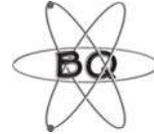


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMAL  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS FASE I  
Unidad Didáctica: BIOQUÍMICA MÉDICA  
2º AÑO, CICLO ACADÉMICO 2,007.



## CONCEPTOS DE BIOQUÍMICA BASICA

Dr. Mynor A. Leiva Enríquez

### INTRODUCCIÓN:

Este documento ha sido elaborado con la finalidad de hacer un repaso acerca de las *bio-moléculas fundamentales* que serán estudiadas durante el *curso de BIOQUÍMICA*, del presente año. Es indispensable que se puedan reconocer sus diferencias estructurales desde el principio para que se haga más fácil explicar la secuencia de los cambios que sufren en nuestro organismo. Se mencionan aspectos que fueron vistos en forma general en los cursos de *Química* y de *Biología*, que serán la base para la explicación de las vías metabólicas con las que nuestro organismo hace que dichas moléculas se transformen, desde que ingresan como componentes de los *nutrientes*, hasta que son convertidas en *energía*, *reservas* o son degradadas para eliminarlas como *desechos*.

### CARBOHIDRATOS.

Los azúcares, almidones y celulosas pertenecen a un grupo de compuestos llamados *CARBOHIDRATOS*. La mayoría de los compuestos de este tipo, tienen la *fórmula general adjunta*. Los carbohidratos son las principales sustancias constituyentes de las plantas. Son alimento importante para animales: sirven como fuente de energía y proporcionan cadenas carbonadas para los compuestos que son sintetizados por los organismos vivientes.



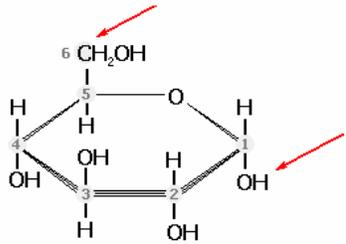
### Funciones Biológicas:

- Fuente y almacenamiento de Energía.
- Elementos estructurales y de protección.
- Reconocimiento y adhesión entre células.
- Unión covalente a proteínas y lípidos (glicoconjugados) que puede determinar localización celular o Destino Metabólico.

### Características Estructurales:

- Compuestos de C, H y O (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>
- Grupos funcionales
  - Carbono carbonílico (C=O)
  - Hidroxilo (-OH)
- La posición del carbonílico determina formación de:
  - Aldosas (polihidroxi aldehidos)
  - Cetosas (polihidroxi cetonas)
- Carbohidratos derivados pueden contener N, P, S.

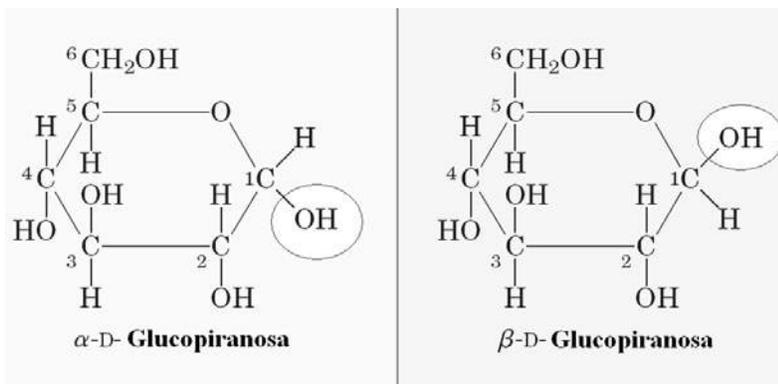
El centro de este grupo lo ocupa el Carbono 6. Si se representa "afuera del anillo" se trata del isómero D - Glucosa. El isómero L - Glucosa tiene el grupo "dentro del anillo" y el H "afuera".



Este extremo del anillo corresponde a la posición del Carbono 1. Si el grupo OH está representado hacia abajo, corresponde al isómero ALFA. En el isómero BETA está hacia arriba.

Estructura del isómero  $\alpha$ -D-Glucosa

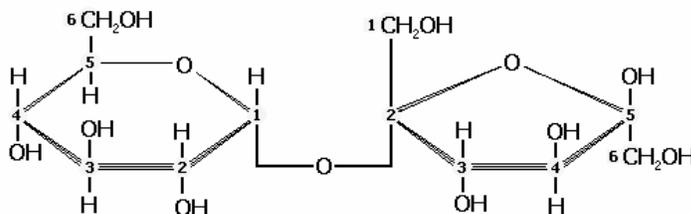
Los carbohidratos más sencillos son los **monosacáridos** o azúcares simples. El monosacárido más importante es la **GLUCOSA**. Es el azúcar más abundante que se encuentra en la naturaleza. En los animales es un constituyente normal muy importante de la sangre, de donde difunde a los tejidos donde se utiliza como la principal fuente de energía metabólica.



La unión de dos moléculas de monosacárido produce un **Disacárido**. El enlace se forma entre un oxidrilo de un monosacárido con otro oxidrilo proveniente de otra molécula de carbohidratos (sea monosacárido, disacárido, polisacárido...) o de sustancias que presenten un radical OH reaccionable (agluconas) con la consiguiente eliminación de una molécula de agua.

El **enlace glucosídico** que se forma entre dos residuos de glucosa se designa como  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4) para especificar que el carbono anomérico de la primera molécula (carbono de la posición 1), que interviene en el enlace glucosídico, tiene su grupo OH en la configuración **alfa** (hacia abajo) y que está unido al carbono de la posición 4 de la segunda molécula de glucosa. Y se designa como  $\beta$  cuando el carbono anomérico del primer monosacárido tiene su grupo OH en la posición **beta** (hacia arriba).

### Sacarosa: Producto final de la fotosíntesis.



Glc $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 2) Fru $\beta$

El carbono 1 de la glucosa se une al carbono 2 de la fructosa

Los **disacáridos** están compuestos por dos unidades de monosacáridos. La **sacarosa**, el azúcar de la caña, es un disacárido. La hidrólisis ácida de la sacarosa produce los dos azúcares sencillos **D-Glucosa** y **D-Fructosa**.

Los **Oligosacáridos** son los compuestos que por hidrólisis dan de 2 a 8 moléculas de monosacáridos. La **maltotriosa** es un ejemplo, trisacárido que contiene tres moléculas de  **$\alpha$ -D-Glucosa**.



Una de las características notables de los azúcares es el **Isomerismo**. Los compuestos que tienen *la misma fórmula estructural pero diferente configuración espacial se conocen como estereoisómeros*. La presencia de átomos de carbono **asimétricos** (que están unidos a cuatro átomos o grupos diferentes), permite la formación de **isómeros**. El número de isómeros posibles de un compuesto depende del número de átomos de carbono asimétricos (n) y es igual a  $2^n$ .

Los azúcares forman **glucósidos** con otros compuestos y entre sí. Los **glucósidos** son compuestos formados de la condensación *entre el grupo hidroxilo del carbono anomérico de un monosacárido y un segundo compuesto que puede ser o no otro monosacárido*. Si el segundo grupo es un hidroxilo, el enlace O-glucosídico es un enlace *acetal* debido a que resulta de una reacción entre un grupo semiacético (formado de un grupo aldehído) y un grupo -OH. Si la porción semiacética es la glucosa, el compuesto resultante es un **glucósido** (por ejemplo la unión de adenina y ribosa que forman la adenosina, un precursor del ATP). Si es la galactosa, un **galactósido**. Si es una amina se forma un enlace **N-glucosídico**.

Los **desoxiazúcares** carecen de un oxígeno en una posición de su estructura molecular. Son aquellos en los cuales un grupo hidroxilo unido a la estructura cíclica, ha sido reemplazado por un átomo de hidrógeno. Ejemplos son la **desoxirribosa** que existe en los ácidos nucleicos (ADN), la desoxi-L-fucosa y la 2 desoxiglucosa, un inhibidor importante del metabolismo de la glucosa.

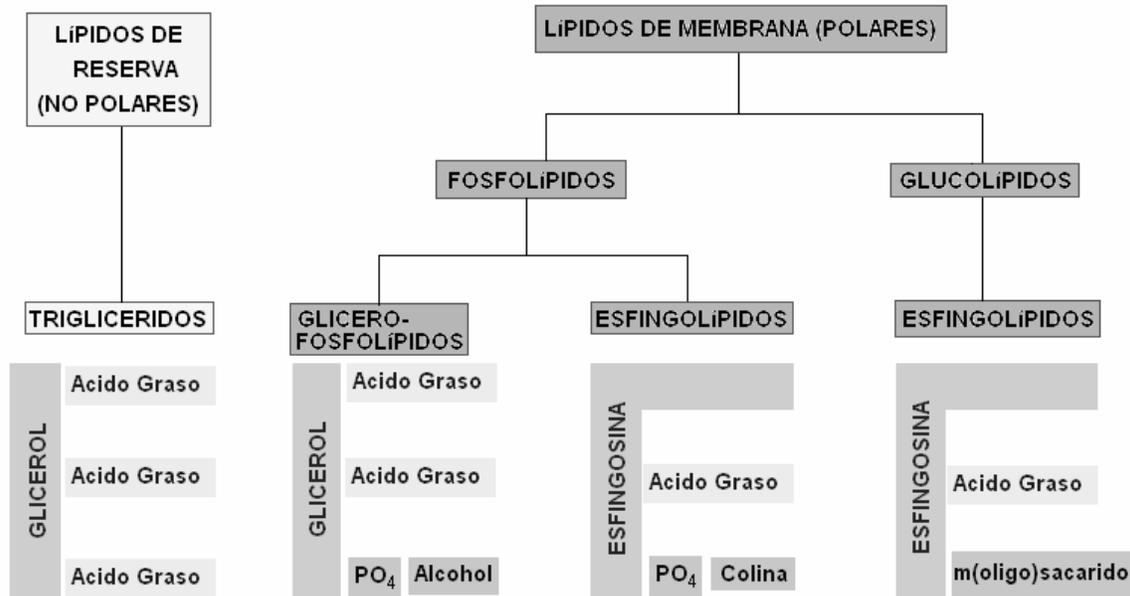
Los **amino azúcares o hexosaminas** son componentes de Glucoproteínas, gangliósidos y glucosaminoglucanos. Ejemplos de amino azúcares son la D-Glucosamina, la D-Galactosamina y la D-Manosamina, las cuales han sido identificadas en la naturaleza. La Glucosamina es un constituyente del Ácido Hialurónico. La Galactosamina o Condrosamina es un componente de la Condroitina, fundamental en los cartílagos.

**Cuadro 1. Resumen de Carbohidratos más importantes**

	<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Componentes</u></b>	<b><u>Función principal</u></b>
<b>Monosacáridos</b>	-Ribosa y Desoxirribosa -Glucosa -Fructosa -Galactosa	-pentosa, 5-carbonos -hexosa 6 carb. -hexosa 6 carb. -hexosa 6 carb.	-Integrar nucleótidos: ATP, DNA, RNA. -Energía / reservas. -Es convertida en glucosa. -Es convertida en glucosa.
<b>Disacáridos</b>	-Sacarosa -Maltosa -Lactosa	Glucosa +Fructosa Glucosa + Glucosa Galactosa+Glucosa	-Energía. -Energía. -Energía.
<b>Polisacáridos</b>	-Almidón -Glucógeno -Celulosa	$\alpha$ -D-Glucosa $\alpha$ -D-Glucosa $\beta$ -D-Glucosa	Reserva energética vegetal. Reserva energética animal. Fibra dietética no digerible.

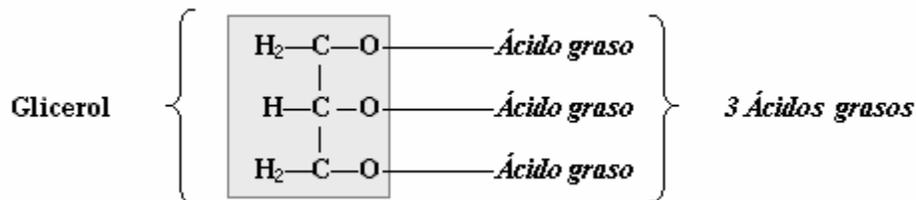
## LÍPIDOS:

Los lípidos se definen en forma operativa como biomoléculas que son solubles en solventes orgánicos, como cloroformo y metanol. No son solubles en agua. En particular los triglicéridos (o triacilgliceroles), son una fuente concentrada de energía química y representan un importante alimento. Las membranas celulares son bicapas de lípidos que contienen proteínas. Los fosfolípidos y el Colesterol son componentes de las membranas de los eucariotas.



Los lípidos se clasifican como **Simple**s y **Complejos**. Los lípidos simples están constituidos por ésteres de ácidos grasos con diversos alcoholes.

- a) **Grasas:** Son ésteres de ácidos grasos con **Glicerol** (constituyen los triglicéridos). Una grasa en estado líquido se denomina ACEITE.



- b) **Ceras.** Son ésteres de ácidos grasos con alcoholes monohídricos de peso molecular mucho más elevado (con más carbonos que el Glicerol).

Los lípidos complejos están constituidos por ésteres de ácidos grasos que contienen otros grupos químicos además de un alcohol y del ácido graso.

- a) **Fosfolípidos:** Contienen un ácido graso, un alcohol y un residuo de **ácido fosfórico**. Con frecuencia tienen bases nitrogenadas y otros sustituyentes, por ejemplo en los **glicero-fosfolípidos** el alcohol es el glicerol y en los **esfingolípidos** el alcohol es la esfingosina.
- b) **Glucolípidos (glucoesfingolípidos):** Contienen un ácido graso, esfingosina y carbohidratos.
- c) **Otros lípidos complejos: sulfolípidos, aminolípidos y lipoproteínas.**

**Lípidos precursores:** Incluyen ácidos grasos, glicerol, esteroides, alcoholes diferentes al glicerol y esteroides, aldehídos de las grasas.

**Lípidos derivados:** Incluyen a los cuerpos cetónicos, hidrocarburos, vitaminas liposolubles y hormonas.

**Lípidos neutros:** Incluyen a todas las moléculas que no poseen carga eléctrica como los Acilgliceroles, el Colesterol, los triglicéridos y los ésteres de Colesterol.

**ÁCIDOS GRASOS.** Están representados por la fórmula general, del recuadro, en donde R es un grupo alquilo formado por Carbono e Hidrógeno. Son ácidos carboxílicos de largas cadenas lineales. Algunos de ellos son **saturados** (sin enlaces dobles C=C) y algunos son **insaturados**, conteniendo uno o más dobles enlaces en su cadena. Los ácidos grasos están divididos en clases de **cadena corta** cuando tienen 2 a 4 átomos de carbono, **cadena mediana** cuando tienen de 6 a 10 átomos de carbono y **cadena larga** de 12 a 26 átomos de carbono. La mayor parte de los ácidos grasos que se encuentran en las células humanas son de *cadena larga*. Casi todos los ácidos grasos de la naturaleza contienen un número par de átomos de carbono. De la misma forma que los aminoácidos, a pH fisiológico, los ácidos grasos se encuentran como **carboxilatos aniónicos:**



La cadena de alquilo, hidrofóbica, y el grupo carboxilato, hidrofílico, confieren a los ácidos grasos propiedades de detergentes. El extremo de la cadena que corresponde a **R** (del alquilo) no tiene carga eléctrica, por lo que busca un medio no polar, y el carboxilato ( $--COO^-$ ) con carga negativa, busca un medio acuoso.

La concentración de ácidos grasos en la circulación es de 0.5 a 0.7 mM, y la mayor parte de éstos se encuentran unidos a la albúmina. Los ácidos grasos libres no se encuentran como constituyentes estructurales de las membranas.

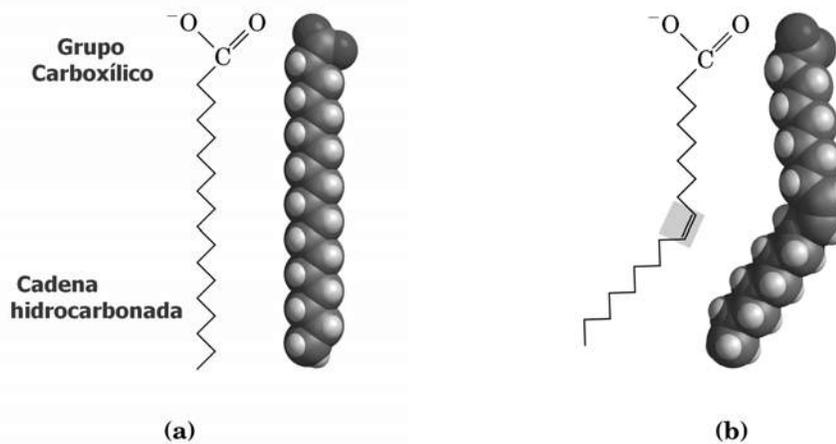
Los **Ácidos grasos insaturados** contienen una o más *dobles ligaduras*. Se pueden subdividir según el grado de insaturación en:

- a) Ácido **Monoinsaturado** cuando contiene solo UN DOBLE ENLACE, denominándose también como *monoetenoide o monoenoico*.
- b) Ácido **Poliinsaturado** cuando contiene DOS O MÁS DOBLES ENLACES, denominándose también como *polietenoide o polienoico*.
- c) **Eicosanoides** son compuestos derivados de los ácidos grasos eicosapolienoicos (de 20 carbonos). Comprenden
  - i) --los **Prostanoïdes** (entre los cuales se incluyen a las Prostaglandinas (PG), Prostaciclina (PGI) y Tromboxanos (TX), y
  - ii) --los **Leucotrienos** (LT)

**Nomenclatura de los ácidos grasos**

Cuadro 2: a) **Ácidos Grasos Saturados:**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre sistémico</b>	<b>No. de carbonos / dobles enlaces</b>
Cáprico	n-Decanoico	10 : 0
Láurico	n-Dodecanoico	12 : 0
Mirístico	n-Tetradecanoico	14 : 0
Palmítico	n-Hexadecanoico	16 : 0
Esteárico	n-Octadecanoico	18 : 0
Araquídico	n-Eicosanoico	20 : 0
Behénico	n-Docosanoico	22 : 0



Cuadro 3: b) **Ácidos Grasos Insaturados:**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre sistémico</b>	<b>No. de carbonos / dobles enlaces</b>
Palmitoléico	<i>cis</i> -9-Hexadecaenoico	16 : 1, cΔ9
Oleico	<i>cis</i> -9-Octadecaenoico	18 : 1, cΔ9
Linoleico	<i>Cis, cis</i> -9,12-Octadecadienoico	18 : 2, cΔ9,12
Linolénico	todo- <i>cis</i> -9,12,15-Octadecatrienoico	18 : 3, cΔ9,12,15
Araquidónico	todo- <i>cis</i> -5,8,11,14-Eicosatetraenoico	20 : 4, cΔ5,8,11,14

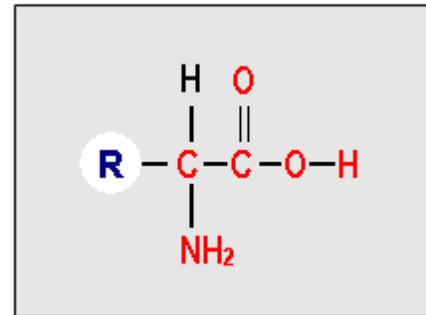
Los **TRIGLICERIDOS** son compuestos que contienen glicerol al cual están unidos tres ácidos grasos o tres grupos acilo (ver página 4). El Glicerol es un compuesto con tres átomos de carbono, cada uno de los cuales contiene una cadena lateral de alcohol. Las ligaduras que unen a un ácido graso con su alcohol son **enlaces éster** de baja energía. Las uniones éster son prevalentes en los lípidos. Un éster se tipifica por la unión **R—O—G**, en la que “G” representa el átomo central de un ácido inorgánico. En la formación de ésteres, cuando se rompe el enlace oxígeno—hidrógeno se libera una molécula de agua.

Las *grasas y aceites* son utilizados como combustibles por el cuerpo humano y el CO<sub>2</sub> y el agua son productos de su oxidación. Las grasas también se almacenan como una reserva de energía. Los carbohidratos en exceso pueden convertirse en grasas y luego almacenarse. Las grasas y aceites son también utilizados por el cuerpo en la síntesis de tejidos.

Cuando las grasas y aceites se calientan con soluciones acuosas de bases, se obtienen, el glicerol y las sales de los ácidos grasos. El proceso se llama *saponificación* y se utiliza para la elaboración de jabón. Los jabones son *sales de ácidos grasos*. El tipo de jabón obtenido depende, naturalmente, de la base usada en la saponificación. Los jabones de sodio, **R—COO—Na<sup>+</sup>** son los más comunes.

### PROTEÍNAS:

Las proteínas son macromoléculas que contienen pesos moleculares entre 6,000 a 1,000,000 o más. Están formadas por *Aminoácidos*, que constituyen la *unidad estructural*, caracterizados por estar formados con un ácido carboxílico y un grupo amino (—NH<sub>2</sub>), enlazados al carbono alfa. La fórmula general de estos compuestos se muestra a la derecha:



El grupo NH<sub>2</sub> se comporta como Base (acepta protones) y reaccionará con ácidos para formar —NH<sub>3</sub><sup>+</sup>. A bajos valores de pH, un aminoácido existe como un catión que se moverá hacia el polo negativo de un campo eléctrico. El extremo ocupado en la posición representada con **“R”** en la fórmula, varía considerablemente, y de su naturaleza dependerá a qué familia corresponde el aminoácido.

#### Cuadro No. 4: Aminoácidos encontrados en las proteínas.

##### 4-a) Aminoácidos con cadenas alifáticas

<b>GLICINA (Gli)</b> <i>No esencial</i>	$\begin{array}{c} H-CH-COO^- \\   \\ NH_3^+ \end{array}$
<b>ALANINA (Ala)</b> <i>No esencial</i>	$\begin{array}{c} CH_3-CH-COO^- \\   \\ NH_3^+ \end{array}$
<b>VALINA (Val)</b> <u>ESENCIAL</u>	$\begin{array}{c} CH_3-CH-CH-COO^- \\   \quad   \\ CH_3 \quad NH_3^+ \end{array}$
<b>LEUCINA (Leu)</b> <u>ESENCIAL</u>	$\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2-CH-COO^- \\   \quad \quad   \\ CH_3 \quad \quad NH_3^+ \end{array}$
<b>ISOLEUCINA (Ile)</b> <u>ESENCIAL</u>	$\begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH-CH-COO^- \\   \quad \quad   \\ CH_3 \quad \quad NH_3^+ \end{array}$

**4-b) Aminoácidos con grupos hidroxílicos (OH)**

SERINA (Ser) <i>No esencial</i>	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH—COO}^- \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$
TREONINA (Tre) <b><u>ESENCIAL</u></b>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH—COO}^- \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$
TIROSINA (Tir) <i>No esencial</i>	Véase adelante

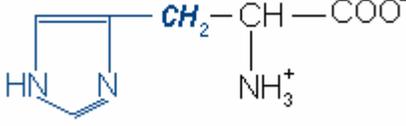
**4-c) Aminoácidos con Azufre**

CISTEÍNA (Cis) <i>No esencial</i>	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH—COO}^- \\   \quad   \\ \text{SH} \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$
METIONINA (Met) <b><u>ESENCIAL</u></b>	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH—COO}^- \\   \quad   \\ \text{S—CH}_3 \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$

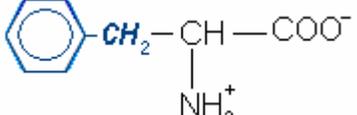
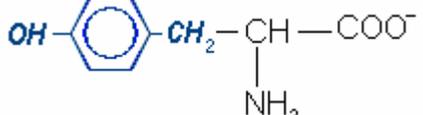
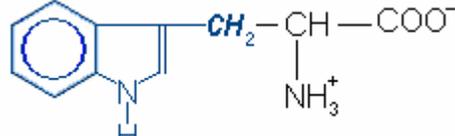
**4-d) Aminoácidos con ácidos o sus amidas**

ÁCIDO ASPÁRTICO (Asp) <i>No esencial</i>	$\begin{array}{c} ^-\text{OOC—CH}_2\text{—CH—COO}^- \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
ASPARAGINA (Asn) <i>No esencial</i>	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N—C—CH}_2\text{—CH—COO}^- \\    \quad   \\ \text{O} \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$
ÁCIDO GLUTÁMICO (Glu) <i>No esencial</i>	$\begin{array}{c} ^-\text{OOC—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH—COO}^- \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
GLUTAMINA (Gln) <i>No esencial</i>	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N—C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH—COO}^- \\    \quad   \\ \text{O} \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$

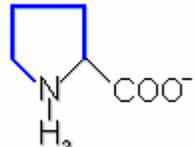
**4-e) Aminoácidos con Grupos Básicos**

<p><b>ARGININA (Arg)</b> <i>ESENCIAL</i></p>	$\begin{array}{c} H-N-CH_2-CH_2-CH_2-CH-COO^- \\   \qquad \qquad \qquad   \\ C=NH_2^+ \qquad \qquad NH_3^+ \\   \\ NH_2 \end{array}$
<p><b>LISINA (Lis)</b> <i>ESENCIAL</i></p>	$\begin{array}{c} CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH-COO^- \\   \qquad \qquad \qquad   \\ NH_3^+ \qquad \qquad \qquad NH_3^+ \end{array}$
<p><b>HISTIDINA (His)</b> <i>ESENCIAL</i> Incluirla también en el siguiente grupo.</p>	

**4-f) Aminoácidos con Anillos Aromáticos**

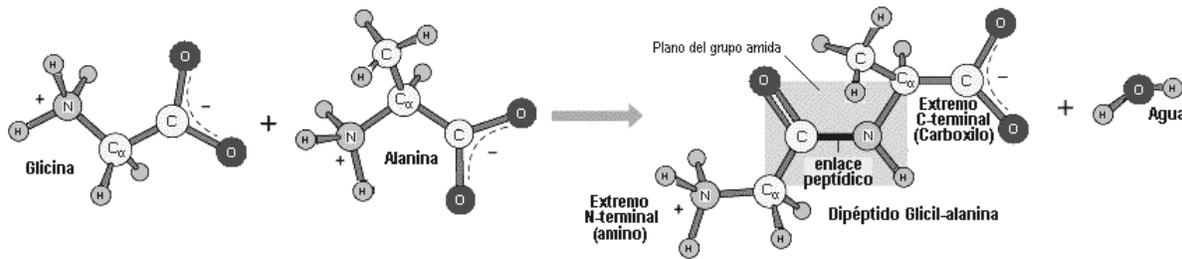
<p><b>FENILALANINA (Fen)</b> <i>ESENCIAL</i></p>	
<p><b>TIROSINA (Tir)</b> <i>No esencial</i></p>	
<p><b>TRIPTÓFANO (Trp)</b> <i>ESENCIAL</i></p>	

**4-g) Aminoácido con grupo Imidazólico**

<p><b>PROLINA (Pro)</b> <i>No esencial</i></p>	
--	--

De los 20 aminoácidos que se requieren para las funciones de nuestras células, 10 pueden ser sintetizados si el ambiente celular contiene suficientes fuentes de carbono y nitrógeno. Los otros 10 son denominados *aminoácidos esenciales* y deben ser obtenidos a partir de los alimen-

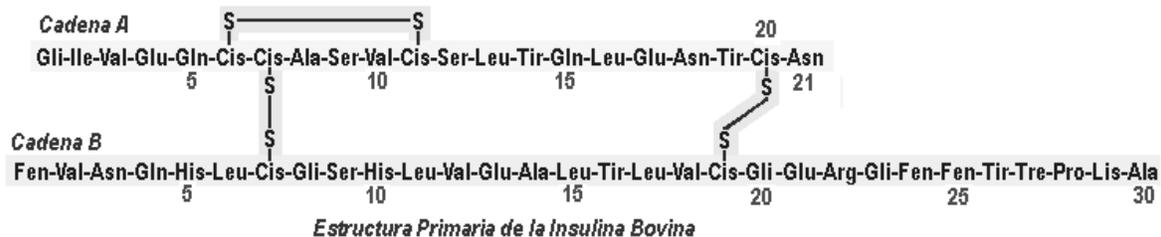
tos. De éstos, 8 son esenciales en todo momento de la vida. Los otros dos (Arginina e Histidina) son necesarios en la dieta sólo en etapas de rápido crecimiento, como en la infancia.



Adaptado de *Bioquímica de Mathews, Van Holde y Ahern, 3ª Edición.*

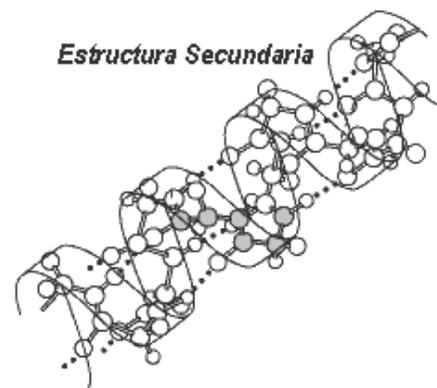
La combinación de un grupo alfa-aminoácido con el grupo carboxilo de otro aminoácido, es lo que constituye un **enlace peptídico**. El compuesto resultante es un **dipéptido**. Un **tripéptido** contiene tres aminoácidos. Un **oligopéptido** tiene varios y un **polipéptido** tiene muchos. El enlace peptídico forma un enlace covalente único. Tanto el carbonilo como los grupos *amida* sustituidos se encuentran en un plano, y la rotación alrededor del enlace C—N está prohibida, lo que limita el número de variantes en las conformaciones que puede asumir la cadena polipeptídica.

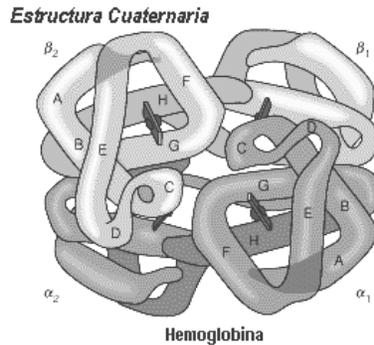
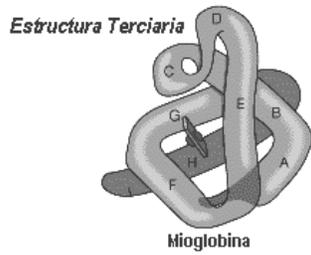
La **estructura de las proteínas** se considera en cuatro niveles:



La **Estructura Primaria** se refiere a la secuencia de los aminoácidos en la cadena peptídica y a la naturaleza y posición de cualquier derivado unido a ella en forma covalente. Está determinada desde la secuencia de nucleótidos del ADN, que determina la secuencia de los aminoácidos de cada posición.

La **Estructura Secundaria** se refiere a la forma que adopta en el espacio, la cadena en función de la formación de **puentes de hidrógeno**: **a)** puede formarse un puente entre un grupo carboxilo de una unión peptídica y el grupo N—H del enlace peptídico de otro segmento proteico de la misma cadena, formando una **hélice alfa**, o **b)** puede formarse el puente entre grupos N—H y C=O (carbonilo) de residuos separados de la cadena formando las **hojas plegadas beta** o **láminas beta**. Estas cadenas se encuentran completamente estiradas a partir de su terminal **amino** hasta su terminal **carboxi** y se denominan **hebras β**.





La **Estructura Terciaria** se refiere al ordenamiento tridimensional de los diferentes componentes (**hélices  $\alpha$**  o **hebras  $\beta$** ) de una proteína, que les hace formar un conjunto esférico, elipsoide, globular irregular, elongado, etc. Algunas proteínas como la albúmina o la mioglobina, sólo hasta este nivel pueden llegar porque están formadas por una sola cadena peptídica.

La **Estructura Cuaternaria** se refiere a la manera como se acoplan las *subunidades* de una proteína formada por varias cadenas independientes. Cada cadena es un monómero en una proteína polimérica (o multimérica). Por ejemplo, la **hemoglobina** está formada por 4 subunidades llamadas individualmente **Globinas**, y la interacción entre ellas y la acomodación tridimensional que presentan, tiene efectos muy determinantes en su *función de transferencia de Oxígeno* a los tejidos.

Adaptado de *Bioquímica de Mathews, Van Holde y Ahern, 3ª. Edición.*

## UNIONES INTERMOLECULARES.

**Enlace Covalente** es el que está formado entre dos átomos que comparten electrones y completan de esa forma el número necesario en sus orbitales externos. La energía de enlace oscila entre 300 a 400 kJ/mol. Los más importantes son las uniones **C—C** y **C—H**. Los átomos que han perdido o ganado electrones están eléctricamente cargados. Estos átomos reciben el nombre de **iones**.

**Enlace no Covalente** es el que tiene energías de enlace más débil (10 a 100 veces menor que las uniones covalentes) y eso les permite romperse y volver a formarse continuamente en la interacción molecular dinámica que es la vida. Esencialmente son interacciones de naturaleza electrostática: dependen de las fuerzas que las cargas eléctricas ejercen entre ellas. La primera ley que gobierna esas acciones es: *cargas opuestas se atraen y cargas iguales se repelen*. La naturaleza **di-polar** de las moléculas de agua, considerando que es el solvente universal de los seres vivos, da una capacidad de disolución al agua, por lo que se explica la facilidad con que se disocian moléculas como la sal ( $\text{Na-Cl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ). La repulsión intermolecular (fuerzas de van der waals) cuando hay acercamiento notable entre las moléculas, da lugar a que las moléculas de agua y los demás elementos en solución, siempre estén en movimiento.

**Enlace o Puente de hidrógeno:** Es muy importante en Bioquímica. Se establece entre un átomo de hidrógeno unido covalentemente a un *grupo donador* (como  $\text{O—H}$  ó  $\text{N—H}$ ) y un par de electrones libres pertenecientes a un *grupo aceptor* (como  $\text{O}=\text{C}$ ). Sólo el oxígeno y el Nitrógeno tienen las *electronegatividades adecuadas* para comportarse como donadores fuertes.



**LECTURA SUGERIDA:** **BIOQUÍMICA DE HARPER**, 16ª Edición.  
Capítulos 3, 4, 5, 13 y 14.

**BIBLIOGRAFÍA:**

- 1- **Audesirk T., Audesirk G.** 1996. **BIOLOGÍA.**  
Prentice Hall, México, D. F.
- 2- **Conn E., Stumpf P.** 1998. **BIOQUÍMICA FUNDAMENTAL.**  
4ª. Edición. Editorial Limusa. México, D. F.
- 3- **Montgomery R. Et al.** 1998. **BIOQUÍMICA.**  
6ª. Edición. Harcourt Brace, Madrid.
- 4- **Murray R. K. et al.** 2001. **BIOQUÍMICA DE HARPER.**  
15ª y 16ª. Edición. Editorial El Manual Moderno. México, D. F.
- 5- **Roskosky R.** 1997. **BIOQUÍMICA.**  
McGraw-Hill, México, D. F.
- 6- **Mathews Ch. K., Van Holde K. E., Ahern K. G.**  
**BIOQUÍMICA**  
3a. Edición. Pearson Educación, S. A. Madrid 2002.