

PROTEÍNAS

Las proteínas son esenciales en la química de la vida. Estas macromoléculas se emplean como componentes estructurales de las células y tejidos, así que el crecimiento, la restauración y el mantenimiento del organismo dependen del abastecimiento adecuado de esas sustancias. Algunas son enzimas, moléculas especiales que regulan miles de reacciones químicas distintas que ocurren en los seres vivos.

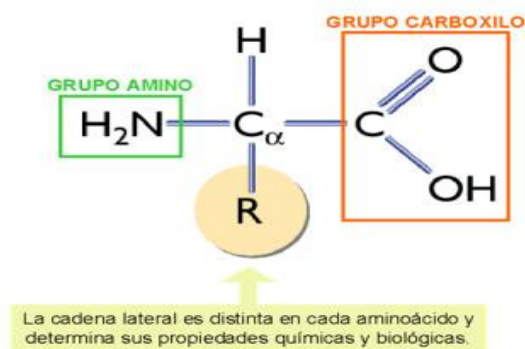
Las proteínas son biomoléculas formadas básicamente por *carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno*. Pueden además contener *azufre* y en algunos tipos de proteínas, *fósforo, hierro, magnesio y cobre* entre otros elementos.

La unidad básica que forman las proteínas son unas pequeñas moléculas: los *aminoácidos* (monómero). Los aminoácidos están unidos mediante *enlaces peptídicos* formando la proteína (polímero).

La unión de un bajo número de aminoácidos da lugar a un *péptido*; si el nº de aa que forma la molécula no es mayor de 10, se denomina *oligopéptido*, si es superior a 10 se llama *polipéptido* y si el nº es superior a 50 aa se habla ya de *proteína*.

1. Los aminoácidos

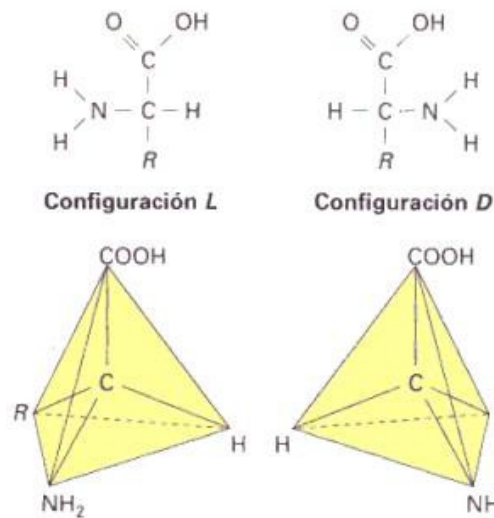
Los aminoácidos se caracterizan por poseer un *grupo carboxilo* (-COOH) y un *grupo amino* (-NH₂). Las otras dos valencias del carbono se saturan con un *átomo de H* y con un *grupo variable* denominado radical R. Según éste se distinguen 20 tipos de aminoácidos.



Los veinte tipos distintos de aminoácidos que se encuentran en condiciones normales en las proteínas contienen un grupo amino (-NH₂) y un grupo carboxilo (-COOH) unidos al mismo átomo de carbono (□). Difieren en su grupo R unido al carbono □. La glicina, el aminoácido más simple presenta un hidrógeno como grupo R ; la alanina un grupo metilo (-CH₃).

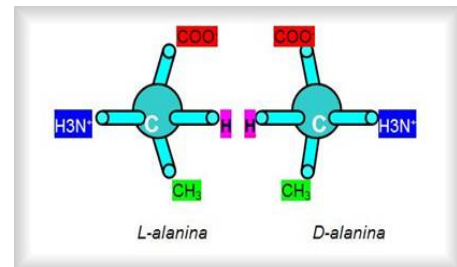
a. Isomería de los aminoácidos

Los aminoácidos presentan isomería, ya que poseen un **carbono asimétrico** (carbono α), unido a cuatro radicales distintos (excepto en el caso de la glicina).



1. Enantiómeros: existe una **forma D** y otra **forma L**. Los isómeros de tipo D poseen, en proyección lineal, el grupo amino ($-\text{NH}_2$) hacia la derecha del carbono asimétrico, mientras que los isómeros L presentan el grupo amino ($-\text{NH}_2$) a la izquierda del carbono asimétrico. Ambas imágenes se llaman L-isómero y D-isómero. Cuando se sintetiza un aminoácido en el laboratorio se produce una mezcla de isómeros L y D. Sin embargo los de los seres vivos son casi exclusivamente L-isómeros. Una excepción serían los pocos aminoácidos D presentes en los antibióticos producidos por los hongos.

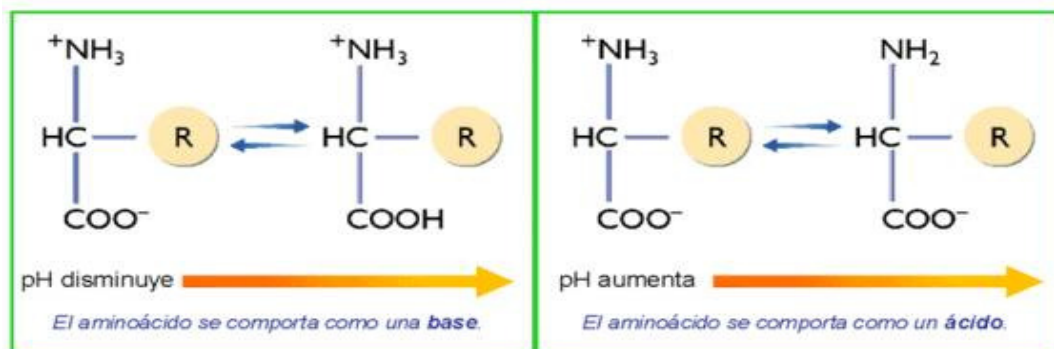
2. Isómeros ópticos: también existen isómeros ópticos. Las moléculas que desvían la luz polarizada a la derecha se denominan **dextrógiras** y se representan con el signo (+). Las moléculas que desvían la luz polarizada a la izquierda se denominan **levógiras** y se representan con el signo (-).



b. Comportamiento químico de los aminoácidos

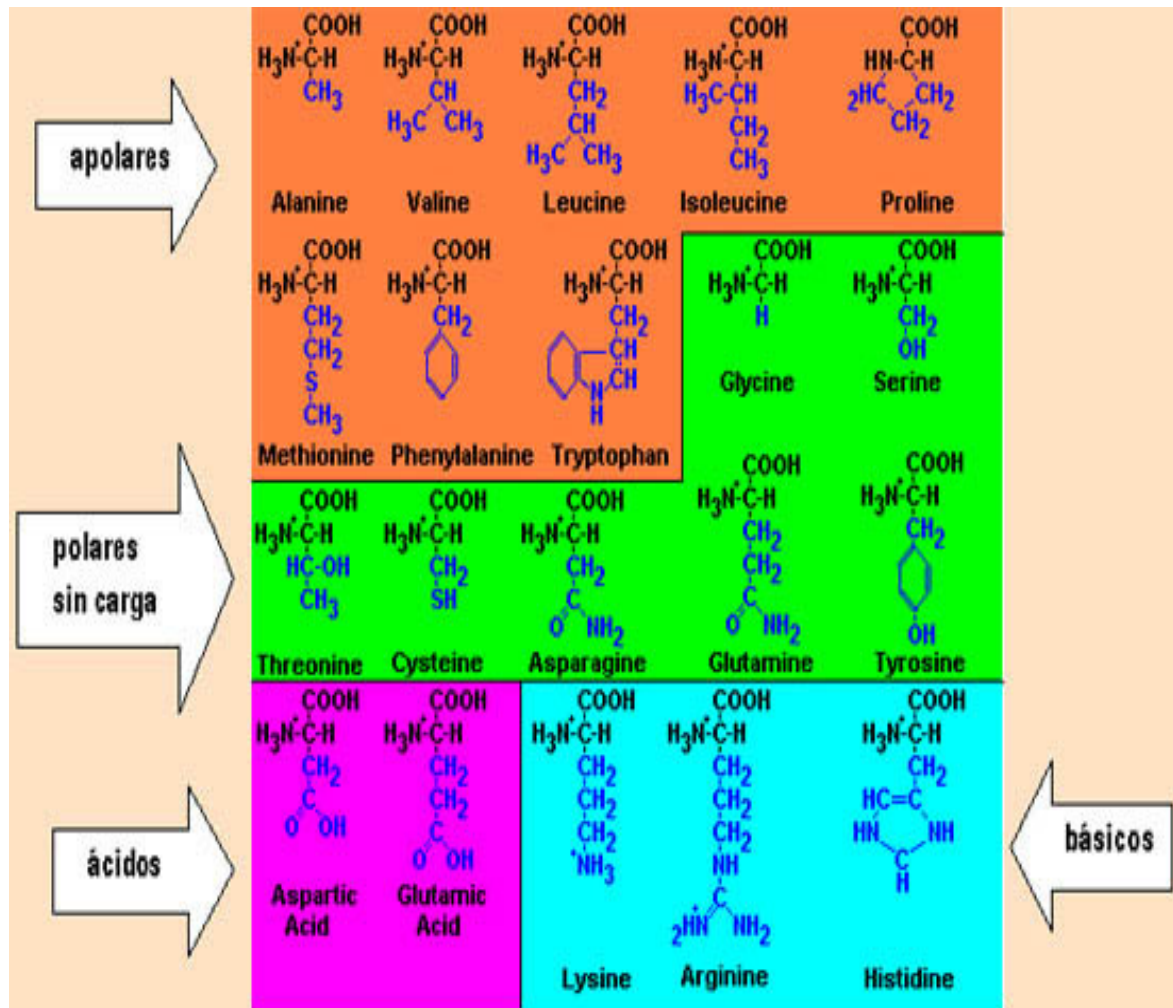
En disolución acuosa, los aminoácidos muestran un **comportamiento anfótero**: pueden ionizarse, según el pH, como un ácido, liberando protones y quedando como $-\text{COO}^-$ o como base, cuando los grupos $-\text{NH}_2$ captan protones, quedando como $-\text{NH}_3^+$, o pueden aparecer como ácido y base a la vez. En este último caso los aminoácidos se ionizan doblemente, apareciendo una forma dipolar iónica llamada **zwitterión**. Los aminoácidos en una solución de pH neutro se comportan como iones bipolares (esta es la forma en que se comportan en el pH celular).

Según se mencionó, la solución de un ácido y su base conjugada sirve de amortiguador y resiste cambios en el pH cuando se agrega un ácido o una base. Gracias a los grupos amino y carboxilo de una proteína, al encontrarse ésta en una solución, resiste cambios en la acidez o alcalinidad y, por lo tanto, desempeña las funciones de un importante amortiguador biológico.



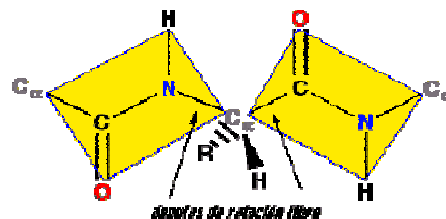
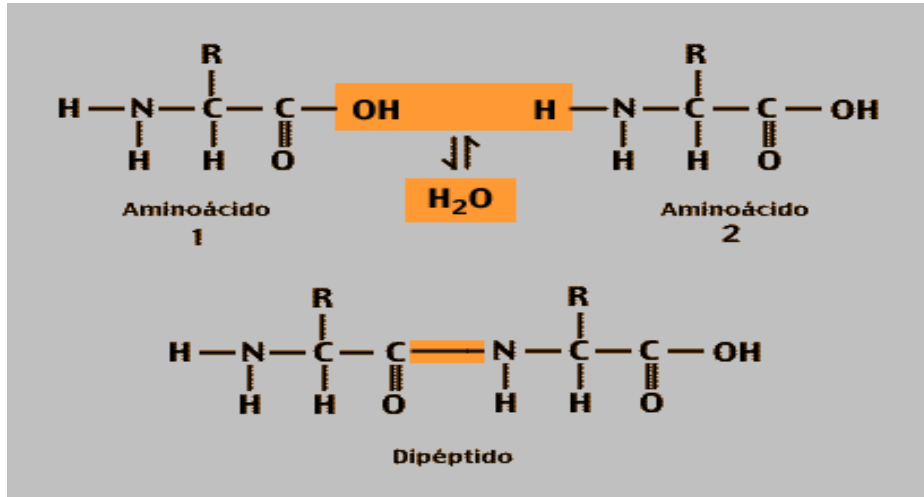
El **punto isoeléctrico** es el valor de pH al que el aminoácido presenta una carga neta igual al cero.

Con excepciones, las plantas sintetizan todos sus aminoácidos a partir de sustancias más simples. Las células humanas y animales fabrican algunos de importancia biológica, aunque no todos, si cuentan con la materia prima necesaria. Aquellos que los animales no pueden sintetizar, deben obtenerlos en la dieta: éstos son los llamados **aminoácidos esenciales**. Los animales tienen distintas capacidades de biosíntesis; lo que para un animal es un aminoácido esencial, para otro puede no serlo. En el caso del hombre son 10 los aa esenciales: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina y alanina.



2. El enlace peptídico

Los **péptidos** están formados por la unión de aminoácidos mediante un **enlace peptídico**. Es un enlace covalente que se establece entre el grupo carboxilo de un aa. y el grupo amino del siguiente, dando lugar al desprendimiento de una molécula de agua.



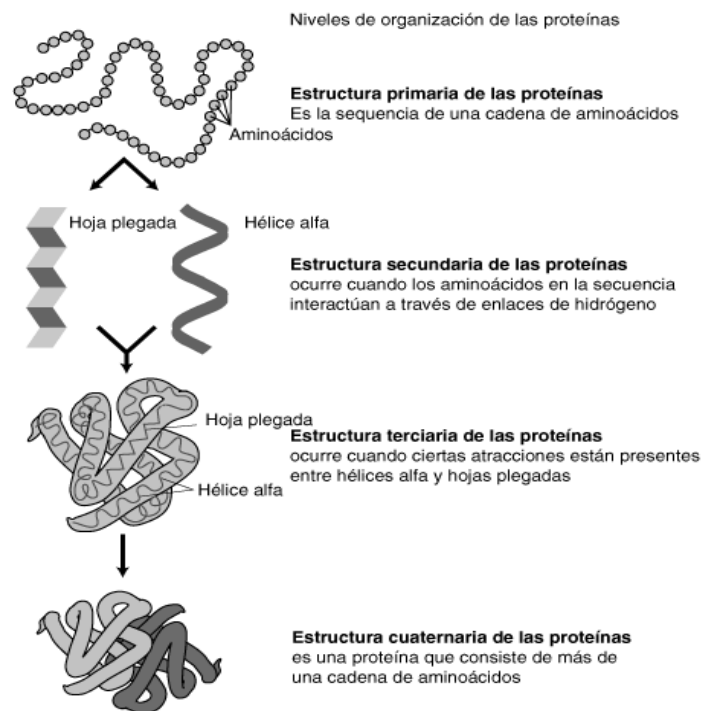
El enlace tiene un comportamiento similar al de un enlace doble, es decir, presenta una cierta rigidez que inmoviliza en un plano los átomos que lo forman.

Cada aminoácido que pasa a formar parte de un péptido se conoce como residuo aminoácido. Existe un residuo N-terminal (amino-terminal) en un extremo de la cadena (principio de la cadena) y un residuo C-terminal (carboxilo-terminal) en el otro extremo (fin de la cadena).

3. Estructura de las proteínas

Las cadenas de polipéptidos que forman una proteína se encuentran enrolladas o plegadas de modo que forman una macromolécula con una conformación específica, tridimensional. Esta conformación determina la función de la proteína.

Las proteínas se clasifican en fibrosas o globulares. En las proteínas fibrosas, las cadenas de polipéptidos están dispuestas en láminas largas; en las proteínas globulares las cadenas de polipéptidos se encuentran plegadas en forma estrecha a fin de producir una molécula compacta, de forma esférica. Hay varios niveles de organización en una molécula proteínica: primario, secundario, terciario y cuaternario.

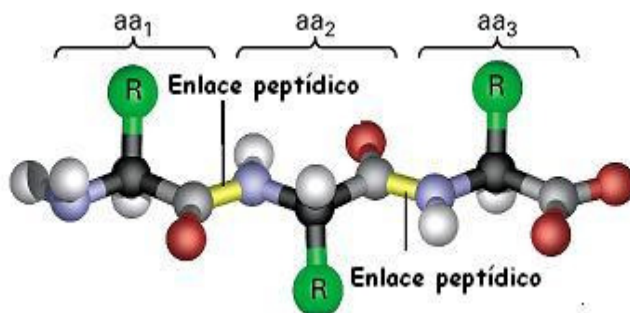


a. Estructura primaria

La estructura primaria viene **determinada por la secuencia** de aa en la cadena proteica, es decir, **el número de aa presentes y el orden** en que están enlazados. Las posibilidades de estructuración a nivel primario son prácticamente ilimitadas. Como en casi todas las proteínas existen 20 aa 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 aa que componen la molécula proteica.

Independientemente de la longitud de la cadena polipeptídica, siempre hay un extremo amino terminal y un extremo carboxilo terminal que permanecen intactos. **Por convención, la secuencia de una proteína se lee siempre a partir de su extremo amino** (aa1 el que tenga el grupo NH₂ libre).

La secuencia de aminoácidos en una cadena de polipéptidos determina su estructura primaria. Esta secuencia, se especifica por la información genética.



b. Estructura secundaria

La estructura secundaria es el plegamiento que la cadena polipeptídica adopta gracias a la **formación de puentes de hidrógeno entre los átomos que forman el enlace peptídico**. Los puentes de hidrógeno se establecen entre los grupos -CO- y -NH- del enlace peptídico (el primero como aceptor de H, y el segundo como donador de H). De esta forma, la cadena polipeptídica es capaz de adoptar conformaciones de menor energía libre, y por tanto, más estables.

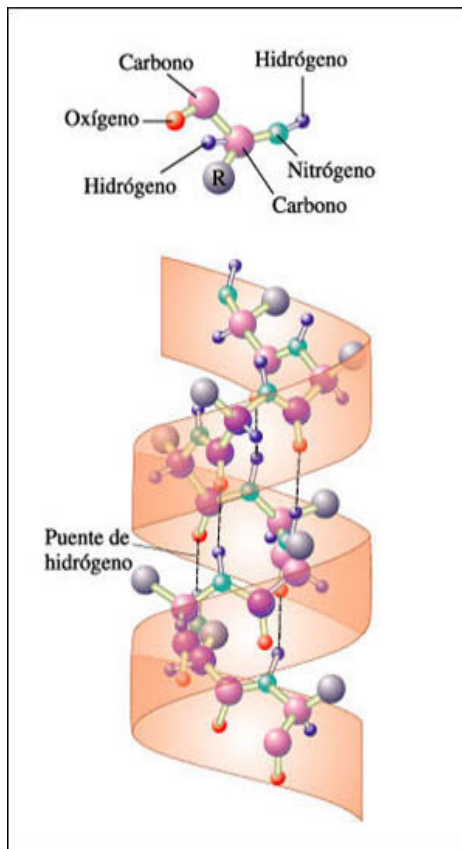
Se pueden distinguir **varios tipos de conformaciones** que determinan la estructura secundaria de una proteína:

1. [CONFORMACIÓN AL AZAR](#)
2. [HÉLICE \$\alpha\$](#)
3. [HOJA \$\beta\$](#)
4. [GIROS \$\beta\$](#)
5. [ESTRUCTURAS SUPERSECUNDARIAS](#)

1. Conformación al azar.

En algunas proteínas, o en ciertas regiones de la misma, no existen interacciones de suficiente consideración como para que se pueda distinguir un nivel de organización superior a la estructura primaria. En estos casos se habla de **conformación al azar**.

2. Hélice alfa.



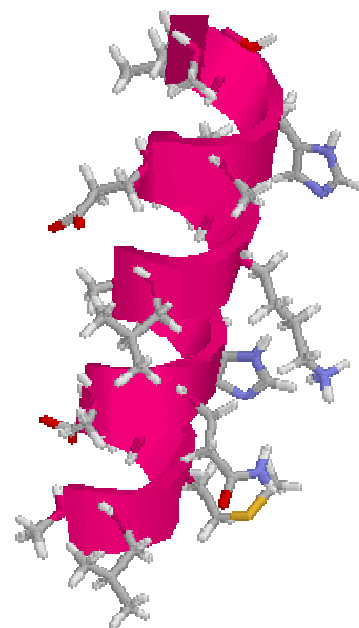
Cuando la cadena principal o esqueleto de un polipéptido se pliega en el espacio en forma de **helicoide dextrógiro** se adopta una conformación denominada **hélice α** . Esta estructura es periódica y en ella **cada enlace peptídico puede establecer dos puentes de hidrógeno**. Un puente de hidrógeno se forma entre el grupo -NH- del enlace peptídico del aa en posición **n** y el grupo -CO- del enlace peptídico del aa situado en posición **n-4**. El otro puente de hidrógeno se forma entre el grupo -CO- del enlace peptídico del aa en posición **n** y el grupo -NH- del enlace peptídico del aa situado en posición **n+4**.

Cada vuelta de la hélice implica 3,6 aa, con una translación media por residuo de 0,15 nm, lo que indica que la hélice tiene un paso de rosca de 0,54 nm. Dicho con otras palabras, una vuelta completa de la hélice a representa una distancia de 0,54 nm y contiene 3,6 residuos de AA.

Las cadenas laterales de los AA se sitúan en la parte externa del helicoide, lo que evita problemas de impedimentos estéricos (Figura de la izquierda). Los aa **alanina, glutamina, leucina y metionina se encuentran frecuentemente** formando parte de hélices α , mientras que **la prolina, glicina, tirosina y serina no**. De hecho, la **prolina** se considera un terminador de la hélice (Figura de la derecha) ya que su C_α no tiene libertad de giro, y al estar integrado en un anillo, interfiere en la formación de puentes de hidrógeno.

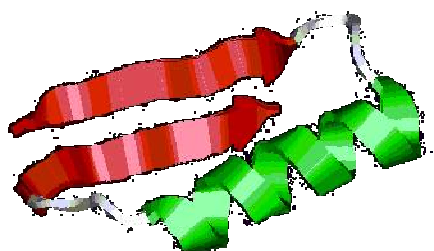
Los aa **muy polares** (Lys, Glu) también desestabilizan la hélice α porque los enlaces de hidrógeno pierden importancia frente a las interacciones electrostáticas de atracción o repulsión.

La hélice α es la unidad estructural básica de las proteínas fibrosas como la lana, cabello, piel y uñas. Las fibras son elásticas porque los enlaces de hidrógeno pueden reformarse. Este es el motivo por el cual el cabello humano puede estirarse hasta cierto largo y luego recupera su longitud.

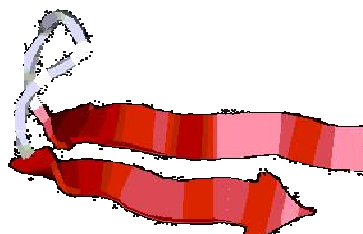


3. Lámina plegada beta.

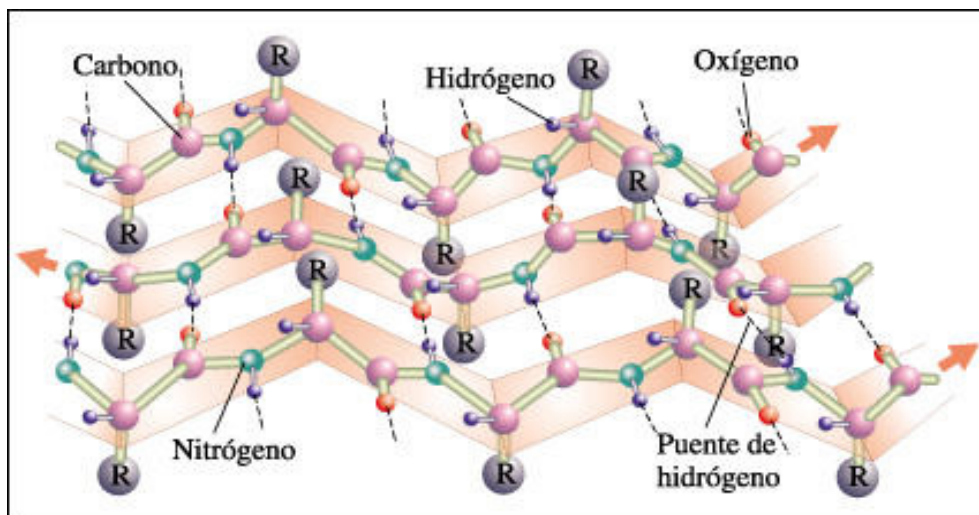
Cuando la cadena principal de un polipéptido se estira al máximo que permiten sus enlaces covalentes se adopta una configuración espacial denominada **estructura β** , que suele representarse como una flecha. En esta estructura las cadenas laterales de los aminoácidos se sitúan de forma alternante a la derecha y a la izquierda del esqueleto de la cadena polipeptídica. Las estructuras β de distintas cadenas polipeptídicas o bien las estructuras β de distintas zonas de una misma cadena polipeptídica **pueden interactuar entre sí mediante puentes de hidrógeno**, dando lugar a estructuras laminares llamadas por su forma **hojas plegadas u hojas β** .



Cuando las estructuras β tienen el mismo sentido $N \rightarrow C$, la hoja β resultante es **paralela**, y si las estructuras β tienen sentidos opuestos, la hoja plegada resultante es **antiparalela**. Esta estructura es más flexible que elástica.



Esta conformación es **típica de proteínas fibrosas** como la **fibroína** de la seda donde numerosas estructuras β antiparalelas dan lugar a varias hojas β , pero **también aparece en proteínas globulares** como las inmunoglobulinas. Si bien ambos casos ocurren en la naturaleza, la estructura antiparalela es más estable porque los dipolos $C=O$ y $N-H$ están mejor orientados para una interacción óptima.

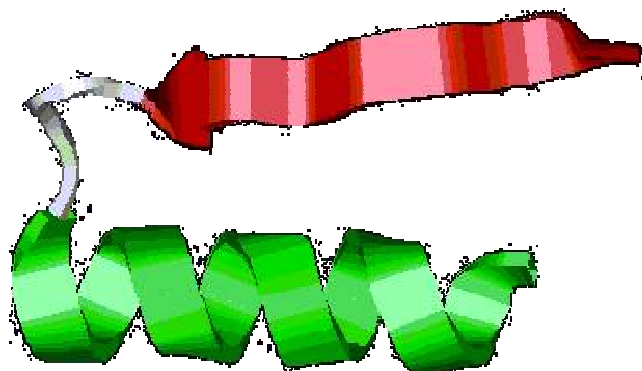


Cuando se forman los puentes de hidrógeno entre cadenas polipeptídicas independientes, se denominan intercaterarios, los que se forman con una misma cadena son intracatenarios. En las proteínas globulares, las hojas beta siempre tienen un enrollamiento o torsión hacia la derecha. Generalmente estas estructuras se encuentran en los núcleos de las proteínas.

4. Giros β

Secuencias de la cadena polipeptídica con **estructura α o β a menudo están conectadas entre sí por medio de los llamados giros β** (Figura de la derecha, en color blanco). Son secuencias cortas, con una conformación característica que impone un brusco giro de 180° a la cadena principal de un polipéptido.

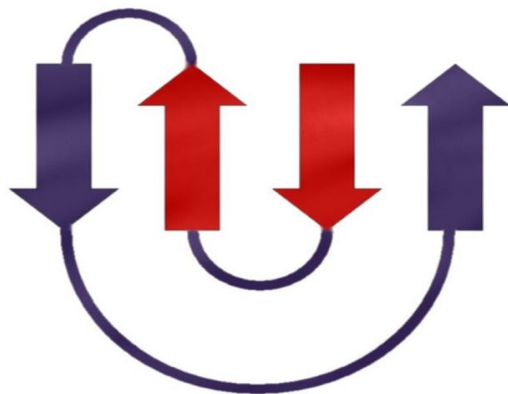
En las proteínas fibrosas la estructura es exclusivamente helicoidal (colágeno) o exclusivamente laminar, pero en las proteínas globulares la estructura secundaria siempre tiene una porción que no es ni helicoidal ni laminar, denominada aleatoria (zonas de conexión); estas proteínas pueden ser parcialmente helicoidales y aleatorias, parcialmente laminares y aleatorias, totalmente aleatorias o una mezcla variable de partes de ordenamiento helicoidal, laminar y aleatorio.



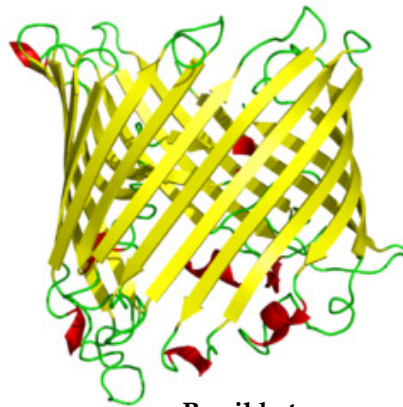
5. Estructuras supersecundarias (Motivos) y Dominios

Las Estructuras supersecundarias pueden definirse como combinaciones de alfa-hélices y estructuras Beta conectadas a través de asas o lazos, que forman patrones que están presentes en muchas proteínas diferentes. Estos plegamientos se estabilizan a través de la misma clase de enlaces que mantiene a la estructura terciaria. Algunas veces se utiliza el termino “**motivo**” (“**motif**” en ingles) para describir a estas estructuras supersecundarias.

Estas estructuras pueden ser relativamente simples, como alfa-alfa (dos helices alfa unidas por una asa), beta-beta (dos beta-hebras unidas por una asa), beta-alfa-beta (beta-hebra unida por un asa a una alfa-helice que esta a su vez unida a otra beta-hebra por otro lazo) o estructuras mas complejas, como el motivo llamado de “Llave Griega” (“Greek key”), o el Barril Beta (“beta-barrel”).



Motivo de "Llave Griega"

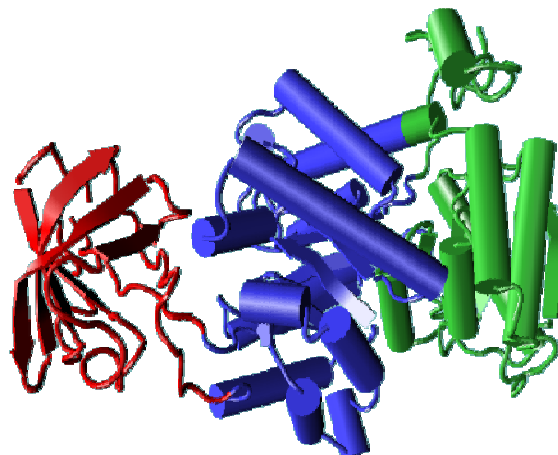


Barril beta

Estas estructuras repetitivas pueden diferir mucho en su estructura primaria, y además, pueden estar presentes en proteínas muy diferentes. Algunas proteínas no tienen estructuras supersecundarias.

Dominios

Son unidades estructurales compactas, estables, dentro de una proteína, formadas por segmentos de una cadena peptídica que se pliegan de forma independiente, con una estructura y función distinguible de otras regiones de la proteína y estabilizadas por las mismas fuerzas que la estructura terciaria. Siguiendo esta definición, es posible distinguir tres dominios en esta representación de la *piruvato kinasa*



Los dominios pueden considerarse como unidades elementales de la estructura y evolución de las proteínas, que son capaces de plegarse y de funcionar de una manera relativamente autónoma. Un dominio a veces está formado por motivos, pero otras veces no contiene ninguno.

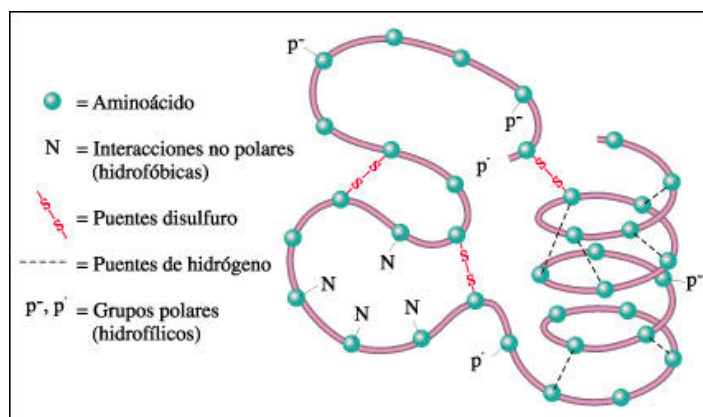
La estructura terciaria de muchas proteínas está formada por varios dominios.

Funciones de los dominios:

A menudo un dominio realiza una función específica y separada para la proteína: enlaza a un pequeño ligando, atraviesa la membrana plasmática (proteínas transmembrana), contiene el sitio catalítico (enzimas)...

c. Estructura terciaria

Se llama estructura terciaria a la **disposición tridimensional de todos los átomos** que componen la proteína, concepto equiparable al de conformación absoluta en otras moléculas. La estructura terciaria de una proteína es la responsable directa de sus propiedades biológicas, ya que la disposición espacial de los distintos grupos funcionales determina su interacción con los diversos ligandos. Para las proteínas que constan de una sola cadena polipeptídica (carecen de estructura cuaternaria), la estructura terciaria es la máxima información estructural que se puede obtener. La estructura terciaria es una disposición precisa y única en el espacio, y surge a medida que se sintetiza la proteína. En otras palabras, la estructura terciaria está **determinada por la secuencia** de aa (estructura primaria).



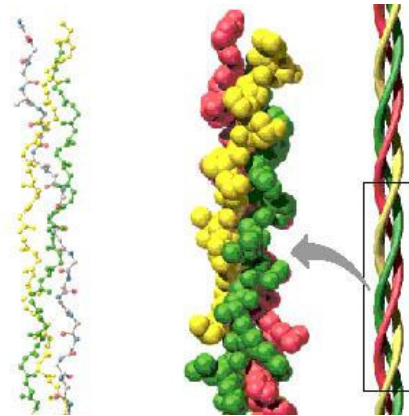
Las fuerzas que estabilizan la estructura terciaria de una proteína se establecen entre las distintas cadenas laterales de los AA que la componen. Los enlaces propios de la estructura terciaria pueden ser de dos tipos: covalentes y no covalentes.

Los enlaces **covalentes** pueden deberse a (1) la formación de un **punto disulfuro** entre dos cadenas laterales de Cys, o a (2) la formación de un **enlace amida** (-CO-NH-) entre las cadenas laterales de la Lys y un aa dicarboxílico (Glu o Asp).

Los enlaces **no covalentes** pueden ser de cuatro tipos: (1) **fuerzas electrostáticas** entre cadenas laterales ionizadas, con cargas de signo opuesto, (2) **puentes de hidrógeno**, entre las cadenas laterales de AA polares (3) **interacciones hidrofóbicas** entre cadenas laterales apolares y (4) **fuerzas de polaridad** debidas a interacciones dipolo-dipolo.

Se distinguen **dos tipos de estructura terciaria**:

- Proteínas con estructura terciaria de **tipo fibroso** en las que una de las dimensiones es mucho mayor que las otras dos. Son ejemplos el **colágeno** (en la figura inferior), la **queratina** del cabello, la **fibroína** de la seda, los filamentos intermedios. En este caso, los elementos de estructura secundaria (hélices α u hojas β) pueden mantener su ordenamiento sin recurrir a grandes modificaciones, tan sólo introduciendo ligeras torsiones longitudinales, como en las hebras de una cuerda.



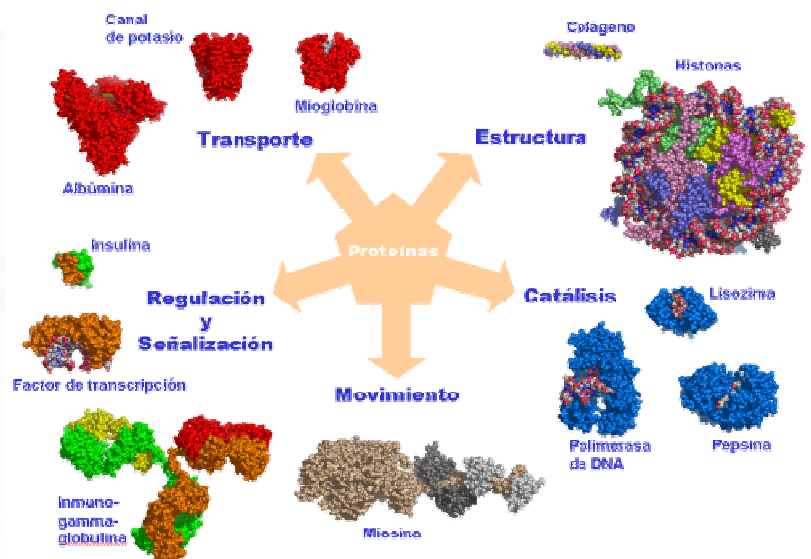
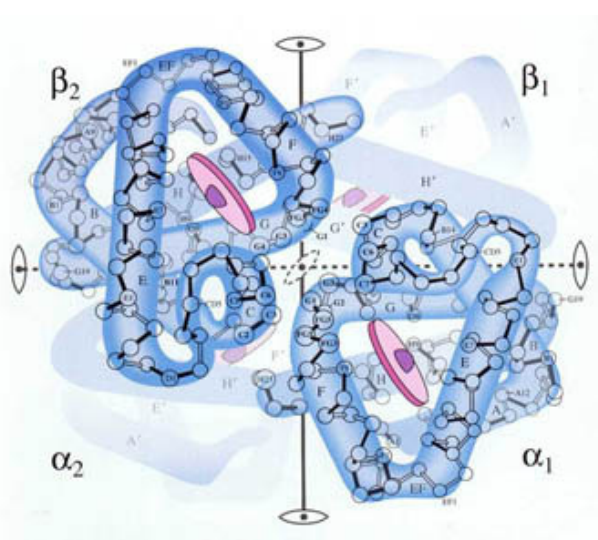
- Proteínas con estructura terciaria de **tipo globular**, más frecuentes, en las que no existe una dimensión que predomine sobre las demás, y su forma es aproximadamente esférica. En este tipo de estructuras se suceden regiones con estructuras al azar, hélice α , hoja β , acodamientos y estructuras supersecundarias. La figura corresponde a distintos tipos.

d. Estructura cuaternaria

Las proteínas compuestas de dos o más cadenas de polipéptidos adquieren una estructura cuaternaria: cada cadena muestra estructuras primaria, secundaria y terciaria y forma una molécula proteínica biológicamente activa. La hemoglobina, proteína de los glóbulos rojos encargada del transporte de oxígeno, es un ejemplo de proteína globular con estructura cuaternaria. La hemoglobina está compuesta por 574 aminoácidos dispuestos en cuatro cadenas polipeptídicas: dos cadenas alfa idénticas y dos cadenas beta idénticas entre sí.

La estructura de las proteínas determina su función

La estructura de las proteínas determina la actividad biológica de éstas. De entre las innumerables conformaciones teóricamente posibles de una proteína, generalmente hay una que predomina. Esta conformación es generalmente la más estable y en ese caso se dice que la proteína se encuentra en **estado nativo** (proteína nativa).



4. Propiedades de las proteínas

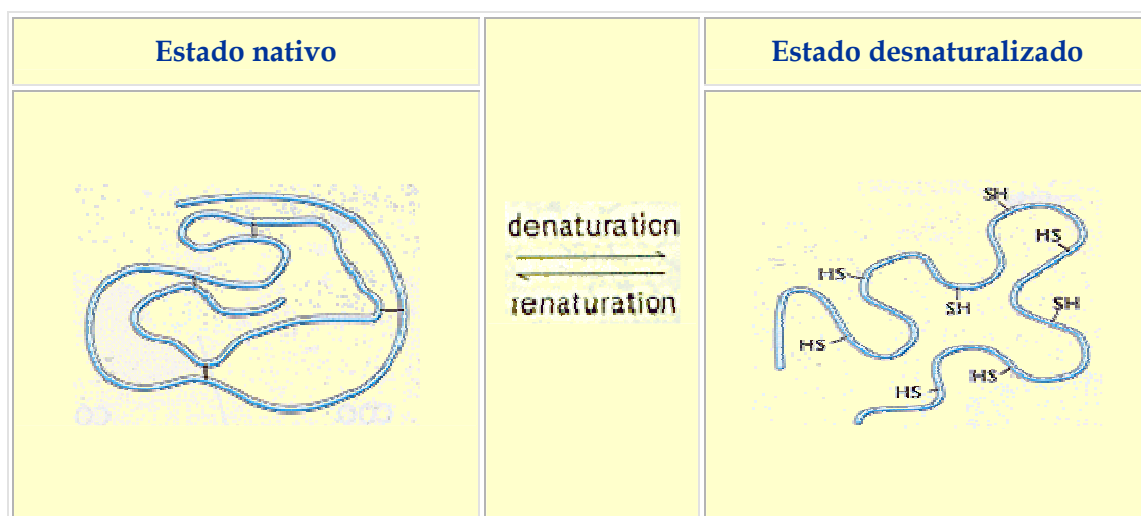
a. Especificidad.

La especificidad se refiere a su función; cada una lleva a cabo una determinada función y lo realiza porque posee una determinada estructura primaria y una conformación espacial propia; por lo que un cambio en la estructura de la proteína puede significar una pérdida de la función.

Además, no todas las proteínas son iguales en todos los organismos, cada individuo posee proteínas específicas suyas que se ponen de manifiesto en los procesos de rechazo de órganos transplantados. La semejanza entre proteínas son un grado de parentesco entre individuos, por lo que sirve para la construcción de "árboles filogenéticos"

b. Desnaturalización.

Cuando la proteína no ha sufrido ningún cambio en su interacción con el disolvente, se dice que presenta una **estructura nativa** (Figura inferior). Se llama **desnaturalización** de las proteínas a la **pérdida de las estructuras de orden superior** (secundaria, terciaria y cuaternaria), quedando la cadena polipeptídica reducida a un polímero estadístico sin ninguna estructura tridimensional fija.



Cualquier factor que modifique la interacción de la proteína con el disolvente disminuirá su estabilidad en disolución y provocará la precipitación. Así, la desaparición total o parcial de la envoltura acuosa, la neutralización de las cargas eléctricas de tipo repulsivo o la ruptura de los puentes de hidrógeno facilitará la agregación intermolecular y provocará la precipitación. La precipitación suele ser consecuencia del fenómeno llamado **desnaturalización** y se dice entonces que la proteína se encuentra **desnaturalizada**.

En una proteína cualquiera, **la estructura nativa y la desnaturalizada tan sólo tienen en común la estructura primaria**, es decir, la secuencia de aa que la componen. Los demás niveles de organización estructural desaparecen en la estructura desnaturalizada.

La desnaturalización provoca diversos **efectos** en la proteína:

1. **cambios en las propiedades hidrodinámicas** de la proteína: aumenta la viscosidad y disminuye el coeficiente de difusión
2. una drástica **disminución de su solubilidad**, ya que los residuos hidrofóbicos del interior aparecen en la superficie
3. **pérdida de las propiedades biológicas**

Una proteína desnaturalizada cuenta únicamente con su estructura primaria. Por este motivo, **en muchos casos, la desnaturalización es reversible** ya que es la estructura primaria la que contiene la información necesaria y suficiente para adoptar niveles superiores de estructuración.

El proceso mediante el cual la proteína desnaturalizada recupera su estructura nativa se llama **renaturalización**. Esta propiedad es de gran utilidad durante los procesos de **aislamiento y purificación de proteínas**, ya que no todas las proteínas reaccionan de igual forma ante un cambio en el medio donde se encuentra disuelta. En algunos casos, la desnaturalización conduce a la pérdida total de la solubilidad, con lo que la proteína precipita (todas las proteínas desnaturalizadas tienen la misma conformación, muy abierta y con una interacción máxima con el disolvente, por lo que una proteína soluble en agua cuando se desnaturaliza se hace insoluble en agua y precipita).

La formación de agregados fuertemente hidrofóbicos impide su renaturalización, y hacen que el proceso sea **irreversible**.

Los agentes que provocan la desnaturalización de una proteína se llaman **agentes desnaturalizantes**. Se distinguen agentes **físicos** (calor) y **químicos** (detergentes, disolventes orgánicos, pH, fuerza iónica).

5. Clasificación de proteínas

Se clasifican en :

1. **Holoproteínas.** Formadas solamente por aminoácidos
2. **Heteroproteínas.** Formadas por una fracción proteínica y por un grupo no proteínico, que se denomina "grupo prostético"
- 3.

HOLOPROTEÍNAS

GLOBULARES	• Prolaminas: Zeína (maíz), gliadina (trigo), hordeína (cebada) • Gluteninas :Glutenina (trigo), orizanina (arroz). • Albúminas: Seroalbúmina (sangre), ovoalbúmina (huevo), lactoalbúmina • Hormonas: Insulina, hormona del crecimiento, prolactina, tirotropina • Enzimas: Hidrolasas, Oxidasas, Ligasas, Liasas, Transferasas...etc.
FIBROSAS	• Colágenos: en tejidos conjuntivos, cartilaginosos • Queratinas: En formaciones epidérmicas: pelos, uñas, plumas, cuernos. • Elastinas: En tendones y vasos sanguíneos • Fibroínas: En hilos de seda, (arañas, insectos)

HETEROPROTEÍNAS

GLUCOPROTEÍNAS	• Ribonucleasa • Mucoproteínas • Anticuerpos • Hormona luteinizante
LIPOPROTEÍNAS	• Alta densidad • Baja densidad • Muy baja densidad (Los tres tipos transportan lípidos en la sangre.)
NUCLEOPROTEÍNAS	• Nucleosomas de la cromatina • Ribosomas
CROMOPROTEÍNAS	• Hemoglobina, hemocianina, mioglobina, que transportan oxígeno • Citocromos, que transportan electrones

6. Funciones de las proteínas

Gracias a su gran heterogeneidad estructural, las proteínas asumen funciones muy variadas. Describir las funciones de las proteínas equivale a describir en términos moleculares todos los fenómenos biológicos. Podemos destacar las siguientes:

- **Función enzimática.**

La gran mayoría de las reacciones metabólicas tienen lugar gracias a la presencia de un catalizador de naturaleza proteica específico para cada reacción. Estos biocatalizadores reciben el nombre de enzimas. La gran mayoría de las proteínas son enzimas.

- **Función hormonal.**

Las hormonas son sustancias producidas por una célula y que una vez secretadas ejercen su acción sobre otras células dotadas de un receptor adecuado. Algunas hormonas son de naturaleza proteica, como la insulina y el glucagón (que regulan los niveles de glucosa en sangre) o las hormonas segregadas por la hipófisis como la hormona del crecimiento, o la calcitonina (que regula el metabolismo del calcio).

- **Reconocimiento de señales químicas.**

La superficie celular alberga un gran número de proteínas encargadas del reconocimiento de señales químicas de muy diverso tipo (figura de la izquierda). Existen receptores hormonales, de neurotransmisores, de anticuerpos, de virus, de bacterias, etc. En muchos casos, los ligandos que reconoce el receptor (hormonas y neurotransmisores) son, a su vez, de naturaleza proteica.

- **Función de transporte.**

En los seres vivos son esenciales los fenómenos de transporte, bien para llevar una molécula hidrofóbica a través de un medio acuoso (transporte de oxígeno o lípidos a través de la sangre) o bien para transportar moléculas polares a través de barreras hidrofóbicas (transporte a través de la membrana plasmática). Los transportadores biológicos son siempre proteínas.

- **Función estructural.**

Las células poseen un citoesqueleto de naturaleza proteica que constituye un almacén alrededor del cual se organizan todos sus componentes, y que dirige fenómenos tan importantes como el transporte intracelular o la división celular. En los tejidos de sostén (conjuntivo, óseo, cartilaginoso) de los vertebrados, las fibras de colágeno forman parte importante de la matriz extracelular y son las encargadas de conferir resistencia mecánica tanto a la tracción como a la compresión.

- **Función de defensa.**

La propiedad fundamental de los mecanismos de defensa es la de discriminar lo propio de lo extraño. En bacterias, una serie de proteínas llamadas endonucleasas de restricción se encargan de identificar y destruir aquellas moléculas de DNA que no identifica como propias (en color blanco en la figura de la derecha). En los vertebrados superiores, las inmunoglobulinas se encargan de reconocer moléculas u organismos extraños y se unen a ellos para facilitar su destrucción por las células del sistema inmunitario.

- **Función de movimiento.**

Todas las funciones de motilidad de los seres vivos están relacionadas con las proteínas. Así, la contracción del músculo resulta de la interacción entre dos proteínas, la actina y la miosina. El movimiento de la célula mediante cilios y flagelos está relacionado con las proteínas que forman los microtúbulos.

- **Funciones de reserva.**

La ovoalbúmina de la clara de huevo, la lactoalbúmina de la leche, la gliadina del grano de trigo y la hordeína de la cebada, constituyen una reserva de aminoácidos para el futuro desarrollo del embrión.

- **Funciones reguladoras.**

Muchas proteínas se unen al DNA y de esta forma controlan la transcripción génica. De esta forma el organismo se asegura de que la célula, en todo momento, tenga todas las proteínas necesarias para desempeñar normalmente sus funciones. Las distintas fases del ciclo celular son el resultado de un complejo mecanismo de regulación desempeñado por proteínas como la ciclina.

- **Otras funciones.**

Los fenómenos de transducción (cambio en la naturaleza físico-química de señales) están mediados por proteínas. Así, durante el proceso de la visión, la rodopsina de la retina convierte (o mejor dicho, transduce) un fotón luminoso (una señal física) en un impulso nervioso (una señal eléctrica) y un receptor hormonal convierte una señal química (una hormona) en una serie de modificaciones en el estado funcional de la célula.

7. Enzimas

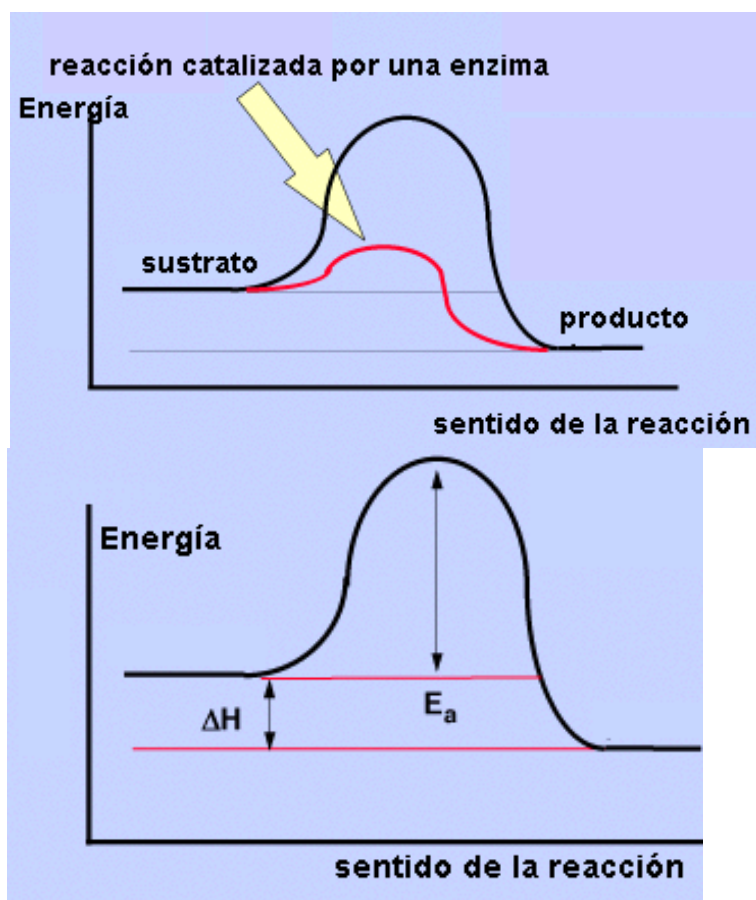
Los enzimas son catalizadores muy potentes y eficaces, químicamente son proteínas. Como catalizadores, los enzimas actúan en pequeña cantidad y se recuperan indefinidamente. No

llevan a cabo reacciones que sean energéticamente desfavorables, no modifican el sentido de los equilibrios químicos, sino que aceleran su consecución.

Un catalizador es una sustancia que acelera una reacción química, hasta hacerla instantánea o casi instantánea. Un catalizador acelera la reacción al disminuir la energía de activación.

En una transformación dada de "A" a "P", "A" representa las moléculas reaccionantes, que constituyen el estado inicial. "P" representa los productos o estado final. La reacción química de A a P es un proceso posible si la energía de P es menor que la de A. Pero hay una barrera de energía que los separa; si no es por ella, A no existiría, puesto que no sería estable y se habría transformado en P. Este escollo es una barrera energética, la energía de

activación (E_a), que corresponde al estado de transición.



a. Características de la acción enzimática

La característica más sobresaliente de los enzimas es su elevada especificidad. Esta es doble y explica que no se formen subproductos:

- **Especificidad de sustrato.** El sustrato (S) es la molécula sobre la que el enzima ejerce su acción catalítica.
- **Especificidad de acción.** Cada reacción está catalizada por un enzima específico.

La acción enzimática se caracteriza por la formación de un complejo que representa el estado de transición.

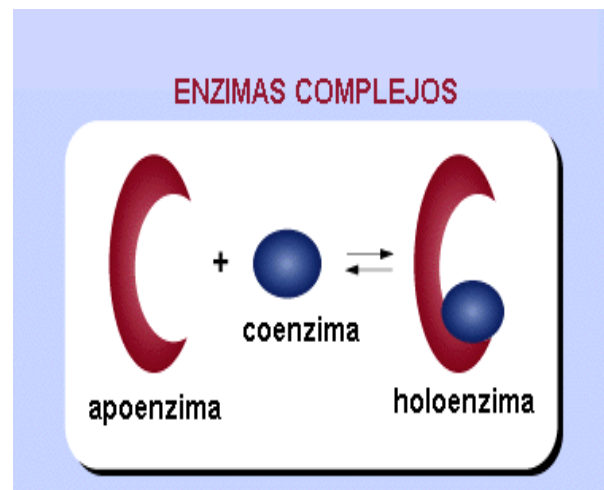
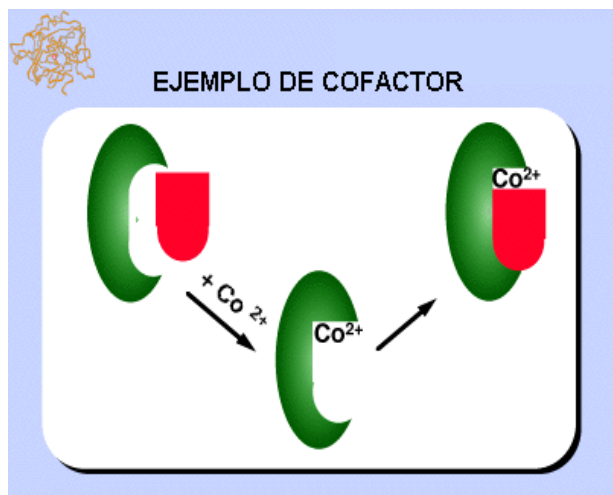


El sustrato se une al enzima a través de numerosas interacciones débiles como son: puentes de hidrógeno, electrostáticas, hidrófobas, etc, en un lugar específico, el centro activo. Este centro es una pequeña porción del enzima, constituido por una serie de aminoácidos que interaccionan con el sustrato.

Algunas enzimas actúan con la ayuda de estructuras no proteicas. En función de su naturaleza se denominan:

Cofactor. Cuando se trata de iones o moléculas inorgánicas.

Coenzima. Cuando es una molécula orgánica. Aquí se puede señalar, que muchas vitaminas funcionan como coenzimas; y realmente las deficiencias producidas por la falta de vitaminas responde más bien a que no se puede sintetizar un determinado enzima en el que la vitamina es el coenzima.



Algunas vitaminas son necesarias para la actuación de determinados enzimas, ya que funcionan como coenzimas que intervienen en distintas rutas metabólicas y, por ello, una deficiencia en una vitamina puede originar importantes defectos metabólicos.

VITAMINAS	FUNCIONES	Enfermedades carenciales
C (ácido ascórbico)	<i>Coenzima de algunas peptidasas. Interviene en la síntesis de colágeno</i>	Escorbuto
B1 (tiamina)	<i>Coenzima de las descarboxilasas y de las enzima que transfieren grupos aldehidos</i>	Beriberi
B2 (riboflavina)	<i>Constituyente de los coenzimas FAD y FMN</i>	Dermatitis y lesiones en las mucosas
B3 (ácido pantoténico)	Constituyente de la CoA	Fatiga y trastornos del sueño
B5 (niacina)	<i>Constituyente de las coenzimas NAD y NADP</i>	Pelagra
B6 (piridoxina)	<i>Interviene en las reacciones de transferencia de grupos aminos.</i>	Depresión, anemia
B12 (cobalamina)	<i>Coenzima en la transferencia de grupos metilo.</i>	Anemia perniciosa
Biotina	<i>Coenzima de las enzimas que transfieren grupos carboxilo, en metabolismo de aminoácidos.</i>	Fatiga, dermatitis...

B. Efecto del pH y de la temperatura sobre la acción enzimática

Efecto del pH.

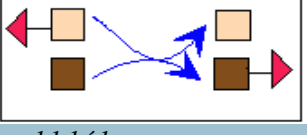
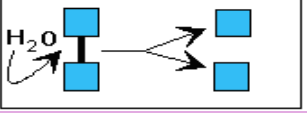
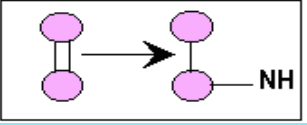
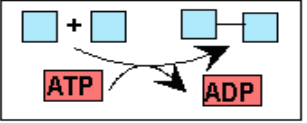
Al comprobar experimentalmente la influencia del pH en la velocidad de las reacciones enzimáticas se obtienen curvas que indican que los enzimas presentan un pH óptimo de actividad. El pH puede afectar de varias maneras:

- El centro activo puede contener aminoácidos con grupos ionizados que pueden variar con el pH.
- La ionización de aminoácidos que no están en el centro activo puede provocar modificaciones en la conformación de la enzima.
- El sustrato puede verse afectado por las variaciones del pH.

La temperatura.

Influye en la actividad. El punto óptimo representa el máximo de actividad. A temperaturas bajas, los enzimas se hallan "muy rígidos" y cuando se supera un valor considerable (mayor de 50:) la actividad cae bruscamente porque, como proteína, el enzima se desnaturaliza.

c. Clasificación de los enzimas

1. Oxido-reductasas (Reacciones de oxido-reducción).	 Si una molécula se reduce, tiene que haber otra que se oxide
2. Transferasas (Transferencia de grupos funcionales)	 ☐ grupos aldehídos ☐ grupos ácidos ☐ grupos glucosilos ☐ grupos fosfatos (quinasas)
3. Hidrolasas (Reacciones de hidrólisis)	 Transforman polímeros en monómeros. Actúan sobre: ☐ enlace éster ☐ enlace glucosídico ☐ enlace peptídico ☐ enlace C-N
4. Liasas (Adición a los dobles enlaces)	 ☐ Entre C y C ☐ Entre C y O ☐ Entre C y N
5. Isomerasas (Reacciones de isomerización)	
6. Ligasas (Formación de enlaces, con aporte de ATP)	 ☐ Entre C y O ☐ Entre C y S ☐ Entre C y N ☐ Entre C y C

8. Vitaminas

En 1912 el bioquímico inglés F. Hopkins descubrió que las ratas sometidas a una dieta de productos "purificados", conteniendo todas las sustancias consideradas hasta ese momento necesarias para la nutrición, detenían su proceso de crecimiento, que se volvía a iniciar cuando a las ratas se le suministraba a diario una pequeña cantidad de leche fresca. Este y otros experimentos similares demostraron la existencia en los alimentos de ciertas sustancias orgánicas, desconocidas hasta entonces, indispensables para el desarrollo animal. Sustancias a las que, posteriormente, el bioquímico C. Funk propuso denominar Vitaminas.

En tan solo veinte años (de 1928 a 1948) se identificaron todas las vitaminas; se determinó su estructura química; se produjeron de forma sintética en el laboratorio y se estableció su papel en los procesos nutritivos.

Gracias a este colosal esfuerzo científico, hoy conocemos bien las trece vitaminas indispensables en la dieta y se ha podido erradicar varias enfermedades que fueron plaga de la humanidad durante largo tiempo.

a. Características generales

- Son sustancias orgánicas, de naturaleza y composición variada.
- Se necesitan en pequeñas cantidades, aunque su presencia es imprescindible para el desarrollo normal del organismo.
- Las necesidades varían según las especies, con la edad y con la actividad.
- Los vegetales, hongos y microorganismos son capaces de elaborarlos por sí mismos. Los animales, salvo algunas excepciones, carecen de esta capacidad, por lo que deben obtenerlas a partir de los alimentos de la dieta. En algunos casos los animales obtienen algunas vitaminas a través de sus paredes intestinales, cuya flora bacteriana simbiótica las producen.

Ciertas vitaminas son ingeridas como provitaminas (inactivas) y posteriormente el metabolismo animal las transforma en activas (en el intestino, en el hígado, en la piel, etc.), tras alguna modificación en sus moléculas.

Son sustancias lábiles, ya que se alteran fácilmente por cambios de temperatura y pH, y también por almacenamientos prolongados.

Los trastornos orgánicos en relación con las vitaminas se refieren a:

- **Avitaminosis**: si hay carencia total de una o varias vitaminas,
- **Hipovitaminosis**: si hay carencia parcial de vitaminas,
- **Hipervitaminosis**: si existe un exceso por acumulación de una o varias vitaminas, sobre todo las que son poco solubles en agua y, por tanto, difíciles de eliminar por la orina.

Las vitaminas se designan utilizando letras mayúsculas, el nombre de la enfermedad que ocasiona su carencia o bien el nombre de su constitución química.

Clásicamente se establecen 2 grupos según su capacidad de disolución en agua o en las grasas o disolventes de éstas. Así, se habla de: vitaminas **hidrosolubles** y **liposolubles** respectivamente

b. Clasificación

VITAMINAS LIPOSOLUBLES

- VITAMINA A. Retinol. Antixeroftálmica
- VITAMINA E. Tocoferol. Antiestéril
- VITAMINA K. Naftoquinona. Antihemorrágica
- VITAMINA D. Calciferol. Antirraquítica.

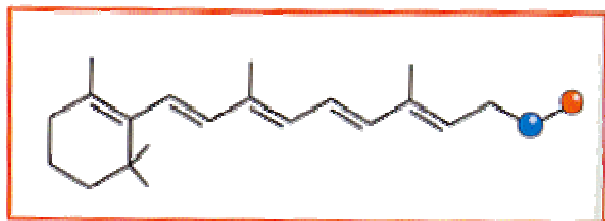
VITAMINAS HIDROSOLUBLES

- VITAMINA C. Acido Ascórbico. Antiescorbútica
- VITAMINA B₁. Tiamina. Antiberibérica
- VITAMINA B₂. Riboflavina
- VITAMINA B₃. Niacina. Acido Nicotínico.
- VITAMINA PP. Antipelagrosa.
- VITAMINA B₅. Acido Pantoténico.
- VITAMINA W
- VITAMINA B₆. Piridoxina
- VITAMINA B₈. Biotina.
- VITAMINA H
- VITAMINA B₉. Acido Fólico
- VITAMINA B₁₂. Cobalamina.

VITAMINA A

La vitamina A se conoce también como retinol o antixeroftálmica.

Fuentes: -En vegetales que contengan β -carotenos (pimientos, zanahorias, tomates, espinacas, lechuga, etc.), moléculas que actúan como provitaminas, dando lugar a dos moléculas de vitamina A en el intestino.



Estructura química del retinol. (Biología COU - Anaya)

-Debido a que se almacena en el hígado, son fuentes importantes, éste órgano y los aceites que se extraen de él (aceite de hígado de bacalao).

-Abundante en pescados "azules".

-También se encuentra en la yema de huevo, la leche y la mantequilla.

Acción fisiológica (función):

-Es una sustancia antioxidante, ya que elimina radicales libres y protege al ADN de su acción mutágena, contribuyendo, por tanto, a frenar el envejecimiento celular.

-Participa en la protección y mantenimiento de los tejidos epiteliales (piel, mucosas,..)

-Es imprescindible para la regeneración de la rodopsina, cuya descomposición por la luz permite la visión del ojo.

Déficit (alteraciones carenciales):

-En niños y jóvenes ocasiona retardo del crecimiento.

-Desección epitelial, especialmente en la mucosa conjuntival del ojo (Xeroftalmia) que hace opaca la córnea y provoca su agrietamiento, produciendo ceguera y facilitando las infecciones del ojo.

-Falta de regeneración del pigmento visual (Hemeralopía o "ceguera nocturna").

Exceso:

-La ingestión de grandes cantidades de esta vitamina puede dar lugar a alteraciones como escamaciones de la piel, caída del pelo, debilidad, ahogos, vómitos, etc...

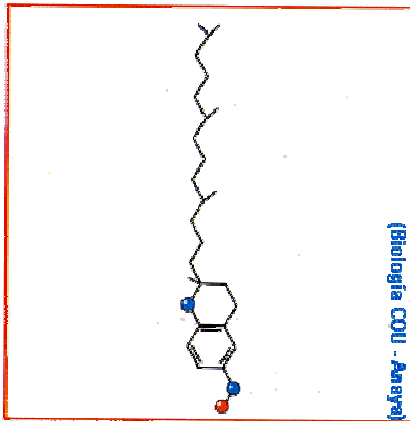
VITAMINA E

La vitamina E se denomina también tocoferol o vitamina antiestéril.

Fuentes:

-En vegetales, sobre todo en los de hoja verde y en aceites vegetales (oliva virgen, algodón,...). También, en semillas (especialmente de cereales, como el trigo).

-En alimentos de origen animal, escasea, aunque está presente en algunos como la yema de huevo y la mantequilla.



Estructura química del tocoferol.

Acción fisiológica (función):

-Tiene capacidad antioxidante frente a los radicales libres. Parece ser que desempeña cierta actividad protectora para ciertas moléculas lipídicas (ácidos grasos,...) al impedir su oxidación, retardando el catabolismo celular. Actúan, por tanto, contra el envejecimiento celular, contribuyendo, por extensión, al aumento de la longevidad.

-En algunos animales se ha comprobado su contribución en la normalización de los procesos de fertilidad.

Déficit (alteraciones carenciales):

-Aceleración del catabolismo de ácidos grasos, por aumento del consumo de oxígeno a nivel celular. Estos procesos están relacionados con el envejecimiento celular.

-En algunos animales: esterilidad; trastornos de motilidad (parálisis, distrofia muscular,...)

Exceso:

-No parece producir efectos tóxicos nocivos.

VITAMINA K

Se denomina también naftoquinona, fitomenadiona o antihemorrágica.

Fuentes:

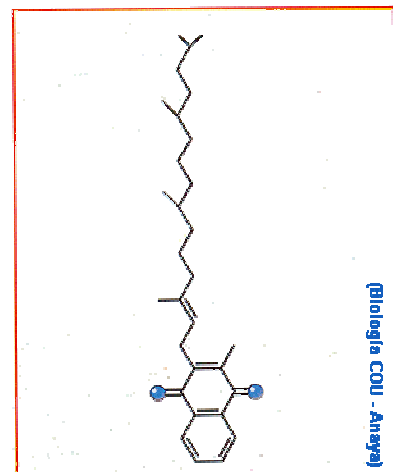
-K₁ se obtiene a partir de vegetales de hoja verde (espinacas, coles, lechuga, tomate,...)

-K₂ se obtiene a partir de derivados de pescados.

-K₃ se obtiene a partir de la producción de nuestra flora bacteriana intestinal. Por ello, las necesidades de esta vitamina en la dieta son poco importantes.

Acción fisiológica (función):

-Participa en el mecanismo de coagulación de la sangre, concretamente en la síntesis de protrombina, proceso que tiene lugar en el hígado. La protrombina es la molécula precursora de la trombina o enzima que transforma el fibrinógeno en fibrina. La fibrina es una proteína necesaria para la coagulación de la sangre.



Estructura química de la fitomenadiona.

Déficit (alteraciones carenciales):

-Hemorragias

Exceso:

-No parece producir efectos tóxicos nocivos.

VITAMINA C

La vitamina C se denomina también ácido ascórbico o vitamina antiescorbútica.

Fuentes:

-Abundante en cítricos, hortalizas y leche de vaca.

-Los vegetales y casi todos los animales (no el hombre) son capaces de sintetizarla a partir de la glucosa.

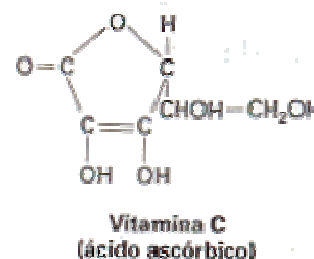
Acción fisiológica (función):

-Es un agente antioxidante, eliminador de radicales libres en el metabolismo celular.

-Actúa como coenzima en la síntesis del colágeno y de la sustancia intercelular cementante de los capilares sanguíneos.

-Estimula las defensas contra las infecciones.

-Es indispensable para el buen funcionamiento de las hormonas antiestrés producidas por las glándulas suprarrenales.



Déficit (alteraciones carenciales):

-Hinchamientos y hemorragias en las encías, con caída de dientes (Escorbuto).

-Hemorragias en los capilares.

-Mayor propensión a las infecciones.



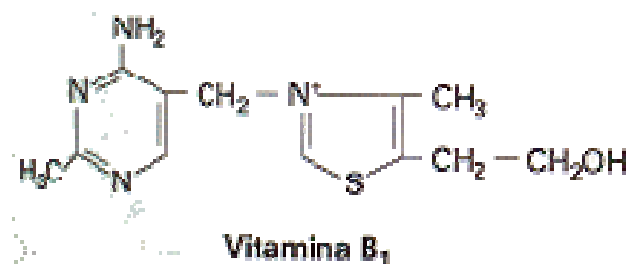
VITAMINA B₁

La vitamina B₁ se denomina también tiamina, aneurina o antiberibérica.

Fuentes:

-La producen bacterias, hongos (levaduras) y vegetales.

-Es abundante en las envolturas de cereales (cáscara de arroz,...) y legumbres, donde se encuentra de forma inactiva (tiamina). Ingresada con los alimentos pasa al hígado, donde es transformada en pirofosfato de tiamina (TPP) (forma activa) por unión de dos moléculas de ácido fosfórico.



Acción fisiológica (función):

-Es un coenzima de las descarboxilasas (en la oxidación de los α-cetoácidos) y de las

enzimas que transfieren grupos aldehído.

-Desempeñan un papel fundamental en el metabolismo oxidativo de los glúcidos y lípidos, es decir, en la producción de energía.

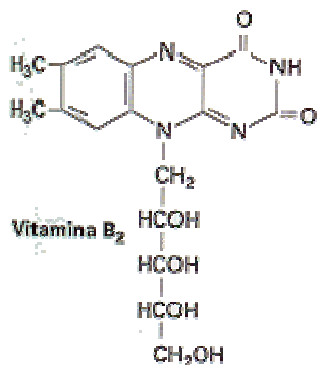
Déficit (alteraciones carenciales):

-Degeneración de las neuronas, que se manifiesta en una debilidad muscular, hipersensibilidad, pérdida de reflejos, insuficiencia cardíaca, falta de apetito, edemas y, en casos extremos, la muerte. Este cuadro sintomático es conocido como Beriberi.

VITAMINA B₂. O RIBOFLAVINA.

Fuentes:

- Se encuentra en casi todos los alimentos.
- Es producida por bacterias, levaduras y vegetales que contengan pigmentos amarillos.



Acción fisiológica (función):

- Forma parte de las coenzimas FAD y FMN, que participan en los procesos de obtención de energía, en la respiración celular.
- Ejerce un papel importante en el mantenimiento de las mucosas y de la piel.

Déficit (alteraciones carenciales):

- Dermatitis y lesiones de las mucosas (lengua, labios, córnea, comisuras de la boca,...).

VITAMINA B₃

La vitamina B₃ se denomina también niacina, ácido nicotínico, factor PP o vitamina antipelagrosa.

Fuentes:

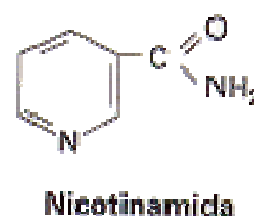
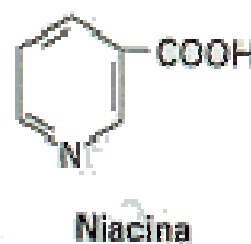
- En alimentos obtenidos por fermentación con levaduras.
 - Los animales pueden sintetizarla a partir del aminoácido triptofano.
- Abunda, por tanto, en carnes, leche y pescado.

Acción fisiológica (función):

- Forma parte de las coenzimas NAD y NADP que actúan con enzimas en los procesos de oxidación de glúcidos y prótidos, en la respiración celular.
- Es un vasodilatador que mejora la circulación sanguínea.
- Participa en el mantenimiento fisiológico del sistema nervioso, la piel, la lengua y el sistema digestivo.

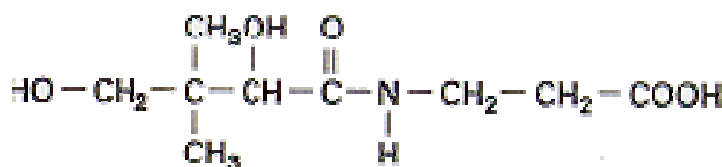
Déficit (alteraciones carenciales):

- Pelagra o síntoma de las tres D (dermatitis, diarrea y demencia).
- Se encuentra en casi todos los alimentos.
- Es producida por bacterias, levaduras y vegetales que contengan pigmentos amarillos.



VITAMINA B₅

La vitamina B₅ se denomina también ácido pantoténico o vitamina W.



Fuentes:

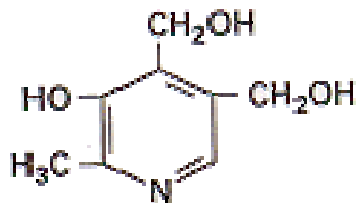
- Es sintetizada por bacterias, levaduras y vegetales verdes.
- Aparece en todos los tejidos animales, donde se almacena.

- Forma parte de la Coenzima A, que actúa en la activación de ciertas moléculas que intervienen en el metabolismo energético.
- Necesaria para la síntesis de hormonas antiestres, a partir del colesterol.
- Necesaria para la síntesis y degradación de los ácidos grasos.
- Necesaria para la formación de anticuerpos.
- Necesaria para la biotransformación y detoxificación de las sustancias tóxicas.

- Síndrome de los "pies ardorosos" (dolores, quemazón y palpitación de los pies)
- Alteraciones nerviosas y circulatorias.

La vitamina B₆ se denomina también piridoxina.

- Es sintetizada por vegetales y levaduras.



Vitamina B₆ (piridoxina)

- Los animales la acumulan en el hígado, por lo que éste órgano es rico en dicha vitamina.

- Su forma activa, el piridoxal fosfato, actúa como coenzima de las enzimas transferasas implicadas en el metabolismo (transaminaciones) de los aminoácidos. Muchas de estas acciones están encaminadas a la síntesis de neurotransmisores.

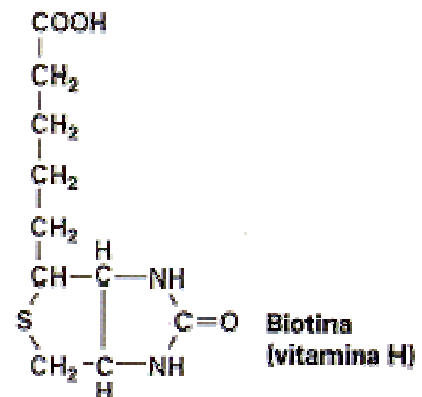
- Anemia, depresión, convulsiones, fatiga, inflamación de los nervios periféricos, alteraciones de la piel,...

La vitamina B₈ llamada también vitamina H o biotina.

- Es producida por vegetales y bacterias.

- Los animales la obtienen a través de la pared del intestino, cuya flora bacteriana la produce.

- Es un coenzima que participan en la transferencia de grupos carboxilo (-COOH).
- Interviene en las reacciones que producen energía y en el metabolismo de los ácidos grasos poliinsaturados.
- Es necesaria para el crecimiento y el buen funcionamiento de la piel y sus órganos anexos (pelo, glándulas sebáceas, glándulas sudoríparas) así como para el desarrollo de las glándulas sexuales.



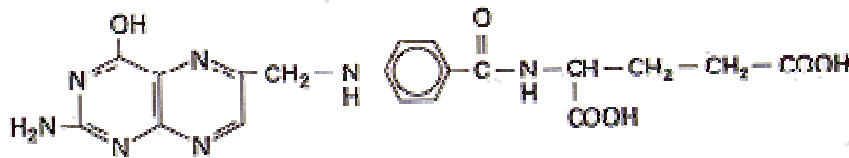
- Dermatitis, dolores musculares, anemia, aumento de colesterol en sangre,

VITAMINA B₉

La vitamina B₉ denominada también ácido Fólico.

Fuentes:

-En gran variedad de alimentos: verduras, hígado, huevos, leche,...



Vitamina B₉ (ácido fólico)

Acción fisiológica (función):

- Actúa como coenzima de las enzimas que participan en la transferencia de grupos monocarbonados.
- Interviene en la síntesis de purinas y pirimidinas, y por ello, participa en el metabolismo del ADN y ARN y en la síntesis de proteínas.
- Es un factor antianémico, porque es necesaria para la formación de las células sanguíneas, concretamente, de los glóbulos rojos.

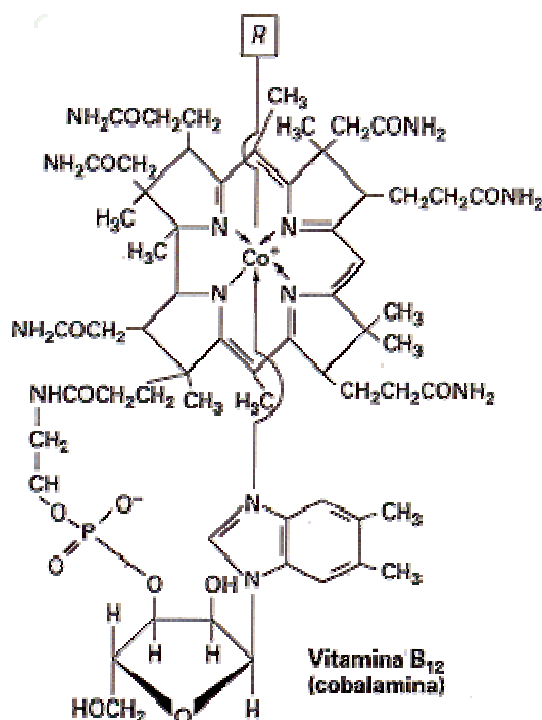
Déficit (alteraciones carenciales):

-En niños, se detiene el crecimiento y disminuye la resistencia a enfermedades. En adultos, provoca anemia, irritabilidad, insomnio, pérdida de memoria.

VITAMINA B₁₂

La vitamina B₁₂ es denominada también cobalamina.

Formas moleculares: B_{12a} (cianocobalamina), B_{12b} (hidroxicobalamina), B_{12c} (nitrocobalamina)



Vitamina B₁₂
(cobalamina)

Fuentes:

-Los animales la obtienen gracias a las bacterias simbiotes de su tracto digestivo.

Acción fisiológica (función):

- Interviene en la síntesis de ADN, ARN y proteínas.
- Actúa en la formación de glóbulos rojos.
- Participa en el mantenimiento de la vaina de mielina de las células nerviosas y en la síntesis de neurotransmisores.
- Es necesaria para la movilización (oxidación) de las grasas y para mantener la reserva energética de los músculos.

Déficit (alteraciones carenciales):

- Escasez y anomalía en la formación de glóbulos rojos (Anemia perniciosa).
- Psicosis, degeneración nerviosa, desarreglos menstruales, úlceras en la lengua y excesiva pigmentación en las manos (sólo afecta a las personas de color).