de alimentos tiene que ver con factores tóxicos de algunos de ellos, sobre todo provenientes de vegetales con fines alimenticios y en el control de insectos que pueden afectar dichas materias primas y que también provienen de seres vivos.

En cuanto a los tóxicos, se mencionan algunos derivados del anillo de la pirrolicidina que se encuentran en plantas de los géneros *Senecio*, *Crotalaria* y *Heliotropo* utilizadas en algunos sitios para hacer te. Estos alcaloides afectan al hígado generando desde engrosamiento de las paredes de las células del parénquima hasta fibrosis y regeneramiento modular de regiones del hígado y cirrosis.

Otro efecto controvertido ha sido el exceso de consumo de la cafeína y de teofilina provenientes de café y té respectivamente; además de ser estimulantes del sistema nervioso genera úlceras.

En hortalizas tan comunes en nuestro medio agronómico como, la papa, el tomate y la berenjena pertenecientes a la Familia Solanaceae, producen alcaloides conocidos como chaconina, solanina, tomatina, atropina y escopolamina, poseen un efecto insecticida poderoso en la mayoría de los insectos, aunque algunas especies han aprendido a tolerar las toxinas.

En Farmacia, estas sustancias actúan sobre el sistema nervioso. La metacualona con efecto semejante al de los barbitúricos pero con efectos más prolongados. La reserpina y sus derivados son sustancias utilizadas como fármacos neurolépticos de utilización en psiquiatría. La atropina y la escopolamina se utilizan para tratamiento del mal de Parkinson. La morfina y sus derivados se usan como analgésicos.

3.2 **Vitaminas.**

El término Vitamina se le debe al Bioquímico polaco Casimir Funk quien lo propuso en 1912. Consideraba que eran necesarias para la vida (*vita*) y la terminación Amina es porque creía que todas estas sustancias poseían ese grupo funcional.

Las vitaminas son sustancias orgánicas, de naturaleza y composición variada. Imprescindibles en los procesos metabólicos que tienen lugar en la nutrición de los seres vivos. No aportan energía, ya que no se utilizan como combustible, pero sin ellas el organismo no es capaz de aprovechar los elementos estructurales y energéticos suministrados por la alimentación.

Normalmente se utilizan en el interior de las células como antecesoras de las coenzimas, a partir de las cuales se elaboran los miles de enzimas que regulan las reacciones químicas de las que viven las células. Su efecto consiste en ayudar a convertir los alimentos en energía. La ingestión de cantidades extras de vitaminas no eleva la capacidad física, salvo en el caso de existir un déficit vitamínico (debido, por ejemplo, a un régimen de comidas desequilibrado y a la fatiga). Entonces se puede mejorar dicha capacidad ingiriendo cantidades extras de vitaminas. Las necesidades vitamínicas varían según las especies, con la edad y con la actividad.

Las vitaminas deben ser aportadas a través de la alimentación, puesto que el cuerpo humano no puede sintetizarlas. Una excepción es la vitamina D, que se puede formar en la piel con la exposición al sol, y las vitaminas K, B₁, B₁₂ y ácido fólico, que se forman en pequeñas cantidades en la flora intestinal.

Ciertas vitaminas son ingeridas como provitaminas (inactivas) y posteriormente el metabolismo animal las transforma en activas (en el intestino, en el hígado, en la piel, etc.), tras alguna modificación en sus moléculas.

Los vegetales, hongos y microorganismos son capaces de elaborarlas por sí mismos. Los animales, salvo algunas excepciones, carecen de esta capacidad, por lo que deben obtenerlas a partir de los alimentos de la dieta.

Son sustancias lábiles, ya que se alteran fácilmente por cambios de temperatura, pH, y por almacenamiento prolongado.

Su estudio químico ha comprendido dos etapas; la primera era aislarlas en estado puro y determinar sus estructuras, mientras que la segunda es iniciar su síntesis industrial que ha sido una tarea bien compleja pues la única que hasta el momento se ha logrado es el ácido ascórbico (vitamina C).

Son un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas complejas presentes en los materiales biológicos y necesarios de consumir en la dieta. No tienen una estructura común y se caracterizan por:

- Encontrarse en pequeñas cantidades en los materiales biológicos.
- Son componentes esenciales de los sistemas bioquímicos y fisiológicos del reino animal, poco frecuente en el vegetal y en los microorganismos.
- La evolución animal ha llevado a la pérdida de la capacidad de síntesis en las cantidades necesarias.

Su nomenclatura es compleja, ni siquiera con el conocimiento de su estructura química, por ello se asocian a las enfermedades ocasionadas por su deficiencia (factor antipelagra para el complejo B) y la más generalizada, denominarlas utilizando el alfabeto, esto se complicó un poco cuando se pudo separar los componentes del complejo B por lo que se recurrió a colocar un subíndice para distinguirlas entre sí. Inicialmente se había reconocido la existencia de por lo menos dos factores vitamínicos. Uno de ellos era soluble en líquidos y solventes orgánicos y se lo llamó factor liposoluble A, el otro, fue denominado factor hidrosoluble B.

Posteriormente se fueron descubriendo otros factores, a los cuales se les asignó las letras C, D, E, siguiendo el orden alfabético. En algunos casos, como el de la vitamina K, el nombre corresponde a la inicial de su función principal (*Koagulation* en danés, idioma de su descubridor). El factor B resultó contener un conjunto de sustancias diferentes, a medida que se aislaban, se las designaba con su índice numérico (B₁, B₂, B₁₂, etc.).

Se dividen en dos grupos, dependiendo de su solubilidad en lípidos (liposolubles) o en agua (hidrosolubles). En esta monografía seguiremos esta división y ubicaremos estructura, nombre químico – de ser posible – y común siguiendo la designación alfabética. Se caracterizan por:

- a) Vitaminas hidrosolubles: Incluyen la vitamina C y el complejo vitamínico B.
- Ampliamente distribuidas en los alimentos.
 - Solubles en agua (se pierden con la cocción).
 - La mayor parte son termolábiles.
 - Se absorben por la sangre rápidamente.
 - Se eliminan por la orina.
 - No producen toxicidad.

- Actúan como coenzimas en reacciones metabólicas del organismo.

b) Vitaminas liposolubles: Incluyen las vitaminas A, D, E y K.

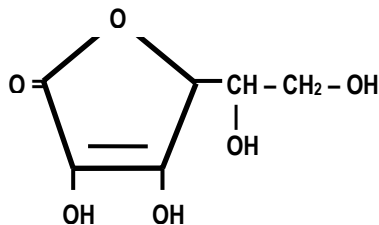
- Solubles en solventes grasos.
- Son termoestables.
- Se absorben por la linfa (lentamente).
- Se almacenan en el hígado y tejido adiposo.
- Se eliminan por la bilis (lentamente)
- Pueden producir toxicidad.
- Tienen una función fisiológica específica.

3.2.1 **Vitamina C.**

Ácido Ascórbico o vitamina Antiescorbútica.

La vitamina C corresponde al grupo de las vitaminas hidrosolubles, como la gran mayoría de ellas no se almacena en el cuerpo por un largo período de tiempo, se elimina en pequeñas cantidades a través de la orina. Por este motivo, es importante su administración diaria, ya que es más fácil que se agoten sus reservas que las de otras vitaminas.

El ácido ascórbico es una sustancia de color blanco, estable en su forma seca, pero en solución se oxida con facilidad, más aún si se expone al calor, a pH alcalino (mayor a 7), los iones cobre y los iones hierro, también aceleran su oxidación. Su estructura química recuerda a la de la glucosa (en muchos mamíferos y plantas, esta vitamina se sintetiza a partir de la glucosa y galactosa. Se agrupa con el nombre de vitamina C a todos los compuestos que poseen la actividad biológica del ácido ascórbico.



Se absorbe fácilmente en el intestino delgado, más precisamente en el duodeno. Pasa a la sangre por transporte activo y tal vez, también por difusión. Pareciera ser que el mecanismo de absorción es saturable, debido a que cuando se ingieren cantidades muy grandes de la vitamina, el porcentaje que se absorbe es mucho menor: en ingesta normal (20 – 120 mg), se absorbe un 90%, contra un 16% en una de 12 g.

La concentración de vitamina C en los leucocitos esta en relación con la concentración de la vitamina en los tejidos, por lo que midiendo su concentración, sabemos el nivel real de la vitamina en los tejidos. La reserva de vitamina C que el ser humano posee en condiciones normales es de aproximadamente 1500 g. Cuando se alcanza esta reserva se elimina en un alto porcentaje por la orina, como ácido oxálico (catabolito) o si se ingiere en dosis muy elevadas, como ácido ascórbico. Si hay deficiencias, la absorción es muy alta y no hay eliminación por orina. El ácido ascórbico se encuentra en altas concentraciones en varios tejidos, como por ejemplo, el tejido suprarrenal, hígado, bazo y riñones. El consumo de alcohol disminuye la absorción de la vitamina, y el hábito de fumar baja los niveles de la vitamina en el organismo, por lo que se recomienda a los fumadores y consumidores regulares de alcohol, que suplementen su dieta.

La vida media del ácido ascórbico en el organismo es de aproximadamente 16 días. Es por este motivo que los síntomas del escorbuto tardan meses en aparecer en sujetos con una dieta deficiente en vitamina C.

Sus funciones son diversas, pero todavía no se sabe si actúa como coenzima o como cofactor. Al tener gran capacidad de captar y liberar hidrógeno (óxido – reducción), su papel en el metabolismo es de gran importancia. Es importante su función como reductora del Fe^{+3} a Fe^{+2} lo que asegura una mayor absorción a nivel del intestino, facilita la liberación del hierro de la transferrina (proteína que transporta el hierro en sangre) y de la ferritina (una de las principales formas de almacenamiento del hierro). Es importante su participación en la formación del colágeno y mucopolisacáridos, ya que es necesaria junto con el O_2 y el Fe^{+2} para formar hidroxiprolina e hidroxilisina (componentes del colágeno). El colágeno es una sustancia de la cual depende la integridad de todos los tejidos fibrosos, como son la piel, el tejido conjuntivo, la dentina, matriz ósea, cartílago y los tendones; en la formación de esta proteína radica su importancia como cicatrizante de heridas y fracturas.

Participa también en la formación de ciertos neurotransmisores como la serotonina, en la conversión de dopamina a noradrenalina, y en otras reacciones de hidroxilación que incluyen a los aminoácidos aromáticos y a los corticoides. Su concentración disminuye bajo situaciones de estrés cuando hay mucha actividad de las hormonas de la corteza suprarrenal.

La vitamina C cumple una función importante en el sistema inmunológico, al ayudarlo a luchar contra las infecciones y contra las células cancerosas. Esto es gracias a la actividad de los leucocitos, la estimulación de anticuerpos, neutrófilos y fagocitos, la producción de interferón, el proceso de la reacción inflamatoria o la integridad de las mucosas.

Comúnmente se le atribuyen a la vitamina C variados poderes curativos, desde simples resfríos, hasta enfermedades como el cáncer, pero aunque se ha demostrado que reduce los síntomas y la duración del resfrío, se aconseja no consumir grandes dosis de la vitamina por largos períodos de tiempo.

El escorbuto es la clásica manifestación de insuficiencia grave de ácido ascórbico. Sus síntomas se deben a la pérdida de la acción cimentadora del colágeno y entre ellos están las hemorragias, caída de dientes y cambios celulares en los huesos de los niños.

Aunque el ácido ascórbico no utilizado se elimina rápidamente por la orina, las dosis largas y prolongadas pueden derivar de la formación de cálculos en la vejiga y en los riñones, interferencia en los efectos de los anticoagulantes, destrucción de la vitamina B_{12} y pérdida de calcio en los huesos.

Las fuentes de vitamina C se encuentran en los cítricos, fresas frescas, toronja, piña y guayaba. Buenas fuentes vegetales son col, tomates, espinacas, col, pimientos verdes repollo y nabos. Aumento de las necesidades de vitamina C en embarazo, lactancia y ancianos.

El contenido de vitamina C en las frutas y verduras varía dependiendo del grado de madurez, el menor cuando están verdes, aumenta su cantidad cuando esta en su punto y luego vuelve a disminuir; por lo que la fruta madura a perdido parte de su contenido de vitamina C. Lo más recomendable es comer las frutas y verduras frescas puesto la acción del calor destruye a la vitamina C. También hay que mencionar que

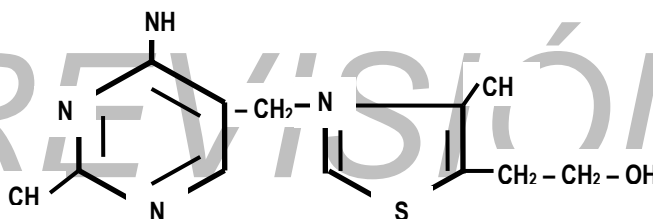
la vitamina C en contacto con el aire se oxida y pierde su actividad, y esto hay que recordarlo cuando uno se prepara un jugo de fruta como el de naranja, de no tomárselo rápidamente habrá perdido un gran cantidad de vitamina C.

Los requerimientos de un adulto son de alrededor de 30 mg por día, pero como una proporción de la vitamina C ingerida es destruida por la acción de microorganismos de la flora intestinal es aconsejable proveer 75 mg.

3.2.2 **Vitamina B₁.**

Tiamina, Aneurina o Antiberibérica.

La tiamina o vitamina B₁, una sustancia cristalina e incolora, actúa como catalizador en el metabolismo de los hidratos de carbono, permitiendo metabolizar el ácido pirúvico y haciendo que los hidratos de carbono liberen su energía. Las funciones bioquímicas de la tiamina exigen su conversión en pirofosfato de tiamina (TPP), que sirve de coenzima en varias reacciones metabólicas. El pirofosfato de tiamina se denomina también cocarboxilasa porque una de sus funciones principales es la descarboxilación oxidativa de los cetoácidos alfa, entre los cuales destacan el piruvato y el alfacetoglutarato. El pirofosfato de tiamina participa además en las transcetolaciones, en las cuales se realiza la transferencia de unidades de 2 – carbono entre varios intermediarios de la derivación de monofosfato de hexosa, una vía alterna del metabolismo de la glucosa.



La absorción de la tiamina tiene lugar en la parte superior del intestino. La tiamina es absorbida por un mecanismo activo, quizá mediado por un portador. Sin sodio y sin una actividad normal de la trifosfatasa de adenosina Na – K, no se libera tiamina de la célula de la mucosa hacia la serosa. Tanto el ingreso como la salida de dicha célula se realizan a medida que el pirofosfato de tiamina se hidroliza en la luz intestinal antes de ser captado en la mucosa. Su absorción esta disminuida en el caso de carencia de folato y también en el alcoholismo crónico.

La tiamina se encuentra en los tejidos normalmente en forma de pirofosfato de tiamina, aunque también existe un poco de tiamina libre y sus formas monofosfato (TM) y trifosfato (TPP). La tiamina también participa en la síntesis de sustancias que regulan el sistema nervioso.

La insuficiencia de tiamina produce Beriberi, que se caracteriza por debilidad muscular, inflamación del corazón y calambres en las piernas y, en casos graves, incluso ataque al corazón y muerte. Muchos alimentos contienen tiamina, pero pocos la aportan en cantidades importantes. Los alimentos ricos en tiamina son el cerdo, las vísceras (hígado, corazón y riñones), levadura de cerveza, carnes magras, huevos, vegetales de hoja verde, cereales enteros o enriquecidos, germen de trigo bayas, frutos secos y legumbres. No presenta toxicidad (salvo si se administra vía intravenosa y a elevadas dosis). Presenta un aumento de las necesidades en embarazo, lactancia, fumadores y alcohólicos.

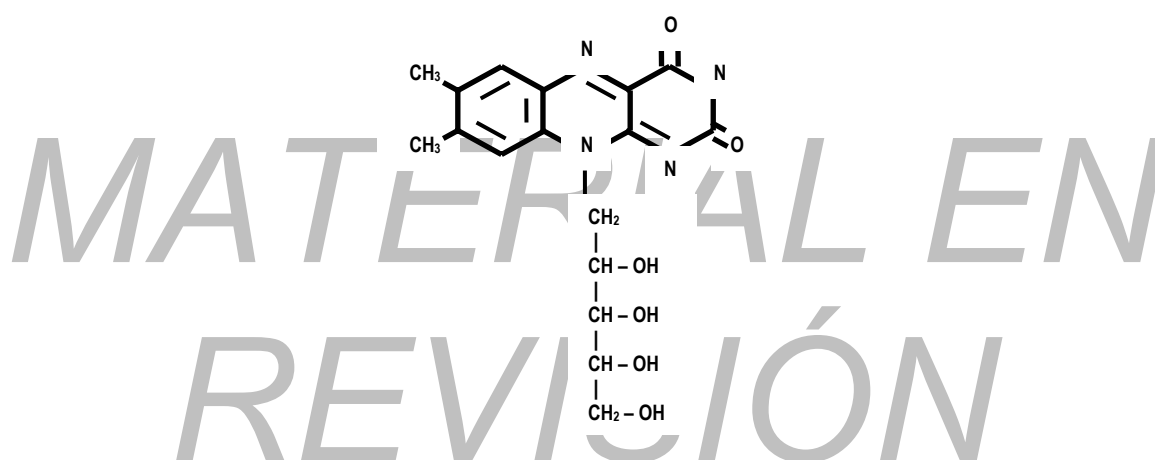
Es la gran aliada del estado de ánimo por su efecto benéfico sobre el sistema nervioso y la actitud mental, ayuda en casos de depresión, irritabilidad, pérdida de memoria, pérdida de concentración y agotamiento. Favorece el crecimiento y ayuda a la digestión de carbohidratos.

Sus principales fuentes son: Vísceras (hígado, corazón y riñones), levadura de Cerveza, vegetales de Hoja Verde, germen de Trigo, legumbres, cereales, carne y frutas

Se recomienda suministrar 0,5 mg de tiamina por cada 1000 calorías de alimentos ingeridos.

3.2.3 **Vitamina B₂**.

Riboflavina.



La riboflavina actúa como parte de un grupo de enzimas llamadas flavoproteínas, que intervienen en el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas. Las formas con actividad metabólica son riboflavina – 5' – fosfato, llamada también mononucleótido de riboflavina (FMN) y dinucleótido de adenina y flavina (FAD). Las deshidrogenasas de flavoproteínas dan inicio a la transferencia de hidrógeno, a partir de la oxidación de substratos específicos, hacia el oxígeno durante el proceso de la respiración celular, el cual culmina en la formación de adenosintrifosfato. La riboflavina es indispensable para el crecimiento normal y la conservación de los tejidos. Si existe un déficit, algunos tejidos quedan más dañados que otros.

Se conoce poco sobre el mecanismo de la absorción intestinal de riboflavina a partir de las cantidades normales de aporte de exógeno en el ser humano. Las formas fosforiladas de riboflavina se desfosforilizan antes de su captación en la mucosa y vuelven a ser fosforiladas en el interior de la célula. La mayor parte de la riboflavina tisular se encuentra en flavoproteína en forma de FAD (dinucleótido de adenina y flavina) y el resto, en forma de FMN (mononucleótido de riboflavina) libre. FMN es un intermediario en la síntesis de FAD. La insuficiencia de riboflavina puede complicarse si hay carencia de otras vitaminas del grupo B. Sus síntomas no son tan definidos como los de la insuficiencia de tiamina, son lesiones en la piel, en particular cerca de los labios y la nariz, y sensibilidad a la luz. Las mejores fuentes de riboflavina son el hígado, la leche, la carne, verduras de color verde oscuro, cereales enteros y enriquecidos, pasta y pan. No se conoce toxicidad y tiene un aumento de las necesidades en embarazo, lactancia, fumadores y alcohólicos.

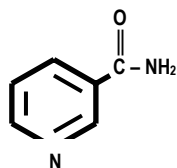
Al igual que la tiamina, actúa como coenzima, es decir, debe combinarse con una porción de otra enzima para ser efectiva en el metabolismo de los hidratos de carbono,

grasas y especialmente en el metabolismo de las proteínas que participan en el transporte de oxígeno.

La insuficiencia de riboflavina puede complicarse si hay carencia de otras vitaminas del grupo B. Sus síntomas, no tan definidos como los de la insuficiencia de tiamina, son lesiones en la piel, en particular cerca de los labios y la nariz, y sensibilidad a la luz. Las mejores fuentes de esta vitamina son: levadura de cerveza, germen de Trigo, verduras, cereales, lentejas, hígado, leche, carne, coco, pan y queso.

3.2.4 **Vitamina B₃.**

Vitamina PP o nicotinamida.



La nicotinamida o vitamina B₃, vitamina del complejo B cuya estructura responde a la amida del ácido nicotínico o niacina, funciona como coenzima para liberar la energía de los nutrientes. A semejanza de la tiamina y riboflavina, la niacina también hace las veces de coenzima en el metabolismo de energía.

En su forma amida, constituye las coenzimas NAD (dinucleótido de nicotinamida y adenina) y NADP (fosfato de dinucleótido de nicotinamida y adenina), que sirven de portadoras de hidrógeno en copiosas reacciones catalizadas por deshidrogenasas específicas del sustrato. NAD⁺ se requiere en las principales vías metabólicas que culminan en la descomposición oxidativas de hexosas, aminoácidos y ácidos grasos. Participa además en la oxidación de otras sustancias biológicas como etanol y retinol. El NADP reducido se necesita en la síntesis de ácidos grasos, colesterol y de las hormonas esteroides.

Solo el ácido nicotínico y la nicotinamida pueden entrar y salir de las células de los tejidos orgánicos; cada célula es capaz de sintetizar las coenzimas para su propio uso.

El catabolismo del triptófano produce ácido quinolínico, que luego se transforma en NAD sin que se produzca nicotinamida libre. Esta última se libera durante la descomposición de NAD y puede utilizarse de nuevo en el interior de la célula o regresar a la circulación y usarse en caso de necesidad. No obstante una cantidad considerable de nicotinamida se metaboliza en N – metil – nicotinamida y 2 – piridona, que son los dos metabolitos principales de niacina excretados en la orina.

Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas. Es un vasodilatador que mejora la circulación sanguínea, participa en el mantenimiento fisiológico de la piel, la lengua y el sistema digestivo.

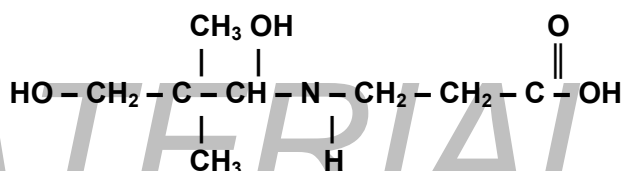
Es poco frecuente encontrarnos con estados carenciales, ya que nuestro organismo es capaz de producir una cierta cantidad de niacina a partir del triptófano, aminoácido que forma parte de muchas proteínas que tomamos en una alimentación mixta. Consumirla en grandes cantidades reduce los niveles de colesterol en la sangre. Aunque las grandes dosis en periodos prolongados pueden ser perjudiciales para el hígado. Sin embargo, en países del Tercer Mundo, que se alimentan a base de maíz aparece la pelagra, cuyo primer síntoma es una erupción parecida a una quemadura solar allá donde la piel queda expuesta al sol. Otros síntomas son lengua roja e hinchada, diarrea, confusión mental, irritabilidad y, cuando se ve afectado el sistema

nervioso central, depresión y trastornos mentales enfermedad caracterizada por dermatitis, diarrea y demencia (las tres D de la pelagra).

Es vital en la liberación de energía para el mantenimiento de la integridad de todas las células del organismo y para formar neurotransmisores. Es esencial para la síntesis de hormonas sexuales, y la elaboración de cortisona, tiroxina e insulina en el organismo, ayudando, por tanto a mantener una piel sana y un sistema digestivo eficiente, e indispensable para la salud del cerebro y del sistema nervioso. Entre las fuentes más importantes tenemos: harina Integral de trigo, pan de trigo integral, levadura de cerveza, salvado de trigo, hígado de ternera, germen de trigo, arroz integral y almendras.

2.3.5 **Vitamina B₅**.

Ácido Pantoténico o vitamina W.



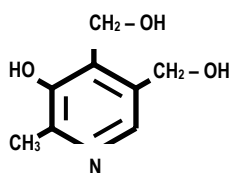
Desempeña un papel aun no definido en el metabolismo de las proteínas. Interviene en el metabolismo celular como coenzima en la liberación de energía a partir de las grasas, proteínas y carbohidratos. Se encuentra en una gran cantidad y variedad de alimentos (*pantothen* en griego significa en todas partes). Forma parte de la Coenzima A, que actúa en la activación de ciertas moléculas que intervienen en el metabolismo energético, es necesaria para la síntesis de hormonas antiestrés, a partir del colesterol, necesaria para la síntesis y degradación de los ácidos grasos, para la formación de anticuerpos, para la biotransformación y detoxificación de las sustancias tóxicas.

Su carencia provoca falta de atención, apatía, alergias y bajo rendimiento energético en general. Su falta en los animales produce caída del pelo y canicie; en los humanos se observa malestar general, molestias intestinales y ardor en los pies. A veces se administra para mejorar la cicatrización de las heridas, sobre todo en el campo de la cirugía. Sus principales fuentes son: levadura de cerveza, vegetales verdes, yema de huevo, cereales, vísceras, maní, carnes y frutas.

Para los adultos la cantidad recomendada oscila entre 13 y 19 mg.

2.3.6 **Vitamina B₆**.

Piridoxina.



La vitamina B₆ es un conjunto de tres compuestos químicos semejantes: piridoxina (PN), piridoxal (PL) y piridoxamina (PM). Los compuestos difieren en el átomo de carbono en la posición cuatro del núcleo piridina: un alcohol primario (piridoxina), el aldehído correspondiente (piridoxina) y un grupo aminoetil (piridoxamina). Los

mamíferos pueden utilizar con facilidad cada uno de esos compuestos después de convertirlos en el hígado en el piridoxal – 5' – fosfato, la forma activa de la vitamina.

La importancia metabólica de la vitamina B₆ depende de su conversión en piridoxa – 5 – fosfato (PALP), que funciona como enzima en numerosas reacciones bioquímicas, casi todas relacionadas de alguna manera con los aminoácidos. Interviene en el metabolismo de los aminoácidos y en la transformación del triptófano en ácido nicotínico. Las aminotransferasas dependientes de PALP (transaminasas) llevan el grupo amino (NH₂) de un aminoácido a un aceptor cetoácido para producir un aminoácido y un cetoácido, proceso denominado transaminación. Este es el primer paso en la utilización de la mayor parte de los aminoácidos como energía y también en la síntesis de aminoácidos no esenciales. Las enzimas que contienen PALP participan además en la descarboxilación y transulfuración (supresión de los grupos CO₂ y H₂S) de aminoácidos. Los cambios químicos en el sistema nervioso central, es decir, la formación de serotonina a partir del triptófano y ácido gammaaminobutírico (GABA) a partir del ácido glutámico requieren descarboxilasas dependientes de vitamina B₆, lo mismo que la formación de tirosina.

Se han sintetizado antimetabolitos contra la piridoxina y tienen capacidad para bloquear el efecto de la vitamina y producir signos y síntomas de deficiencia. El más activo es la 4 – desoxipiridoxina – 5 – fosfato, un inhibidor competitivo de varias enzimas dependientes del fosfato de piridoxal. La hidracida del ácido isonicotínico (isoniazida), así como otros compuestos carbonil, se combinan con el piridoxal o el fosfato de piridoxal para formar hidrazonas; como resultado, es un potente inhibidor de la piridoxalxinasas. También quedan inhibidas las reacciones enzimáticas en las cuales participa el fosfato de piridoxal como una coenzima, pero sólo a concentraciones mucho mayores que las necesarias para bloquear la formación de fosfato piridoxal. De este modo, la isoniazida parece ejercer su efecto contra la vitamina B₆ al inhibir la formación de la coenzima a partir de la vitamina.

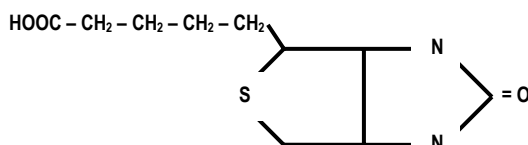
Actúa en la utilización de grasas del cuerpo y en la formación de glóbulos rojos. Mejora la capacidad de regeneración del tejido nervioso, para contrarrestar los efectos negativos de la radioterapia y contra el mareo en los viajes. Es necesaria para la absorción y el metabolismo de aminoácidos. Se absorbe en el yeyuno, prácticamente no se almacena y se elimina por la orina. La insuficiencia de piridoxina se caracteriza por alteraciones en la piel, grietas en la comisura de los labios, lengua depapilada, convulsiones, mareos, náuseas, anemia y piedras en el riñón.

Es esencial para el crecimiento ya que ayuda a asimilar adecuadamente las proteínas, los carbohidratos y las grasas y sin ella el organismo no puede fabricar anticuerpos ni glóbulos rojos. Es básica para la formación de niacina (vitamina B₃), ayuda a absorber la vitamina B₁₂, a producir el ácido clorhídrico del estómago e interviene en el metabolismo del magnesio. También ayuda a prevenir enfermedades nerviosas y de la piel.

En el adulto se recomienda proveer 2 mg de piridoxina diariamente.

2.3.7 **Vitamina B₇.**

Es también conocida como biotina o vitamina H.



Se han encontrado tres formas de biotina, además de la biotina libre, en materiales naturales, esos derivados son biocitina (e – biotinil – L – lisina), y los sulfóxidos D y L de la biotina. Si bien las formas derivadas de la biotina son activas para apoyar el crecimiento de algunos microorganismos, se desconoce su eficacia como sustitutivos de la biotina en la nutrición humana. La biocitina puede constituir un producto de desintegración de un complejo de biotina – proteína, puesto que, en su función como coenzima, la vitamina está unida de manera covalente a un grupo e – amino de un residuo de lisina de la apoenzima comprendida. Diversos compuestos antagonizan las acciones de la biotina, entre ellos la biotina sulfona, la destiobiotina y algunos ácidos carboxílicos tipo imidazol. En el ser humano, la biotina es un cofactor para la carboxilación enzimática de cuatro sustratos: piruvato, acetil – CoA (CoA), propionil – CoA y β – metilcrotonil – CoA. Como tal tiene importancia en el metabolismo tanto de carbohidratos como de lípidos.

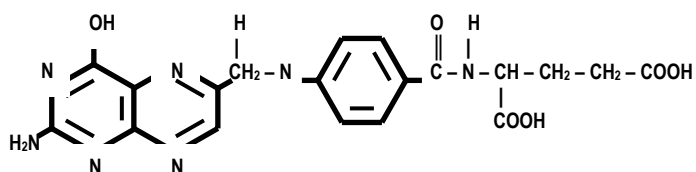
Es una coenzima que participa en la transferencia de grupos carboxilo (– COOH), interviene en las reacciones que producen energía y en el metabolismo de los ácidos grasos. Interviene en la formación de la glucosa a partir de los carbohidratos y de las grasas. Necesaria para el crecimiento y el buen funcionamiento de la piel y sus órganos anexos (pelo, glándulas sebáceas, glándulas sudoríparas) así como para el desarrollo de las glándulas sexuales. Una posible causa de deficiencia puede ser la ingestión de clara de huevo cruda, que contiene una proteína llamada avidina que impide la absorción de la biotina. En el hombre y en otras especies animales, la biotina es sintetizada por la flora microbiana intestinal. La magnitud de esta síntesis es tan importante que representa la principal fuente de biotina en el ser humano.

La carencia de biotina da origen a la fatiga, anorexia, depresión, malestar general, dolor muscular, náuseas, anemia, hipercolesterolemia y alteraciones en el electrocardiograma.

No es posible determinar las necesidades diarias, se estima que el requerimiento diario de la vitamina debe ser entre 150 y 300 μg .

2.3.8 **Vitamina B₉**.

Se le llama ácido fólico por encontrarse principalmente en las hojas de los vegetales (en latín *folia* significa hoja).



El ácido fólico o folacina es una coenzima necesaria para la formación de proteínas estructurales y hemoglobina; su insuficiencia en los seres humanos es muy rara. Es efectivo en el tratamiento de ciertas anemias y la psilosis. Se pierde en los alimentos conservados a temperatura ambiente y durante la cocción. A diferencia de otras vitaminas hidrosolubles, el ácido fólico se almacena en el hígado y no es necesario ingerirlo diariamente. Es posible que parte de las necesidades sea producida por la flora bacteriana intestinal. Se estima que 150 μg por día en la dieta es un aporte adecuado para el adulto.

El ácido fólico es una coenzima necesaria para la formación de proteínas estructurales y hemoglobina; su insuficiencia en los seres humanos es muy rara. Interviene en la síntesis de bases púricas y pirimidínicas y en la eritropoyesis.

El ácido fólico no se encuentra como tal en los alimentos ni el organismo del hombre, sino que se convierte en las formas activas por acción del organismo. Gran parte de la vitamina se obtiene de la dieta en forma de poliglutamatos, para que sea absorbido es preciso extraer el exceso de glutamatos presentes en la cadena lateral de la molécula y esto lo hacen las conjugasas de folato que están en la mucosa intestinal.

La función principal de folacina se realiza en la síntesis de DNA y RNA y afecta de modo indirecto a la de proteínas, por lo cual las manifestaciones de déficit de folacina se presentan sobre todo en los tejidos de rápido crecimiento o en aquellos con acelerado recambio de células. Los folatos se absorben a lo largo del intestino delgado; pero se sabe que el yeyuno constituye el principal sitio de absorción. La principal forma de folacina en el plasma es metil – ácido tetrahidrofólico que está unido a las proteínas en forma laxa, principalmente a la albúmina, y que es fuente de folacina para las células de la médula ósea, los reticulocitos, y otras células.

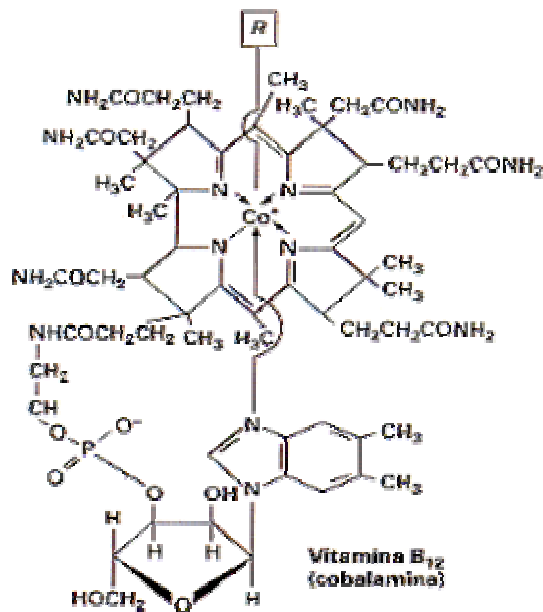
En el interior de la célula primero se desmetiliza en ácido tetrahidrofólico, que se convierte en todas las formas activas de folato, o se utiliza directamente en la síntesis de poliglutamato por acción de la sintetasa de pteroilpoliglutamato.

Junto con la vitamina B₁₂ participa en la síntesis del ADN, la proteína que compone los cromosomas y que recoge el código genético que gobierna el metabolismo de las células, por lo tanto es vital durante el crecimiento. Previene la aparición de úlceras bucales y favorece el buen estado del cutis. También retarda la aparición de las canas, ayuda a aumentar la leche materna, protege contra los parásitos intestinales y la intoxicación por comidas en mal estado.

El ácido fólico es efectivo en el tratamiento de ciertas anemias y la psicosis. Su carencia se manifiesta de forma muy parecida a la de la vitamina B₁₂ (debilidad, fatiga, irritabilidad, etc.). Produce en los niños detenimiento en su crecimiento y disminución en la resistencia de enfermedades. En adultos, provoca anemia, irritabilidad, insomnio, pérdida de memoria, disminución de las defensas, mala absorción de los nutrientes debido a un desgaste del intestino. Está relacionada, en el caso de dietas inadecuadas, con malformaciones en los fetos, dada la mayor necesidad de ácido fólico durante la formación del feto. Sus principales fuentes son: vegetales verdes, yema de huevo, champiñones, legumbres, naranjas, cereales, hígado y nueces; se pierde en los alimentos conservados a temperatura ambiente y durante la cocción.

2.3.9 **Vitamina B₁₂.**

La cobalamina o vitamina B₁₂ también se conoce como cianocobalamina, una de las vitaminas aisladas recientemente, y es necesaria en cantidades ínfimas para la formación de nucleoproteínas, proteínas y glóbulos rojos, en la síntesis del ADN y para el funcionamiento del sistema nervioso.



La cianocobalamina es un compuesto nitrogenado sumamente complejo, integrado por dos fracciones principales: el núcleo corrínico (que incluye cobalto) y el nucleótido adherido. Sus formas activas son cianocobalamina (vitamina B₁₂), hidroxicobalamina (vitamina B_{12a}), acuacobalamina (vitamina B_{12b}) y nitrocobalamina (vitamina B_{12c}).

Las formas predominantes de la vitamina B₁₂ en la sangre y en otros tejidos, son sus dos formas de coenzima: 5' - deosilcobalamina (adenosilcobalamina) y metilcobalamina e hidroxicobalamina. Se sabe que las coenzimas de esta vitamina participan en una reacción metabólica de primer orden. Se necesita metilcobalamina para transmetilación de homocisteína en metionina. La adenosilcobalamina (denominada también coenzima B₁₂) es esencial para la conversión de metilmalonilcoenzima A en succinilcoenzima A por la isomerasa de metilmalonilcoenzima A, en una reacción donde interviene la isomerización y transferencia de hidrógeno.

Al hablar específicamente de la vitamina B₁₂ se le identifica principalmente como efectiva en el tratamiento de la anemia perniciosa, en la cual aparecen los mismos signos clínicos que cuando existe anemia por deficiencia de hierro, como es la falta de color en la piel y cansancio.

El organismo humano tiene una reserva muy importante de vitamina B₁₂ o cobalamina, la cual está almacenada en el hígado y en riñón. Es por tanto lógico que a los pacientes con daño en el hígado o páncreas se les suministre vitamina B₁₂. Tal es la capacidad de almacenamiento de vitamina B₁₂ que de no ingerirla a través de los alimentos por 5 ó 6 años, apenas se iniciarían a ver signos de deficiencia; sin embargo, el exceso consumido se excreta por la orina, al igual que todas las vitaminas hidrosolubles.

La vitamina B₁₂ posee la molécula más grande y posiblemente, la más complicada de las vitaminas hidrosolubles, por lo cual no debe extrañarnos que su carencia obedezca más a menudo a problemas de absorción que a escaso aporte. El complejo vitamina B₁₂ factor intrínseco (FI) se forma en el estómago y pasa por la parte superior del intestino delgado en dirección del íleon, donde se une a las células epiteliales propias de esta zona del intestino y de ese modo facilita la transferencia de vitamina B₁₂ hacia el epitelio del íleon. Para ello se requieren asimismo calcio y un pH mayor de 6.

El cuerpo obtiene la vitamina A de dos formas: una es fabricándola a partir del caroteno, un precursor vitamínico encontrado en vegetales como la zanahoria, col, calabaza y espinacas, la otra es absorbiéndola de organismos que se alimentan de vegetales. Aquí cabe mencionar que en cuanto a biodisponibilidad es decir una mejor absorción y utilización de este nutrimento, es mejor la de los alimentos ricos en retinol que en carotenos.

Al ser una vitamina liposoluble, su absorción esta íntimamente relacionada con el metabolismo de los lípidos. Los ésteres de retinol disueltos en la grasa dietaria se dispersan en el intestino con la ayuda de las sales biliares (duodeno y yeyuno), formando micelas, las que facilitan la digestión al aumentar la superficie de interfase agua – lípido. En una última etapa, se produce una hidrólisis enzimática en la que la principal enzima es la lipasa pancreática, que actúa sobre las micelas, facilitando la absorción del 90% de las grasas de la dieta. La vitamina A, junto con los demás productos de la hidrólisis enzimática, ingresa al enterocito luego de atravesar la membrana celular. Una vez dentro de la célula intestinal, la mayor parte del retinol se esterifica con ácidos grasos saturados (especialmente ácido palmítico) y se incorpora a quilomicrones linfáticos, que entran al torrente sanguíneo. Al convertirse en quilomicrones remanentes, el hígado los capta para incorporar con ellos el retinol que poseen.

En el caso de que los tejidos necesiten del retinol, este es transportado a través de la sangre unida a una proteína llamada APO – RBP (Retinol Binding Protein). Se origina así la holo – RBP que se procesa en el aparato de Golgi y se secreta al plasma. Los tejidos son capaces de captarla por medio de receptores de superficie. Una vez dentro de los tejidos, excepto el hepático, el retinol se une a la proteína fijadora de retinol o CRBP (Cellular Retinol Binding Protein). La RBP es una proteína sensible a la deficiencia de zinc y de proteínas; por lo que sí el aporte de estos nutrientes es escaso, se podría presentar un cuadro de deficiencia de vitamina A aunque su aporte sea el adecuado.

Si no se presenta deficiencia, los esterios de retinilo ingresan a las células estrelladas en los lipocitos para formar los principales depósitos del organismo. Se piensa que el hígado puede tener hasta un 95% de la vitamina A de todo el cuerpo, con pequeñas cantidades en tejido adiposo, pulmones y riñones.

Por ser la vitamina A componente de los pigmentos visuales, los encargados de una adecuada visión, una deficiencia importante de este nutrimento puede ocasionar desde una ceguera nocturna hasta la pérdida de la visión.

Decíamos que participa también en el crecimiento y una deficiencia de este nutrimento puede repercutir en el crecimiento máximo de los niños que inclusive puede alterar su desarrollo psicomotor. También se ha observado que su deficiencia predispone a infecciones tanto de las vías respiratorias como las gastrointestinales.

El exceso de la vitamina A puede interferir en el crecimiento, detener la menstruación, perjudicar los glóbulos rojos de la sangre y producir erupciones cutáneas, jaquecas, náuseas e ictericia.

El consumo de alimentos ricos en vitamina A es recomendable en personas propensas a sufrir infecciones respiratorias (gripas, amigdalitis o inflamaciones), problemas oculares (fotofobia, sequedad o ceguera nocturna) o con la piel reseca y áspera (acné incluido).

Al cocer los alimentos poco tiempo se puede lograr un mejor aprovechamiento de las vitaminas que contienen, pero dejarlos por largo tiempo reduce sus propiedades vitamínicas, por lo que es más conveniente consumir, en lo posible, los alimentos frescos. Sus principales fuentes son: aceite de hígado de pescado, yema de huevo, aceite de soya, mantequilla, zanahoria, espinacas, hígado, perejil, leche, queso, tomate y lechuga.

En los alimentos de origen animal, la vitamina A se presenta, en su mayor proporción, en la parte lipídica como retinol esterificado con el ácido palmítico. En los vegetales y en algunos organismos marinos, encontramos los carotenoides, como el β - caroteno, pigmento amarillo constituido por dos moléculas de retinal unidas en el extremo aldehído de sus cadenas carbonadas.

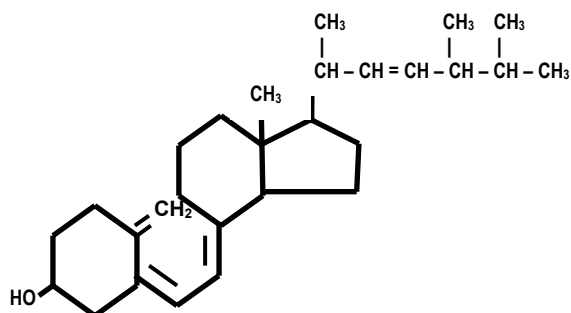
Ahora bien para que estos alimentos nos aporten la mayor cantidad de vitamina A, es importante conocer que el cocimiento leve (al dente) de los carotenoides precursores de la vitamina A, que se encuentra en las frutas y las verduras favorece su biodisponibilidad. Pero un cocimiento excesivo de estos alimentos puede ocasionar la destrucción de los carotenoides. Esto mismo pasa con el retinol contenido en el huevo, el hígado y la leche.

Al freír los alimentos ricos en carotenos y retinol, por ser solubles en grasa pasan al medio de cocción graso, perdiéndose la vitamina de los alimentos. También la deshidratación de alimentos como zanahorias, brócoli y espinacas reduce la cantidad de carotenoides, por lo tanto es recomendable consumir verduras frescas. La Organización Mundial de la Salud recomienda una ingesta diaria de 1,5 mg de retinol para el adulto normal.

2.3.11 **Vitamina D.**

Calciferol o Antirraquítica.

Esta vitamina da la energía suficiente al intestino para la absorción de nutrientes como el calcio y las proteínas. Es necesaria para la formación normal y protección de los huesos y dientes contra los efectos del bajo consumo de calcio. Se obtiene a través de provitaminas de origen animal que se activan en la piel por la acción de los rayos ultravioleta cuando tomamos "baños de sol".



La vitamina D es fundamental para la absorción del calcio y del fósforo. Actúa junto con la hormona paratiroidea y la calcitonina en la absorción del calcio y del fósforo. Los dos compuestos fundamentales dotados de actividad de vitamina D son colecalciferol, vitamina D₃ y ergocalciferol, vitamina D₂. Todas ellas pueden formarse a partir de precursores naturales (provitaminas) por irradiación con luz ultravioleta: D₃ se obtiene de 7 - dehidrocolesterol presente en la piel y en otros tejidos animales y D₂ se obtiene del ergosterol presente en formas vegetales inferiores.

Se sabe que la vitamina D tiene una función mucho más activa en la homeostasis del calcio. Aun cuando se denomina "vitamina" D, es una hormona que, junto con la hormona paratiroidea, es un importante regulador de las cifras plasmáticas de Ca^{2+} ; las características que siguen de la vitamina D son congruentes con su naturaleza hormonal: se sintetiza en la piel, y bajo circunstancias ideales quizá no se requiere en la dieta; se transporta en la sangre hacia sitios distantes en el organismo, donde se activa por medio de una enzima estrechamente regulada; su forma activa se une a receptores específicos en tejidos blancos, lo que da lugar finalmente un incremento de la concentración de Ca^{2+} plasmático. Además, hoy se sabe que los receptores para la forma activada de la vitamina D se expresan en muchas células del organismo, como las células hematopoyéticas, linfocitos, células epidérmicas, islotes pancreáticos, músculos y neuronas; esos receptores median efectos no relacionados con la homeostasis del Ca^{2+} .

La radiación ultravioleta de varios esteroides de origen animal y vegetal da por resultado su conversión a compuestos con actividad de vitamina D. El desdoblamiento del enlace entre los carbonos C_9 y C_{10} es la alteración esencial producida por el proceso fotoquímico, pero no todos los esteroides que sufren este desdoblamiento poseen actividad contra el raquitismo. La principal provitamina que se encuentra en los tejidos de animales es el 7 – deshidrocolesterol, que se sintetiza en la piel al convertirlo a colecalciferol (vitamina D_3).

El ergosterol, que se encuentra en plantas, es la provitamina para la vitamina D_2 (ergocalciferol). El ergosterol y la vitamina D_2 difieren del 7 – deshidrocolesterol y de la vitamina D_3 , respectivamente, sólo porque cada uno posee un doble enlace entre C_{22} y C_{23} , y un grupo metil en C_{24} . En seres humanos no hay una diferencia práctica entre ambas, y en la exposición que sigue se usará vitamina D como el término colectivo para los dos vitámeros.

La vitamina D, tanto proveniente de la dieta como sintetizada de manera intrínseca, requiere activación para hacerse biológicamente activa. El metabolito activo primario de la vitamina es el calcitriol (1,25 – dihidroxivitamina D), el producto de dos hidroxilaciones sucesivas de la vitamina D.

El paso inicial en la activación de la vitamina D ocurre en el hígado, y el producto es el 25 – hidroxicolecalciferol (25 – OHD, o calcifediol). El sistema de enzimas hepáticas que se encarga de la 25 – hidroxilación de la vitamina D se relaciona con las fracciones microsómica y mitocondrial de homogeneizados, y requiere la forma reducida del fosfato de dinucleótido de nicotinamida y adenina (NADPH) y oxígeno molecular. Después de la producción en hígado, el 25 – hidroxicolecalciferol entra en la circulación, donde es transportado por la globulina de unión a vitamina D. Los riñones constituyen la fuente predominante de calcitriol en la circulación. El sistema de enzimas que se encarga de la 1 – hidroxilación del 25 – hidroxicolecalciferol se relaciona con mitocondrias en los túbulos proximales. La vitamina D es una oxidasa con función mixta, y requiere oxígeno molecular y NADPH como cofactores. El citocromo P450, una flavoproteína, así como la ferredoxina, son componentes del complejo de enzimas. Las concentraciones normales de estado estable de 25 – hidroxicolecalciferol en seres humanos son de 15 a 50 ng/ml, aunque las cifras menores de 20 ng/ml pueden relacionarse con incremento de la hormona paratiroidea circulante y mayor recambio óseo.

La vitamina D se caracteriza mejor como un regulador positivo de la homeostasis del Ca^{2+} . La vitamina afecta el metabolismo del fosfato de una manera paralela a la del Ca^{2+} .

Los mecanismos por los cuales la vitamina D actúa para conservar concentraciones plasmáticas normales de Ca^{2+} y fosfato constan de: facilitación de su absorción por el intestino delgado, interacción con la hormona paratiroidea para aumentar su movilización desde los huesos, y decremento de su excreción por los riñones. Ha sido difícil validar una participación directa de la vitamina en la mineralización ósea; más bien, la opinión que predomina es que ocurre formación de hueso normal cuando las concentraciones plasmáticas de Ca^{2+} y fosfato son adecuadas. Sin embargo, ahora está claro que la vitamina D muestra acciones tanto directas como indirectas sobre las células que intervienen en el remodelamiento óseo.

El mecanismo de acción del calcitriol semeja el de las hormonas esteroides y tiroideas. El calcitriol se une a receptores citosólicos dentro de células blanco, y el complejo receptor-hormona interactúa con el ADN, ya sea para aumentar o para inhibir la transcripción de genes.

La bilis es esencial en la absorción adecuada de vitamina D; el ácido desoxicólico es el principal constitutivo de la bilis a este respecto; así, la disfunción hepática o biliar altera mucho la absorción de vitamina D.

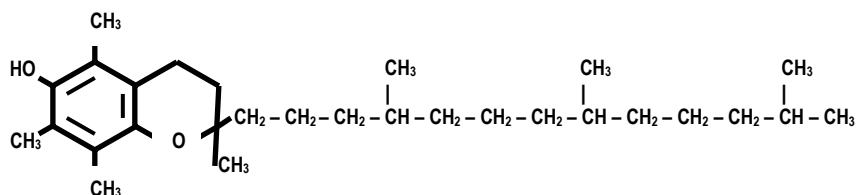
La vitamina D absorbida circula en la sangre en relación con proteína de unión a vitamina D, una α - globulina específica, donde tiene una vida media de 19 a 25 horas, pero se almacena en depósitos de grasa en periodos prolongados.

La vía de excreción primaria de la vitamina D es la bilis; únicamente un porcentaje pequeño de la dosis administrada se encuentra en la orina. La vitamina D y sus metabolitos sufren recirculación enterohepática extensa. La insuficiencia de vitamina D, o raquitismo, se da rara vez en los climas tropicales donde hay abundancia de rayos solares, pero hubo un tiempo en que era común entre los niños de las ciudades poco soleadas antes de empezar a utilizar leche enriquecida con esta vitamina. El raquitismo se caracteriza por deformidad de la caja torácica y el cráneo y por piernas arqueadas, todo ello producido por la mala absorción del calcio y fósforo en el cuerpo. Debido a que la vitamina D es soluble en grasa y se almacena en el cuerpo, su consumo excesivo puede causar intoxicación vitamínica, daños a los riñones, letargia y pérdida de apetito.

Para cubrir los requerimientos de Vitamina D es necesaria la conjunción de dos factores: por un lado la exposición al sol durante 15 minutos diariamente para permitir que sus precursores se transformen en la vitamina activa, y el consumo de estos en la dieta diaria, los cuales los podemos encontrar en vegetales y diversos productos de origen animal como en la leche, sardina, hígado, huevo, quesos.

3.2.12 **Vitamina E.**

Tocoferol o restauradora de la fertilidad.



Esta vitamina participa en la formación de glóbulos rojos, músculos y otros tejidos. Se necesita para la formación de las células sexuales masculinas y en la antiesterilización.

En la actualidad, se conocen ocho tocoferoles con actividad de vitamina E que ocurren de modo natural. Se considera que el alfa (α) tocoferol (5,7,8 – trimetil tocol) es el tocoferol de mayor importancia, puesto que constituye alrededor de 90% de los tocoferoles en tejidos de animales, y muestra la mayor actividad biológica en casi todos los sistemas de biovaloración. El isomerismo óptico influye sobre la actividad; las formas D son más activas que las L.

Una de las características químicas de importancia de los tocoferoles es que son agentes de oxidorreducción que bajo algunas circunstancias actúan como antioxidantes, y esto al parecer es la base de casi todos los efectos de la vitamina E, si no es que de todos. Los tocoferoles se deterioran con lentitud cuando quedan expuestos a aire o luz ultravioleta.

Tiene como función principal participar como antioxidante, es algo así como un escudo protector de las membranas de las células que hace que no envejecan o se deterioren por los radicales libres que contienen oxígeno y que pueden resultar tóxicas y cancerígenas; su participación como antioxidante es muy importante en la prevención de enfermedades donde existe una destrucción de células vitales, protege al pulmón contra la contaminación, proporciona oxígeno al organismo y retarda el envejecimiento celular, por lo que mantiene joven el cuerpo. También acelera la cicatrización de las quemaduras, ayuda a prevenir los abortos espontáneos y calambres en las piernas.

La deficiencia de la vitamina E puede ser por dos causas, por no consumir alimentos que la contenga o por mala absorción de las grasas; la vitamina E por ser una vitamina liposoluble, necesita que para su absorción en el intestino se encuentren presentes las grasas. Su deficiencia produce distrofia muscular, pérdida de la fertilidad y Anemia, al parecer, su exceso no produce efectos tóxicos masivos. Sus principales fuentes son: aceites vegetales, germen de trigo, chocolates, legumbre, verduras, leche, girasol, frutas, maíz, soya e hígado.

Parece haber una relación entre las vitaminas A y E. La vitamina E aumenta la absorción intestinal de la A, y se observa aumento de las cifras hepáticas y de otras concentraciones celulares de la vitamina A; este efecto se relaciona con la protección de la vitamina A por las propiedades antioxidantes de la E, además, la vitamina E parece proteger contra varios efectos de la hipervitaminosis A. La participación de la vitamina E como antioxidante es de suma importancia en la prevención de enfermedades como isquemia cardiaca, toxemia durante el embarazo, tromboflebitis, fibrosis de seno y en traumas, donde existe una destrucción de células importantes.

La deficiencia de la vitamina E puede ser por dos causas, por no consumir alimento alguno que la contenga o por mala absorción de las grasas; la vitamina E por ser una vitamina liposoluble, es decir que se diluye en grasas, para su absorción en el intestino es necesario que se encuentren presentes las grasas.

En el caso de que se lleve a cabo una dieta con cero grasas, es importante consumir diariamente una cucharadita de aceite, una para cubrir las necesidades que tiene el organismo de ácidos grasos esenciales y dos porque de no consumirlo no se podrá absorber ni utilizar ninguna vitamina liposoluble como la vitamina E.

Por todo lo anterior, se puede decir que la vitamina E, es la vitamina de la juventud, y el consumo de ella a través de los alimentos es sumamente importante. Para cubrir los requerimientos de vitamina E, hay que conocer que se encuentra principalmente en los aceites de germen de trigo, maíz, soja y girasol, también la podemos encontrar en los

chocolates y en la leche. Se encuentra también en muchas frutas, leguminosas y verduras. Se estima el requerimiento diario en el adulto entre 10 y 15 mg. de α – tocoferol. En la mujer embarazada o lactante se aconseja 20 mg, en el lactante 5 mg y en niños mayores 8 mg.

3.2.13 **Vitamina K.**

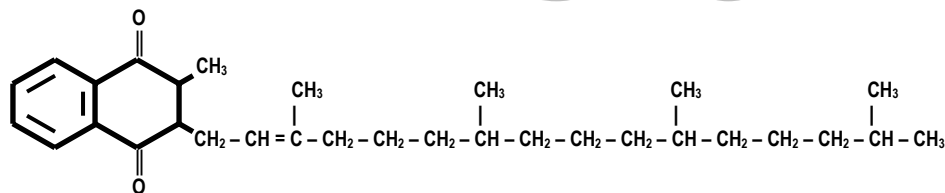
Antihemorrágica o filoquinona.

Es un diterpeno ($C_{20} H_{32}$) con cuatro formas moleculares: K_1 , K_2 , K_3 , K_4 (ésta última se obtuvo sintéticamente). La vitamina K participa en diferentes reacciones en el metabolismo, como coenzima, y también forma parte de una proteína muy importante llamada protombina que es la proteína que participa en la coagulación de la sangre.

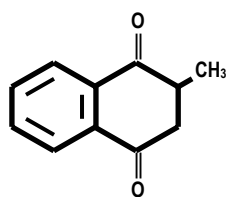
La deficiencia de vitamina K en una persona normal es muy rara, solo puede ocurrir por una mala absorción de grasas, dosis altas de vitamina K sintética puede producir lesión cerebral en los niños y anemia en algunos adultos.

Su deficiencia produce alteraciones en la coagulación de la sangre y Hemorragias difíciles de detener.

K_1 se obtiene a partir de vegetales de hoja verde (espinacas, coles, lechuga, tomate,), K_2 se obtiene a partir de derivados de pescados, K_3 se obtiene a partir de la producción de la flora bacteriana intestinal; por ello, las necesidades de esta vitamina en la dieta son poco importantes. Las principales fuentes de esta vitamina son: legumbres, hígado de pescado, aceite de soya, yema de huevo y verduras. Existe otra fuente de vitamina K, que se produce dentro del organismo, en el intestino se tiene una flora bacteriana que produce vitamina K la cual se llama menadiona.



Vitamina K_1



Vitamina K_4

La actividad de la vitamina K se relaciona con al menos dos sustancias naturales, designadas vitamina K_1 y K_2 . La primera, o fitonadiona (filoquinona), es la 2 – metil – 3 – fútil – 1,4 – naftoquinona; se encuentra en plantas, y es la única vitamina K natural disponible para uso terapéutico. La vitamina K_2 representa una serie de compuestos (las menaquinonas), en los cuales la cadena lateral fitil de la fitonadiona ha quedado sustituida por una cadena lateral prenil. Las bacterias grampositivas sintetizan cantidades considerables de menaquinonas y las grandes cantidades de vitamina K contenidas en las heces de seres humanos y de animales son generadas por las bacterias en el tubo digestivo.

Los animales pueden sintetizar menaquinona – 4 a partir del precursor de vitamina menadiona (2 – metil – 1,4 – naftoquinona), o vitamina K₃. Dependiendo del sistema de biovaloración utilizado, la menadiona es al menos igual de activa desde un punto de vista molar que la fitonadiona.

Las vitaminas K naturales y la menadiona son liposolubles. Es posible elaborar derivados hidrosolubles activos de la menadiona al formar la sal bisulfito de sodio o la sal tetrasodio del éster del ácido difosfórico. Esos compuestos se convierten en menadiona en el organismo.

En animales y seres humanos normales, la fitonadiona y las menaquinonas están desprovistas virtualmente de actividad farmacodinámica. Los factores de la coagulación dependientes de vitamina K, en ausencia de esta última (o en presencia del anticoagulante tipo cumarina), son proteínas precursoras biológicamente inactivas en el hígado. La vitamina K funciona como un cofactor esencial para un sistema de enzimas microsómico que activa a esos precursores mediante la conversión de múltiples residuos de ácido glutámico cerca del aminoterminal de cada precursor en residuos g – carboxiglutamil en la proteína completada. La formación de este nuevo aminoácido, el ácido g – carboxiglutámico, permite que la proteína una al Ca²⁺, y que a su vez quede unida a una superficie de fosfolípidos; esos dos sucesos son necesarios en la cascada de fenómenos que conducen a la formación de coágulos. La forma activa de la vitamina K parece ser la vitamina K hidroquinona reducida, que, en presencia de O₂, CO₂, y la enzima carboxilasa microsómica, se convierte en su 2,3 – epóxido al mismo tiempo que ocurre la g – carboxilación.

El carboxiglutamato se encuentra en diversas proteínas además de los factores de la coagulación dependientes de vitamina K. Una de esas es la osteocalcina en los huesos, que es un productor secretor de los osteoblastos, su síntesis está regulada por el calcitriol, la forma activa de la vitamina D, y su concentración plasmática se correlaciona con la velocidad de recambio óseo.

El mecanismo de absorción intestinal de compuestos con actividad de vitamina K, varía con su solubilidad: la fitonadiona y las menaquinonas sólo se absorben de manera adecuada a partir del tubo digestivo en presencia de sales biliares, no obstante, la menadiona y sus derivados hidrosolubles se absorben incluso en ausencia de bilis. La fitonadiona y las menaquinonas se absorben casi por completo por medio de la linfa; la menadiona y sus derivados hidrosolubles entran de manera directa en el torrente sanguíneo. La fitonadiona se absorbe mediante un proceso dependiente de energía y sensible de saturación, en las proyecciones proximales del intestino delgado, y en el colon. Después de inyección por vía intramuscular, las preparaciones de vitamina K tanto natural como sintética se absorben con facilidad, fitonadiona se concentra inicialmente en el hígado, pero la concentración declina con rapidez. Muy poca vitamina K se acumula en otros tejidos. Las reservas limitadas de vitamina presentes en los tejidos se destruyen con lentitud.

Para un adulto sano, una dieta normal y la síntesis bacteriana a nivel intestinal suele ser suficiente para abastecer el cuerpo de vitamina K y protombina. Las alteraciones digestivas pueden provocar una mala absorción de vitamina K y, por tanto deficiencias en la coagulación de la sangre, su deficiencia puede provocar hemorragias, aumento de las necesidades en enfermos hepáticos, preoperatorios y lactantes alimentados con leche materna.

La deficiencia de vitamina K en una persona normal es muy rara, sólo puede ocurrir por una mala absorción de grasas o por la destrucción de la flora bacteriana por una terapia de antibióticos por largo plazo.

En el recién nacido normal hay generalmente deficiencia de vitamina K, debido a que el intestino de éste es estéril, no hay síntesis por bacterias durante los primeros días de vida. Recién al final de la primera semana alcanza niveles satisfactorios, probablemente como resultado del comienzo de la síntesis bacteriana de la vitamina K, ya que el establecimiento de la flora intestinal comienza inmediatamente después de iniciada la ingestión de alimentos.

MATERIAL EN

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 20

La complejidad de este tema hace que deba ser tratado con cuidado para su aprendizaje ya que se puede pensar que lo esencial es intentar memorizar la información y no hallarle ninguna utilidad. Los dos grupos de sustancias tienen en común que ejercen una actividad biológica específica requiriendo otros conocimientos o traer a la mente lo estudiado en el curso de Biología relacionado con la actividad celular y la acción específica de cada organelo. Esto juega en común para los problemas de nutrición que tiene que estudiar el aprendiz de ingeniería de alimentos como el de regencia de farmacia; para el primero, resolver el problema del hambre y la desnutrición y para el segundo la acción adecuada del medicamento ordenado por el facultativo para recuperar la salud.

- 1) Elabore una pequeña monografía sobre el significado de la actividad biológica, ilustre un posible mecanismo de acción con una sustancia ya sea alimenticia o medicamentosa.
- 2) Construya un cuadro que relacione el tipo de sustancia (alcaloide o vitamina), grupos funcionales que la constituyen (no la fórmula de la sustancia que ya algunas de ellas están definidas en el texto), acciones que ocasionan sobre el organismos y enfermedades que puede causar. Discúptalo en su grupo de estudio y con su tutor(a).
- 3) Arriésguese a construir el modelo de una vitamina y de un alcaloide. Compárelas y determine cuál sería el posible sitio activo de las mismas que le ayuden a explicar la relación estructura – función que hemos venido discutiendo en el curso.

ACTIVIDADES DE LABORATORIO

Introducción

En estas sesiones, tendremos la oportunidad de trabajar con sustancias que tienen nitrógeno en su estructura molecular como son las aminas, amidas, los aminoácidos y las proteínas. Como en las experiencias anteriores, evidenciaremos sus principales propiedades fisicoquímicas, lo mismo que otras características particulares.

El trabajo práctico está diseñado para realizarlo en dos días. Las dos primeras son de tipo cualitativo y la tercera comprende un proceso de extracción de una sustancia desde una fuente natural, seleccionada porque tiene cierta importancia en la industria de alimentos y en la farmacéutica.

No debemos olvidar la preparación previa que requiere cada práctica, los cuidados que se deben observar con la manipulación de cada una de ellas, el registro cuidadoso de las observaciones en su cuaderno de laboratorio y el ejercicio posterior de preparación de los informes de laboratorio, la cual debe realizarse con el grupo de trabajo, no sólo para presentar un único documento sino como posibilidad pedagógica de compartir los datos y resultados del trabajo experimental, como una parte del aprendizaje colaborativo que imprime el modelo académico – pedagógico de la universidad sino como experiencias de trabajo en equipo, habilidades que demanda el mundo actual.

Es necesario el contacto con el tutor que va a dirigir y asesorar el desarrollo de las prácticas con el fin de determinar las condiciones previas de la experiencia, los materiales que deben traer para el desarrollo de la práctica y los conocimientos previos necesarios para sacar el mejor provecho a esta experiencia de aprender.

Asista al laboratorio con los mejores deseos por aprender, por ejercitar sus habilidades en la manipulación del equipo básico y con la actitud más adecuada que exige el trabajo experimental, como un preámbulo al desarrollo de sus capacidades para la investigación, otra forma de orientar su trabajo profesional, muy necesario para el desarrollo de nuestro país.

AMINAS Y AMIDAS

Vamos a determinar el comportamiento químico de este grupo de sustancias trabajando con muestras patrones. Primero revisaremos las características fisicoquímicas de las aminas y posteriormente las de las amidas, teniendo en cuenta que su comportamiento es semejante a la de los derivados de ácido, es decir, que algunas pruebas son compartidas por este tipo de sustancia.

1. Ensayos para reconocimiento de las aminas.

1.1 *Ensayo de cloranil en dioxano.*

Las aminas primarias y secundarias producen coloraciones azules – rojas, verdes o carmelito – rojizas con este reactivo. Los fenoles dan color amarillo, amarillo – anaranjadas o rojo – anaranjado. Los aminoácidos no da ensayo positivo, pero las sales estilo clorhidrato producen coloraciones grises; las anilidas forman colores verde – amarillentos o rojo – anaranjado, las amidas no lo hacen y los compuestos que tengan azufre divalente dan color ámbar o anaranjado.

Procedimiento.

En un tubo de ensayo limpio y seco, coloque 1 mL de la solución saturada de cloranil en dioxina y añada 30 mg de cualquiera de las aminas que disponga en el laboratorio y que hayan sido facilitadas por el instructor. La formación rápida de un color es ensayo positivo. Registre en su cuaderno el nombre de la amina usada y la coloración producida. Repita el ensayo con las demás aminas disponibles y no olvide registrar el nombre de la sustancia y la coloración producida en su cuaderno de laboratorio.

1.2 *Copulación de sales de diazonio.*

Las aminas, aunque también lo hacen los fenoles, mediante este ensayo dan reacciones características que ayudan a su identificación. La técnica requiere primero de la preparación en frío del reactivo ya que se descompone a temperatura ambiente y modificaciones del pH; si es básico, ocurre fácilmente para los fenoles y si es ácido lo es para las aminas.

Procedimiento

En un tubo de ensayo limpio y seco, colocar 30 mg de una de las aminas a analizar, añadir 2 mL de acetato de sodio al 10 %, 1 mL de hidróxido de sodio al 5 % y 2 mL de la sal de diazonio recién preparada. Una coloración o un precipitado amarillo, naranja, rojo, amarillo verdoso o azul es ensayo positivo. Escriba el nombre de la sustancia y

la coloración obtenida en su cuaderno de laboratorio. Repita la experiencia con las otras aminas disponibles.

Enfriar en baño de hielo la solución de p – nitro anilina y otra de nitrito de sodio al 1%. Una vez lo estén, mezclar en volúmenes iguales. Tiene lista la sal de diazonio para utilizar en la copulación de la amina correspondiente.

1.3 **Ensayo del ion cúprico.**

Las amina solubles en agua, los aminoalcoholes, forman complejos solubles con el ion cúprico intensificando notoriamente el color que presenta las soluciones acuosas de ese catión, siendo semejante al que se obtiene cuando se añade amoniaco a dichas soluciones.

La n – butilamina y la bencilamina dan precipitados azul o azul – verdoso. Las aminas aromáticas dan colores amarillo – verdosos o precipitados amarillo o verdes.

Procedimiento.

En un tubo de ensayo limpio y seco, coloque 30 mg de una de las aminas disponibles para el ensayo, añada 1 mL de solución de sulfato de cobre al 10 %. Compare la intensidad del color con un tubo en blanco, es decir, que sólo tenga 1 mL de la solución de sulfato de cobre. Repita el ensayo con las otras aminas disponibles y registre el nombre de la sustancia y la intensidad en el color producido, en su cuaderno de laboratorio.

1.4 **Ensayo del ferricianuro.**

Los compuestos que se oxidan fácilmente pueden reducir los iones ferricianuro a ferrocianuro, formando un complejo de color azul intenso llamado azul de prusia, cuando se les añade iones férricos en medio ácido. Este ensayo lo dan las aminas primarias y secundarias, los fenoles, algunos aldehídos, cetonas, ácidos, alcoholes secundarios entre otros.

Procedimiento

En un tubo de ensayo limpio y seco, tome 30 mg de una amina disponible, agregue 1 mL de solución de ferricianuro de potasio al 2 %, agite y acidifique con ácido clorhídrico diluido al papel tornasol azul, luego añada gotas de solución de cloruro férrico al 2 %. Una coloración azul antes de un minuto es ensayo positivo. Repita el ensayo con las otras aminas disponibles. Registre sus resultados en el cuaderno de laboratorio.

1.5 **Ensayo de la lignina.**

Las aminas primarias, secundarias y las aromáticas dan ensayo positivo en frío, otras lo hacen en calientes, mientras que las aminas terciarias, los aminoácidos alifáticos y las amidas no lo hacen. El ensayo utiliza la propiedad que tiene la lignina presente en el papel periódico de formar una coloración característica con estas sustancias pero todavía no conocemos cuál es su reacción.

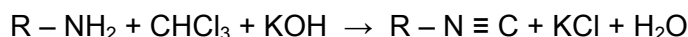
Procedimiento.

En un tubo de ensayo limpio y seco disuelva de 10 a 20 mg de una de las aminas disponibles en etanol o metanol, moje un pedazo de papel periódico con esa solución

y añada dos gotas de ácido clorhídrico 6N. La aparición inmediata de una coloración amarilla o anaranjada es prueba positiva para aminas primarias y secundarias. Si obtiene ensayo negativo, inténtelo calentando la mezcla y añadiendo el ácido clorhídrico también en caliente. Repita el ensayo con las otras aminas disponibles.

1.6 **Reacción de la carbilamina.**

Las aminas primarias alifáticas y aromáticas, producen carbilaminas o isocianuros, de olor desagradable, cuando se tratan con cloroformo, hidróxido de sodio o de potasio sólidos en caliente. Este ensayo debe ser muy cuidadoso pues detecta pequeñas cantidades de estas aminas en las secundarias y terciarias, confundiendo el resultado. La reacción que ocurre es:



Procedimiento.

En un tubo de ensayo limpio y seco, tome 50 mg de la amina disponible, añada dos gotas de cloroformo, una lenteja de hidróxido de potasio y 0,5 mL de etanol. Caliente la mezcla y note el olor desagradable que produce, tomándose el ensayo como positivo. Se recomienda efectuarlo en la vitrina de gases y agitar los gases que se desprenden del tubo para acercarlos a la nariz. Repita el ensayo con otras aminas disponibles.

1.7 **Ensayo de Rimini.**

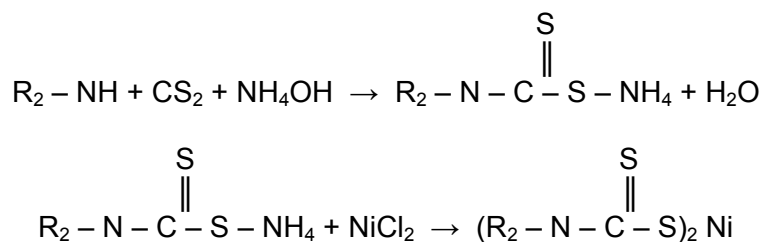
Es exclusivo de las alquilaminas primarias solubles en agua, la acetona utilizada debe estar libre de acetaldehído.

Procedimiento.

En un tubo de ensayo añada 1 mL de agua destilada, agregue 10 mg de la amina disponible, agite, tome 0,5 mL de acetona, agite y por último, agregue unas gotas de solución de nitroprusiato al 1 %. El desarrollo de un color rojo – violeta en dos minutos es ensayo positivo. Registre sus datos en el cuaderno y luego continúe ensayando con las demás aminas disponibles.

1.8 **Ensayo del ditiocarbamato de níquel.**

Las aminas secundarias reaccionan con el bisulfuro de carbono, amoníaco y presencia de cloruro de níquel, produciendo precipitados de ditiocarbamato de níquel de color amarillo – verdoso, mientras que las arilaminas secundarias lo hacen con colores blancos o café – amarillento. Es tan sensible que las aminas terciarias también lo dan debido a impurezas de aminas secundarias. La reacción que ocurre es:



Procedimiento.

El reactivo se prepara pesando 0,5 g de cloruro de níquel y disolviendo en 100 mL de agua destilada, se añade disulfuro de carbono, se agita y se sigue adicionando hasta que aparezca en el fondo un glóbulo de disulfuro de carbono. Se guarda en frasco bien tapado.

En un tubo de ensayo limpio y seco, añada una gota o 0,5 g de la amina seleccionada, agréguele 5 mL de agua destilada y unas dos a tres gotas de ácido clorhídrico concentrado para disolverla. En otro tubo de ensayo limpio y seco tome 1 mL de reactivo, añada 0,5 mL de hidróxido de amonio concentrado y luego 1 mL de la solución de amina. Espere la formación de color. Registre en su cuaderno y luego repita el ensayo con las demás aminas disponibles.

1.9 **Ensayo con ferrocianuro de potasio.**

Las aminas terciarias, los derivados de piridina y quinolina reaccionan con ferrocianuro de potasio en medio ácido formando un precipitado de un compuesto cuya composición química es $(R_3N)_2K_4Fe(CN)_6$.

Procedimiento.

Tome un tubo de ensayo limpio y seco, añada 0,5 g de la amina seleccionada, añada 2 mL de agua destilada y una gota de ácido clorhídrico concentrado para solubilizar la amina correspondiente, luego adicione 1 mL de solución concentrada de ferrocianuro de potasio y añada gotas de ácido clorhídrico diluido hasta reacción ácida al tornasol azul. La aparición de un precipitado es ensayo positivo.

1.10 **Ensayo de ácido cítrico y anhídrido acético.**

Cuando una amina terciaria, sin importar su estructura, se calienta en presencia de una solución fresca de ácido cítrico en anhídrido acético produce una coloración rojo – violeta. No se conoce cuál es la reacción involucrada.

Procedimiento.

Debe preparar el reactivo así: pese 1 g de ácido cítrico y disuélvalo en 50 mL de anhídrido acético. Se envasa y deja disponible para el resto del grupo.

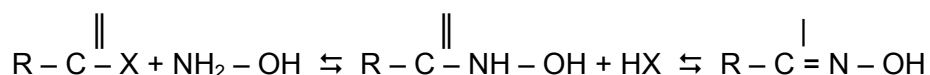
En un tubo de ensayo, tome 0,5 g de la amina, añada 1 mL de etanol y 1 mL del reactivo anterior, agite y caliente suavemente al baño de maría. Observe la coloración que se forma. Registre sus resultados en el cuaderno y repita el ensayo con otras aminas.

2. **Ensayos de reconocimiento para las amidas.**

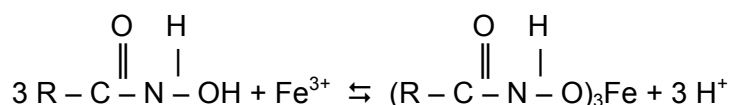
2.1 **Ensayo de hidroxamato.**

Muchos derivados de los ácidos carboxílicos cuando se tratan con la hidroxilamina forman los ácidos hidroxámicos, quienes producen una coloración azul – rojiza cuando se tratan con iones de hierro (III). El solvente juega un papel importante en la reacción; si son de bajo punto de ebullición (etanol, metanol, agua) la reacción es muy lenta pero en otros como el propileno – glicol ocurre mucho más rápido. Los nitrilos, las imidas, úrea, guanidinas, hidrazidas y amidinas dan ensayo positivo. La reacción que ocurre es:





Donde X = - NH, - NH - R', - N - R' R''



El medio básico en que ocurre la reacción, no es garantía de la precipitación del hidróxido férrico pero no genera interferencia en el ensayo. Si no aparece, es posible que haya alguna interferencia que impide la formación del hidroxamato férrico, por lo que se puede disminuir el pH hasta medio ligeramente ácido utilizando ácido clorhídrico 2N.

Procedimiento.

En un tubo de ensayo limpio y seco tome 0,5 g de la amida disponible, añada 2 mL de clorhidrato de hidroxilamina 1N en propilen - glicol, 1 mL de hidróxido de potasio 1N en propilen - glicol. Caliente la mezcla a ebullición por unos tres minutos, enfríe y adicione 1 mL de solución de cloruro férrico al 5 %. La formación de una coloración rojo - violeta es positivo. Registre sus observaciones en el cuaderno y repita el ensayo con otras amidas disponibles.

2.2 **Hidrólisis.**

Las amidas se hidrolizan fácilmente en medio ácido o básico y en caliente liberando el ácido (o su sal) y amoníaco (o su sal), dependiendo del medio.

Procedimiento hidrólisis ácida.

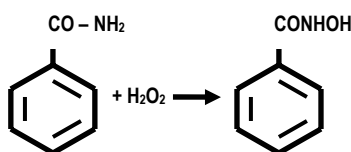
En un tubo de ensayo limpio y seco caliente 50 mg de la amida con 1 mL de solución de ácido sulfúrico diluido. Observe los cambios. Añada hidróxido de sodio diluido gota a gota hasta reacción básica y detecte la liberación de amoníaco por su olor característico.

Procedimiento hidrólisis básica.

Repita el mismo procedimiento anterior pero utilizando hidróxido de sodio diluido en caliente; registre sus datos en el cuaderno y ensaye con otras amidas disponibles.

2.3 **Diferenciación entre amidas alifáticas y aromáticas.**

Muchas amidas aromáticas se convierten en ácidos hidroxámicos en presencia de peróxido de hidrógeno, mientras que las alifáticas no lo hacen. La reacción que ocurre es:



Procedimiento.

En un tubo de ensayo tome 50 mg de la amida y 3 mL de agua, suspenda o disuelva agitando vigorosamente (ayúdese de un tapón de caucho para no usar los dedos). Agregue cinco gotas de peróxido de hidrógeno; si no logra la disolución completa, añada más agua oxigenada y caliente la mezcla hasta ebullición. Enfríe la solución, adicione gotas de cloruro férrico al 5 %. Espere un minuto, si no hay coloración azul – rojiza, caliente suavemente hasta casi ebullición. Si se forma el color esperado, el ensayo es positivo.

Finalizada la práctica, no olvide efectuar una reunión con su grupo de aprendizaje colaborativo para discutir sus resultados y recurrir al tutor(a) si hay algunas dificultades en el desarrollo de su experiencia de aprendizaje.

*MATERIAL EN
REVISIÓN*

AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS

Los α – aminoácidos son las unidades más simples de los péptidos, polipéptidos y proteínas, biomoléculas de extrema importancia en los seres vivos debido a la actividad biológica que presentan asociadas a su estructura química. En esta experiencia buscamos reconocer algunas de esas sustancias mediante la determinación cualitativa y tener una idea de cuántos aminoácidos puede tener una proteína analizada, conforme lo discutimos en el tema correspondiente de esta unidad.

El comportamiento químico que presentan estas sustancias se debe al grupo amino, al grupo carboxilo y a las estructuras laterales que acompañan a algunos de ellos, mientras que las estructuras secundarias, terciarias y cuaternarias se deben a la conjugación del enlace peptídico y las interacciones que se dan entre los grupos sustituyentes de los aminoácidos que hacen parte de la cadena proteínica.

Para esta práctica trabajaremos con proteínas de origen natural como son provenientes de la clara de huevo (albúmina), leche, gelatina sin sabor ni colorante, soya en polvo y otra fuente que usted como estudiante pueda conseguir en su región ya sea líquida o en polvo.

Procedimientos.

1. Ensayo de Biuret.

Dependiendo del número de muestras de fuentes proteicas que haya disponibles en el laboratorio, prepare sendos tubos de ensayos secos y limpios y márkelos con el nombre de la proteína, añada 1 mL del líquido o 0,5 g del polvo y 1 mL de agua destilada agitando para homogenizar lo mejor posible la suspensión y en algunos casos caliéntela para asegurar algo de solubilidad. Agregue gota a gota solución de sulfato de cobre al 0,5 %, agite y espere la formación de un color violeta. Registre en su cuaderno los resultados encontrados.

2. Reacción Xantoprotéica.

Como en el caso anterior, disponga del número de tubos de ensayos limpios y secos necesarios y debidamente marcados, añada 1 mL de la proteína o prepárela como en el caso anterior y añada 0,5 mL de ácido nítrico concentrado, caliente los tubos en baño de maría. Deje enfriar y agregue cuidadosamente solución de hidróxido de sodio al 10 % en exceso. Un precipitado blanco inicialmente formado, se vuelve luego amarillo y posteriormente se disuelve dando a la solución un color amarillo intenso casi anaranjado si en la proteína se encuentra fenilalanina, tirosina, tiroxina y triptófano.

3. Ensayo de Millon.

En sendos tubos de ensayo tome o prepare 2 mL de proteína en solución acuosa, añádale cuatro gotas del reactivo de Millon (solución de nitrato de mercurio (II), nitrato de mercurio (I) y ácido nítrico), caliente hasta ebullición; si no aparece color adicione tres gotas más y caliente. Se produce un precipitado rojo si la solución problema contiene tirosina o tiroxina, de lo contrario no. Registre sus resultados en el cuaderno de laboratorio.

4. Ensayo de Hopkin's – Cole.

En cada uno de los tubos de ensayo limpios y secos prepare o disponga 1 mL de la proteína disponible, agréguele 2 mL de ácido glioxílico, mezcle muy bien. Incline el tubo y sin agitar adicione lentamente por las paredes 1 mL de ácido sulfúrico

concentrado de modo que se formen dos fases. Espere la formación de un anillo violeta en la interfase si la proteína contiene triptófano. Registre los resultados en su cuaderno de laboratorio.

5. Ensayo de Sakaguchi.

Nuevamente disponga en sendos tubos de ensayos limpios, secos y debidamente marcados 1 mL de la proteína o de su solución acuosa, adiciones 0,5 mL de solución de hidróxido de sodio al 5 %, dos gotas de α – naftol en etanol y dos gotas de solución de hipoclorito de sodio al 10 %. Agite; la aparición de un color rojo intenso indica que la proteína posee arginina.

6. Ensayo para detectar azufre.

Como en las pruebas anteriores tenga en sendos tubos de ensayo limpios y marcados 1 mL de la proteína o de su solución acuosa y mezcle 1 mL de solución acuosa de nitrato de plomo al 10 %. Si la proteína contiene azufre aparecerá un precipitado negro de sulfuro de plomo ¿qué aminoácidos tiene esa proteína?

7. Determinación cuantitativa de grupos carboxilos en una proteína (titulación de Sorensen).

En un vaso de precipitados de 50 mL, pese exactamente 10 g de una de las proteínas que usted haya traído o esté disponible en el laboratorio y relativamente fácil de solubilizarse en agua. Disuelva en agua hasta formar una solución de 100 mL utilizando un balón aforado⁴⁹.

Con una pipeta aforada mida 10 mL de la solución anterior y transfírela a un erlenmeyer de 250 mL y añada con una pipeta graduada 5 mL de formol previamente neutralizado⁵⁰. Espere un tiempo, añada dos gotas de fenolftaleína y titule con hidróxido de sodio 0,1 N hasta la aparición de un color rosado tenue permanente.

Calcule el número de miliequivalente de hidróxido de sodio usados en la titulación y determine el número de equivalentes de grupo – COOH presentes en la proteína.

No olvide cerrar su experiencia de aprendizaje con su grupo de aprendizaje colaborativo preparando el correspondiente informe y solicitando apoyo de su tutor(a) si ha encontrado alguna dificultad en la realización del mismo o en los cálculos o en la interpretación de los resultados. Recuerde que lo fundamental en este curso es aprender.

⁴⁹ Si utiliza leche, antes del ensayo debe neutralizarla para descontar el volumen de hidróxido requerido en la titulación.

⁵⁰ Para ello con una pipeta aforada de 10 mL tome una alícuota del formol, adicione dos gotas de fenolftaleína y titule con hidróxido de sodio 0,1 N hasta cambio de color (de incoloro a rojo)

MATERIAL EN REVISIÓN

EXTRACCIÓN DE LA CAFEÍNA

Introducción.

Cerramos nuestro trabajo experimental efectuando una práctica relacionada con la extracción, purificación y reconocimiento de una sustancia de origen natural como es la cafeína.

La cafeína o teína, es un alcaloide del grupo de las xantinas presente en los granos de cafeto, el cacao, la cola y en las hojas del té y el guaraná. En estado puro es un polvo blanco, muy amargo descubierta en 1819 por el químico alemán Friedrich Ferdinand Runge, mientras que en 1921 Pelletier y Robiquet establecieron su fórmula y estructura.

Esta sustancia tiene como fórmula condensada $C_8H_{10}N_4O_2$, con nombre químico 1,3,7 – trimetilxantina ó 3,7 – dihidro – 1,3,7 – trimetil 1 – H – purina – 2,6 – diona, su peso molecular es 194,19 g/mol y funde a 238 °C; estimula el sistema nervioso central. La cafeína pura es una droga moderadamente potente que a veces se administra como anfetamina; en pequeñas dosis, como son los 150 mg que suele contener una taza de café filtrado, aumenta el nivel de atención y favorece el estado de vigilia, aunque también acelera el ritmo cardíaco y respiratorio, y fomenta la producción de orina. En dosis más altas, provoca nerviosismo y ansiedad, y a partir de los 10 g, es letal para el ser humano.

La cafeína pasa al torrente sanguíneo a través del estómago y el intestino delgado, y sus efectos comienzan a notarse al cabo de sólo 15 minutos de su consumo. Una vez que entra en el cuerpo, la cafeína permanece en él durante horas: se tardan unas seis horas en eliminar la mitad de la cafeína consumida, actúa bloqueando los receptores de la adenosina neurotransmisora, que suele tener una acción inhibitoria y está relacionada con la aparición del sueño, eleva los niveles de dopamina, estimula la segregación de adrenalina, una hormona de lucha o huida, incrementa el ritmo cardíaco, constriñe los vasos sanguíneos, relaja las vías respiratorias, mejora la respiración y hace que algunos músculos se contraigan más fácilmente.

En las técnicas que vamos a explorar en este ensayo, tenemos una extracción en caliente bajo reflujo que busca extraer y concentrar de la fuente natural la sustancia de interés; desafortunadamente el método no garantiza la única extracción de la cafeína sino que también lo hacen conjuntamente otras que comparten la misma solubilidad, por ello es necesario efectuar una etapa de aislamiento, para ello utilizaremos la técnica de extracción con solventes.

La extracción y purificación de un compuesto orgánico mediante el empleo de solventes, se fundamenta en la capacidad que éste tiene para solubilizar únicamente el compuesto que se desea extraer, mientras los demás componentes de la mezcla son insolubles en él. Este fundamento es válido para mezclas sólidas, líquidas o gaseosas, aquí lo aplicaremos a las segundas.

En una mezcla líquida en compuesto a aislar se encuentra disperso o disuelto en un solvente, digamos agua, pero es mucho más soluble en otro que es inmisible en agua, suponemos que es orgánico, al cual adicionamos al primero y lo agitamos, el compuesto orgánico se distribuye entre los dos solventes teniendo en cuenta una Ley de Reparto en la cual, dependiendo de la temperatura, la relación de soluto en los dos solventes es igual a la relación de la solubilidad del mismo compuesto en los dos solventes siendo equivalente a una constante⁵¹.

Ahora, el proceso no constituye simplemente en afectar una única extracción. Al aplicar la relación de solubilidades y de concentraciones, es relativamente fácil encontrar que entre más veces se haga y con un volumen mínimo del solvente extractor se puede lograr una mejor extracción de la sustancia deseada. Posteriormente es necesario purificar utilizando otras técnicas luego de evaporar el solvente mediante destilación o por cristalización.

⁵¹ Se puede decir que este comportamiento revela al estudiado en el curso de Química General como equilibrio químico, donde aparece una constante. El símil se diferencia en que en el equilibrio químico se tiene la relación entre productos y reactivos, mientras que acá es entre solubilidades.

El equipo utilizado en esta técnica se llama embudo de extracción, el cual tiene forma de pera, provisto de una llave y una tapa; se introduce la mezcla líquida a separar (generalmente en fase acuosa), se le adiciona un volumen determinado del solvente de extracción (normalmente uno orgánico), se sostiene bien la tapa, se inclina dejando el vástago y la llave un poco más hacia arriba de la tapa y se agita cuidadosamente evitando la formación de emulsiones, una vez hecho, abra cuidadosamente la llave dejando escapar los vapores del solvente más volátil, cierre la llave y coloque el embudo de decantación en un soporte universal provisto de un aro y espere a que se definan las dos capas, recupere la capa del solvente de extracción en un vaso de precipitados y repita el procedimiento cuantas veces sea necesario para obtener la mayor concentración posible de la sustancia de interés.

Otras técnicas de purificación son la destilación, para recuperar el solvente de extracción, y la cristalización.

La cristalización es una técnica para purificar sustancias sólidas basándose en la solubilidad del compuesto de interés, obtiene los cristales que puede formar una vez se evapore el solvente alcanzando una solución sobresaturada. Sabemos que los sólidos tratan de mantener una estructura cristalina definida, por lo que la formación de la misma es un proceso selectivo y delicado, necesita algo de paciencia y tiempo porque entre más cristalizaciones se hagan, más factible es obtener el compuesto puro. Muchas veces, la sustancia orgánica de interés suele sublimarse a condiciones ambientales; este fenómeno es el paso de sólido a vapor debido a que antes de alcanzar la temperatura de fusión, dependiendo de la velocidad de calentamiento, el sólido tiene una presión de vapor alta, ocurriendo este fenómeno; si disponemos de un sistema relativamente cerrado y con dos límites de temperatura extremos (caliente – frío) es posible recuperar el sólido muy puro.

El trabajo en el laboratorio no termina allí; obtenido el compuesto de interés, es necesario realizar ensayos de caracterización como es el de determinar sus propiedades fisicoquímicas y realizar algunas pruebas específicas de tipo cualitativo que nos den la certeza de que es puro y disponemos de un medio de obtención para seguir trabajando otros ensayos de caracterización que se escapen al interés de este curso como son el de definir sus estructuras por espectroscopia, determinar su masa molecular por espectroscopia de masas y los elementos que lo componen para hallar su fórmula estructural.

Procedimiento.

1. *Extracción de la cafeína.*

Puede utilizar como fuentes café en polvo o bolsas de té, en cantidades equivalentes a 150 g. Es necesario registrar en su cuaderno de laboratorio la fuente de cafeína.

En un vaso de precipitados de 250 mL, pese 100 g de café o de té en bolsas. Registre el dato en su cuaderno de laboratorio.

En un balón de fondo redondo de 500 mL y de una sola boca, bien limpio, agregue los 100 g de material a extraer y añada 200 mL de agua destilada a la que le ha añadido 9 g de carbonato de sodio y lavando cuidadosamente el vaso, móntelo en un soporte universal provisto de dos nueces, aro, malla de asbesto y un mechero bunsen. Colóquele un refrigerante provisto de tapón (si no es esmerilado) y conectado al agua, encienda el mechero y comience a calentar a ebullición durante una hora. Terminado el tiempo, suspenda el calentamiento y deje enfriar.

Recupere la mayor cantidad de fase líquida decantando y pasando el líquido por una tela o por un filtro de los de hacer café en máquinas, recibiendo en una probeta⁵² de 250 mL. Registre el volumen obtenido en su cuaderno de laboratorio.

2. **Recuperación de la cafeína.**

Pase el líquido acuoso a un embudo de decantación de 250 mL, que tenga la llave cerrada y sin fugas, añada cuidadosamente 25 mL de cloroformo o de cloruro de metilo, tape, incline el balón hasta dejar la llave más arriba de la tapa y agite cuidadosamente, abra la llave para dejar salir los gases del solvente orgánico⁵³, cierre, agite nuevamente, libere los gases, lleve el balón al aro y deje que se separen las dos capas, destape el balón y abra la llave dejando salir la fase orgánica a un vaso de precipitados de 250 mL. Cúbralo con un vidrio de reloj.

Repita el procedimiento anterior hasta utilizar 100 mL del solvente orgánico y recupere toda la fase orgánica en el vaso de precipitados, añada 5 g de sulfato de sodio anhidro para eliminar el resto de humedad que pueda tener el solvente, dejando actuar al menos media hora.

3. **Purificación de la cafeína.**

Aunque sabemos que la técnica provee la mayor cantidad de cafeína, todavía no la tenemos en un estado de pureza adecuado, ya que en la fuente de obtención es posible que tengamos sustancias solubles en agua y que también fueron recuperadas en el solvente orgánico. Aquí podremos utilizar la técnica de cristalización o recuperar el solvente en un equipo de destilación hasta dejar cierta cantidad, unos 20 mL, pasar a un vaso de precipitados de 100 mL y llevar a calentamiento suave para terminar de evaporar el solvente y luego de taparlo con un vidrio de reloj al que le colocamos una bolsa con hielo, la puede hacer con un pequeño talego de polietileno a la que le ha adicionado unos cubos de hielo y luego la amarra, calentar más fuerte el vaso sin llegar a quemar la sustancia y recuperar el sólido que va depositándose en la cara inferior del vidrio de reloj. Recupere la mayor cantidad posible de sólido y pásela a un vaso de precipitado de 50 mL limpio y seco al que le ha determinado previamente el peso en una balanza analítica; una vez haya terminado de recuperar el sólido en este vaso péselo nuevamente para determinar la cantidad de cafeína obtenida.

4. **Caracterización de la cafeína.**

Obtenido nuestro compuesto y determinado su rendimiento, ahora vamos a determinar si realmente es un alcaloide, para ello utilizamos los siguientes ensayos específicos para este tipo de compuesto.

4.1 **Ensayo de Mayer.**

Preparar el reactivo disolviendo 1,36 g de cloruro mercuríco en 60 mL de agua destilada, en otro recipiente disuelve 5 g de yoduro de potasio en 50 mL de agua destilada, mezcla las dos soluciones en un balón aforado de 100 mL y completa a volumen, homogeniza y trasfiere a un frasco gotero.

⁵² La probeta es un material volumétrico preciso, el líquido a medir siempre debe estar a temperatura ambiente o frío, de lo contrario lo daña descalibrándolo.

⁵³ Si se le llega a formar emulsión, añada un poco de etanol para romperla. Si lo hace cuidadosamente, no lo requerirá.

En un tubo de ensayo limpio y seco toma 50 mg de la cafeína y le adiciona 1 mL de solución de ácido clorhídrico diluido, agita hasta disolución y añade unas gotas del anterior reactivo, debe formar un precipitado. Registre en su cuaderno de laboratorio el resultado obtenido.

4.2 *Ensayo de Wagner.*

Disuelva 1,27 g de yodo bisublimado y 2 g de yoduro de potasio en 20 mL de agua destilada, disuelva y transfiera a un balón aforado de 100 mL y complete a volumen con agua destilada, transfiera a un frasco gotero.

En un tubo de ensayo limpio y seco tome 30 mg de la cafeína, añada 1 mL de solución de ácido clorhídrico diluido, agite a disolución y añada unas gotas del reactivo anterior hasta la formación de un precipitado floculento de color marrón. Registre sus resultados en el cuaderno de laboratorio.

Como en las prácticas anteriores, reúnase con su grupo de trabajo para la elaboración final del informe escrito.

MATERIAL EN REVISIÓN

ACTIVIDADES DE PROFUNDIZACIÓN Y TRANSFERENCIA

El (la) tutor(a) encargada del asesoramiento del curso, tendrá la oportunidad de planear y diseñar una actividad de aprendizaje para ser realizada por el grupo de estudiantes a su cargo, ya sea individual o a distancia, con el propósito de cerrar esta unidad de trabajo académico. De ser posible, debe incluir las sesiones de laboratorio de modo que favorezca la discusión que se debe realizar al trabajo experimental y su relación con los principios teóricos estudiados.

Se da esta oportunidad al docente – tutor ya que tiene la ventaja de conocer a sus estudiantes, a su entorno y la posibilidad de efectuar el seguimiento al trabajo académico de los mismos. Por ello puede enfatizar en los temas críticos encontrados durante el desarrollo de la unidad, de modo que puede aprovechar la oportunidad para afianzar esos conocimientos y brindar a sus estudiantes una oportunidad para asegurar su completa comprensión.

La actividad que diseñe y ejecute debe tener como característica fundamental la de permitir el trabajo personal y colectivo del estudiante, además de ser una oportunidad para la evaluación final de la unidad con doble propósito: acumulación parcial de calificaciones y de autoevaluación de las estrategias metacognitivas que se han venido alcanzando en el estudio del material.

Por ser ya la última sesión del curso, valdría la pena que el (la) tutor(a) prepare un examen de todo el contenido del material utilizando los tipos de preguntas del ECAES, de modo que sirva como preparatorio al examen final nacional.

MATERIAL EN REVISIÓN