



**LIBRO DE BIOQUÍMICA I**  
Proyecto: Ciencias exactas en la  
Educación Universitaria Ecuatoriana.





# **LIBRO DE BIOQUÍMICA I**

## **Proyecto: Ciencias exactas en la Educación Universitaria Ecuatoriana.**

Compilador

**Juan Calderón Cisneros, Ph.D**

Coordinador de la Red Académica

"Herramientas de Estadística Multivariante  
para el Análisis de Big Data".

**Dra. Liliana Alexandra Cortez Suárez, PhD**

Docente - Investigadora Carrera de Bioquímica y Farmacia

De la Universidad Técnica de Machala

directora del proyecto Ciencias Exactas  
en la Educación Universitaria Ecuatoriana



# **LIBRO DE BIOQUÍMICA I**

**Proyecto: Ciencias exactas en la  
Educación Universitaria Ecuatoriana.**

Cortez Suárez Liliana Alexandra  
Paladines Figueroa Franklin Benjamín  
Castillo Janeth Del Carmen  
Jiménez Jiménez William Johnny  
Machuca Loja Geanina Jacqueline  
Lam Vivanco Adriana Mercedes  
García González Carlos Alberto  
Benítez Castrillón Paola Mercedes  
Alvarado Cáceres Jessica Vanessa  
Anzuategui Bonilla María Eugenia  
Saldarriaga Jimenez Janet Elena  
Saldarriaga Jiménez Guadalupe  
Mackliff Jaramillo Carolina Grace  
Raffo Babici Vilma  
Pacheco Cevallos Zayra Sughey



LIBRO DE BIOQUÍMICA I  
Proyecto: Ciencias exactas en la  
Educación Universitaria Ecuatoriana.

© Juan Calderón Cisneros, Ph.D  
Dra. Liliana Alexandra Cortez Suárez, PhD

2021,  
Publicado por acuerdo con los autores.  
© 2021, Editorial Grupo Compás  
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador  
Primera edición

ISBN: 978-9942-33-470-1



## ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
CAPÍTULO I.....	3
INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA BIOQUÍMICA.....	3
CAPÍTULO II.....	19
ENZIMAS .....	19
CAPITULO III.....	42
BIOQUÍMICA DE LOS CARBOHIDRATOS.....	42
CAPÍTULO IV.....	54
BIOQUÍMICA DE LOS LIPIDOS.....	54
CAPÍTULO V.....	66
BIOQUÍMICA DE LAS PROTEÍNAS.....	66
CAPÍTULO VI.....	77
VITAMINAS .....	77

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA BIOQUÍMICA**

Cortez Suárez Liliana Alexandra  
Paladines Figueroa Franklin Benjamín  
Castillo Janeth Del Carmen  
Jiménez Jiménez William Johnny

Los organismos vivos están formados por una o más células. La capacidad que tienen estas células para obtener energía, crecer y reproducirse, depende de estructuras complejas. Aquí hace acto de presencia la bioquímica, la misma que ha desarrollado herramientas intelectuales y experimentales cada vez más elaboradas para la investigación de los procesos vitales. La Bioquímica es una ciencia que estudia la base molecular de los seres vivos, especialmente las proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, además de otras pequeñas moléculas presentes en las células y las reacciones químicas que sufren estos compuestos (metabolismo) que les permiten obtener energía (catabolismo) y generar biomoléculas propias (anabolismo).

Además, es la ciencia que estudia la base química de la vida: las moléculas que componen las células y los tejidos, que catalizan las reacciones químicas del metabolismo celular como la digestión, la fotosíntesis y la inmunidad, entre otras. La bioquímica se basa en el concepto de que todo ser vivo está compuesto por moléculas biológicas que contienen en su estructura principalmente carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre. En este sentido, la bioquímica es una disciplina científica integradora que aborda el estudio de las biomoléculas; permitiendo de esta forma entender y aplicar estos conocimientos en diversos sectores de la Medicina. Por tanto, la Bioquímica constituye un base fundamental de la biotecnología, y se ha consolidado como una disciplina esencial para abordar los grandes problemas y enfermedades actuales.

### **Definición de bioquímica**

Se puede definir la Bioquímica como la ciencia que estudia los procesos químicos que tienen lugar en los seres vivos. La Bioquímica constituye una disciplina que junto con la Química Orgánica que permiten o facilitan sentar las bases para la comprensión de los fenómenos que ocurren en los microorganismos y su papel en los procesos bioquímicos (Macías, y otros, 2018). Los objetivos de la Bioquímica consisten en estudiar:

- La composición química de los seres vivos (las biomoléculas)
- Las relaciones que se establecen entre dichos componentes (interacciones)
- Sus transformaciones en los seres vivos (metabolismo)
- La regulación de dichos procesos (fisiología)

La bioquímica es la química de la vida, es decir, la rama de la ciencia que se interesa por la composición material de los seres vivientes. Esto significa el estudio de sus compuestos elementales, como proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos; así como de los procesos que les permiten mantenerse con vida, como el metabolismo (reacciones químicas para transformar compuestos en otros), el catabolismo (obtención de energía) y anabolismo (síntesis de los propios compuestos).

### **Importancia de la bioquímica**

La bioquímica es una ciencia médica y biológica fundamental que ayuda a comprender la biología celular, la microbiología, la nutrición, la farmacología y la fisiología molecular. Sin la bioquímica, no entenderíamos procesos tan fundamentales e importantes como son la fotosíntesis, el ADN, la síntesis proteica, la fecundación, ovulación, digestión, metabolismo en general, respiración celular, etc.

En este sentido, (Maldonado, 2013) señala,

La bioquímica es una disciplina científica que explica cómo el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, además de ser imprescindibles para la vida, son componentes de estructuras como los

carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, las cuales están implicadas en el metabolismo celular. La bioquímica también aporta conocimientos valiosos respecto a la compleja relación molecular que permite sustentar la vida; de la misma manera permite comprender los procesos que acompañan el envejecimiento y la muerte celular, saber acerca de la transformación de energía en los seres vivos y de los mecanismos de señalización, así como proveer de saberes necesarios para entender las investigaciones científicas y tecnológicas.

Dentro de la vida cotidiana, la bioquímica es muy importante, así por ejemplo en la alimentación balanceada en cuanto a vitaminas, carbohidratos, proteínas y grasas-ácidos grasos. En relación con otras ciencias como la genética, virología, agronomía, ecología, ingeniería, física, química, medicina y veterinaria; ha contribuido al desarrollo de la biotecnología que tiene su fundamento en la aplicación de la tecnología para el estudio de los mecanismos e interacciones biológicas de los seres vivos, logrando grandes usos en la agricultura, farmacia, ciencia de los alimentos, ciencias forestales y medicina.

Gracias a la bioquímica se han logrado grandes avances, todos los descubrimientos, y el progreso científico alcanzado por la misma, han implicado grandes aportes en diferentes ramas de la ciencia y tecnología.

### **División de la bioquímica**

La Bioquímica puede dividirse en 3 áreas principales: Bioquímica estructural, bioquímica metabólica, bioquímica molecular.

#### **Bioquímica estructural**

Se interesa por la arquitectura molecular de las sustancias orgánicas y las macromoléculas biológicas, como las proteínas, los azúcares o los ácidos nucleicos (como el ADN y el ARN).

La Bioquímica estructural estudia la naturaleza, estructura y función de los componentes químicos que forman parte de la materia viva, su objetivo es

averiguar de qué forma interaccionan dichos componentes para constituir lo que denominamos vida.

### **Bioquímica metabólica**

Es la rama de la bioquímica que estudia la generación de energía metabólica en organismos superiores con énfasis en su regulación a nivel molecular, celular y de órganos. Esta división comprende el estudio de las reacciones químicas para los procesos vitales, de esta ciencia surgen disciplinas como la bioenergética, la bioquímica nutricional y la bioquímica clínica.

También se enfatizan los conceptos y mecanismos químicos de la catálisis enzimática. Incluye temas seleccionados en:

- Metabolismo de carbohidratos, lípidos y nitrógeno
- Lípidos complejos y membranas biológicas
- Transducción de la señal hormonal y otros

### **Bioquímica molecular**

Es la disciplina científica que tiene como objetivo el estudio de los procesos que se desarrollan en los seres vivos desde un punto de vista molecular.

### **Bioquímica celular**

Es una ciencia que estudia la composición química de los seres vivos especialmente las proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos además de otras moléculas pequeñas presentes en la célula y las reacciones químicas que sufren estos compuestos para obtener energía (Murray & Bender, 2013)

### **Crecimiento, reproducción y evolución**

La vida comprende un conjunto de cualidades propias de los seres vivos, ellos tienen una compleja estructura material y poseen características que la diferencia de los seres inanimados, entre las que se distinguen el crecimiento, la reproducción y la evolución.

## **Crecimiento**

Algunas cosas no vivas parecen crecer. Por ejemplo, la formación de cristales en una solución sobresaturada de sal; éstos crecen más y más. No obstante, ese proceso no es crecimiento en el sentido biológico. Los biólogos restringen el término crecimiento a los procesos que incrementan la cantidad de sustancia viva del organismo.

El crecimiento, por lo tanto, es un aumento en la masa celular, como resultado de un incremento del tamaño de las células individuales, del número de células, o de ambas cosas. El crecimiento puede ser uniforme en las diversas partes de un organismo, o mayor en unas partes que en otras, de modo que las proporciones corporales cambian conforme ocurre el crecimiento.

La mayoría de los vegetales superiores siguen creciendo en forma indefinida, hecho que constituye una diferencia sustancial entre plantas y animales. Por el contrario, casi todos los animales tienen un período de crecimiento, el cual termina cuando se alcanza el tamaño característico del estado adulto. Uno de los aspectos más notables del proceso es que cada parte del organismo sigue funcionando conforme éste crece.

En general, el crecimiento, es cuando los seres vivos aumentan progresivamente de tamaño hasta alcanzar los límites característicos de su especie, gracias a la utilización de los nutrientes adquiridos de sus alimentos. En su esencia, mirando desde un punto de vista estrictamente químico, consistiría en la transformación de sustancias tales como sales inorgánicas, grasas, carbohidratos, aminoácidos, etc., en sustancias de naturaleza química distinta, formando parte del protoplasma del ser vivo. Es un proceso de síntesis que debe seguir una forma especial en su producción y sucesión (Ángel, 2003).

Por tanto, el crecimiento depende de la habilidad de metabolizar, o cambiar material externo a energía. Los seres vivos crecen de la manera estructurada ya sea con el aumento del tamaño celular, del número de células o de ambas.

## **Reproducción**

Un principio fundamental que caracteriza a los seres vivos, es que toda forma de vida proviene exclusivamente de otro ser vivo. Si existe alguna característica que pueda considerarse la esencia misma de la vida, ésta es la capacidad que tiene los organismos de reproducirse.

La reproducción es el proceso biológico por medio del cual los seres vivos forman nuevos individuos semejantes a ellos, que además de continuar su especie, remplazan a los que van desapareciendo.

En los organismos menos evolucionados (procariotas) como las bacterias, la reproducción sexual es desconocida. Cada célula se divide por constricción (fisión binaria), dando lugar a dos células hijas, mediante un proceso de reproducción asexual. Este procedimiento es el que ocurre habitualmente en los organismos más simples, como las amebas. Cuando una ameba alcanza cierto tamaño, se reproduce partiéndose en dos y se forman dos amebas nuevas. Antes de dividirse, cada ameba produce un duplicado de su material genético (genes), de modo que cada célula hija recibe un juego completo de ese material. Con la salvedad del tamaño, cada ameba hija es idéntica a la célula progenitora. En los vegetales inferiores la reproducción puede ser asexual o sexual y habitualmente se produce una alternancia de generaciones sexuales y asexuales.

En casi todas las plantas y animales, la reproducción sexual se realiza mediante la producción de células especializadas llamadas gametos, las cuales se unen y forman el óvulo fecundado, o cigoto, del que nace el nuevo organismo. Cuando la reproducción es sexual, cada descendiente es el producto de la interacción de diversos genes aportados de manera equivalente por la madre y el padre, por lo cual presenta características distintivas, en lugar de ser idéntico a alguno de sus progenitores. La variación genética es la materia prima sobre la cual actúan los procesos vitales de la evolución y la adaptación. (Meloni, 2015)

## **Evolución**

Capacidad de los seres vivos para reacondicionarse o los factores del medio. Es progresiva y se manifiesta mediante cambios en sus estructuras, tamaños, colores, comportamientos.

La selección natural implica que aquellos que están mejor preparados para el ambiente en que viven, sobreviven más tiempo, se reproducen de forma más exitosa, haciendo que la especie se perpetúe y evolucione.

## **Fuentes de energía**

Todos los seres vivos necesitan energía para crecer, moverse y llevar a cabo cualquier otra actividad. Para los seres humanos, la energía que obtiene el cuerpo para vivir proviene de los alimentos. Cuando el alimento entra en el sistema digestivo a través de la boca, es degradado por los ácidos y enzimas en partes más pequeñas que luego pueden ser convertidas en energía por el sistema digestivo.

El alimento se compone de varios tipos de sustancias nutritivas, la mayoría de los cuales pueden ser utilizados como combustible para el cuerpo. Existen 3 principales fuentes energéticas provenientes de la dieta: carbohidratos o azúcares, proteínas y grasas.

## **Carbohidratos o azúcares**

Los carbohidratos, son la forma más básica de energía para el cuerpo humano. Se encuentran en una amplia gama de alimentos que aportan una variedad de otros nutrientes importantes para la dieta, como las vitaminas, los minerales, y la fibra alimentaria, por tanto, los carbohidratos se constituyen en la principal fuente de combustible para el cuerpo.

Los carbohidratos comprenden principalmente a la glucosa, no obstante, existen una amplia gama de azúcares como la fructosa, que se encuentra en frutas y la lactosa, que se encuentra en la leche, entre otros. Todos los carbohidratos deben ser descompuestos en glucosa con el fin de ser utilizados en el cuerpo.

Los azúcares pueden ser simples, tales como jarabe de maíz, o complejos como los cereales o pan. Ambos tipos de carbohidratos se convierten en energía en el cuerpo humano, aunque los carbohidratos complejos proporcionan otros nutrientes, incluyendo vitaminas, minerales y fibra, por lo que se consideran mejor para una buena salud general. La cantidad recomendada para la ingesta de carbohidratos es del 60% de las calorías diarias. (Murray & Bender, 2013)

### **Grasas**

Los medios de comunicación están permanentemente publicitando los peligros de las grasas; no obstante, es necesario aclarar que la grasa es indispensable para la supervivencia, siendo importante conocer por ejemplo que las grasas insaturadas son mejores que los grupos de grasas trans y saturadas. Las grasas son la forma más concentrada de energía en el cuerpo, cumpliendo la función de proporcionar aislamiento, la protección y soporte estructural, uno de los propósitos principales de la grasa es almacenar energía en el cuerpo.

En la ausencia de azúcares, hidratos de carbono y proteínas en la dieta, el hígado convierte la grasa en glicerol y ácidos grasos, una vez que la grasa ha sido convertida en glicerol, el hígado pasa a convertir el glicerol en glucosa, el cual es un proceso conocido como gluconeogénesis. (Murray & Bender, 2013)

### **Proteínas**

La proteína es un nutriente esencial para todos los organismos vivos. Además de ser los bloques de construcción de músculos, la proteína es responsable de la regulación inmune, el crecimiento de los tejidos, la regulación hormonal y una gran cantidad de otras funciones.

El excedente de proteínas en la dieta se divide en aminoácidos individuales, que pueden entrar en el ciclo de la respiración celular. Es importante señalar que mientras que los aminoácidos pueden sustituir a la glucosa en la respiración celular, la glucosa es mucho más eficiente en la producción de energía. (Murray & Bender, 2013)

## **Fundamentos de la bioquímica**

La bioquímica es la ciencia que estudia los seres vivos a nivel molecular, siendo necesario la comprensión de ciertos fundamentos y características estructurales y funcionales de los organismos, tales como:

### **Ser vivo**

Aquel que está formado por al menos una célula. Las características de los seres vivos son:

1. Organización estructural y funcional
2. Membrana plasmática
3. Compuestos por CHONSP<sup>1</sup>
4. Biomoléculas: ácidos nucleicos, azúcares, lípidos y proteínas
5. Metabolismo
6. Diferenciación
7. Irritabilidad
8. Usan ATP

### **Célula**

Unidad mínima estructural y funcional, fisiológica de los seres vivos. Las células pueden aparecer aisladas o agrupadas formando organismos pluricelulares. Las tres partes principales de la célula son la membrana celular, el citoplasma y el núcleo.

- *Membrana*: Es la capa que rodea y protege al citoplasma y, por consiguiente, al núcleo o núcleos. Además, cumple con la función de regular la entrada de nutrientes y también la eliminación de desechos. Está formada fundamentalmente por lípidos y proteínas.
- *Citoplasma*: Está formado por sustancias orgánicas e inorgánicas mezcladas en agua y de consistencia viscosa. En el citoplasma se encuentran los distintos

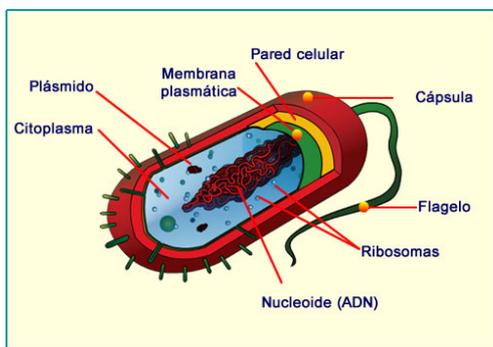
---

<sup>1</sup> CHONSP: es un acrónimo nemotécnico que indica los símbolos químicos de los elementos más comunes en los organismos vivos: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S).

orgánulos celulares, los cuales llevan a cabo funciones celulares: mitocondrias, ribosomas, aparato de Golgi, etc.

- **Núcleo:** Se encuentra dentro del citoplasma y guarda en su interior el material cromosómico o ADN, denominado Cromatina. También contiene el Nucléolo, que está formado por ácido ribonucleico (ARN) y proteínas, que es quien realiza la función de formación de los ribosomas.

Las células se pueden dividir en dos tipos a partir de su estructura interna: células procariotas y células eucariotas.

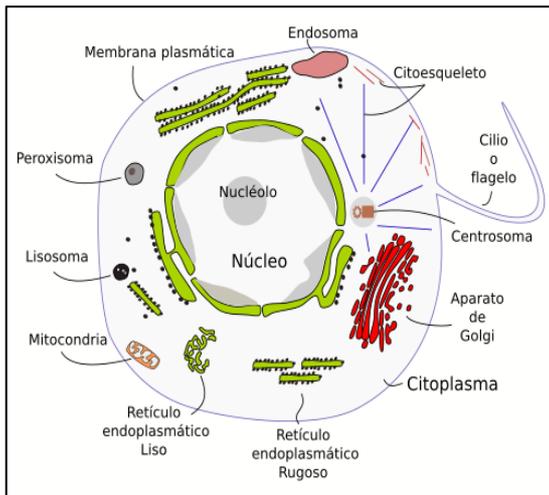


*Figura. Célula procariota*

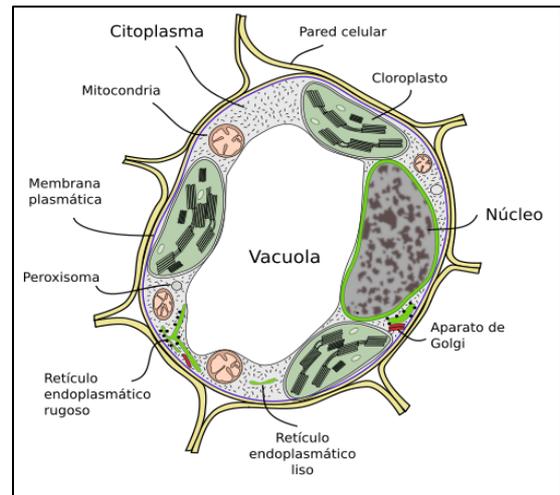
**Célula procariota:** Se caracteriza por no poseer núcleo celular definido, por tanto, el material genético está libre en el citoplasma. Tienen pocos orgánulos celulares y no forman tejidos ni órganos. Las células procariotas son en su gran mayoría bacterias y se conocen como uno de los primeros organismos vivos.

Generalmente presentan las siguientes partes: pared rígida, membrana plasmática, citoplasma, ribosomas, ADN y plásmidos.

**Célula eucariota:** Es aquella que tiene un núcleo definido o verdadero, separado del resto de la célula, en el cual se encuentra material genético (ADN) del ser vivo. Los organismos eucariotas incluyen algas, protozoos, hongos, plantas, y animales.



*Figura. Célula eucariota animal*



*Figura. Célula eucariota vegetal*

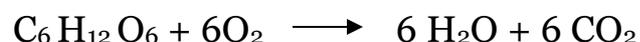
En la célula eucariota se distinguen las siguientes partes: membrana celular, núcleo celular y citoplasma. En algunos organismos propios de las plantas y hongos cuentan con una pared celular que se encarga de darle rigidez a la célula.

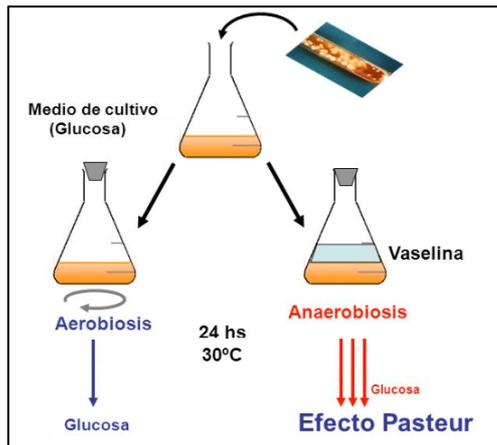
### **El efecto Pasteur**

El efecto Pasteur consiste en la inhibición de la fermentación alcohólica debido a la participación de oxígeno ( $O_2$ ). La fermentación es un proceso completamente anaeróbico (sin la participación del aire) y la inclusión del oxígeno detiene o minimiza los procesos biológicos de las levaduras.

El efecto fue descubierto en el año 1857 por el biólogo francés Louis Pasteur, que observó que en ausencia de  $O_2$ , la energía sólo se produce mediante glucólisis, un proceso anaerobio. El glucólisis produce menos energía por molécula de glucosa que la respiración aerobia. Para cubrir las necesidades energéticas de la célula, éstas deben metabolizar más moléculas de glucosa. Por eso, en presencia de oxígeno, las células consumen menos glucosa.

Pasteur comprobó que, si se suministra suficiente oxígeno la levadura crece sobre glucosa sin producir alcohol. En este caso, sigue el proceso respiratorio.





*Figura. Efecto Pasteur*

El cese en la producción de alcohol viene acompañado de una disminución en el consumo de glucosa (Parés & Juárez, 2002).

Es decir, que el efecto Pasteur se produce en microorganismos capaces de realizar metabolismo fermentador y respiración aerobia; en presencia de O<sub>2</sub> utilizan la respiración aeróbica, pero pueden emplear la fermentación si no hay O<sub>2</sub> libre en su

medio ambiente. Este efecto indica el mayor rendimiento energético de la respiración sobre la fermentación.

## **Metabolismo**

Se llama metabolismo al conjunto de las reacciones químicas que desarrollan las células cuando se encargan de la degradación o de la síntesis de diferentes sustancias. Se trata de múltiples procedimientos que posibilitan el crecimiento, la subsistencia y la reproducción de cada célula. Por tanto, se refiere a todos los procesos físicos y químicos del cuerpo que convierten o usan energía, tales como:

- Respiración
- Circulación sanguínea
- Regulación de la temperatura corporal
- Contracción muscular
- Digestión de alimentos y nutrientes
- Eliminación de los desechos a través de la orina y de las heces
- Funcionamiento del cerebro y los nervios

El metabolismo se divide en dos procesos conjugados, el catabolismo y el anabolismo, que son procesos acoplados, puesto que uno depende del otro:

- **Catabolismo:** Es el proceso de degradación de nutrientes complejos en sustancias simples a sus formas más simples para que el cuerpo las asimile y

las transforme en energía para el organismo. Generalmente consisten en reacciones de reducción-oxidación de moléculas orgánicas (nutrientes).

Un ejemplo de proceso catabólico es la digestión, donde se descomponen moléculas complejas y se transforman en formas más simples para que puedan ser usadas como materia prima y energía en los procesos anabólicos.

- **Anabolismo:** Es la fase del metabolismo en la que se generan estructuras bioquímicas complejas a partir de sustancias más simples. En otras palabras, se invierte energía química del organismo para componer biomoléculas complejas a partir de otras sencillas. El anabolismo cumple la función de: Aumentar la masa muscular, formar los componentes y tejidos celulares del crecimiento, así como almacenar energía. Se puede distinguir dos tipos de anabolismo:
  - a) Anabolismo autótrofo. Consiste en la síntesis de moléculas orgánicas sencillas a partir de precursores inorgánicos tales como el CO<sub>2</sub>, el H<sub>2</sub>O y el NH<sub>3</sub>. Solamente pueden realizarlo las células autótrofas.
  - b) Anabolismo heterótrofo. Consiste en la síntesis de moléculas orgánicas progresivamente más complejas a partir de moléculas orgánicas más sencillas. Utiliza la energía del ATP y coenzimas reducidos que se obtienen en el catabolismo.

## **Almacenamiento de Energía**

Almacenar energía comprende aquellos métodos orientados a conservar en la medida de lo posible una cierta cantidad de energía en cualquier forma, para utilizarla cuando se requiera. El ser humano utiliza la energía para muchos propósitos; tales como: caminar, correr, respirar, crecer, mantener los tejidos sanos, entre otros. La energía requerida puede ser almacenada de las siguientes formas:

- **Hidratos de carbono almacenados en el cuerpo:** El glucógeno es principalmente hidratos de carbono. Se almacena en su mayor parte en los músculos, aunque también se almacenan en el hígado en menor cantidad.

El glucógeno es una gran molécula formada a partir de millones de moléculas de glucosa.

- **Grasa corporal:** La mayor parte de la energía que se almacena en el organismo es grasa en forma de triglicéridos. La grasa es un medio eficaz y compacto de almacenar energía por diversas razones: primero la grasa tiene 9 Cal/g más del doble de valor que los hidratos de carbono y las proteínas.

Además, la grasa corporal contiene muy poca agua si la comparamos con los 3-4g de agua almacenada con cada gramo de hidratos de carbono o proteína. Básicamente la grasa corporal es una forma de almacenar energía 5-6 veces más eficaz que los hidratos de carbono y proteínas. Por término medio un hombre de 70Kg que tuviera que cargar con toda la energía potencial que le proporcionaría sus reservas de grasas en forma de hidratos de carbono pesaría 136kg.

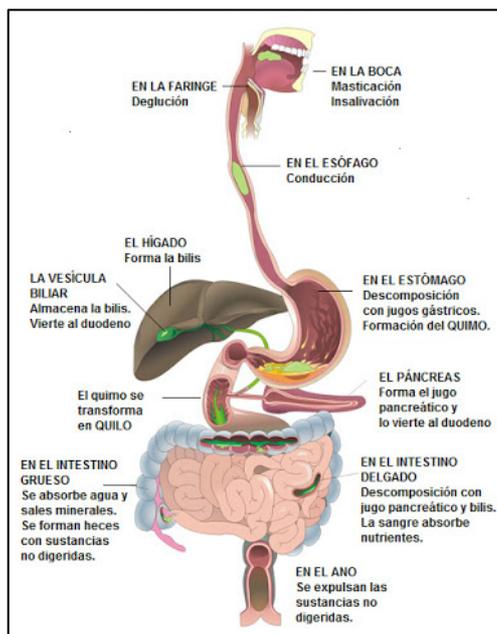
La mayor parte de los triglicéridos se almacenan en los tejidos adiposos entre 80000 y 100000 calorías de energía en un hombre adulto normal. El hígado tiene una cantidad apreciable de triglicéridos, el cuerpo humano dispone de un gran depósito de calorías en forma de grasa. (Williams, 2002)

- **Las proteínas en el cuerpo:** A diferencia de las grasas o los carbohidratos, las proteínas no se almacenan en el organismo, sino que su función principal es formar, mantener y reponer los tejidos, por lo que se usan principalmente como material de construcción en lugar de almacén de energía.

Sin embargo, si el organismo no está recibiendo suficientes calorías procedentes de otros alimentos o de la grasa almacenada, las proteínas se utilizan para obtener energía. Si se consumen más proteínas de las necesarias, entonces el organismo las descompone y las almacena en forma de grasa.

## Nutrición

La nutrición suele definirse como la suma de los procesos implicados en la ingesta y utilización de las sustancias alimentarias por parte de los seres vivos, es decir, la ingesta, la digestión, la absorción, y el metabolismo de los alimentos. (Williams, 2002)



La digestión empieza en la boca con la masticación e insalivación, la saliva contiene una enzima llamada ptialina que actúa sobre los almidones y comienza a transformarlos en monosacáridos, una vez que pasa por el bolo alimenticio llega al estómago y este vierte jugos gástricos sobre el alimento para desnaturalizar las proteínas que aún lo estuvieran y matar bacterias, también produce pepsina que se encarga de partir las proteínas ya desnaturalizadas.

*Figura. Aparato digestivo y la digestión*

A pesar de que la selección de los alimentos que tomamos puede verse influida por los factores anteriormente mencionados, especialmente los económicos. El primer objetivo de los alimentos que tomamos es proporcionarnos de la diversidad de nutriente que necesitamos. Un nutriente es una sustancia específica que se encuentra en los alimentos y que realiza una o más funciones fisiológicas o biomecánicas en nuestro cuerpo. Existen seis clases principales de nutrientes en los alimentos hidratos de carbono, grasas, proteínas, vitaminas, minerales, agua. (Williams, 2002)

## **Bibliografía**

- Ángel, A. (2003). Crecimiento y desarrollo. *Cuadernos de Historia de la Salud Pública*.
- Carreto, A. (2011). *Apuntes Científicos*. Obtenido de Catálisis: <http://apuntescientificos.org/catalisis-ibq2.html>
- King, M. (5 de ABRIL de 2015). *Bioquímica Médica*. Obtenido de <http://themedicalbiochemistrypage.org/es/enzyme-kinetics-sp.php>
- Macías, A., Hurtado, J., Cedeño, D., Vite, F., Scott, M., Vallejo, P., . . . Intriago, K. (2018). *Introducción al Estudio de la Bioquímica*. Alicante: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/CcyLl.2018.28>
- Maldonado, S. (2013). Bioquímica. La importancia de las áreas básicas en la odontología. *Revista odontológica mexicana*, 17(2), 74-75.
- Murray, R., & Bender, D. (2013). *Harper Bioquímica Ilustrada*. Estados Unidos : MCGRAW-HILL.
- Murray, R., & Bender, D. (2013). *Harper Bioquímica Ilustrada*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Parés, R., & Juárez, A. (2002). *Bioquímica de los microorganismos*. Barcelona: Reverté.
- Porto, A. (10 de ENERO de 2010). *CURSO DE BIOLOGIA*. Obtenido de <http://www.bionova.org.es/biocast/tema14.htm>.
- Williams, M. H. (2002). *Nutrición para la condición física y el deporte (bicolor)*. Barcelona: Paidotribo.

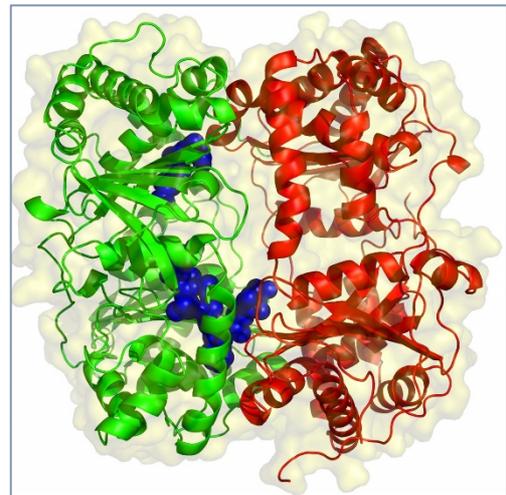
## CAPÍTULO II

### ENZIMAS

Cortez Suárez Liliana Alexandra  
Paladines Figueroa Franklin Benjamín  
Castillo Janeth Del Carmen  
Jiménez Jiménez William Johnny

#### Generalidades

Las enzimas son el grupo más variado y especializado de las proteínas, su función es actuar como catalizadores, permitiendo que las reacciones que transcurren en los seres vivos puedan desarrollarse a un ritmo adecuado (Macías, y otros, 2018). Un catalizador, por definición, es un compuesto que con su sola presencia aumenta la velocidad de la reacción sin experimentar ninguna modificación.



*Figura. Enzima*

Las enzimas son capaces de aumentar la velocidad de las reacciones químicas mucho más que cualquier catalizador artificial conocido, y además son altamente específicos ya que cada uno de ellos induce la transformación de un sólo tipo de sustancia y no de otras que se puedan encontrar en el medio de reacción (Porto, CURSO DE BIOLOGIA, 2010).

Los componentes macromoleculares de casi todas las enzimas están compuestos de proteínas, excepto para una clase de catalizadores de ARN conocido como ribozimas<sup>2</sup>. Las enzimas se encuentran en todos los tejidos y fluidos del cuerpo. Las enzimas intracelulares catalizan las reacciones de las vías metabólicas. Las enzimas en las membranas celulares regulan reacciones en las células como respuesta a señales extracelulares, y las enzimas de la circulación son

---

<sup>2</sup> Las ribozimas son ARN con actividad catalítica. El término "ribozima" es una contracción de las palabras "ácido ribonucleico" y "enzima".

responsables de la regulación de la coagulación sanguínea. Casi todos los procesos significativos en biología son dependientes de la actividad Enzimática. (King, 2015)

## **Catálisis**

La catálisis es un proceso que aumenta la velocidad a la que una reacción se acerca al equilibrio. Lo que al parecer hace que las enzimas sean catalizadores poderosos son dos propiedades relacionadas:

1. Su especificidad de unión al sustrato combinada, y,
2. El ordenamiento óptimo de los grupos catalíticos (Murray & Bender, Harper Bioquímica Ilustrada, 2013).

La catálisis es crucial para cualquier forma de vida, ya que hace que las reacciones químicas ocurran mucho más rápido.

## **Naturaleza de la catálisis**

- Las **enzimas** son catalizadores específicos de las reacciones químicas que tienen lugar en los seres vivos. Desde el punto de vista químico, todas las enzimas son **proteínas globulares** (excepto algunos tipos de ARN con capacidad catalítica, denominados ribozimas).
- Se llama **sustrato** al compuesto sobre el que actúa la enzima y, como consecuencia de la catálisis, queda transformado en producto.
- **Centro activo** o **sito activo** es la zona de la superficie enzimática donde tiene lugar la unión con el sustrato y la catálisis del mismo. Una vez originado el producto, la enzima queda libre y puede realizar un nuevo ciclo de reacción.



*Figura. Mecanismo de acción enzimática*

Por tanto, la característica peculiar que diferencia las enzimas del resto de las proteínas es que inducen modificaciones químicas en los sustratos a los que se unen, ya sea por rotura, formación o redistribución de sus enlaces covalentes, ya por introducción o pérdida de algún grupo funcional. En toda reacción química se da que las sustancias iniciales (S) se transforman en las sustancias finales (P):  
 $S \rightarrow P$

Para ello tiene que ocurrir:

1. Los reactivos, llamados sustratos en enzimología, deben colisionar.
2. La colisión molecular debe ocurrir en una orientación adecuada.
3. Que las moléculas de sustrato adquieran un estado intermedio llamado activado o de transición, donde se debiliten enlaces y se formen otros, lo que requiere un aporte energético; esta energía se conoce como energía de activación.

### **Principios generales de la catálisis**

Los catalizadores generalmente reaccionan con uno o más de los reactivos para formar productos intermedios que, posteriormente, conducen al producto final de reacción. En el proceso se regenera el catalizador. El siguiente esquema es típico de una reacción catalítica, donde **C** representa el catalizador, X e Y son reactivos, y Z es el producto de la reacción de X e Y:





Aunque el catalizador es consumido por la reacción 1, posteriormente es producido por la reacción 4, por lo que la reacción global es:

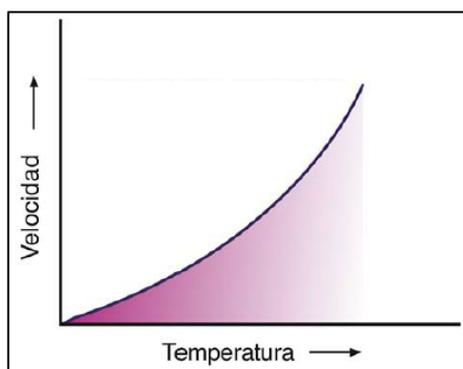


Como el catalizador se regenera en una reacción, a menudo sólo se necesitan pequeñas cantidades para incrementar la velocidad de la reacción. Sin embargo, en la práctica los catalizadores son algunas veces consumidos en procesos secundarios. (Carreto, 2011)

### **Acción de la temperatura**

Las enzimas son proteínas que funcionan en un determinado medio, bien sea intra o extracelular, donde las condiciones pueden variar, y por lo tanto el nivel de actividad de la molécula puede verse modificado a lo largo del tiempo. Dentro de los factores que afectan a la actividad enzimática está la temperatura.

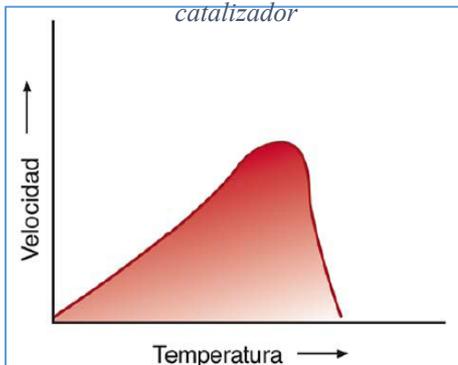
Este factor presenta dos efectos contrapuestos, por un lado, el aumento de temperatura produce, de forma general, un aumento en la velocidad de cualquier reacción química; pero, por otro lado, las enzimas experimentan desnaturalización y pérdida de actividad al superar una determinada temperatura, es decir, un aumento o disminución de la temperatura fuera del rango tolerable de la enzima puede afectar los enlaces químicos en el sitio activo, y causar que sean menos adecuados para la unión con los sustratos.



Cuando se estudia la velocidad de una reacción química en función de la temperatura, y en ausencia de una enzima, se observa un incremento de la velocidad conforme aumenta la temperatura. Este comportamiento se debe a dos razones:

- a) al incremento en el número de choques por unidad de tiempo, y
- b) al aumento en el número de moléculas con la energía de activación.

*Figura. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de una reacción sin catalizador*



En contraste, cuando la reacción es catalizada por una enzima, el perfil es más complejo, con una fase ascendente en la actividad, seguida de un máximo desempeño y de una última fase en que la actividad se pierde.

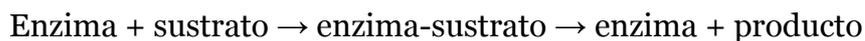
*Figura. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de una reacción con una enzima como catalizador*

Sin embargo, conforme la temperatura sigue aumentando, la energía térmica de la cadena polipeptídica se incrementa y comienza a

predominar sobre las fuerzas que mantienen la estructura nativa de la enzima. En estas condiciones, la proteína se desnatura y la actividad se pierde, por lo que la enzima deja de funcionar como un catalizador. Debido a la acción conjunta de estos factores se produce un máximo en el patrón de actividad contra temperatura. A la temperatura asociada a este máximo de actividad, en la que ya existe un porcentaje de proteína desnaturada, se le ha llamado de forma errónea temperatura óptima.

### **Naturaleza de las enzimas**

Los enzimas son proteínas que catalizan reacciones químicas en los seres vivos. Los enzimas son catalizadores, es decir, sustancias que, sin consumirse en una reacción, aumentan notablemente su velocidad. La función de las enzimas está relacionada con la unión de un ligando<sup>3</sup> que será el sustrato. Se forma complejo enzima-sustrato, que luego se convierte en producto:



Las propiedades que tienen las enzimas que las hacen efectivos como catalizadores son:

<sup>3</sup> Es una sustancia (usualmente una molécula pequeña) que forma un complejo con una biomolécula.

- Capaces de acelerar las reacciones en las condiciones suaves de la célula<sup>4</sup>.
- Alto poder catalítico por su gran actividad molecular, aceleran las reacciones hasta  $10^{17}$  veces. Esto es porque se une al sustrato en relación 1:1 y la reacción que ocurre en los confines de éste ve rebajada su energía de activación como consecuencia de esa unión.
- No sufren alteraciones irreversibles en el curso de la reacción y, por lo tanto, cada molécula de enzima puede participar en muchas reacciones individuales.
- Cada enzima tiene un pH óptimo de actividad. Por ejemplo, la pepsina del estómago ha de actuar en medio ácido y la tripsina del jugo pancreático en medio alcalino.
- La temperatura también influye sobre las acciones enzimáticas; las bajas temperaturas las inactivan, pero no las destruyen.
- Son muy específicos respecto a:
  - a) Tipo de reacción: es decir, reacciones de naturaleza distinta no son catalizadas.
  - b) Respecto al sustrato: la enzima no puede unirse con cualquier sustrato. Sin embargo, hay enzimas más específicas que otras. Por ejemplo, las enzimas digestivas son poco específicas porque si no harían falta demasiadas.

## **Precipitación de las proteínas**

***Purificación de proteínas:*** Para estudiar las propiedades de una proteína es necesario purificarla, es decir, separarla de las otras proteínas y demás componentes celulares. Las proteínas se purifican por fraccionamiento, debido a diferencias en su tamaño, forma, carga y solubilidad, así como por su capacidad para unirse a ligandos<sup>5</sup>.

Si la proteína de estudio se encuentra en el citoplasma, su liberación al solvente requiere de la rotura o lisis de las células. Las células animales pueden lisarse

---

<sup>4</sup> Reacciones bioquímicas que tienen lugar bajo condiciones de presión y temperatura prácticamente constantes

<sup>5</sup> Es una sustancia (usualmente una molécula pequeña) que forma un complejo con una biomolécula.

mediante un choque osmótico, en el cual se coloca a las células en una solución con una concentración de sales menor a la del interior celular; el agua fluye hacia el interior hasta que la célula revienta (plasmólisis) y libera su contenido a la solución. Este método no funciona con las células que poseen pared celular, como las de plantas y bacterias.

***Precipitación selectiva:*** La precipitación se utiliza como método de purificación, debido a que las concentraciones salinas necesarias para precipitar varían con la proteína. A concentraciones bajas de sal, la solubilidad de las proteínas aumenta; sin embargo, a concentraciones mayores la solubilidad disminuye, causando la precipitación de las proteínas.

La precipitación con sulfato de amonio es uno de los métodos más comúnmente utilizados para la purificación y fraccionamiento de proteínas, ya sea a gran escala o a escala de laboratorio, que se puede utilizar para separar proteínas al alterar su solubilidad en presencia de una alta concentración de sal.

De esta manera, al agregar sal hasta una concentración apenas menor a la necesaria para precipitar la proteína de interés, muchas otras proteínas se precipitan y pueden eliminarse por centrifugación. Después, la concentración de sal del sobrenadante<sup>6</sup> se incrementa hasta que una fracción alta de la proteína de interés se precipite. La solución se centrifuga una vez más, pero ahora el sobrenadante se descarta y el precipitado, con la proteína de interés, se suspende de nuevo como se indica en la figura.

---

<sup>6</sup> Que sobrenada (se mantiene encima del agua). Tras la centrifugación, se extrae el líquido sobrenadante

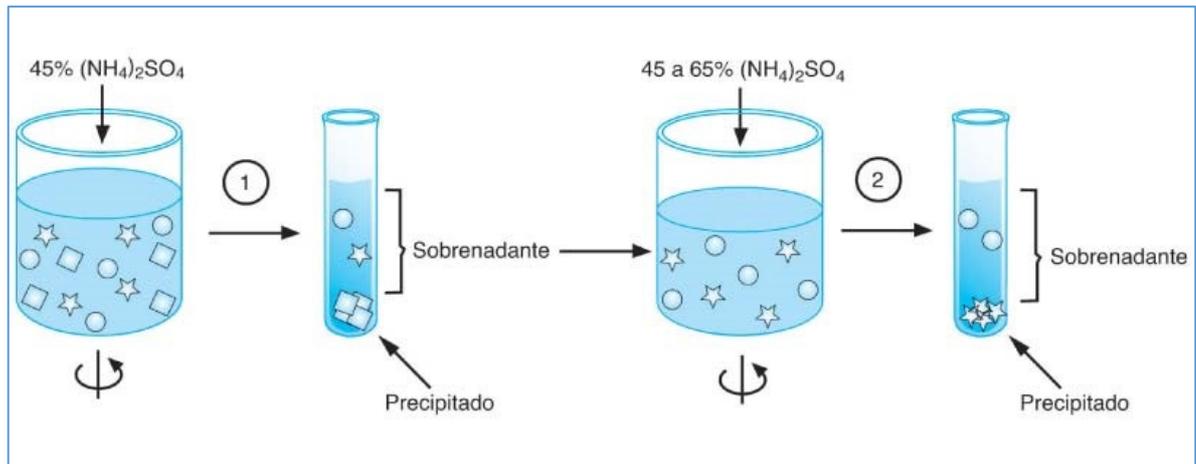


Figura. Precipitación diferencial con sulfato de amonio. Cuadros, estrellas y círculos representan proteínas que se precipitan con concentraciones crecientes de sulfato de amonio

Este método es importante además para preservar las propiedades de las proteínas una vez purificadas, ya que las proteínas precipitadas por sulfato de amonio pueden permanecer en este estado por meses y resuspenderse de inmediato antes de su uso.

### Efectos del pH

Dentro de los factores que influyen sobre los índices de reacciones catalizadas por enzima se encuentra la concentración de ion hidrógeno o efecto del pH.

El índice de casi todas las reacciones muestra una dependencia importante de la concentración de ion hidrogeno. Casi todas las enzimas intracelulares muestran actividad óptima a valores de pH entre 5 y 9. La relación entre actividad y concentración de hidrogeno refleja el equilibrio entre la desnaturalización de la enzima a pH alto o bajo y los efectos sobre el estado cargado de la enzima, los sustratos o ambos. Para enzimas cuyo mecanismo comprende catálisis ácido básica, los residuos comprendidos deben estar en el estado de protonación apropiado para que la reacción proceda.

Como “pH óptimo” de una enzima se entiende aquel valor de pH en el que la proteína desempeña de mejor manera sus funciones, esto es, el pH donde la enzima presenta su actividad máxima, con rápida disminución de la actividad a cada lado de este valor de pH. El pH óptimo de una enzima puede guardar relación con cierta carga eléctrica de la superficie, o con condiciones óptimas para

la fijación de la enzima a su sustrato. Cuando hay un exceso de iones hidrógeno, las enzimas los unen a sus moléculas y ante un déficit los ceden (Murray & Bender, Harper Bioquímica Ilustrada, 2013).

Algunos ejemplos se presentan a continuación:

- La pepsina gástrica tiene un pH óptimo de 2
- La ureasa tiene un pH óptimo de 7
- La arginasa tiene un pH óptimo de 10
- La tripsina tiene un perfil de pH desplazado alcalino, entre 6.5-8.5
- Colinesterasa funciona desde el pH 8.5 hasta más adelante.
- La ribonucleasa pancreática tiene actividad entre 5.5 y 6.5

Fuera de los rangos, las enzimas pierden total actividad. La mayoría de los enzimas son muy sensibles a los cambios de pH. Desviaciones de pocas décimas por encima o por debajo del pH óptimo pueden afectar drásticamente su actividad.

## **Electroforesis**

La electroforesis es una técnica para la separación de moléculas según la movilidad de estas en un campo eléctrico a través de una matriz porosa, la cual finalmente las separa por tamaños moleculares y carga eléctrica, dependiendo de la técnica que se use (Salazar, Sandoval, & Armendaris, 2013).

La electroforesis es el proceso mediante el cual las proteínas migran según su carga en un campo eléctrico. Esta técnica es de interés particular como método analítico, debido a que permite determinar el número de proteínas diferentes en una preparación, así como estimar el peso molecular o el punto isoeléctrico.

La **electroforesis en gel** se lleva a cabo en un gel formado por agarosa o por un polímero entrecruzado como la poliacrilamida, que actúa como tamiz disminuyendo la migración de las proteínas en función de su carga y peso molecular.

En la electroforesis desnaturalizante, la solución con la proteína se hierve en presencia de un pigmento (por lo general azul de bromofenol), agentes reductores (como  $\beta$ -mercaptoetanol) y el detergente SDS (dodecilsulfato de sodio); este tratamiento rompe los puentes disulfuro y desnaturaliza por completo la proteína. En promedio, se fija una molécula de SDS por cada dos aminoácidos; ya que este detergente tiene carga negativa, todas las proteínas adquieren esta carga y se separan en función de su peso molecular.

Al aplicar corriente al gel, las proteínas migran según su tamaño; las más pequeñas migran más rápido. Cuando el colorante llega al fondo del gel, la corriente eléctrica se interrumpe, el gel se desmonta y las proteínas se identifican utilizando un colorante que se une a ellas.

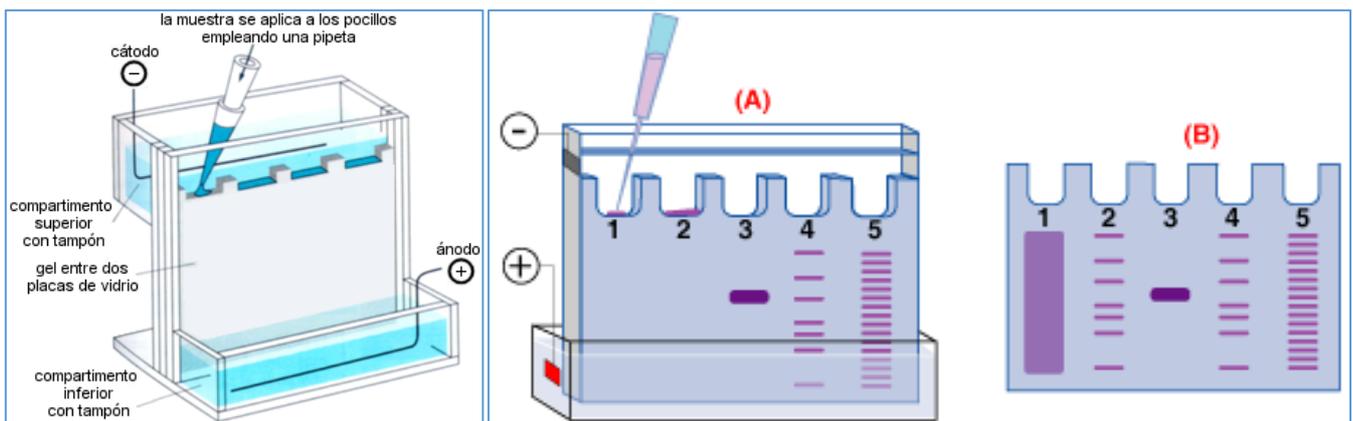
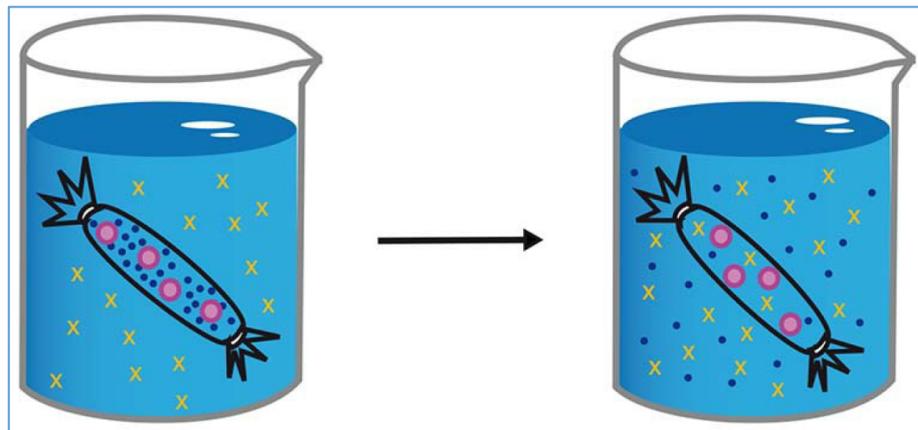


Figura. Electroforesis en gel

## Diálisis

Diálisis es una técnica común utilizada en bioquímica para separar moléculas basadas en difusión. En este procedimiento, una membrana semipermeable permite el movimiento de ciertas moléculas basado en el tamaño. Los poros de estas membranas semipermeables permiten que las moléculas pequeñas, como solventes, sales y metabolitos de tamaño reducido, se difundan a través de la membrana, al tiempo que bloquean el paso de moléculas mayores (Voet & Voet, 2006).

En general, en un proceso de diálisis, la muestra se introduce en una bolsa formada por la membrana, y el paquete se coloca en una solución que contiene el amortiguador en el cual se desea colocar la proteína. Después de un tiempo, la concentración de los componentes permeables se equilibra, es decir, es similar en el interior y el exterior de la bolsa de diálisis; sin embargo, las macromoléculas permanecen en el interior de la bolsa y, por consiguiente, es posible eliminar sales y otros metabolitos sin perder la proteína de interés.



*Figura. Diálisis*

En la gráfica se explica el proceso, donde la muestra que contiene a la proteína (esferas moradas) y al soluto que se desea eliminar (puntos azules) se introduce en una bolsa de diálisis. La bolsa se sumerge en un amortiguador que contiene otros solutos (cruces amarillas). El contenido del recipiente se agita y, después de un tiempo, el soluto indeseable permea por la membrana y se diluye en la solución, mientras que los solutos contenidos en el amortiguador entran a la bolsa (Martínez, Pardo, & Riveros, 2018).

## **Nomenclatura y clasificación de las enzimas**

### **Nomenclatura**

Existen diferentes sistemas de clasificar las enzimas: numérica, funcional y sistemática. A continuación, se ven los tres tipos de formas:

- 1. Nombre común (no sistemática o tradicional):** Hasta antes de 1964 el nombre no guardaba ninguna relación con la reacción que catalizaba. Luego

se nombran a las enzimas con el nombre del Sustrato sobre el cual actuaba, con el sufijo “asa”. Ejemplos:

ureasa, maltasa, amilasa, arginasa, catalasa

- 2. Sistemática:** Las enzimas pueden ser nombradas de forma sistemática, es decir, que su nombre será formado por el nombre del sustrato sobre el que trabajan, el tipo de reacción que realizan y ASA. Este nombre puede ser fijo según la reacción que desempeñan. Ejemplo:

Nombre del sustrato + tipo de reacción de los enzimas + ASA  
colina O-acetiltransferasa

- 3. Numérica:** En 1964 la Comisión de Enzimas (E.C.) de la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular (IUBMB) organizó los nombres de las enzimas. A cada enzima se le asignan 4 números separados por puntos y precedidos por EC. Ejemplo:

E.C. 2.3.1.6

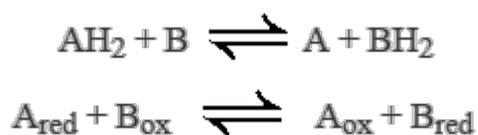
El primer número designa la clase, el segundo la subclase, el tercero la sub-subclase y el cuarto el orden en la lista.

### **Clasificación de las Enzimas**

Según la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular (IUBMB), las enzimas se clasifican en seis categorías, clases o grupos de acuerdo a la acción química de las enzimas sobre los sustratos:

#### **Grupo 1. Oxidorreductasas**

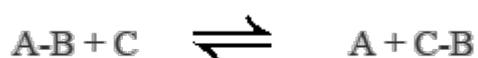
Las oxidoreductasas son enzimas que catalizan reacciones de oxidación-reducción, que en el medio biológico tienen lugar a través de la transferencia de electrones o átomos de hidrógeno de un dador (reductor) a un aceptor (oxidante).



Ejemplos son la succinato deshidrogenasa o la citocromo c oxidasa.

### Grupo 2. Transferasas

Transfieren grupos moleculares de una molécula donadora a una aceptora. Entre tales grupos están el amino, el carboxilo, el carbonilo, el metilo, el fosforilo y el acilo (RC = O), es decir, transfieren radicales o grupos funcionales de un sustrato a otro. La reacción general catalizada por este grupo de enzimas es:



Las transferasas comunes son: las fosfotransferasas, las aminotransferasas, las metiltransferasas, las glicosiltransferasas, las transcetolasas y las transaldolasas.

### Grupo 3. Hidrolasas

Como su nombre lo dice, estas enzimas catalizan reacciones de hidrólisis, rompiendo enlaces por introducción de los radicales -OH y -H procedentes de la ruptura de una molécula de agua.



Las hidrolasas más comunes incluyen a las lipasas, las glicosidasas, las proteinasas y las fosfatasas.

### Grupo 4. Liasas

Son enzimas que catalizan reacciones de rotura (o establecimiento) de un enlace de forma que la reacción puede describirse como adición o sustracción de un grupo a o desde un doble enlace, y que normalmente suelen ser reversibles. Se caracterizan por tener un sustrato en una dirección y dos en la contraria. Esquemáticamente las reacciones liásicas pueden describirse como



Son ejemplos de liasas las descarboxilasas, las hidratasas, las deshidratasas, las desaminasas y las sintetetasas.

### Grupo 5. Isomerasas

Catalizan reagrupamientos dentro de la misma molécula. Estas enzimas transforman un compuesto en alguno de sus isómeros. (los isómeros son compuestos que tienen los mismos átomos, pero diferente arreglo en el espacio).



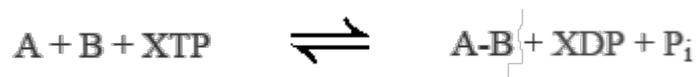
Son ejemplos la fosfotriosa isomerasa y la fosfoglucosa isomerasa, que catalizan las reacciones representadas en la tabla inferior:



### Grupo 6. Ligasas

Estas enzimas forman uniones covalentes entre dos compuestos, la reacción es endergónica y requieren de la ruptura de moléculas de ATP que proporcionen energía.

Se agrupan aquí las enzimas que catalizan la formación de nuevas sustancias, ya sea agregando a un sustrato grupos como CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HSCoA, o condensando varias sustancias para generar otra diferente. Tales síntesis y condensaciones requieren el consumo de energía, expresamente contenida en un nucleótido como ATP y GTP.



Un ejemplo es la piruvato carboxilasa, que cataliza la reacción:



### Activación e inhibición

Los inhibidores son sustancias que disminuyen, o incluso anulan, la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas.

La inhibición puede ser de distintos tipos:

1. Reversible:
2. Irreversible

### **Inhibición reversible**

La inhibición reversible ocurre cuando el efecto inhibitorio de un compuesto puede contrarrestarse incrementando la concentración del sustrato o retirando el compuesto inhibidor mientras la enzima permanece intacta. La inhibición se ejerce a través de su fijación reversible a la enzima según el proceso.



La enzima libre, producida por la reacción que transforma EI en E + I, no se ha modificado y por lo tanto tiene actividad catalítica. Además, la enzima libre puede colisionar, o con una molécula de inhibidor, o con una de sustrato. En el primer caso forma EI y en el segundo ES, el cual se rompe en E + P.

La inhibición reversible puede ser:

- Competitiva
- No competitiva
- Acompetitiva

### **Inhibición competitiva**

Algunos compuestos inhiben la actividad enzimática ocupando temporalmente el centro activo de la enzima. Esta forma de regulación se conoce como inhibición competitiva, ya que el inhibidor (compuesto parecido al sustrato) y el sustrato compiten por unirse al centro activo. Cinéticamente, la inhibición competitiva corresponde al mecanismo:

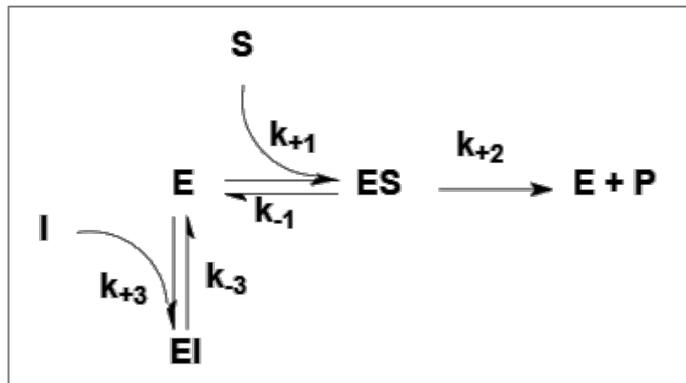


Figura. Mecanismo de Inhibición competitiva

Este tipo de inhibidores tienen la característica de ser químicamente muy parecidos al sustrato, de tal manera que pueden ocupar el sitio activo de la enzima, pero ésta no los transforma. En consecuencia, mientras el inhibidor esté dentro del sitio activo, el verdadero sustrato no puede entrar y por lo tanto no es posible que se forme ES y no hay formación de producto. Si usamos el ejemplo de la cerradura y la llave, podemos pensar en una llave que entra en la cerradura, pero no puede abrirla porque no es la correcta. De esta forma, mientras la llave inadecuada esté dentro de la cerradura, no es posible que entre la llave correcta. En la siguiente figura, se muestra los aspectos estructurales de la inhibición competitiva:

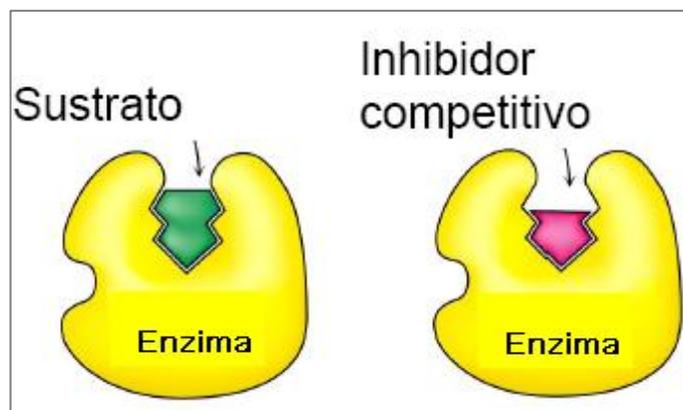
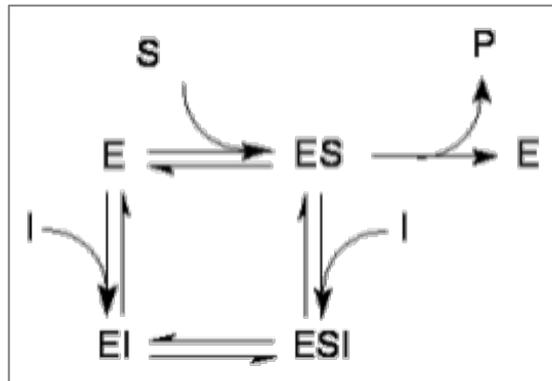


Figura. Aspectos estructurales de la inhibición competitiva

Representación esquemática de la inhibición competitiva. El sustrato (S) y el inhibidor (I) se fijan al mismo sitio de la enzima (el centro activo). La fijación es mutuamente exclusiva.

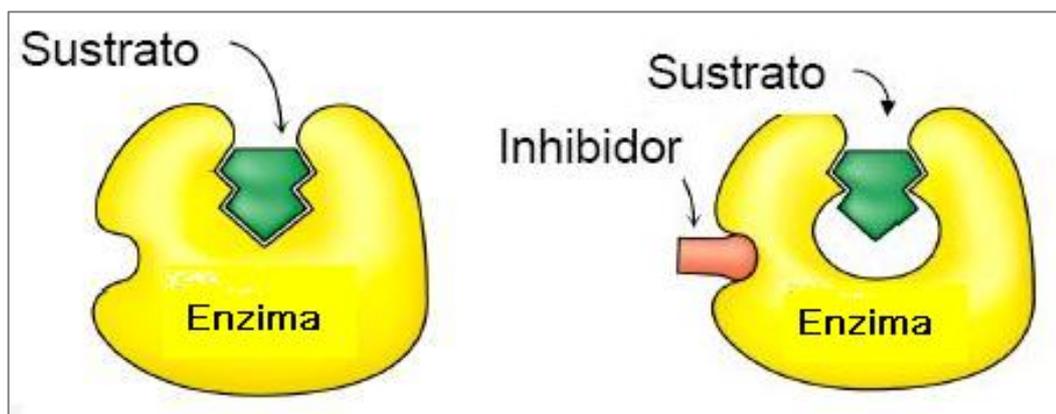
### Inhibición no competitiva

Llamamos inhibidores no competitivos a aquellos que no impiden la fijación del sustrato, pero que inhiben su transformación catalítica. En algunas reacciones catalizadas por enzimas el inhibidor puede unirse tanto a la enzima como al complejo enzima-sustrato:



*Figura. Mecanismo de Inhibición competitiva*

En estas circunstancias, el inhibidor se une a un lugar diferente del sitio activo. La unión del inhibidor ocasiona la modificación de la conformación de la enzima, lo que impide la formación del producto. Los inhibidores no competitivos tienen escaso o nulo parecido con el sustrato, pero pueden influir en la unión del sustrato si sus sitios de unión están en estrecha cercanía con el sitio de unión del sustrato. En algunos casos la inhibición no competitiva se invierte en parte, aumentando la concentración de sustrato.

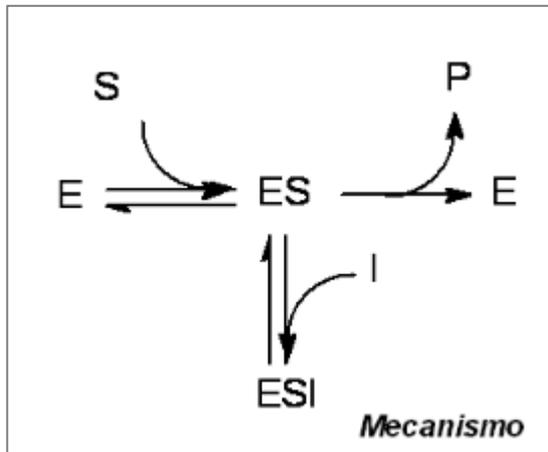


*Figura. Aspectos estructurales de la inhibición no competitiva*

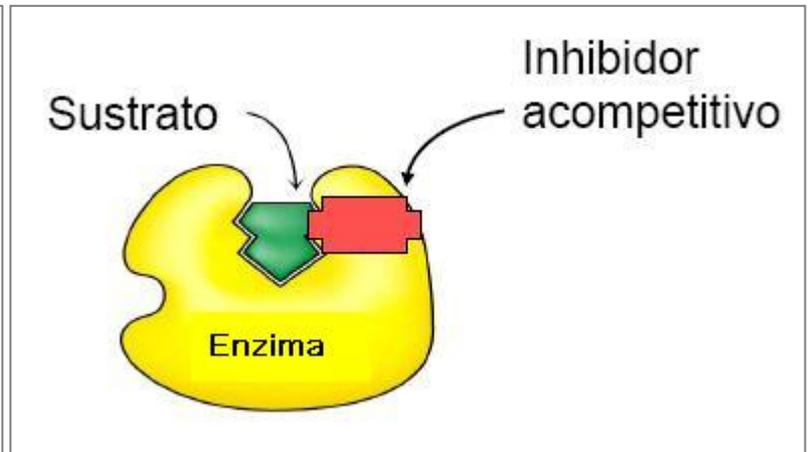
### **Inhibición acompetitiva**

En la inhibición acompetitiva, que se considera un tipo de inhibición no competitiva, el inhibidor sólo se une al complejo enzima-sustrato, y no a la

enzima libre. En consecuencia, el inhibidor es ineficaz a bajas concentraciones de sustrato porque hay muy poco complejo ES presente.



*Figura. Mecanismo de Inhibición competitiva*



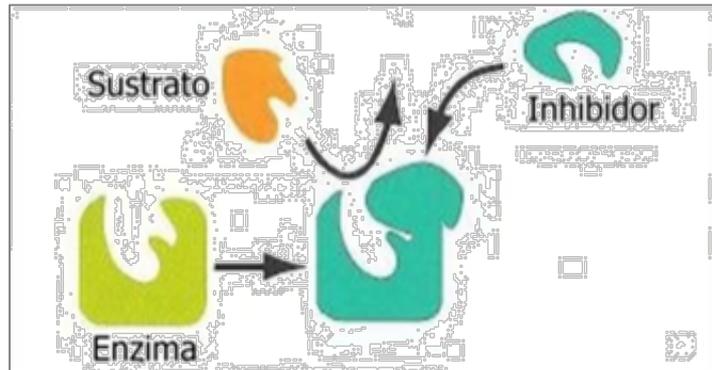
*Figura. Aspectos estructurales de la inhibición no competitiva*

## Inhibición irreversible

la inhibición irreversible consiste en una reacción química entre el inhibidor y la enzima de tal manera que se alteran los grupos funcionales de ésta, bien sean los encargados de la fijación del sustrato o de su transformación catalítica, o de ambos. La inhibición irreversible corresponde en general al mecanismo:



Una enzima que colisiona con un inhibidor de este tipo y forma el complejo enzima inhibidor, quedando incapacitada para seguir catalizando. Generalmente estos compuestos son muy tóxicos, si su concentración es muy alta, dentro de un sistema viviente, pueden detener una vía metabólica debido a la pérdida total de alguna de las enzimas que catalizan esa serie de reacciones.



*Figura. Aspectos estructurales de la inhibición irreversible*

Algunas sustancias inhiben a las enzimas irreversiblemente, porque se unen permanentemente con grupos funcionales al centro activo o, porque desnaturalizan completamente a las proteínas. Los inhibidores suicidas o “inactivadores basados en el mecanismo”, son compuestos poco reactivos que en un inicio dejan que la reacción enzimática normal se realice, pero que, al ser transformados, se convierten en compuestos muy reactivos que se combinan irreversiblemente con la enzima.

## Distribución de las enzimas

Las enzimas dentro de un organismo se encuentran distribuidas en los diferentes órganos y tejidos donde realizan su función específica. Dentro de una célula, algunas enzimas se encuentran compartimentadas y ordenadas; ejemplo: en las células hepáticas, las enzimas de la glicólisis están localizadas en el citoplasma, en tanto que las enzimas del ciclo de Krebs en las mitocondrias. Dentro de la mitocondria, las enzimas del ciclo del ácido cítrico se encuentran dispuestas en forma secuencial, lo cual da al proceso ergopoyético (producción de energía como ATP) de la célula la máxima eficacia.

### Nivel celular. Sistema microsomal

En células eucarióticas las enzimas se distribuyen en la membrana celular, mitocondrias (matriz y espacios intermembranales) lisosomas, vacuolas, retículo endoplásmico, etc.

---

#### Localización intracelular de las principales enzimas y rutas metabólicas

---

<b>Citoplasma</b>	Glucólisis: ruta de las hexosa monofostato; glucogénesis y glucogenólisis: síntesis de ácidos grasos; catabolismo de purinas y pirimidinas; péptidasas; aminotransferasas; aminoacilsintetasas
<b>Mitocondria</b>	Ciclo de los ácidos tricarboxílicos; oxidación de ácidos grasos; oxidación de aminoácidos; alargamiento de ácidos grasos; síntesis de la urea; transporte electrónico y fosforilación oxidativa acoplada.
<b>Lisosomas</b>	Lisozima; fosfaíasa ácida; hidrolasas, incluyendo proteasas, nucleasas, glucosidasas, arilsulfatasas, lipasas, fosfolipasas y fosfatasas.

---

<b>Retículo endoplasmático (microsomias)</b>	NADH y NADPH citocromo c reductasas; oxidasas de función mixta relacionadas con el citocromo b, y el citocromo P450; glucosa 6-fosfatasa; nucleósido di fosfatasa; esterasa, P-glucuronidasa, y glucuroniltransferasa; rutas de síntesis de proteínas; síntesis de fosfoglicéridos y triacilgliceroles, síntesis y reducción de esteroides
<b>Golgi</b>	Galactosil y glucosiltransferasa; condroitina sulfotransferasa; 5-nucleotidasa; NADH-citocromo c reductasa, glucosa 6-fosfatasa
<b>Peroxisomas</b>	Urato oxidasa; D-aminoácido oxidasa; $\alpha$ -hidroxiácido oxidasa; catalasa; oxidación de ácidos grasos de cadena larga
<b>Núcleo</b>	Rutas de biosíntesis de DNA y RNA

En la membrana celular se encuentran enzimas que participan en el transporte de metabolitos y las que regulan la acción de hormonas o neurotransmisores sobre los receptores membranales. En tanto que muchas enzimas se encuentran solubles en el citoplasma, otras se encuentran fijas ordenadamente en alguna membrana particular y funcionan en forma secuencial, como es el caso de las enzimas oxidativas de la mitocondria. Generalmente las vías anabólicas y catabólicas se localizan en organelos diferentes a fin de maximizar la economía celular.

### **A nivel de organismo**

La localización y distribución de enzimas que funcionan específicamente en determinados órganos es el fundamento de la enzimología clínica.

- Dos subclases de aminotransferasas se localizan en órganos distintos:
  - La aspartato aminotransferasa (antes transaminasa glutámica oxalacética, TGO) se localiza principalmente en miocardio
  - La alanina aminotransferasa (antes transaminasa glutámico pirúvica, TGP) se localiza en hígado.

- La creatina fosfocinasa se localiza en músculo estriado (esquelético y miocardio).
- La deshidrogenasa láctica posee varias isoenzimas, algunas de ellas específicas de determinado órgano:
  - La LDH-1 (H4) se localiza en miocardio.
  - La LDH-5 (M4) se localiza en hígado y músculo esquelético.
  - Otra variante isoenzimática la LDH-X se localiza en testículo.
- La amilasa y lipasa pancreáticas ayudan al diagnóstico de pancreatitis aguda cuando se elevan en suero.
- Las fosfatasas, con su localización particular, la fosfatasa acida en próstata y la fosfatasa alcalina en hígado y hueso, determinan la presencia de carcinoma prostético y óseo respectivamente, cuando se elevan en suero.

### **Bibliografía**

- Carreto, A. (2011). *Apuntes Científicos*. Obtenido de Catálisis: <http://apuntescientificos.org/catalisis-ibq2.html>
- King, M. (5 de ABRIL de 2015). *BIOQUIMICA MEDICA*. Obtenido de <http://themedicalbiochemistrypage.org/es/enzyme-kinetics-sp.php>
- Macías, A., Hurtado, J., Cedeño, D., Vite, F., Scott, M., Vallejo, P., . . . Intriago, K. (2018). *Introducción al Estudio de la Bioquímica*. Alicante: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/CcyLl.2018.28>
- Martínez, F., Pardo, J., & Riveros, H. (2018). *Bioquímica de Laguna y Piña*. Ciudad de México: Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.
- Murray, R., & Bender, D. (2013). *Harper Bioquímica Ilustrada*. Estados Unidos : MCGRAW-HILL.

Murray, R., & Bender, D. (2013). *Harper Bioquímica Ilustrada*. Estados Unidos : MCGRAW-HILL.

Porto, A. (10 de ENERO de 2010). *CURSO DE BIOLOGIA*. Obtenido de <http://www.bionova.org.es/biocast/tema14.htm>

Salazar, A., Sandoval, A., & Armendaris, J. (2013). *Biología Molecular Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V. .

Voet, D., & Voet, J. (2006). *Bioquímica*. Argentina: Editorial Médica Panamericana.

## **CAPITULO III**

### **BIOQUÍMICA DE LOS CARBOHIDRATOS**

Cortez Suárez Liliana Alexandra  
Machuca Loja Geanina Jacqueline  
Lam Vivanco Adriana Mercedes  
García González Carlos Alberto

#### **Introducción**

Los carbohidratos (hidratos de carbono) representan un papel fundamental en la dieta humana, constituyendo la principal fuente de energía para la mayoría de la población mundial.

Son después del agua los componentes más abundantes de los alimentos y los más ampliamente distribuidos. El origen de todos estos compuestos es la glucosa.

#### **Carbohidratos: Estructura y funciones**

##### **Estructura**

Los carbohidratos son compuestos orgánicos formados por tres elementos: carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), y comprenden una gran variedad de estructuras diferentes. Todos los carbohidratos presentan grupos funcionales hidroxilo (-OH) o carbonilo (C=O).

El término carbohidratos se aplicó originalmente a los monosacáridos (un tipo de hidrato de carbono) ya que estos compuestos responden a la fórmula empírica:



##### **Funciones**

- Forma de almacenamiento de energía (almidón y glucógeno).

- **Base estructural de muchos organismos:** la celulosa de las plantas, el exoesqueleto de los insectos, la pared celular de los microorganismos y los mucopolisacaridos como matriz extracelular de organismos superiores. Las glucoproteínas y los glucolípidos son componentes de la membrana celular y receptores. (Vaidyanathan, 2011)
- **Los carbohidratos como fuente de energía y su almacenamiento:** Los carbohidratos descompuestos en glucosa principalmente son la fuente de energía preferida para nuestro cuerpo, ya que las células en nuestro cerebro, músculo y todos los demás tejidos utilizan directamente los monosacáridos para sus necesidades de energía.

Además de esto, una parte de la glucosa generada es almacenada en forma de glucógeno en el hígado, y una pequeña porción en los músculos, debido a posibles eventualidades en las que el organismo necesite utilizar esta reserva como puede ocurrir en situaciones de ayuno prolongado, de alerta o estrés metabólico

Los carbohidratos son la principal fuente de energía en el cuerpo, las células cerebrales y las CBRs dependen casi completamente de los carbohidratos como fuente de energía, la producción de energía a partir de los carbohidratos es de 4 kcal/g.

- **La respuesta glucémica y el índice glucémico:** Cuando comemos un alimento que contiene carbohidratos, el nivel de glucosa en la sangre aumenta y luego disminuye, un proceso conocido como la respuesta glucémica. Refleja la tasa de digestión y absorción de glucosa, así como los efectos de la insulina en la normalización del nivel de glucosa en la sangre.
- **Función intestinal y fibra dietética:** Aunque nuestro intestino delgado no puede digerir la fibra dietética, la fibra ayuda a garantizar una buena función intestinal al aumentar el volumen físico en el intestino y, por lo tanto, estimula el

tránsito intestinal. También conduce a la formación de productos de desecho bacterianos, como los ácidos grasos de cadena corta, que se liberan en el colon con efectos beneficiosos para nuestra salud.

### **Fuentes de los carbohidratos**

Los alimentos que contienen carbohidratos son:

- Cereales: Como el arroz, trigo, maíz, avena.
- Pan, pastas
- Azúcar: como el de caña, remolacha, miel o melaza.
- Frutas y verduras.
- Golosinas.
- Leche y sus derivados: mantequilla, queso
- Legumbres.
- Tubérculos y raíces.

## **Importancia química de los carbohidratos**

Los carbohidratos, también conocidos como glúcidos, hidratos de carbono o sacáridos son moléculas orgánicas, específicamente, polihidroxialdehído y polihidroxicetonas derivados de alcoholes, que representan la forma biológica primaria de almacenamiento y consumo de energía.

Son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza y también los más consumidos por los humanos; en muchos países constituyen entre 50 y 80% de la dieta de la población. En general los carbohidratos que provienen del reino vegetal son más variados y abundantes que los del reino animal (Granito Marisela, 2013)

La importancia de estos compuestos como componentes de los alimentos radica en que representan la principal fuente de energía para el organismo vivo; particularmente son indispensables para el cerebro, órgano que depende exclusivamente de este macronutriente y para aquellas células que requieren de la glicólisis anaeróbica como los glóbulos rojos, glóbulos blancos y células de la médula o riñón (Granito Marisela, 2013). Son importantes, además, porque participan en el funcionamiento de las células, tejidos y órganos. También, son ricos en fibra, por lo que nos ayudan en la digestión.

## **Alteraciones**

Las enfermedades asociadas con el metabolismo de los carbohidratos incluyen la diabetes mellitus, la galactosemia, las enfermedades por almacenamiento de glucógeno y la intolerancia a la lactosa.

- **Diabetes mellitus:** La Diabetes Mellitus es un síndrome orgánico multisistémico crónico y progresivo, de origen multifactorial caracterizado por hiperglucemia debida a una deficiencia absoluta o relativa en la acción de la insulina, con grave afectación en las vías metabólicas de los hidratos de carbono, las proteínas y los lípidos.

Se reconocen clínicamente como entidades diferenciadas la diabetes tipo 1 por deficiencia absoluta en la producción de insulina por las células Beta del páncreas, la diabetes tipo 2 por resistencia a la insulina e hiperinsulinemia, la diabetes gestacional y los síndromes relacionados con la diabetes secundaria a ciertas patologías clínicas y a ciertos fármacos y sustancias (Ruiz, 2008).

- **Galactosemia:** La galactosemia es una ocurrencia rara debido a la falla del metabolismo del azúcar galactosa en la ruta de Leloir, usada por el cuerpo para transformar D-galactosa a D-glucosa 1 fosfato, para lo cual requiere la participación de las enzimas galactoquinasa (GALK1), Galactosa-1-fosfato uridiltransferasa (GALT) y enzima UDP-galactosa-4-epimerasa. La deficiencia o ausencia total de esta enzima por mutación del gen acarrea trastornos multisistémicos en el aparato digestivo, los riñones, el sistema nervioso central y los ovarios. En el sistema digestivo el órgano más afectado es el hígado, causando alteraciones que van desde la insuficiencia hepática hasta la cirrosis (Fortuna, Díaz, Pérez, & Kendy, 2018).
- **Enfermedades por almacenamiento de glucógeno:** son trastornos del metabolismo de los carbohidratos que se producen cuando existe un defecto en las enzimas involucradas en el metabolismo del glucógeno y suele dar lugar a anomalías del crecimiento, debilidad, agrandamiento del hígado, concentraciones bajas de glucosa en sangre y confusión. Las enfermedades por almacenamiento de glucógeno se producen cuando los padres transmiten los genes defectuosos que causan estas enfermedades a sus hijos.
  - ✓ Las enfermedades por almacenamiento de glucógeno (glucogenosis) son consecuencia de la falta de una enzima necesaria para transformar la glucosa en glucógeno y descomponer el glucógeno en glucosa.
  - ✓ Los síntomas característicos consisten en debilidad, sudoración, confusión, cálculos renales, hígado agrandado, concentraciones bajas de azúcar en sangre y crecimiento insuficiente (Demczko, 2020).

- **Intolerancia a la lactosa:** La intolerancia a la lactosa suele estar ocasionada por la deficiencia en el cuerpo de una enzima llamada lactasa. Los síntomas incluyen calambres abdominales, distensión abdominal y diarrea. El tratamiento se basa en evitar los productos lácteos, consumir productos libres de lactosa o tomar suplementos de lactasa.

## **Clasificación de los carbohidratos**

Los carbohidratos se pueden clasificar según distintos criterios. Algunos de los criterios de clasificación más frecuentes son:

1. **Según su complejidad:** se pueden clasificar en carbohidratos simples y en carbohidratos complejos. Los primeros pueden contener 1 o 2 unidades de azúcar. Incluyen a los monosacáridos y los disacáridos, y se conocen comúnmente como azúcares.

Los carbohidratos complejos poseen estructuras químicas con 3 o más azúcares unidos entre sí. Incluyen a los oligosacáridos y los polisacáridos.

2. **Según sus efectos fisiológicos:** se pueden clasificar en: carbohidratos glucémicos (o disponibles) e carbohidratos no digestibles (o no disponibles). Los primeros son aquellos que proporcionan carbohidratos para el metabolismo. Es decir, corresponden a carbohidratos que se digieren y absorben en el intestino delgado, con lo que aumenta la glucosa en sangre. Incluyen a los azúcares, las maltodextrinas, los almidones y el glucógeno. Mientras que los carbohidratos no digestibles, no son digeridos en el intestino delgado, por lo que no se produce una respuesta glucémica en sangre (es decir, no se produce un aumento de glucosa en sangre).

Este grupo comúnmente se conoce como fibra dietética. Incluyen a los polisacáridos no amiláceos, almidón resistente, oligosacáridos resistentes con 3 o más unidades monoméricas y otros componentes no digeribles, pero cuantitativamente menores que están asociados con los polisacáridos no digestibles, especialmente lignina.

3. **Según su estructura química:** se pueden clasificar en 3 clases: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. En esta clasificación los hidratos de carbono se agrupan según el tamaño de las moléculas, es decir, por el número de monosacáridos que contienen (grado de polimerización).

**Clasificación de los Hidratos de carbono según su estructura química**

Clase	Grado de polimerización o número de monómeros (monosacáridos)	Componentes	Absorción por el intestino delgado
Monosacáridos	1	Glucosa	Si
		Fructosa	Si
		Galactosa	Si
Disacáridos	2	Sacarosa	Si
		Lactosa	Mayormente digestible
		Trehalosa	Si
		Maltosa	Si
Polisacáridos	10 o más	Amilosa	Mayormente digestible
		Amilopectina	Mayormente digestible
		Almidones modificados	No
Polisacáridos	10 o más	Almidones resistentes	No
		Inulina	No
		Celulosa	No
		Hemicelulosa	No
		Pectinas	No

---

	Hidrocoloides (gomas)	No
--	--------------------------	----

---

## Monosacáridos

Los monosacáridos (mono = “uno”; sacáridos = “azúcar”) son azúcares simples, de los cuales el más común es la glucosa. Tienen una fórmula de  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , y suelen contener de tres a siete átomos de carbono.

La mayoría de los átomos de oxígeno en los monosacáridos se encuentra en grupos hidroxilo (OH), pero uno de ellos es parte de un grupo carbonilo (C=O). La posición del grupo carbonilo (C=O) puede servir para clasificar los azúcares:

- Si el azúcar tiene un **grupo aldehído**, o sea, si el C carbonilo es el último de la cadena, se llama **aldosa**.
- Si el C carbonilo se encuentra dentro de la cadena, o sea, tiene otros carbonos a ambos lados, forma un **grupo cetona** y el azúcar se denomina **cetosa**.

Los azúcares también se nombran de acuerdo con el número de carbonos: algunos de los tipos más comunes son las triosas (tres carbonos), pentosas (cinco carbonos) y hexosas (seis carbonos).

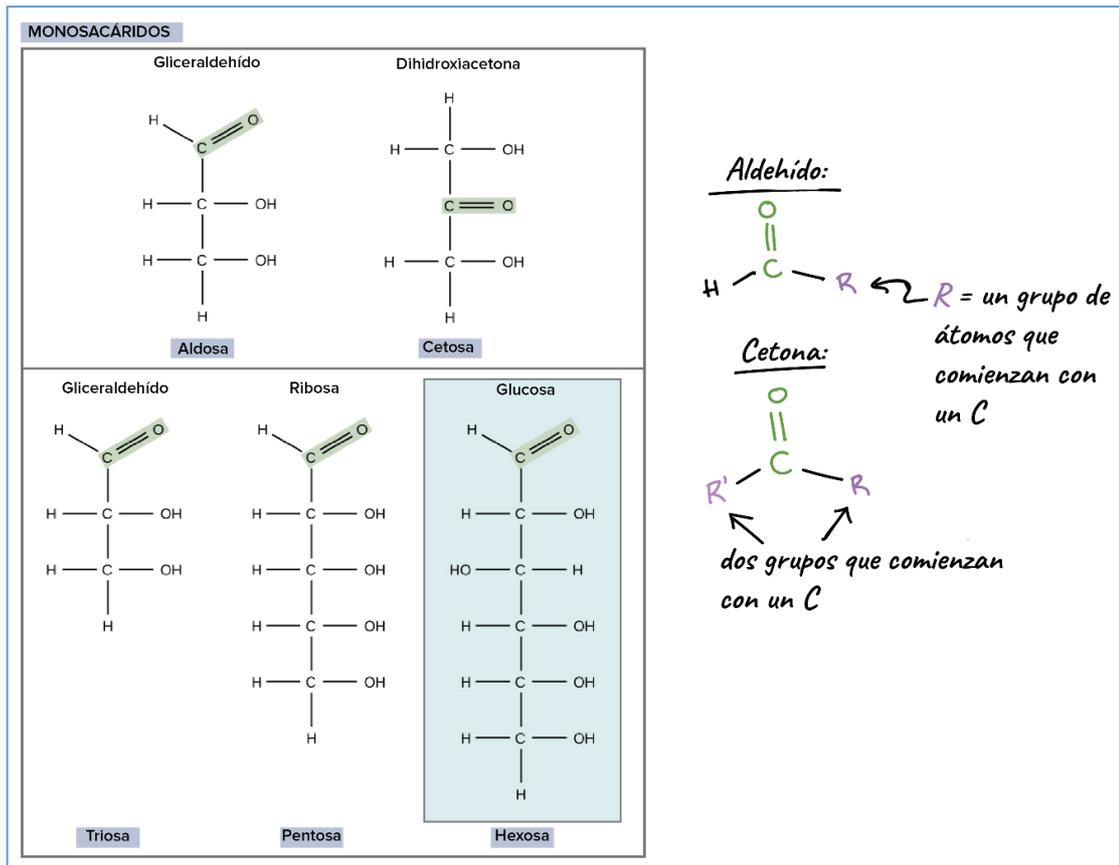
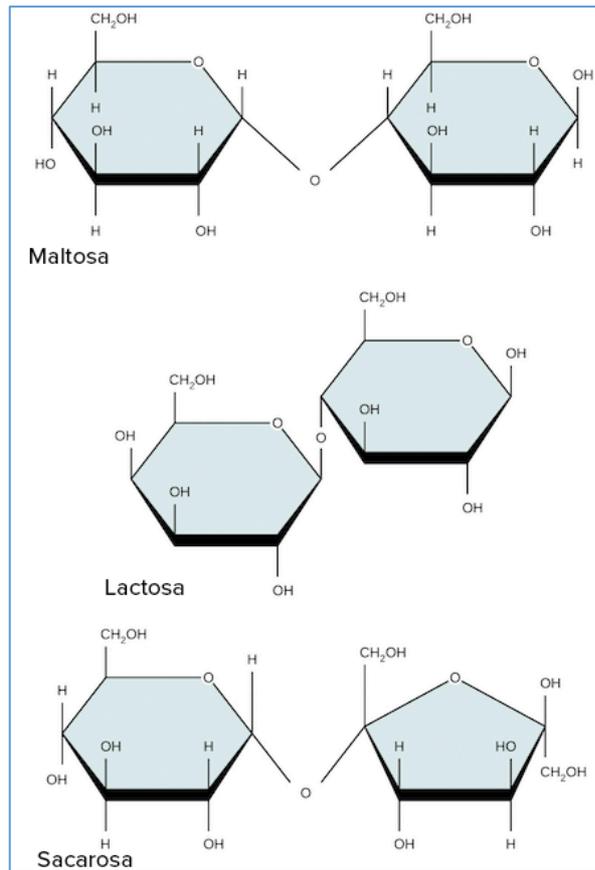


Figura. Estructura química de los monosacáridos

## Disacáridos

Los disacáridos (di- = “dos”) se forman cuando dos monosacáridos se unen por medio de una reacción de deshidratación, también conocida como reacción de condensación o síntesis por deshidratación. En este proceso, el grupo hidroxilo de un monosacárido se combina con el hidrógeno de otro, libera una molécula de agua y forma un enlace covalente conocido como enlace glucosídico.

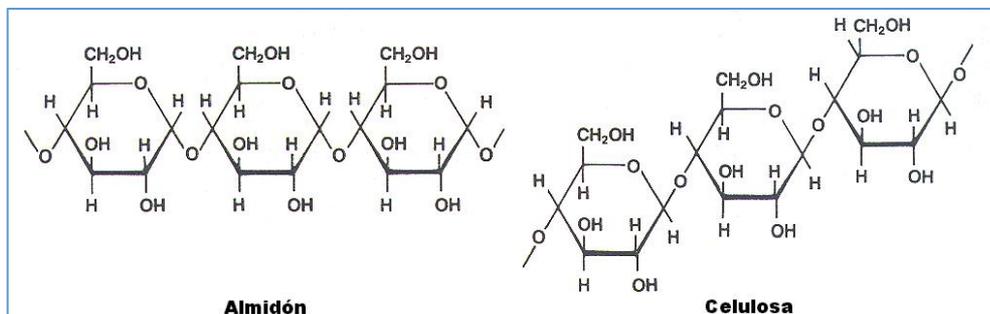
Entre los disacáridos comunes se encuentran la lactosa, la maltosa y la sacarosa. La lactosa es un disacárido compuesto de glucosa y galactosa y se encuentra de manera natural en la leche. La maltosa, o azúcar de malta, es un disacárido compuesto de dos moléculas de glucosa. El disacárido más común es la sacarosa (azúcar de mesa), la cual se compone de glucosa y fructosa.



*Figura. Estructura química de los disacáridos*

## Polisacáridos

A una larga cadena de monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos se le llama polisacárido (poly- ="muchos"). La cadena puede ser ramificada o no ramificada y puede contener diferentes tipos de monosacáridos. El peso molecular de un polisacárido puede ser muy alto. El almidón, el glucógeno, la celulosa y la quitina son algunos de los principales ejemplos de polisacáridos importantes en los organismos vivos.



*Figura. Estructura química de los polisacáridos*

## Absorción de los carbohidratos

Los monosacáridos absorbidos son transportados al hígado donde pueden tener distintos destinos metabólicos (gluconeogénesis, glucólisis, vía de las pentosas, etc.), o pueden pasar a la circulación general en forma de glucosa.

La captación celular está mediada por transportadores de glucosa (GLUT 1-13), expresados en los distintos tejidos. La insulina es la hormona clave para la captación y metabolismo de glucosa en órganos sensibles a la misma, como son el tejido adiposo y el tejido muscular que, ante la presencia de insulina expresan en sus membranas los GLUT 4, permitiendo su ingreso. La concentración plasmática de insulina se incrementa inmediatamente luego de la ingestión de HC disponibles (De la Plaza, Llanos, Pelayo, Zugasti, & Zuleta, 2013).

### **Bibliografía**

De la Plaza, M., Llanos, P., Pelayo, M. S., Zugasti, B., & Zuleta, Á. (2013). Revisión actualizada de los Hidratos de Carbono. Su implicancia en el tratamiento nutricional de la Diabetes. *Actualización en Nutrición*, 88-107.

Demczko, M. (abril de 2020). *Enfermedades por almacenamiento de glucógeno (glucogenosis)*. Obtenido de Manual MSD: <https://www.msmanuals.com/es-ec/hogar/salud-infantil/trastornos-metab%C3%B3licos-hereditarios/enfermedades-por-almacenamiento-de-gluc%C3%B3geno-glucoenosis>

Fortuna, M., Díaz, F., Pérez, C., & Kendy, W. (2018). Galactosemia clásica (a propósito de un caso) Unidad Estudios Especiales Adjunto Cenismi, Hospital Infantil Dr. Robert Reid Cabral (HIRRC), República Dominicana. *Ciencia y Salud*, 2(1), 9-13.

Granito Marisela. (2013). Valores de referencia de carbohidratos. *Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar.* , 301.

Ruiz, A. (2008). Diabetes Mellitus. Una revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad del Cauca*, 10(3), 7-8.

Vaidyanathan, K. (2011). *Texto de Bioquímica*. Mexico: Cuellar Ayala.

## **CAPÍTULO IV**

### **BIOQUÍMICA DE LOS LÍPIDOS**

Cortez Suárez Liliana Alexandra  
Machuca Loja Geanina Jacqueline  
Benítez Castrillón Paola Mercedes  
Jessica Vanessa Alvarado Cáceres

#### **Lípidos: Estructura y funciones**

Dentro de los nutrientes que aportan energía están los lípidos, conocidos normalmente como grasas. Es un grupo de sustancias muy heterogéneas que sólo tienen en común estas dos características:

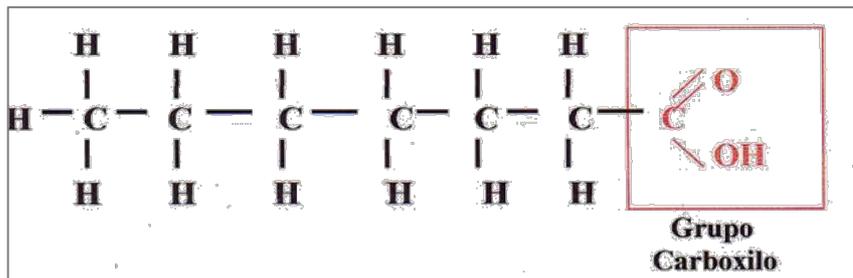
- Son insolubles en agua: Una característica básica de los lípidos, y de la que derivan sus principales propiedades biológicas es que son moléculas hidrófobas. La baja solubilidad de los lípidos se debe a que su estructura química es fundamentalmente hidrocarbonada, con gran cantidad de enlaces C-H y C-C, en consecuencia, el agua, no es capaz de interactuar con estas moléculas.
- Son solubles en solventes no polares (disolventes orgánicos), como el benceno, cloroformo, éter, hexano, etc.
- Según el número de enlaces carbono-hidrógeno son ricas en energía.

Debido a la mala interpretación de la publicidad sobre estereotipos de belleza, se tiene la idea errónea de que los lípidos (sinónimo de grasas) son malas para la salud, sin embargo es menester recalcar la gran importancia que tiene los lípidos a nivel nutricional pues no pueden ser reemplazado por ninguna sustancia en el organismo, tal es el caso de los ácidos grasos esenciales, ácido linoleico y araquidónico, ya que su ausencia puede producir alteraciones en la piel, retención de agua, fertilidad y crecimiento. (Maddelainne, 2014)

## Estructura

Los lípidos son un grupo muy heterogéneo de compuestos orgánicos, constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno principalmente, y en ocasiones por azufre, nitrógeno y fósforo.

En general, son moléculas bipolares o anfipáticas (del griego *amphi*, doble). La cabeza de la molécula es polar o iónica y, por tanto, hidrófila (-COOH). La cadena carbonada es apolar o hidrófoba (grupos -CH<sub>2</sub>- y -CH<sub>3</sub> terminal).



## Funciones e importancia médica

Sus funciones biológicas son casi tan variadas como su estructura. Citamos las más importantes, en base a los distintos tipos de lípidos:

Lípido	Funciones e importancia médica
Grasas o triglicéridos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Como depósitos de grasa de animales y vegetales (reservas de energía).</li><li>• Como medio de transporte de ácidos grasos a través del sistema linfático y sanguíneo para distribuirlos dentro del cuerpo.</li><li>• Proporcionan aislamiento físico y térmico de diversos órganos del cuerpo.</li></ul>
Ceras	<ul style="list-style-type: none"><li>• En la protección de la piel, pelo y plumas en animales</li><li>• Protegen a las plantas superiores contra el ataque de organismos e infecciones, estrés hídrico, etc.</li></ul>
Fosfolípidos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Son los principales componentes de la membrana celular. Confieren estructura a la membrana celular.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activan las enzimas.</li> <li>• Actúan como mensajeros en la transmisión de señales al interior de la célula.</li> </ul>
Esfingolípidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como aislantes de las fibras nerviosas en la transmisión de impulsos nerviosos.</li> </ul>
<b>Lípido</b>	<b>Funciones e importancia médica</b>
Carotenoides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la participación en los procesos fotoquímicos de la fotosíntesis.</li> <li>• Como precursor de la vitamina A.</li> </ul>
Esteroides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la participación en varios procesos fisiológicos: balance electrolítico, crecimiento, metabolismo y resistencia a enfermedades</li> </ul>
Terpenos (Vitaminas A, D, E y K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el mantenimiento de algunos tejidos (piel, huesos, dientes), en la absorción de calcio en la formación de huesos, antioxidante, en el proceso de coagulación de la sangre.</li> </ul>
Lipoproteínas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como vehículo de transporte de lípidos. Los lípidos van desde los intestinos a sus distintos destinos y sirven de transporte a otros nutrientes.</li> </ul>

## **Fuentes**

Las principales fuentes de lípidos son los aceites de origen vegetal (de oliva, girasol, maíz, soja, etc), las mantequillas y margarinas y, en menor cantidad, los alimentos de origen animal con elevado contenido graso como son los pescados azules, las carnes, productos lácteos enteros y productos de confitería y repostería.

Como ya sabes los lípidos nos relacionan a grasas y por ende las fuentes que nos provee son fuente animal y vegetal relacionando a los productos como aceites, carnes, lácteos, pescados, huevos entre otros. Se pueden clasificar las distintas

fuentes alimentarias según el tipo de lípidos que contienen, de la siguiente manera: (Maddelainne, 2014)

<b>Tipo de Lípido</b>	<b>Fuente alimentaria</b>
Ácidos grasos saturados	De origen animal: manteca mantequilla, crema, leche, yogurt, queso crema, embutidos, cortes de carnes con mucha grasa, leche, queso, etc.
Ácidos grasos insaturados	Aceites de maíz, soya, oliva, girasol, algodón, canola, etc.
Ácidos grasos esenciales	Aceite de soja, girasol, maíz, germen de trigo, linaza y mariscos.

### **Importancia médica de los lípidos**

**Ácidos grasos omega-3 y enfermedad cardiovascular:** Estudios epidemiológicos y de intervención nutricional indican que el consumo de ácidos grasos omega-3 inciden favorablemente en la salud cardiovascular, al incidir en una reducción del riesgo de muerte cardiaca con o sin infarto agudo de miocardio, mientras que estudios de cohortes, de casos y controles y prospectivos han demostrado que los ácidos grasos omega-3 disminuyen la incidencia de cardiopatía isquémica, taquiarritmias auriculares y ventriculares, y muerte súbita cardiaca. (Travieso, 2010).

Los primeros datos que evidenciaron los efectos cardioprotectores de los AGPICL  $\omega$ -3 surgieron a partir de los estudios realizados en los esquimales (inuits), quienes a pesar de tener una elevada ingesta de grasas (superior al 30% de los requerimientos energéticos) presentaban una muy baja incidencia de enfermedades cardiovasculares, identificándose como la fuente dietaria de estas grasas los animales de origen marino (mamíferos y peces ricos en estos lípidos). Estos resultados fueron confirmados en estudios realizados posteriormente en poblaciones con una alimentación similar, las cuales evidenciaron, además de una baja incidencia de enfermedades cardiovasculares, una menor manifestación de enfermedades inflamatorias.

La ingesta de aceite de pescado reduce la ocurrencia de lesiones ateroscleróticas, disminuye la frecuencia de paros cardíacos y reduce la mortalidad global en pacientes con riesgo de enfermedad cardiovascular. Además de mejorar el perfil lipídico, los AGPICL  $\omega$ -3 ejercerían leves disminuciones en la presión arterial. La reducción de los TG, el aumento del colesterol HDL, la reducción de la inflamación vascular y la disminución de la agregación plaquetaria, favorecerían dicha disminución en la presión arterial, aunque los mecanismos específicos de este efecto aún no están descritos completamente. (Valenzuela, 2011)

### **Alteraciones**

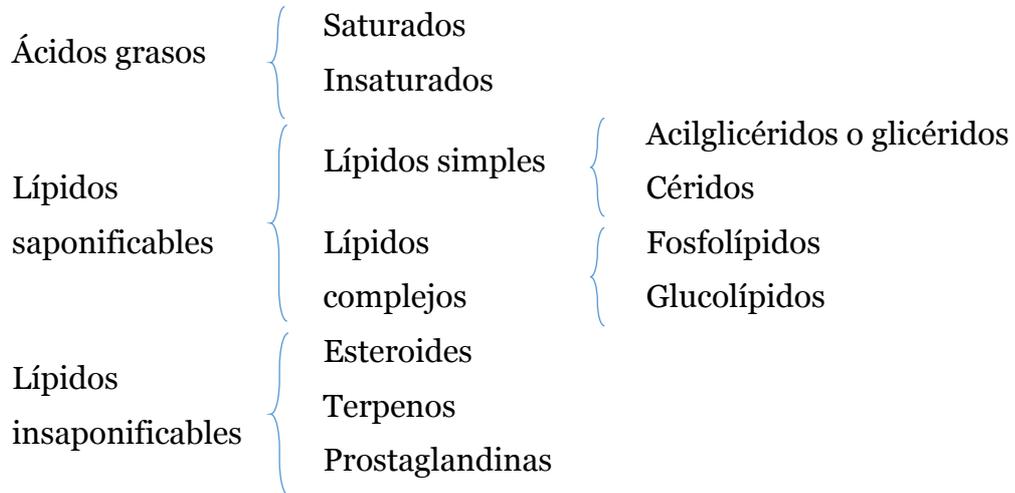
Las hiperlipidemias se definen como un aumento en la concentración de lípidos en el plasma sanguíneo, son trastornos del metabolismo de los lípidos. Cuando hablamos de cifras resulta siempre muy arbitrario, pues depende de muchos factores como la edad, el sexo, etc. En principio, consideramos entre los diferentes tipos de trastornos del metabolismo de los lípidos:

- Hipercolesterolemia (aumento de las cifras de colesterol): más de 200 mg/dl con cifras de triglicéridos por debajo de 200 mg/dl.
- Hipertrigliceridemia: más de 200 mg/dl con cifras de colesterol por debajo de 200 mg/dl.
- Si encontramos aumentadas ambas cifras, hablamos de hiperlipidemias mixtas.

El aumento de colesterol en sangre aumenta la frecuencia de infarto de miocardio, e infarto cerebral.

## Clasificación de los lípidos

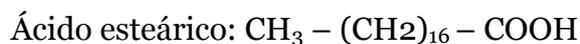
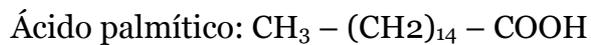
Se clasifican en:



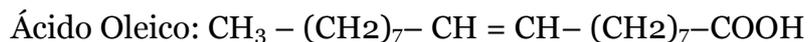
### Ácidos grasos

Generalmente no se encuentran libres si no que se obtienen por la hidrólisis de otros lípidos. Están formados por una larga cadena hidrocarbonada y un grupo carboxilo (-COOH). Tienen un número par de átomos de carbono, generalmente entre 12 y 24. Pueden ser saturados o insaturados y suelen adoptar formas de zig-zag:

- Saturados: Si todos los enlaces son simples.



- Insaturados: si tienen algún doble o triple enlace.



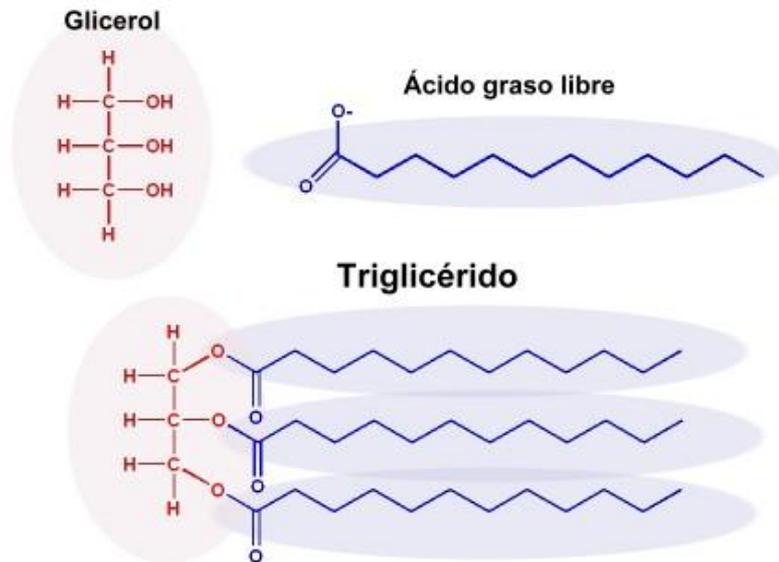
## Lípidos saponificables

Son aquellos que por hidrólisis dan ácidos grasos y por tanto pueden realizar la reacción de saponificación en presencia de álcalis o bases, dando lugar a una sal de ácido graso llamada jabón.

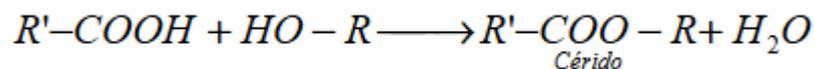
- **Lípidos simples**

Son ésteres de ácidos grasos y un alcohol.

- ✓ **Acilglicéridos.** Son ésteres de ácidos grasos con glicerina (glicerol), producto de una reacción de condensación que puede almacenar de esta manera de uno a tres ácidos grasos: monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos, respectivamente. Estos últimos son los más importantes de todos y son los que forman el tejido adiposo.



- ✓ **Céridos:** Son ésteres de un ácido graso con un alcohol monovalente lineal de cadena larga. Ejemplo: la cera de la abeja: ácido palmítico + alcohol miricílico ( $C_{30}H_{61}OH$ )

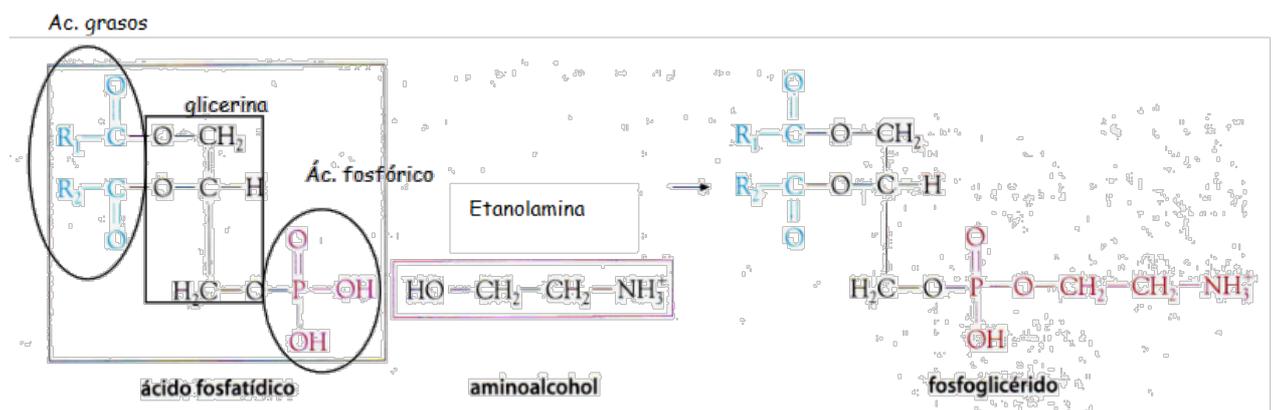


Tienen función protectora y de revestimiento. Son insolubles en agua y forman láminas impermeables protectoras (piel, pelo, plumas, hojas y frutos).

- **Lípidos complejos**

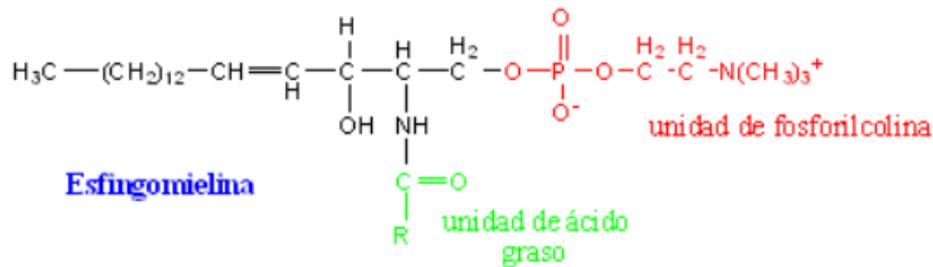
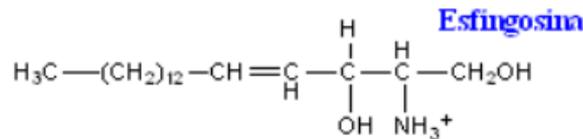
Son moléculas compuestas por componentes lipídicos y otros no lipídicos. Se encuentran formando la bicapa lipídica de las membranas celulares por lo que también se les llama lípidos de membrana.

- ✓ **Fosfolípidos (glicerofosfolípidos o fosfoglicéridos):** Están formados por: 1 glicerina + 2 ácidos grasos + 1 ácido fosfórico, que constituye el ácido fosfatídico, que es la unidad estructural de los fosfoglicéridos del cual derivan los distintos tipos al unirse a un alcohol aminado.



Moléculas antipáticas de función principal estructural –bicapa lipídica de membranas- pero también intervienen en la señalización celular (activación enzimática y síntesis de mediadores) y solubilización biliar. Están compuestas por glicerol-3-fosfato esterificado por uno o dos ácidos grasos -pueden ser distintos- y un alcohol esterificando el fosfato, en función del cual tenemos distintas familias de fosfoglicéridos. (Armesto, 2011)

- ✓ **Fosfolípidos (esfingofosfolípidos o fosfoesfingolípidos):** Están formados por 1 alcohol: esfingosina + 1 ácido graso + 1 ácido fosfórico + 1 alcohol aminado. La esfingosina y el ácido graso constituyen la ceramida, que es la unidad estructural de los esfingolípidos y que es la parte hidrófoba. Abundan en el tejido nervioso.



Moléculas también antipáticas que comparten con los fosfolípidos funciones estructurales en las membranas. Se forman por la unión, mediante enlace amida, de esfingosina con un ácido graso de cadena larga que da lugar a una ceramida. En función del grupo que los esterifican se clasifican como fosfolípidos (grupo fosfato unido a colina o etanol amina) o esfingoglicolípidos (monosacáridos). (Armesto, 2011).

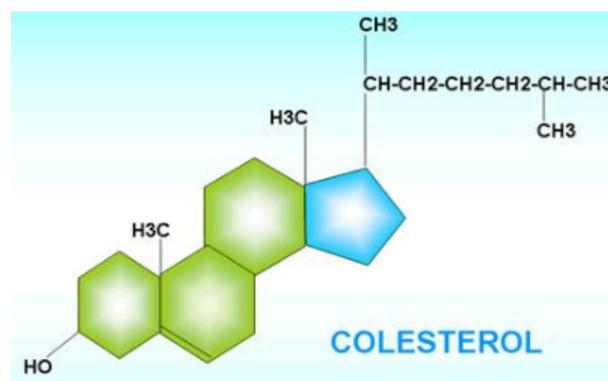
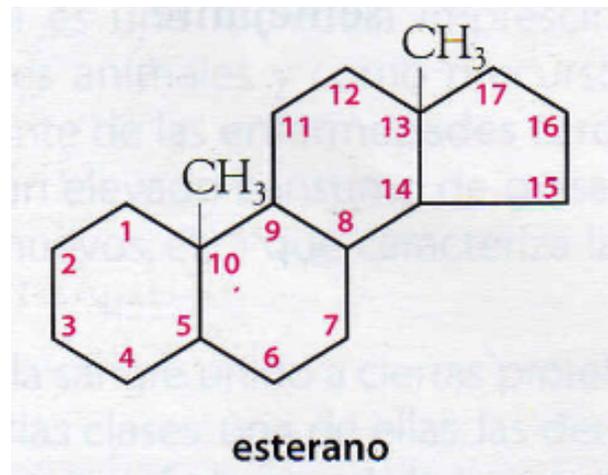
✓ **Glucolípidos:** Están formados por una ceramida unida a un glúcido. Pueden ser:

- a) Cerebrósidos: El glúcido es un monosacárido: la glucosa o galactosa. Abundan en las membranas de las neuronas y vainas de mielina.
- b) Gangliósidos: El glúcido es un oligosacárido complejo. Abundan en las neuronas y glóbulos rojos. Se encuentran en la cara externa de las membranas.

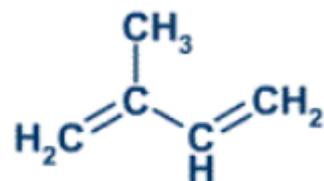
### Lípidos insaponificables

Los lípidos insaponificables son derivados por aposición de varias unidades isoprénicas, y se sintetizan a partir de una unidad básica de 5 átomos de carbono. Son aquellos que por hidrólisis no dan ácidos grasos y por tanto no realizan la reacción de saponificación.

**Esteroides.** Son derivados del esterano. Este grupo está conformado por el colesterol que a su vez es precursor de casi todos los esteroides entre los que se cuentan la vitamina D, los ácidos biliares, hormonas sexuales y hormonas metabólicas como el cortisol.



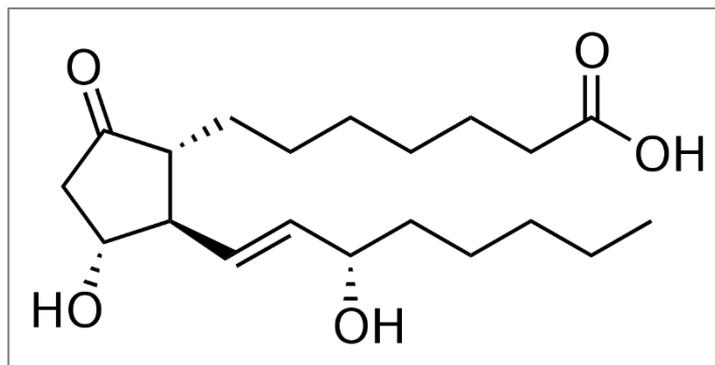
**Terpenos o isoprenoides:** Están formados por la polimerización de moléculas de isopreno (2-metil, 1-3-butadieno). Son lípidos vegetales.



Lípidos derivados del isopreno, del cual poseen al menos dos moléculas. Por ejemplo: algunos aceites esenciales como el mentol, limoneno, geraniol o el fitol de la clorofila.

**Prostaglandinas.** Lípidos derivados de ácidos grasos esenciales complejos, como el omega-3 y el omega-6. Están conformados por moléculas de 20 átomos de carbono que cumplen funciones mediadoras del sistema nervioso central, del sistema inmune y de los procesos inflamatorios

Son una clase especial de ácidos grasos insaturados. Son hormonas locales sintetizadas en el mismo lugar donde ejercen su acción a partir de los lípidos de las membranas. Son vasodilatadores arteriales relacionados con inflamaciones. Provocan agregamiento plaquetario e intervienen en la contracción de la musculatura lisa.



**Estructura química de la Prostaglandinas**

## **Bibliografía**

- Armesto, A. (2011). Lípidos, colesterol y lipoproteínas. *Sociedade Galega de Medicina Interna*, 8,9.
- Maddelaine, H. S. (2014). Lípidos: Características principales y su metabolismo. *Revista de Actualización Clínica Investiga*.

Travieso, F. (2010). Ácidos grasos omega-3 y prevención cardiovascular. *Revista CENIC*.

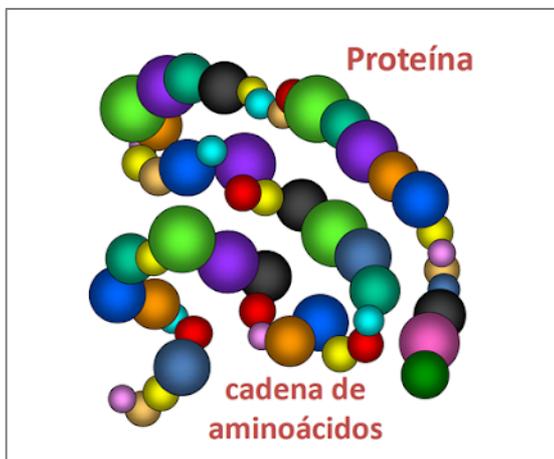
Valenzuela, R. (2011). Ácidos Grasos Omega-3 (EPA Y DHA) y su aplicación en diversas situaciones clínicas. *Revista chilena de nutrición*.

## CAPÍTULO V

### BIOQUÍMICA DE LAS PROTEÍNAS

Cortez Suárez Liliana Alexandra  
Anzuategui Bonilla María Eugenia  
Saldarriaga Jimenez Janet Elena  
Saldarriaga Jiménez Guadalupe

#### Las Proteínas: Estructura y funciones



*Figura. Molécula de Proteína*

Las proteínas son biomoléculas que se encuentran constituidas principalmente por carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno, pero en ocasiones suelen presentar azufre, fosforo entre otros elementos.

Las proteínas son polímeros de unas moléculas pequeñas que reciben el nombre de aminoácidos y serían los monómeros básicos para todas las

proteínas, estos aminoácidos se encuentran unidos por enlaces peptídicos, la unión de un bajo número de aminoácidos da lugar a un péptido, si la molécula del aminoácido se halla formada no por más de 10 aminoácidos se denomina oligopéptido, si es superior a 10 se denomina polipéptido

#### Estructura

A primera vista podría pensarse en las proteínas como polímeros lineales de aminoácidos unidos entre sí por medio de enlaces peptídicos. Sin embargo, la secuencia lineal de aminoácidos puede adoptar múltiples conformaciones en el espacio. La estructura viene determinada por la secuencia de aminoácidos en la

cadena proteica, es decir, el número de aminoácidos presentes y el orden en que están enlazados (González, 2008).

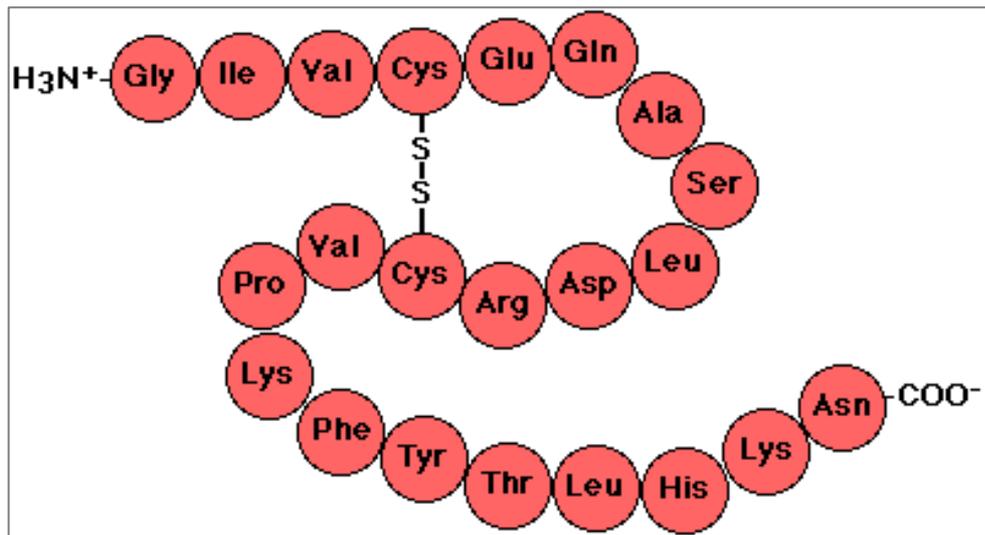


Figura. Estructura de la molécula de Proteína

Las posibilidades de estructuración a nivel primario son prácticamente ilimitadas. Como en casi todas las proteínas existen 20 aminoácidos diferentes, el número de estructuras posibles viene dado por las variaciones con repetición de 20 elementos tomados de  $n$  en  $n$ , siendo  $n$  el número de aminoácidos que componen la molécula proteica. Generalmente, el número de AA que forman una proteína oscila entre 80 y 300.

Las proteínas están constituidas básicamente por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N). Estos elementos químicos se agrupan para formar unidades estructurales (monómeros) llamados AMINOACIDOS.

## Aminoácidos

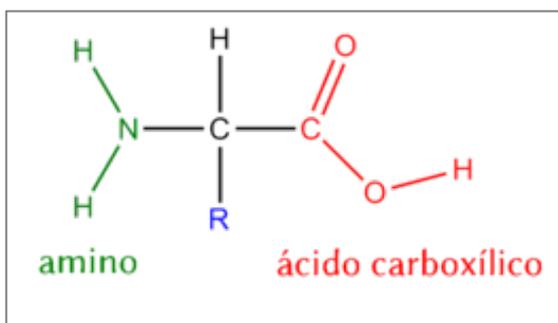


Figura. Estructura del Aminoácido

Son las unidades básicas que forman las proteínas. Su denominación responde a la composición química general que presentan, en la que un grupo amino ( $-NH_2$ ) y otro carboxilo o ácido ( $-COOH$ ) se unen a un carbono  $\alpha$  ( $-C-$ ). Las otras dos valencias de ese

carbono quedan saturadas con un átomo de hidrógeno (-H) y con un grupo químico variable al que se denomina radical (-R).

### **Aminoácidos no esenciales**

De los 20 aminoácidos que se combinan para formar las proteínas, algunos pueden ser sintetizados por el organismo, por lo que se denominan no esenciales. Estos son:

- Alanina
- Arginina
- Ácido aspártico
- Asparragina
- Cisteína
- Ácido glutámico
- Glutamina
- Glicina
- Prolina
- Serina
- Tirosina

### **Aminoácidos no esenciales**

Hay otros aminoácidos, denominados esenciales o indispensables que no pueden ser sintetizados por el hombre por lo que tienen que ser aportados por los alimentos, por la dieta, condicionando su esencialidad. Estos son:

- Histidina
- Isoleucina
- Leucina
- Lisina
- Metionina
- Fenilalanina
- Treonina
- Triptófano
- valina.

Cuando un alimento contiene proteínas con todos los aminoácidos esenciales, se dice que son de alta o de buena calidad. Algunos de estos alimentos son: la carne, los huevos, los lácteos y algunos vegetales como la espelta, la soja y la quinoa (Luque, 2014).

## **Fuentes**

Las fuentes alimentarias de proteínas son:

- De alto valor biológico: carne, pescado, huevo, leche.
- De bajo valor biológico: legumbres (lentejas, garbanzos, judías), cereales (arroz, pasta), frutos secos (nueces, almendras...).

## **Importancia medica de las proteínas**

Las proteínas desempeñan un papel fundamental para la vida y son las biomoléculas más versátiles y diversas. Son imprescindibles para el crecimiento del organismo y realizan una enorme cantidad de funciones diferentes, entre las que destacan:

- Contráctil (actina y miosina)
- Enzimática (Ej. sacarasa y pepsina)
- Estructural. Esta es la función más importante de una proteína (Ej. colágeno)
- Homeostática: colaboran en el mantenimiento del pH (ya que actúan como un tampón químico)
- Inmunológica (anticuerpos)
- Producción de costras (Ej: fibrina)
- Protectora o defensiva (Ej. trombina y fibrinógeno)
- Transducción de señales (Ej. rodopsina). (Holick & Nieves, 2005)

## **Alteraciones**

Por la gran diversidad de funciones de las proteínas plasmáticas son muchas las alteraciones que pueden aparecer. Se clasifican en:

- **Disproteinemias:** son alteraciones en las fracciones obtenidas tras una electroforesis.

**a) Hipo-albuminemia:** es la disminución de la concentración de la albúmina. Puede ser debido a:

- ✓ Una síntesis insuficiente, por ejemplo, mal nutrición, insuficiencia hepática.
- ✓ Una eliminación y degradación excesivas. Por ejemplo: síndrome nefrótico, alteraciones intestinales, quemaduras extensas.

**b) Hipogammaglobulinemia:** es una disminución de las globulinas por déficit en el sistema inmunitario.

**c) Hiper-globulinemia:**

- ✓ Un aumento de las aglobulinas. Por ejemplo: inflamaciones agudas, tumores.
- ✓ Un aumento de las a y b globulinas. Por ejemplo: síndrome nefrótico
- ✓ Un aumento de las cglobulinas. Por ejemplo: inflamaciones y enfermedades del colágeno. (Apuntes de medicina, 2010)

- **Paraproteinemias o gammapatías monoclonales:** presencia en el plasma de alguna inmunoglobulina anormal y/o alguno de sus fragmentos.

Se consideran inmunoglobulinas anormales. Son productos de una actividad espontánea (sin estímulo antigénico previo) y excesiva de un clon proliferante de linfocitos B. Se observaría en:

- a) Mieloma múltiple
- b) Leucemias y linfomas
- c) Lesiones renales
- d) Síndrome de hiper-viscosidad de la sangre. (Apuntes de medicina, 2010)

- **Crioglobulinemias:** es la circulación en el plasma de inmunoglobulinas que precipitan al descender la temperatura.

Las crioglobulinas son un grupo de inmunoglobulinas que precipitan al disminuir la temperatura pueden dar lugar a trastornos circulatorios en las regiones distales de las extremidades cuando se exponen al frío o también inflamaciones de los vasos (vasculitis)

- a) **Alteraciones de alguna banda:** son defectos aislados de alguna fracción. Reflejan defectos de los protoplasmáticos. Son debidas a trastornos de la síntesis proteica tanto de tipo hereditario como adquirido.
- b) **Alteraciones de la proteinemia total:** son alteraciones en la cantidad total de las proteínas totales.
- ✓ **Híper-proteinemia auténtica:** No a consecuencia de la hemo (concentración) es siempre debida a un aumento de las inmunoglobulinas.
  - ✓ **Hipo-proteinemia** es debida a la disminución de las 2 fracciones electroforéticas más importantes y son la albúmina y las cglobulinas. (Apuntes de medicina, 2010)

### Clasificación de las proteínas

Las proteínas se pueden clasificar por:

Característica	Clasificación
	Simples. por hidrólisis dan sólo aminoácidos.
a) Su composición	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Glucoproteínas</li> <li>- Lipoproteínas</li> <li>- Nucleoproteínas</li> <li>- Fosfoproteínas</li> <li>- Metaloproteínas</li> </ul>
b) Su forma tridimensional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Músculos</li> <li>- Tendones</li> <li>- Uñas</li> <li>- Cuernos</li> <li>- Pezuñas</li> </ul>
	Globulares. están enrolladas en formas compactas y casi
	- Enzimas

	esféricas. Solubles en agua y se mueven dentro de las células:	- Mensajeros (Hormonas) - Transportadores - Almacenaje de aminoácidos
c) Su función	Proteínas estructurales (querastina, elastina. colágeno) Proteínas de transporte (hemoglobina) Proteínas protectoras (anticuerpos: inmunoglobina) Proteínas hormonales (insulina) Proteínas enzimáticas (quimotripsina: catalizadores biológicos)	

### **Acción de las enzimas proteolíticas**

Las enzimas proteolíticas o también denominadas proteínasas o proteasas son enzimas que se encuentran en la clasificación de enzimas hidrolasas esto debido a que catalizan la degradación de otras proteínas rompiendo los enlaces peptídicos con diferentes grados de intensidad y selectividad. Dependiendo de la naturaleza del sitio sobre el cual actúan las proteasas, estas se clasifican en:

- **Pepsina:** Es una enzima digestiva que tiene función sobre el estómago, hidrolizando los enlaces peptídicos cuyos extremos amino pertenecen a restos de aminoácidos aromáticos.
- **Quimiotripsina:** Enzima digestiva que actúa sobre el intestino delgado hidrolizando los enlaces peptídicos cuyos extremos carboxilo pertenecen a restos de aminoácido aromáticos.
- **Carboxipeptidasa:** Actúan sobre el C terminal de la cadena polipeptídica. Se dividen en cuatro subgrupos dependiendo de su mecanismo catalítico y al grupo funcional presente en su sitio activo. Como por ejemplo en la siguiente imagen se puede presenciar la reacción enzimática de la Carboxipeptidasa A.
- **Aminopeptidasa:** Actúan sobre el nitrógeno libre terminal de la cadena polipeptídica liberando un aminoácido o un di péptido o tripéptido (David L. Nelson, 2009).

## **Sistemas de transporte y destino de los aminoácidos**

Las proteínas presentan una gran variedad de funciones fundamentales para cualquier ser vivo, entre las que destacan la función estructural, enzimática o de transporte. Pero, gracias a la degradación de estas moléculas en sus precursores más pequeños, los aminoácidos, las proteínas adquieren otro importante papel: el energético. La mayor parte de los aminoácidos que se obtienen por la degradación de las proteínas se utilizan para la fabricación de nuevas proteínas y de otro tipo de moléculas, como las hormonas.

Sin embargo, los aminoácidos sobrantes se degradan en sus componentes más sencillos, que van a poder ser utilizados como combustible, proporcionando energía para diversos procesos metabólicos como por ejemplo, la glucólisis.

El metabolismo de las proteínas se puede producir de dos maneras, según se trate de proteínas que ya posee el organismo (endógenas) o de aquellas que se han ingerido con la dieta (exógenas). En el primer caso, todo el proceso de catabolismo proteico ocurre en el interior de las células. Existe un mecanismo continuo tanto de degradación como de síntesis de proteínas, que se denomina proceso de recambio proteico, y que tiene varias funciones fundamentales para el organismo, como la regulación del metabolismo, o el suministro de aminoácidos en determinadas situaciones metabólicas (por ejemplo, el ayuno).

En el caso de las proteínas procedentes de la dieta, su degradación comienza en el tubo digestivo, mediante la acción de un determinado tipo de enzimas, denominadas proteasas, entre las que destacan, la tripsina y la quimotripsina, que son capaces de romper los enlaces peptídicos que mantienen unidos los aminoácidos de una proteína. Los aminoácidos resultantes de esta acción enzimática ya son capaces de entrar en las células.

De la totalidad de aminoácidos libres (que no se encuentran formando proteínas) que se pueden encontrar en el interior de una célula, aproximadamente las tres cuartas partes provienen de las proteínas endógenas, mientras que el resto, sólo una cuarta parte, procede de la dieta. Teniendo en cuenta de nuevo todo el conjunto, las tres cuartas partes de los aminoácidos se aprovecharán para la

síntesis de proteínas y de otro tipo de moléculas, y la cuarta parte se degradará a moléculas más sencillas con la finalidad de servir como sustratos energéticos.

El catabolismo de los aminoácidos se produce, principalmente, en las células del hígado, y se puede llevar a cabo por tres tipos de procesos diferentes, dependiendo del componente del aminoácido que se quiera degradar: la transaminación y la desaminación oxidativa son los mecanismos por los que se eliminan los grupos amino, mientras que la descarboxilación es el proceso por el que se degrada el esqueleto carbonado (Murray RK, 1998).

### **Transaminación**

Es el mecanismo de degradación más importante. En él se produce la transferencia del grupo amino de un aminoácido a una molécula denominada  $\alpha$ -cetoácido, transformándose ésta en aminoácido, y quedándose el aminoácido como  $\alpha$ -cetoácido. Es decir, que un aminoácido se va a degradar, perdiendo uno de sus componentes, permitiendo la formación de otro. Esta reacción está catalizada por unas enzimas llamadas aminotransferasas o, como son más conocidas, transaminasas, y se encuentran en todos los tejidos del organismo (Murray RK, 1998).

### **Desaminación oxidativa**

Se produce sobre todo en unas estructuras celulares llamadas Peroxisomas. La desaminación provoca la liberación directa de grupos amino de un aminoácido en forma de iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Es llevada a cabo por un grupo de deshidrogenasas específicas que requieren de la intervención de ciertas coenzimas, como el  $\text{NAD}^+$ .

Los iones  $\text{NH}_4^+$  son altamente tóxicos, por lo que existen algunos mecanismos que evitan su circulación por la sangre. En uno de ellos, llevado a cabo en las mitocondrias celulares, moléculas de glutamato captan los iones amonio liberados en la desaminación, convirtiéndose en moléculas de glutamina. Otro mecanismo muy importante es el ciclo de la urea, en el que el amonio es convertido en un compuesto no tóxico, la urea, que puede ser transportada por la sangre hasta los riñones, donde puede ser excretada de diversas maneras: en las

aves y los reptiles, la urea se convierte en ácido úrico, que es un compuesto sólido que se elimina por las heces; mientras que en los mamíferos es eliminada por la orina (Murray RK, 1998).

### **Descarboxilación**

Una vez eliminados los grupos amino de los aminoácidos, los esqueletos carbonados sufren diversos procesos de descarboxilación, formándose varios intermediarios metabólicos. A partir de los 20 aminoácidos que existen se obtienen siete moléculas fundamentales en los diferentes procesos metabólicos, principalmente en el ciclo de Krebs: el piruvato, el acetil-CoA, el acetoacetil-CoA, el  $\alpha$ -cetoglutarato, el succinil-CoA, el fumarato y el oxalacetato. Así, por ejemplo, de la alanina se obtiene piruvato; del ácido glutámico,  $\alpha$ -cetoglutarato; del ácido aspártico, oxalacetato; y de la tirosina, fumarato y acetil-CoA.

De esta manera, dependiendo de los intermediarios que den, los 20 aminoácidos se pueden clasificar en dos grupos: glucogénicos, aquellos que pueden ser convertidos en glucosa, porque dan lugar a intermediarios del gluconeogénesis, como la alanina, la arginina, la cisteína o la prolina; y cetogénicos, aquellos que pueden ser transformados en cuerpos cetónicos, porque dan acetoacetil-CoA o acetil-CoA como intermediarios, como la leucina y la lisina. Algunos aminoácidos, como la fenilalanina y la tirosina, pertenecen a ambos grupos (Murray RK, 1998).

### **Bibliografía**

*Apuntes de medicina*. (26 de septiembre de 2010). Obtenido de Alteraciones del metabolismo proteico: <http://apuntesmedicina.thinkingspain.com/tema-70-alteraciones-del-metabolismo-proteico/>

David L. Nelson, M. M. (2009). *Lehninger Principios de Bioquímica*. Barcelona : Ediciones Omega.

González, J. (14 de febrero de 2008). *Estructura de las proteínas*. Obtenido de BIOMOLÉCULAS: <http://www.ehu.eus/biomoleculas/proteinas/prot4.htm>

Holick, M. F., & Nieves, J. W. (2005). *Nutrition and bone health*. USA: Humana Press.

Luque, V. (24 de marzo de 2014). *Estructura y propiedades de las proteínas*.  
Obtenido de Universidad de Valencia:  
[https://www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/proteinas\\_09.pdf](https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf)

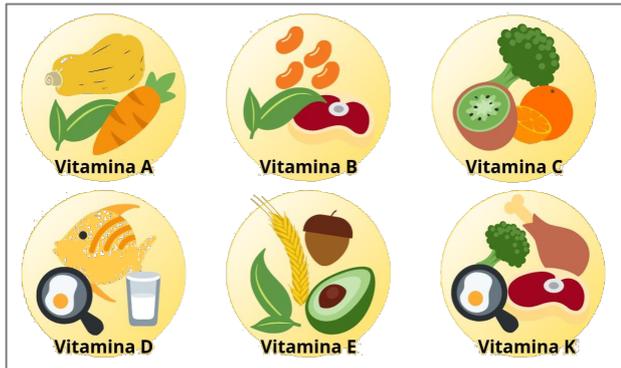
Murray RK, M. P. (1998). *Bioquímica de Harper* . México: Ed. México DF.

## CAPÍTULO VI

### VITAMINAS

Cortez Suárez Liliana Alexandra  
Mackliff Jaramillo Carolina Grace  
Raffo Babici Vilma  
Pacheco Cevallos Zayra Sughey

#### Introducción



*Figura. Vitaminas*

Las vitaminas son compuestos orgánicos que contienen en su estructura al menos un átomo de carbono que cumplen funciones vitales relacionadas con el metabolismo y con la fabricación de hormonas, neurotransmisores células sanguíneas o material

genético. También poseen función enzimática acelerando reacciones químicas que sin su presencia se llevarían a cabo demasiado lentamente para tener interés biológico (Murray RK, 1998).

Las vitaminas se pueden dividir en dos grupos, las solubles en agua (hidrosolubles) y las solubles en grasa (liposolubles). Las vitaminas solubles en grasa son las vitaminas A, D, E, y K que se almacenan en el cuerpo y se consumen con alimentos.

#### Importancia médica de las vitaminas

Son indispensables para el mantenimiento de la vida, actuando como biocatalizadores en multitud de reacciones bioquímicas. Las vitaminas suelen ser coenzimas o componentes de coenzimas.

El cuerpo sólo puede producir vitamina D; todas las demás deben ingerirse a través de la dieta. La carencia de ingesta llega a generar disfunciones metabólicas, entre otros problemas. Una dieta equilibrada incluye todas las vitaminas necesarias, pudiendo corregir deficiencias anteriores de vitaminas. Sin embargo,

algunas personas que sufren de trastornos intestinales que impiden la absorción normal de los nutrientes, o que están embarazadas o dando de mamar a sus hijos, pueden necesitar suplementos de vitaminas.

Y aunque existe la creencia popular de que las vitaminas ofrecen remedio para muchas enfermedades, desde resfriados hasta el cáncer, en realidad el cuerpo tiende a eliminar ciertos suplementos sin absorberlos. Además, las vitaminas liposolubles pueden bloquear el efecto de otras vitaminas e incluso causar intoxicación grave si se toman en exceso (Pardo Arquero, 2004).

### **Clasificación de las vitaminas**

Las vitaminas se clasifican según su capacidad de disolución en grasa o en agua.

<b>Clasificación de las vitaminas</b>	
LIPOSOLUBLES	Vitamina A
	Vitamina D
	Vitamina E
	Vitamina K
HIDROSOLUBLES	Vitamina B
	Vitamina C

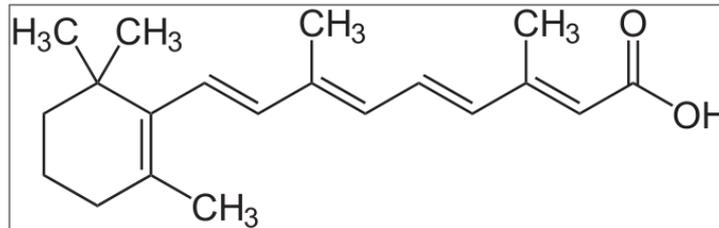
### **Vitaminas Liposolubles: A, D, E y K**

Como su nombre indica son solubles en lípidos (no en agua) y son vehiculizadas, en la mayoría de los casos, en la grasa de los alimentos. En este grupo, pertenecen las vitaminas A, D, E y K.

### **Vitamina A**

Vitamina A es un término que se emplea para describir una familia de compuestos liposolubles esenciales en la dieta que tienen relación estructural con el alcohol lípido retinol y que comparten su actividad biológica. En sus diferentes formas, la vitamina A es necesaria en la visión, crecimiento, reproducción, proliferación

celular, diferenciación celular e integridad del sistema inmunitario. La actividad biológica se le atribuye al transretinol, pero desde el punto de vista nutricional se deben incluir con la denominación de provitaminas A ciertos carotenoides y compuestos afines, los carotenales, que tienen la capacidad de originar en el organismo retinol (Guyton AC., 2003). Su estructura química es:



*Figura. Estructura química de la Vitaminas A*

### • Fuentes y requerimientos diarios

Son alimentos ricos en vitamina A el hígado y los aceites de hígado de pescado, la yema de huevo, la leche y los derivados lácteos y la margarina. Los beta-carotenos, sustancias precursoras del retinol, se encuentran en las frutas, las verduras de hoja verde y las hortalizas. Sus necesidades diarias recomendadas son 5.000 UI<sup>7</sup> (Giménez, 2002).

### • Funciones

La vitamina A es una parte importante de la barrera defensiva del organismo frente a los radicales libres. Las funciones de esta vitamina, también conocida como antixeroftálmica, son múltiples y variadas, entre ellas destacamos:

- ✓ Previene la ceguera y refuerza la visión nocturna.
- ✓ Participa en la síntesis de hormonas sexuales.
- ✓ Asegura la suavidad y la hidratación de la piel, ya que ayuda a mantener sanos los epitelios.
- ✓ Favorece el crecimiento, ya que interviene en el desarrollo de los huesos.
- ✓ Previene infecciones, sobre todo de tipo respiratorio, ya que fortalece el funcionamiento del sistema inmunitario.

---

<sup>7</sup> UI: En farmacología, la Unidad Internacional (UI, abreviada alternativamente IU -del inglés International Unit-) es una unidad de medida de la cantidad de una sustancia, basada en su actividad biológica mediada (o sus efectos).

✓ Participa en la síntesis de proteínas y en la diferenciación celular (Pérez & Ruano, 2004).

- **Alteraciones patológicas por deficiencia**

La deficiencia de vitamina A se produce en todo el mundo como consecuencia de una nutrición deficiente o de una malabsorción de grasa. En los niños, las reservas de vitamina A se agotan por las infecciones y su absorción es insuficiente en los recién nacidos. En los adultos, la deficiencia de vitamina A puede aparecer junto a la depleción de otras vitaminas liposolubles en pacientes con síndromes de malabsorción, como la enfermedad celíaca, la enfermedad de Crohn y la colitis (Elsevier Connect , 2018).

- **Toxicidad**

La toxicidad por vitamina A se produce cuando se sobrepasa la capacidad de almacenamiento del hígado, aunque es reversible y poco común en la población general. Los síntomas pueden ser: edema papilar, hidrocefalia, abombamiento de las fontanelas en niños pequeños, cefaleas intensas, alopecia, anorexia, apatía, alteraciones cutáneas, hipomenorrea y retraso del crecimiento, fatiga, irritabilidad, sedación, mareos y alteraciones gástricas y hepáticas.

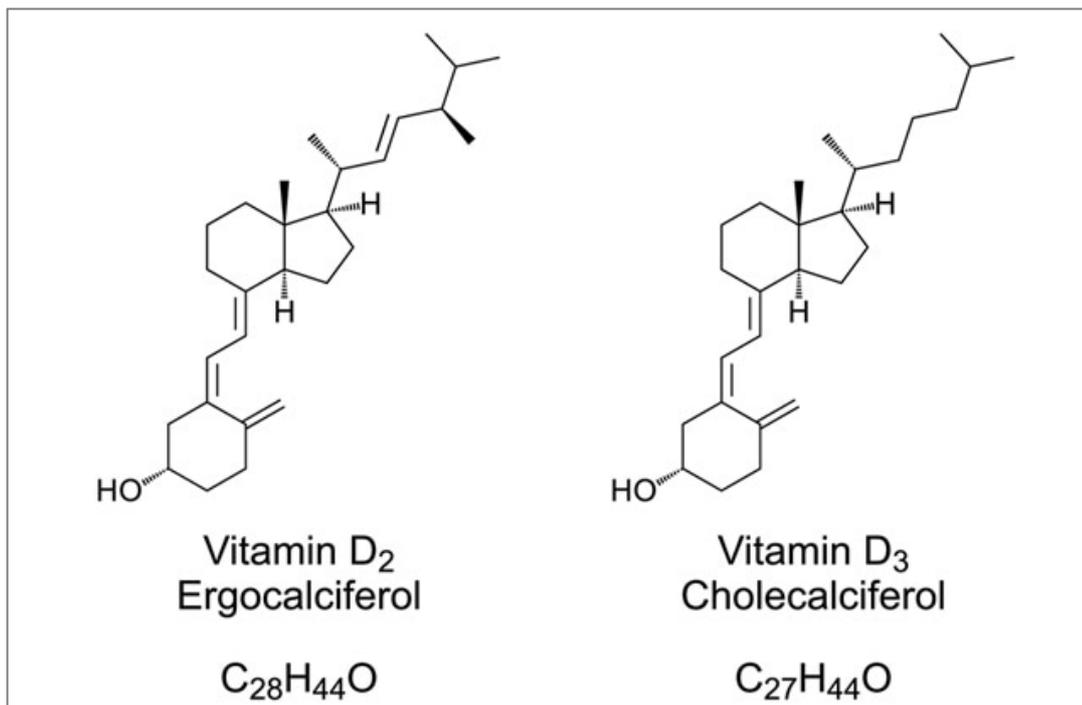
La administración de dosis excesivas de vitamina A puede producir hipervitaminosis especialmente en pacientes con alteración de la función renal o hepática y grandes consumidores de alcohol. Los fumadores que consumen alcohol y betacaroteno presentan mayor riesgo de cáncer de pulmón o enfermedad cardiovascular.

El uso de dosis excesivas de vitamina A durante el embarazo puede producir defectos en el feto, por lo que durante este período es especialmente importante ajustar las dosis de vitamina A a las necesidades de la embarazada (López, Fernández, Martínez, & Ruiz, 2009).

## Vitamina D

Llamada también vitamina-solar, engloba a una serie de esteroides (vitamina D<sub>2</sub> o calciferol, D<sub>3</sub> o colecalciferol, D<sub>4</sub>, D<sub>5</sub> y D<sub>6</sub>) que generan vitamina D por las radiaciones ultravioletas solares en la piel.

Su estructura química es:



*Figura. Estructura química de la Vitaminas D*

- **Fuentes y requerimientos diarios**

Para la mayoría de la gente la exposición al sol es la principal fuente de vitamina D. En los alimentos, la leche suplementada con vitamina D, los huevos, los aceites de hígado de pescado y los pescados azules (como el arenque, la caballa y el salmó) son los más ricos en vitamina D. Son necesarias 400 UI (Giménez, 2002).

- **Funciones**

La función principal de la vitamina D está relacionada con la mineralización de los huesos, ya que desempeña un papel fundamental en el aprovechamiento del calcio y el fósforo necesarios para mantener los huesos y los dientes sanos. También se la conoce como vitamina antirraquítica.

En las mujeres posmenopáusicas la administración de suplementos de calcio, aproximadamente 1,2 g, complementados con vitamina D, 800 UI, es segura, ya que va a reducir el riesgo de fracturas de cadera y vertebrales. La vitamina D también ayuda a mantener las concentraciones adecuadas de calcio en sangre y un buen estado del sistema nervioso (Pérez & Ruano, 2004).

Se la considera una hormona por sus efectos en numerosos tejidos, regulando el metabolismo del calcio según la necesidad del organismo. Conserva la concentración de calcio sérico dentro de un margen fisiológico aceptable para la actividad celular, incrementa la movilización de calcio y las reservas de fosforo en el hueso cuando hay privación de calcio, induciendo a los monocitos a convertirse en osteoclastos maduro. En el intestino regula la absorción de calcio, a nivel renal disminuye su eliminación y en el hueso aumenta la resorción ósea (Shills, 2002).

### **Alteraciones patológicas por deficiencia**

La deficiencia de vitamina D causa raquitismo en niños en crecimiento y osteomalacia en adultos; estas enfermedades esqueléticas tienen distribución mundial. Puede deberse a una deficiencia de calcio y vitamina D en la dieta, pero quizá más importante sea la exposición limitada a la luz solar (p. ej., en mujeres cubiertas con velo, niños nacidos de madres con embarazos frecuentes seguidos de lactancia que causa una carencia de vitamina D y habitantes de países nórdicos con poca luz solar). Otras causas menos frecuentes de raquitismo y osteomalacia son los trastornos renales que provocan un descenso de la síntesis de 1,25-(OH)<sub>2</sub>-D o una depleción de fosfato y trastornos de malabsorción (Elsevier Connect, 2018).

### **Toxicidad**

Si se administran grandes cantidades de vitamina D durante tiempos prolongados puede producirse hipercalcemia, hipercalciuria, anorexia, náuseas, vómitos, poliuria, y depósitos de calcio en los tejidos blandos. Es especialmente importante evitar la sobredosis de vitamina D en madres lactantes, ya que una hipercalcemia prolongada puede conducir a retraso mental y físico, estenosis aórtica y retinopatía en el niño (López, Fernández, Martínez, & Ruiz, 2009).

## Vitamina E

A la vitamina E se la conoce como tocoferol. Agrupa una serie de moléculas muy similares de la que se destaca por su gran actividad el alfa-tocoferol (Pardo Arquero, 2004). Tienen la característica de ser termolábiles. A menudo los suplementos de vitamina E contienen ésteres de tocoferol alfa, como acetato, succinato o nicotinato de tocoferilo alfa. La forma del éster previene la oxidación de vitamina E y prolonga su vida protegida. Excepto en individuos con síndromes de malabsorción, estos ésteres se hidrolizan con facilidad en el intestino y se absorben en su forma no esterificada (Murray RK, 1998). Su estructura química es:

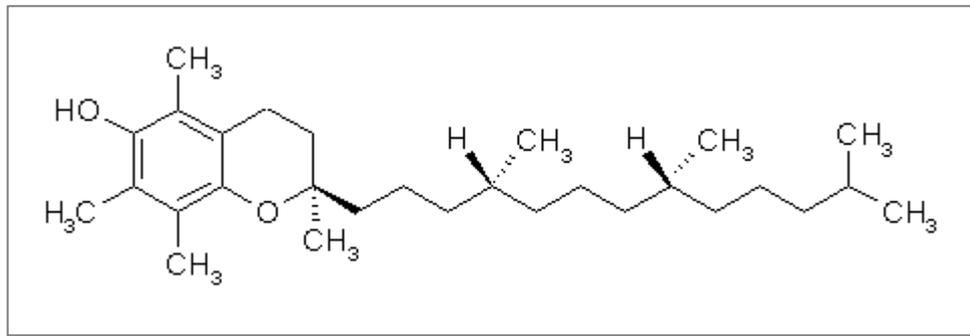


Figura. Estructura química de la Vitamina E

- **Fuentes y requerimientos diarios**

La vitamina E se encuentra en los aceites vegetales, los frutos secos, el germen de trigo, el trigo integral, la yema de huevo y los vegetales de hoja verde. Se recomienda una ingesta de 8 mg al día para las mujeres y 10 para los varones (Giménez, 2002).

- **Funciones**

Dentro de las múltiples funciones atribuidas a la vitamina E vamos a destacar las siguientes:

- ✓ Retrasa el envejecimiento celular, ya que interviene en el mantenimiento de la estructura de las membranas celulares y previene la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y de las proteínas.
- ✓ Tiene acción cicatrizante.

- ✓ Protege los vasos sanguíneos y mantiene los glóbulos rojos frente a la hemólisis.
- ✓ Mantiene la fertilidad sexual y es indispensable en la reproducción de algunos animales.
- ✓ Altas dosis de vitamina E parecen desempeñar un papel importante en la reducción del proceso de progresión del Alzheimer y dosis comprendidas entre 100-400 UI/día mostraron efecto protector frente a las alteraciones cardiovasculares.
- ✓ Administrada a dosis terapéuticas muestra efectos beneficiosos sobre el sistema inmunitario.
- ✓ La vitamina E es una de las vitaminas liposolubles menos tóxicas.

El principal efecto es su potente acción antioxidante. Reacciona con los radicales libres. Además, estimula la agregación plaquetaria y estabiliza las membranas celulares (Miñana, 2015).

- **Alteraciones patológicas por deficiencia**

Es rara y solo se observa en caso de malabsorción, en prematuros de bajo peso y en pacientes con abetalipoproteinemia. El diagnóstico se realiza con la determinación analítica de sus niveles séricos (<5 mg/L). Los síntomas son: anemia hemolítica, trastornos neuromusculares (ataxia cerebelosa y neuropatía periférica) y oftalmológicos (retinopatía pigmentaria) (Miñana, 2015).

- **Toxicidad**

La intoxicación por vitamina E es poco frecuente, pero en ocasiones las dosis elevadas causan riesgo de sangrado, así como debilidad muscular, fatiga, náuseas y diarrea. El diagnóstico de la toxicidad por vitamina E se basa en los síntomas y en los antecedentes relacionados con la ingesta de suplementos de vitamina E. El tratamiento de la toxicidad por vitamina E consiste en dejar de tomar estos suplementos. Si es necesario, con el fin de detener los sangrados se administra vitamina K, que ayuda a coagular la sangre (Johnson, 2020).

## Vitamina K

La vitamina K fue descubierta mientras se realizaban estudios en animales alimentados con dietas libres de grasa. Se observó que algunos presentaron hemorragias subcutáneas, en el musculo y en otros tejidos y que la sangre que se recolectaba de manera ocasional para los exámenes de laboratorio mostraba una coagulación retardada. El factor antihemorrágico, liposoluble, fue denominado vitamina K por Koagulation (Challem, 2010).

Químicamente, se la conoce como K<sub>1</sub> o filoquinona, encontrándose en la naturaleza en los vegetales de hoja verde. Otro compuesto, la vitamina K<sub>2</sub> o menaquinona se produce por la microflora intestinal. La absorción de la filoquinona y de las menaquinonas requiere bilis y jugo pancreático para lograr la máxima eficacia. La vitamina K de la dieta se absorbe en el intestino delgado, se incorpora en los quilomicrones y aparece en la linfa (Challem, 2010). Existen diversas formas de vitamina K, todas ellas con una estructura derivada del isopreno:

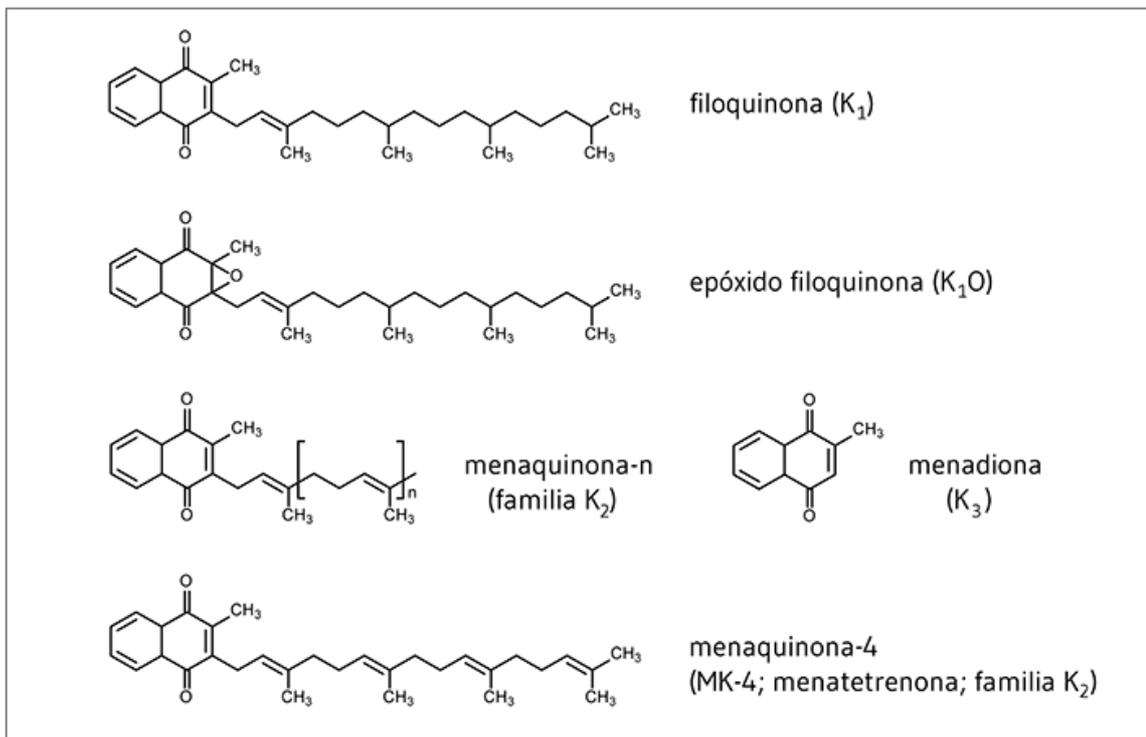


Figura. Estructura química de la Vitaminas K

- **Fuentes y requerimientos diarios**

La vitamina K se encuentra en los vegetales de hoja verde, los huevos, el queso, el cerdo y el hígado son alimentos ricos en vitamina K, cuya cantidad recomendada es de 60-80 mg al día (Giménez, 2002).

- **Funciones**

Dentro de las funciones de esta vitamina, llamada también antihemorrágica, destacamos su participación en la síntesis de protrombrina y otros factores de la coagulación. La vitamina K resulta necesaria para la coagulación sanguínea, mediante la formación de la protrombina (enzima necesaria para la producción de fibrina en la coagulación) (Pardo Arquero, 2004).

Además, participa en la síntesis de proteínas óseas específicas y en el metabolismo de determinadas proteínas fijadoras de calcio (Pérez & Ruano, 2004).

- **Alteraciones patológicas por deficiencia**

En el recién nacido, puede dar una enfermedad hemorrágica precoz, con: cefalohematomas o hemorragia intracraneal y una enfermedad hemorrágica tardía, a los 2-7 días de vida, con sangrado del ombligo o del tracto gastrointestinal. Se diagnostica por tiempos de protrombina muy prolongados e INR (índice internacional normalizado) elevado.

Los recién nacidos deben recibir una dosis de 1 mg de vitamina K IM en las primeras horas de vida. En los recién nacidos pretérmino, las dosis oscilan entre 0,3 y 0,5 mg, según el peso al nacimiento sea mayor o menor de 1.000 g. Las embarazadas que toman anticonvulsionantes deben tomar vitamina K durante el tercer trimestre (Miñana, 2015).

- **Toxicidad**

Ingesta elevada de vitamina K resulta atóxica. (Pardo Arquero, 2004). Para que exista toxicidad por esta vitamina, la ingestión debe ser entre 50-100 veces superior a la diaria recomendada (Pérez & Ruano, 2004).

## Vitaminas Hidrosolubles: Vitamina C, Complejo vitamínico B

Las vitaminas hidrosolubles se llaman así porque son capaces de disolverse en agua en mayor o menor cantidad. Las vitaminas hidrosolubles se encuentran en el agua de nuestro cuerpo, a través de la sangre. Debido a esto, es relativamente fácil eliminar su exceso, ya sea a través de la orina o el sudor. Pertenecen a este grupo la vitamina C, vitaminas del grupo B.

### Vitamina C

La vitamina C o ácido ascórbico (AA) es el principal antioxidante no enzimático hidrosoluble presente en el plasma, donde se encuentra predominantemente en la forma de anión ascorbato ( $AA^-$ ) y en menor medida, como radical ascorbilo ( $AA^{\cdot-}$ ) y anión deshidroascorbato ( $DHA^-$ ). Estas dos últimas moléculas se generan por dos oxidaciones consecutivas reversibles del anión ascorbato<sup>1</sup>. La mayoría de los mamíferos sintetizan AA en el hígado a partir de la glucosa; sin embargo, los humanos, cuyes, primates y ciertos murciélagos carecen de esta capacidad, ya que no poseen la enzima que cataliza el paso final de su biosíntesis (L-gulono-lactona oxidasa) y deben adquirirlo desde la dieta (Villagrán, y otros, 2019). Su estructura química es:

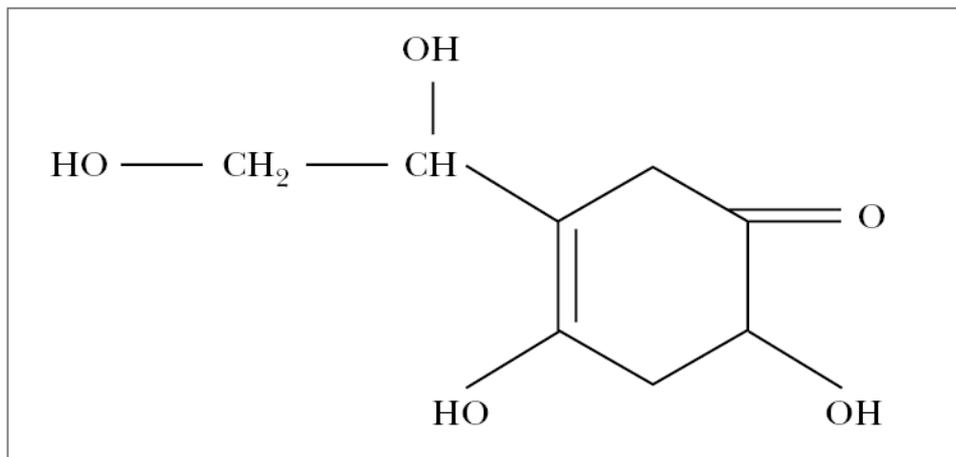


Figura. Estructura química de la Vitamina C

- **Fuentes y requerimientos diarios**

La vitamina C se encuentra en los cítricos, brócoli, coliflor, espinacas, patatas, kiwis, fresas y tomates. Podemos encontrar las siguientes cantidades de vitamina C por cada 100g de los siguientes alimentos: Naranjas 50 mg, kiwis 500 mg, limones 80 mg y pimientos rojos 200 mg. Los productos lácteos, la panadería y los frutos secos apenas aportan vitamina C. Los medicamentos que contienen ácido ascórbico son químicamente idénticos a la forma natural y no tienen ninguna diferencia en cuanto a actividad o biodisponibilidad.

Las dosis diarias recomendadas de ácido ascórbico son de 75 mg/día (mujeres) y 90 mg/día (varones) (Valdés, 2006).

- **Funciones**

Dentro de las funciones ligadas a la vitamina C vamos a destacar:

- ✓ Activa la síntesis de colágeno, ayuda a la curación de las heridas e interviene en la formación de cartílago, huesos y dientes.
- ✓ Por sus propiedades antioxidantes se la ha relacionado con la prevención de cataratas, algunos tipos de cáncer, enfermedades degenerativas y aumento de la resistencia frente a las infecciones.
- ✓ Desempeña un importante papel en los procesos de desintoxicación que tienen lugar en el hígado.
- ✓ Facilita la absorción del hierro contenido en los alimentos de origen vegetal, así, en el tratamiento de la anemia ferropénica es aconsejable la ingestión de vitamina C conjuntamente con el preparado de hierro (Pérez & Ruano, 2004).

- **Alteraciones patológicas por deficiencia**

Una deficiencia de vitamina C produce la supresión de la velocidad de síntesis de polipéptidos de colágeno, independientemente de un efecto en la hidroxilación de la prolina. La vitamina C también tiene propiedades antioxidantes, como son la capacidad de eliminar los radicales libres directamente y participar en reacciones metabólicas que regeneran la forma antioxidante de la vitamina E (Elsevier Connect , 2018).

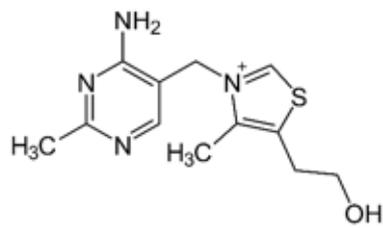
- **Toxicidad**

Un exceso de ingesta puede producir diarrea y aumento de la producción de ácido oxálico, lo que puede favorecer una litiasis renal por la precipitación de los cristales de oxalato (Miñana, 2015).

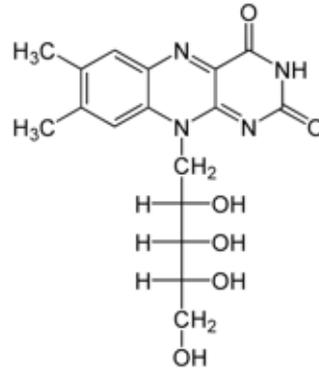
### **Complejo vitamínico B**

El Complejo B es el conjunto de las ocho vitaminas B, que tiene como beneficios el incremento de la energía celular, efecto analgésico ante los dolores neuropáticos y contribuye a la prevención de la anemia perniciosa, debido a que ayuda a la formación de glóbulos rojos en el organismo. Estas son:

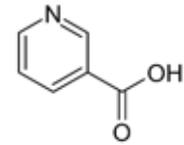
- ✓ Vitamina B1 (tiamina)
- ✓ Vitamina B2 (riboflavina)
- ✓ Vitamina B3 (niacina)
- ✓ Vitamina B5 (ácido pantoténico)
- ✓ Vitamina B6 (piridoxina)
- ✓ Vitamina B7 (biotina)
- ✓ Vitamina B9 (ácido fólico)
- ✓ Vitamina B12 (cobalamina)



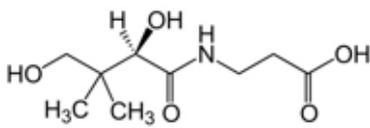
**Vitamina B1 (tiamina)**



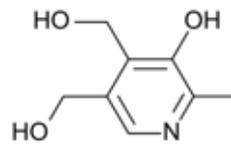
**Vitamina B2 (riboflavina)**



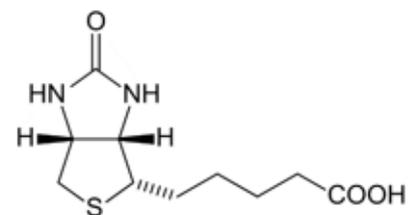
**Vitamina B3 (niacina)**



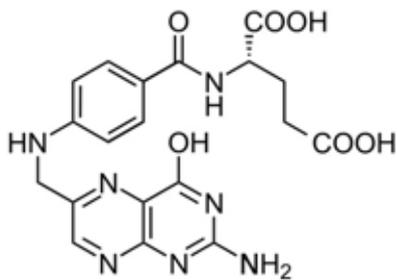
**Vitamina B5 (ácido pantoténico)**



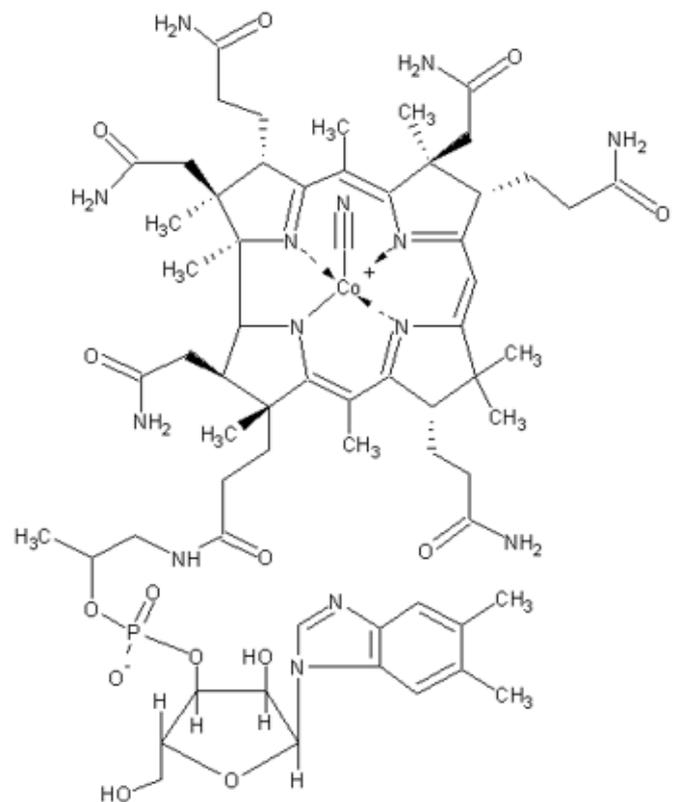
**Vitamina B6 (piridoxina)**



**Vitamina B7 (biotina)**



**Vitamina B9 (ácido fólico)**



**Vitamina B12 (cobalamina)**

*Figura. Estructuras químicas del complejo vitamínico B*

**Vitamina B1.** Es una sustancia cristalina e incolora que recibe los nombres de: tiamina, vitamina anti beriberi y neurina. Esta vitamina tiene la acción de coenzima en el metabolismo de los carbohidratos, necesaria para liberar energía. Además, actúa en la regulación de los componentes del sistema nervioso.

La tiamina se encuentra en gran cantidad, en alimentos como el cerdo, carnes magras, vísceras, huevos, vegetales de hoja verde, cereales, frutos secos y legumbres.

La deficiencia de vitamina B1 puede ocasionar beriberi, esta enfermedad presenta un cuadro clínico de neuritis, atrofia muscular, deficiencia en la coordinación de movimientos pudiendo llegar a una parálisis e incluso la muerte por insuficiencia cardíaca.

El exceso del consumo de alimentos que contienen esta vitamina no suele ser tóxico, 2,3,4 y tiene un requerimiento mínimo diario de 0.5mg/1000 Kcal (Mollinedo & Carrillo, 2014).

**Vitamina B2.** Son alimentos ricos en riboflavina las vísceras de animales, los cereales integrales, las legumbres, el queso, los huevos, la carne, el pescado y los vegetales de hoja verde. Se recomienda una dosis diaria de 1,5 mg.

La riboflavina está implicada en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas, en la utilización de otras proteínas, en la producción de hormonas de las glándulas suprarrenales y en la salud del ojo y de la piel.

Los pacientes que toman medicamentos antipsicóticos, antidepresivos o anticonceptivos orales son susceptibles de tener un déficit de riboflavina. Los síntomas son lesiones en labios, boca, lengua, nariz o ano, ojos inflamados o que pican y piel grasa. El déficit agudo puede producir ambliopía o déficit de agudeza visual, fotofobia o sensibilidad a la luz y, en casos extremos, cataratas (Giménez, 2002).

**Vitamina B3.** Nuestro organismo es capaz de producir una cierta cantidad de niacina a partir del aminoácido triptófano (para conseguir 1 mg de niacina se requieren teóricamente 60 mg de triptófano), pero también se pueden conseguir las cantidades diarias recomendadas, que se estiman en función de la energía consumida (6,6 mg por cada 1.000 calorías) a partir de diferentes alimentos, tales como: almendra, arroz blanco, arroz integral, atún, gallina, hígado de cerdo, hígado de ternera, lubina, queso gruyere, queso manchego, requesón, salmón, soja en grano y té.

Esta vitamina es poco sensible a la acción del calor, pero pasa al agua de cocción y si ésta no se consume, el aporte vitamínico se pierde. Dentro de sus funciones destacamos:

- ✓ Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono, grasas y proteínas.
- ✓ Presenta funciones relacionadas con el sistema nervioso, aparato digestivo y piel.

Es poco frecuente encontrarnos frente a estados carenciales de niacina, si bien, en los países del tercer mundo todavía sigue existiendo pelagra, una enfermedad caracterizada por alteraciones en la piel, dermatitis, diarrea y demencia que incluso puede llegar a producir la muerte de quien la presenta (Pérez & Ruano, 2004).

**Vitamina B5.** El ácido pantoténico interviene como parte de la coenzima-A en el ciclo de Krebs, en el metabolismo de proteínas, azúcares y grasas. Abunda en muchos alimentos y también es fabricado por bacterias intestinales.

Fuentes principales

Se encuentra prácticamente en todos los alimentos. Las fuentes mayoritarias son las vísceras, la yema de huevo y la leche. Su deficiencia aislada es excepcional (Miñana, 2015).

**Vitamina B6.** Conocida también como piridoxina. La piridoxina es requerida para la absorción y el metabolismo de proteínas. Actuando también en la degradación del colesterol y en la formación de anticuerpos.

Las mejores fuentes de vitamina B6 son los granos enteros, cereales, pan, hígado, aguacate, espinaca, judías verdes (ejotes) y plátano.

Las carencias de vitamina B6 se manifiestan con alteraciones en la piel, grietas en la comisura de los labios, lengua depapilada, convulsiones, mareos, náuseas, anemia y piedras en el riñón. Ingesta elevada de vitamina B6 parece resultar atóxica (Pardo Arquero, 2004).

**Vitamina B7.** También llamada biotina, vitamina H. Los alimentos que contiene vitamina B7 son: Chocolate, cereal, yema de huevo, leche legumbres, nueces, vísceras (hígado, riñón), carne de cerdo, levadura (Carrera Castro, 2013).

Se recomienda una ingesta diaria de unos 200 µg. La biotina es un factor de crecimiento

esencial que se encuentra en cada una de las células del organismo. Está implicada en las reacciones enzimáticas del metabolismo de las proteínas, los hidratos de carbono, los ácidos grasos y de la síntesis de ADN en las células.

La biotina se encuentra distribuida en muchos alimentos, por lo que su déficit es, raro, pero el consumo elevado de alcohol y la toma de anticonceptivos orales puede aumentar sus necesidades orgánicas. La depresión, la fatiga, las erupciones cutáneas y el retraso del crecimiento en los niños son algunos de los síntomas que produce su déficit (Giménez, 2002).

**Vitamina B9.** Es más conocida como ácido fólico, pero también recibe otras denominaciones como folato y folacina. La principal labor de esta vitamina es actuar como coenzima en el transporte de fragmentos simples de carbono, además de participar en la síntesis de bases nitrogenadas (guanina, adenina, pirimidina, timina) esenciales para la división celular.

La vitamina B9, como componente natural de los alimentos se denomina folato y cuando se obtiene artificialmente recibe el nombre de ácido fólico. La fuente alimentaria principal de la que proviene esta vitamina es de carnes, hígado, huevos, leche, semillas de sésamo, cereales integrales y verduras de hojas verdes.

El ácido fólico se almacena en el hígado y los requerimientos nutricionales diarios no son tan considerables (400mcg.) (Mollinedo & Carrillo, 2014).

**Vitamina B12.** La cobalamina o vitamina B12 es necesaria en cantidades ínfimas. Se denomina cobalamina, pues tiene un anillo porfirínico asociado a un átomo de cobalto. Se conocen cuatro derivados activos: vitamina B12a o cianocobalamina, vitamina B12b o hidroxicobalamina, vitamina B12c o nitrocobalamina y -cobalamina.

Resulta necesaria para la formación de proteínas y glóbulos rojos, y para el funcionamiento del sistema nervioso.

Se encuentra sólo de fuentes animales: hígado, riñones, carne, pescado, huevos y leche. A los vegetarianos se les aconseja tomar suplementos de vitamina B12. También puede ser producida por bacterias. Los animales superiores la obtienen gracias a las bacterias intestinales.

La insuficiencia de cobalamina suele deberse a la incapacidad del estómago para producir una glicoproteína que ayuda a absorber esta vitamina, generando anemia perniciosa. Los síntomas asociados son: mala producción de glóbulos rojos, síntesis defectuosa de mielina (vainas de células nerviosas) y pérdida del epitelio (cubierta) del tracto intestinal. La elevada ingesta de vitamina B12 parece resultar atóxica (Pardo Arquero, 2004).

## Bibliografía

- Carrera Castro, C. (2013). En la naturaleza está la respuesta: “Micronutrientes: las vitaminas, agentes terapéuticos en las heridas”. *Enfermería Global*, 12(31), 273-289.
- Challem, J. &. (2010). *Vitaminas y minerales esenciales para la salud: Los nutrientes fundamentales para potenciar tu energía y aumentar tu vitalidad*. Madrid: Ediciones Nowtilus SL.
- Elsevier Connect . (19 de junio de 2018). *Vitaminas: principales funciones y síndrome de deficiencia*. Obtenido de Elsevier: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/vitaminas-principales-funciones-y-sindrome-de-deciencia>
- Giménez, S. (2002). Vitaminas Componentes esenciales. *Farmacia Profesional*, 16(6), 62-67.
- Guyton AC., H. J. (2003). *Tratado de fisiología médica*. México : Mc Graw Hill.
- Johnson, L. (noviembre de 2020). *Exceso de vitamina E*. Obtenido de Manual MSD para el usuario: <https://www.msmanuals.com/es/hogar/trastornos-nutricionales/vitaminas/exceso-de-vitamina-e>
- López, A., Fernández, M., Martínez, M., & Ruiz, I. (2009). Vitaminas liposolubles. Guía para una correcta dispensación. *Farmacia Profesional*, 23(6), 41-44.
- Miñana, V. (2015). Vitaminas y oligoelementos. *Pediatría integral*, 19(5), 324-336.
- Mollinedo, M., & Carrillo, K. (2014). Absorción, excreción y metabolismo de las vitaminas hidrosolubles. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 2146-2150.
- Murray RK, M. P. (1998). *Bioquímica de Harper* . México: Ed. México DF.
- Pardo Arquero, V. P. (2004). La importancia de las vitaminas en la nutrición de personas que realizan actividad físico deportiva. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 4(16), 233-242.

- Pérez, M., & Ruano, A. (2004). Vitaminas y salud. Aportación vitamínica al organismo. *Ámbito Farmacéutico Nutrición*, 23(8), 96-106.
- Shills, M. (2002). *Nutrición moderna en salud y en enfermedad*. : McGraw-Hill Interamericana.
- Valdés, F. (2006). Vitamina C. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 97(9), 557-568.
- Villagrán, M., Muñoz, M., Díaz, F., Troncoso, C., Celis, C., & Mardones, L. (2019). Una mirada actual de la vitamina C en salud y enfermedad. *Revista chilena de nutrición*, 46(6), 800-808. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000600800>

# Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,  
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>  
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

compAs  
Grupo de capacitación e investigación pedagógica

   @grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

ISBN: 978-9942-33-470-1



@grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

**compAs**  
Grupo de capacitación e investigación pedagógica