

# TEMA 3 Las proteínas



## CRITERIOS de EVALUACIÓN

- B.1.3. Reconocer los diferentes tipos de macromoléculas que constituyen la materia viva y relacionarlas con sus respectivas funciones biológicas en la célula.
- B.1.4. Identificar los tipos de monómeros que forman las macromoléculas biológicas y los enlaces que les unen.
- B.1.5. Determinar la composición química y describir la función, localización y ejemplos de las principales biomoléculas orgánicas.

## ÍNDICE de CONTENIDOS

1. Qué son los aminoácidos, su clasificación y propiedades
2. Enlace peptídico
3. Las proteínas y sus niveles estructurales
4. Propiedades de las proteínas
5. Funciones de las proteínas
6. Clasificación de las proteínas



José Manuel Huertas Suárez

### aminoácidos

"biomoléculas que son monómeros de las proteínas"

### proteínas

"macrobiomoléculas que realizan muchas funciones"

### enzimas

"biomoléculas que catalizan las reacciones químicas"

### vitaminas

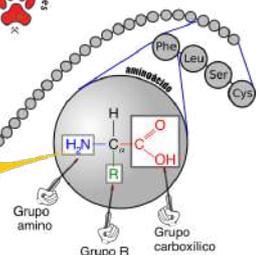
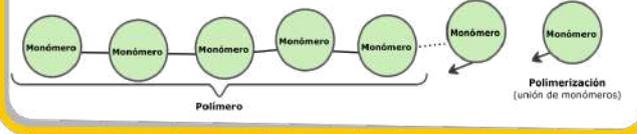
"biomoléculas necesarias para el funcionamiento del organismo"

Las proteínas son **macrobiomoléculas** (= polímeros) **lineales no ramificadas formadas por aminoácidos** (= monómeros).



## Polimerización

Las **macromoléculas** están formadas por moléculas pequeñas que recibe el nombre de **monómeros** ("una parte"). Cuando se unen monómeros, la estructura resultante se llama **polímero** ("muchas partes"). El proceso de unión de los monómeros se denomina **polimerización**.



## 1 Aminoácidos

Un **aminoácido** es una biomolécula orgánica constituido por un átomo de carbono (**Cα**) que comparte sus valencias con un grupo amino (-NH<sub>2</sub>; una base), un grupo carboxilo (-COOH; ácido), un átomo de hidrógeno (-H) y una cadena lateral (-R). Por acuerdo, el grupo amino (-NH<sub>2</sub>; una base) lo colocamos a la izquierda; mientras que, el grupo carboxilo (-COOH; un ácido) lo colocamos a la derecha

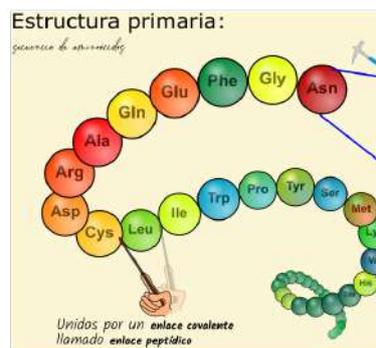
De los 170 aminoácidos que se conocen, solo 22 (antiguamente se consideran 20) forman parte de las proteínas. Las últimas incorporaciones son el aminoácido 21 llamado **selenocisteína**, que aparece tanto en eucariotas como procariotas, y el número 22 es la **pirrolisina** que aparece solo en las procariotas arqueas.

El cuerpo humano requiere tanto de aminoácidos esenciales (los que no podemos fabricar) como aminoácidos no esenciales (los que sí podemos fabricar) para: (1) transformar los alimentos en nutrientes (2) crecer, (3) reparar tejidos corporales y (4) otras funciones corporales.

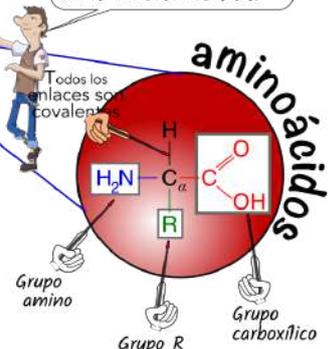
## Aminoácidos (aa)

los monómeros constituyentes de las proteínas

José Manuel Huertas Suárez



Cada bolita representa un aminoácido (aa)



José Manuel Huertas Suárez



# 1.1 Clasificación de los aminoácidos

Hay, según formen o no proteínas, dos grupos de aminoácidos: (1) aminoácidos no proteicos y (2) aminoácidos proteicos. Los aminoácidos proteicos se clasifican atendiendo a las propiedades físico-químicas de su cadena lateral (-R); es decir, si es polar, apolar o con carga eléctrica. Los que tienen carga eléctrica, según si la carga es positiva o negativa, se clasifican en: carga positiva (aminoácidos ácidos) y con carga negativa (aminoácidos básicos).

En el gráfico mostramos los 22 aminoácidos que los animales necesitan para fabricar sus propias proteínas, de los cuales 9 son esenciales (histidina- sólo hasta los 6 meses de edad-, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina), pues necesitamos ingerirlos a través de la dieta al no poder fabricarlos. Regla nemotécnica "Valeria Me Hiso FeLis y TrisTre".



## Los 22 aminoácidos principales de los organismos se clasifican según las características químicas de la cadena -R

No hay átomos cargados positivamente ni electronegativos para formar enlaces de hidrógeno. No son solubles en agua.

### Cadena laterales neutras apolares (hidrófoba sin carga)

Diagram showing the chemical structures of 10 non-polar, neutral amino acids. Each structure shows the central alpha carbon bonded to a hydrogen atom, an amino group (H3N+), a carboxylate group (COO-), and a unique side chain (R-group). The side chains are: Glycine (H), Alanine (CH3), Valine (isopropyl), Leucine (tert-butyl), Isoleucine (sec-butyl), Methionine (2-methylthioethyl), Phenylalanine (benzyl), Tryptophan (indol-3-ylmethyl), and Proline (5-membered ring).

- Glicina (G) Gly
- Alanina (A) Ala
- Valina (V) Val
- Leucina (L) Leu
- Isoleucina (I) Ile
- Metionina (M) Met
- Fenilalanina (F) Phe
- Triptófano (W) Trp
- Prolina (P) Pro

Cargas parciales que pueden formar enlaces de hidrógeno. Solubles en agua.

### Cadena laterales neutras polares (hidrofílica sin carga)

Diagram showing the chemical structures of 7 polar, neutral amino acids. Each structure shows the central alpha carbon bonded to a hydrogen atom, an amino group (H3N+), a carboxylate group (COO-), and a unique side chain (R-group) containing polar functional groups. The side chains are: Serine (CH2OH), Threonine (CH(OH)CH3), Cysteine (CH2SH), Selenocysteine (CH2SeH), Tyrosine (CH2-phenol), Asparagine (CH2CONH2), and Glutamine (CH2CH2CONH2).

- Serina (S) Ser
- Treonina (T) Thr
- Cisteína (C) Cys
- Selenocisteína (U) Sec
- Tirosina (Y) Tyr
- Asparagina (N) Asn
- Glutamina (Q) Gln

Las cadenas laterales cargadas eléctricamente; por tanto, forman enlaces de hidrógeno. Muy solubles

### Cadena laterales con carga eléctrica (hidrofílica con carga)

Diagram showing the chemical structures of 6 charged amino acids. Each structure shows the central alpha carbon bonded to a hydrogen atom, an amino group (H3N+), a carboxylate group (COO-), and a unique side chain (R-group) with a net charge. The side chains are: Aspartate (CH2COO-), Glutamate (CH2CH2COO-), Lysine (CH2CH2CH2CH2NH3+), Pyrrolysine (CH2CH2CH2CH2NH-C(=O)-pyrrolidine), Arginine (CH2CH2CH2NH-C(=NH2+)NH2), and Histidine (CH2-imidazole).

- Aspartato (D) Asp
- Glutamato (E) Glu
- Lisina (K) Lys
- PirroLisina (O) Pyl
- Arginina (R) Arg
- Histidina (H) His

Carga negativa en la cadena lateral (aminoácidos básicos) (-)

Carga positiva en la cadena lateral (aminoácidos ácidos) (+)

★ Aminoácidos esenciales que la especie humana no puede fabricar



# 1.2 Propiedades de los aminoácidos

Los **aminoácidos** presentan las siguientes características: solubilidad en agua, cristalizables, sólidos, estereoisomería y comportamiento anfótero

**Solubles en agua**, debido a la presencia de grupos ionizados y al bajo peso molecular de sus cadenas. La otra minoría son solubles en disolventes orgánicos.

**Sólidos, cristalizables e incoloros**

## Isomería espacial y óptica

**Isomería espacial o estereoisomería**, ocurren cuando las moléculas presentan carbonos asimétricos (el carbono se encuentra unido a cuatro tipo de átomos distintos).

Todos los aminoácidos (excepto la glicina) tienen un carbono asimétrico (carbono unido a cuatro radicales distintos). Como consecuencia de ello, pueden presentar dos configuraciones espaciales, la D y la L, según la orientación del grupo amino (-NH<sub>2</sub>, una base), a la derecha o la izquierda respectivamente. Ambos estereoisómeros son imágenes especulares no superponibles. Todos los aminoácidos proteicos son de la serie L, pues la células lo sintetizan utilizando enzimas estereoespecíficas

**Isomería óptica**, los aminoácidos desvían la luz polarizada en sentidos distintos, debido a la presencia del carbono asimétrico. Los enantiómeros, antes descritos, pueden desviar la luz hacia la derecha (se denota con el símbolo + o el vocablo dextrógiro) o hacia la izquierda (- o levógiro). Ojo, no hay relación entre la serie del monosacárido (D o L) con el sentido de giro (dextrógiro o levógiro).

**Isomería espacial**, como hay un carbono asimétrico (C<sub>α</sub>), existen dos formas enantioméricas para cada aminoácido ¡imágenes especulares! Los aminoácidos naturales que forman las proteínas solo tienen la configuración L.

1 Configuración L (Aminoácidos naturales)

2 Configuración D (Espejo molecular)

**Carácter anfótero**, los aminoácidos pueden comportarse como ácidos o como bases según el pH de la disolución acuosa en la que se encuentren. Así pues, los aminoácidos actúan como un sistema tampón natural debido a la capacidad que tienen los grupos carboxilo y amino para ionizarse.

En disoluciones acuosas (como las que hay en las células), los aminoácidos se encuentran en forma de zwitterión (un ión dipolar neutro que ha perdido y ganado protones, pero el balance global de cargas en toda la molécula es cero), de anión (carga -1) o como catión (carga +1). Se representan así →

# Carácter anfótero

del griego *amphi-*, ambos (= el uno y el otro) del griego *-tero*, sufijo comparativo

Los aminoácidos en disoluciones acuosas se comportan como ácidos o como bases, según el pH de la disolución

<p><b>Base</b> (aminoácido catión)</p> <chem>[NH3+]C(R)C(=O)O</chem>	<p><b>Zwitterion</b> (aminoácido ión dipolar neutro)</p> <chem>[NH3+]C(R)C(=O)[O-]</chem>	<p><b>Ácido</b> (aminoácido anión)</p> <chem>NC(R)C(=O)[O-]</chem>
<p>forma predominante cuando el medio es ácido <b>pH &lt; pI</b></p>	<p>El punto isoelectrico (pI) es el pH en el cual se encuentra el aminoácido en forma de zwitterion (carga neta del aminoácido es cero).</p> <p>forma predominante cuando <b>pH = pI</b></p>	<p>forma predominante cuando el medio es básico <b>pH &gt; pI</b></p>



El aa<sup>-</sup> actúa como base y capta protones convirtiéndose en aa<sup>-1</sup> | El aa<sup>+</sup> actúa como ácido y libera protones convirtiéndose en aa<sup>+1</sup>

# 2 Enlace peptídico

El enlace peptídico o enlace amida es un enlace covalente que une los aminoácidos entre sí como resultado de una reacción de condensación entre el grupo carboxilo (-COOH) de un aminoácido y el grupo amino (-NH<sub>2</sub>) de otro aminoácido, liberándose una molécula de agua (H<sub>2</sub>O)

Reacción de condensación es una reacción química en la que dos o más reactivos se combinan en uno con la liberación simultánea de moléculas más pequeñas, con mayor frecuencia H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, HCl.

La molécula que contiene un enlace peptídico se llama **amida**. El grupo funcional de cuatro átomos -C(=O)NH- se denomina **grupo amida** o, cuando se trata de proteínas, **grupo peptídico**.

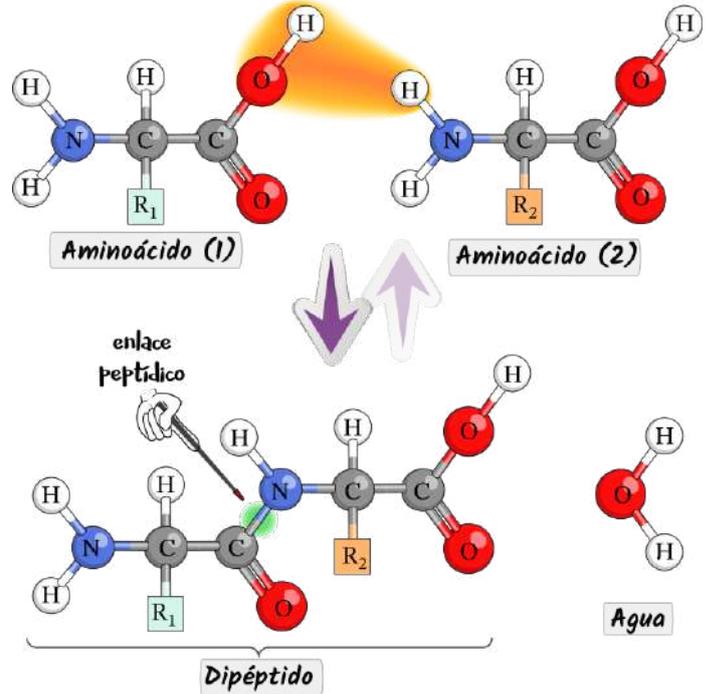
Cuando se unen dos aminoácidos mediante un enlace peptídico se forma un **dipéptido**. A cada uno de los aminoácidos que forman el **dipéptido** les queda libre el grupo amino y el grupo carboxilo, y se les unirá otro aminoácido formándose un **tripéptido**.

Si el proceso se repite sucesivamente se formará un **polipéptido**. Cuando el número de aminoácidos unidos es muy grande, aproximadamente a partir de 100, tendremos una **proteína**. En resumen,

- 2 aa juntos forman un **dipéptido**
- 3 aa unidos forman un **tripéptido**
- de 4 a 10 aa, conseguimos un **oligopéptido**
- 10 a 100 aa, tenemos un **polipéptido**
- más de 100 aa, obtenemos una **proteína**

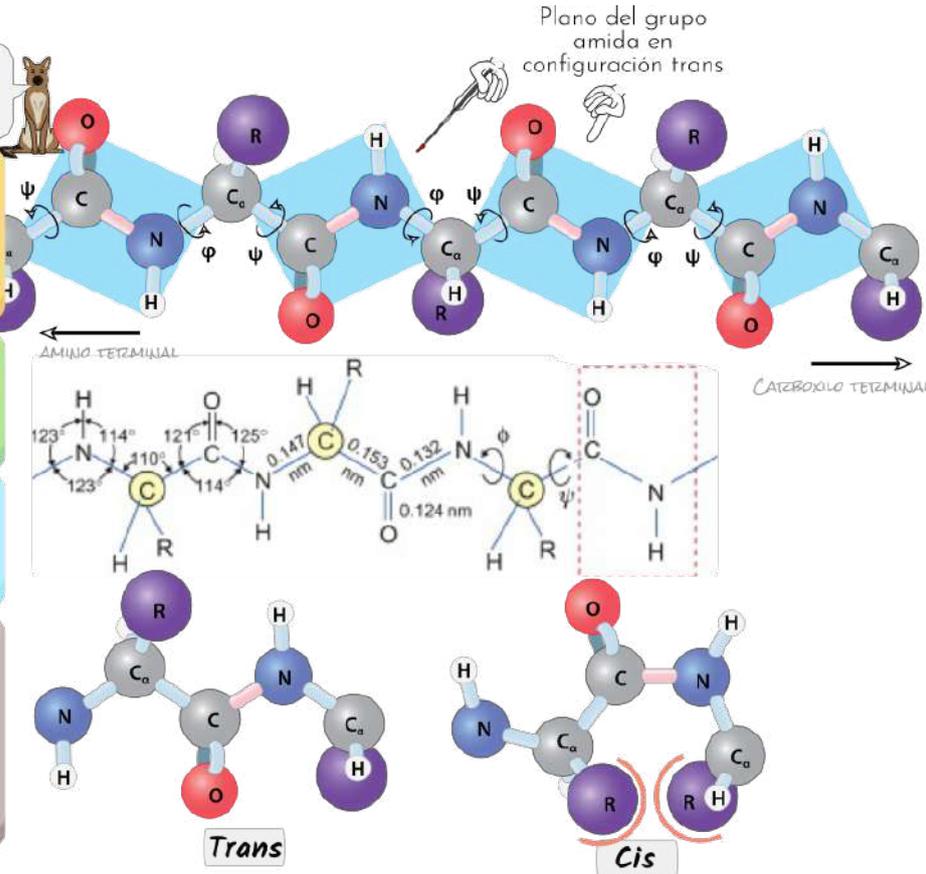


## Cómo se forma el enlace peptídico



El enlace peptídico es un enlace covalente que se "asemeja a un doble enlace". El carbono (C) y el nitrógeno (N), así como el oxígeno (O) y el hidrógeno (H) que van unidos a ellos, se encuentran en el mismo plano.

- ▶ El **enlace peptídico** tienen carácter de **doble enlace**, porque la longitud entre el C-N que une a dos aminoácidos es más corto (unos 132 Å, la longitud habitual del enlace simple carbono-nitrógeno es 147 Å y si fuese doble de 127 Å) que los otros carbono y nitrógenos unidos. Por tanto, la longitud entre el C-N que une a dos aminoácidos es más corto que los otros enlaces C-N.
- ▶ Los enlaces (CO-NH) se hallan en un mismo plano, con el oxígeno y el hidrógeno en posición **trans**. Sin embargo, el resto de los enlaces (N-C y C-C) son enlaces sencillos verdaderos, con lo que podría haber giro (señalado con  $\Phi$  y  $\Psi$  en la imagen).
- ▶ El **enlace peptídico** es lo suficientemente **rígido** e impide que los átomos giren entre sí. Esto supone que los distintos "planos" que forman los aminoácidos solo pueden moverse por el **carbono alfa**, que actuaría como **bisagra**.
- ▶ Las dos posibles configuraciones para un enlace peptídico son: la configuración **trans**, los átomos de carbono  $\alpha$  y las cadenas laterales están ubicados en diferentes lados del enlace peptídico, mientras que en la configuración **cis**, están en el mismo lado.  
La forma **trans** de los enlaces peptídicos es mucho más común que la **cis** (ocurre en el 99,6% de los casos), debido a que en este último caso existe una alta probabilidad de colisión espacial entre los grupos laterales de aminoácidos.



El enlace peptídico se puede romper debido a:

- **HIDRÓLISIS ÁCIDA** (= el péptido está en un medio ácido)
- **ENZIMA** (= un tipo de biomolécula especial cuya función es agrupar o desagrupar moléculas)

El **enlace peptídico** NO se puede romper debido a aumentos de temperatura, aunque si es verdad que el aumento de temperatura si altera la estructura tridimensional de las proteínas.



# 3 Proteínas

Una **proteína** es una macromolécula (un polímero) sin ramificar compuesta de más de 100 aminoácidos (monómeros) unidos entre sí mediante enlaces llamados peptídicos (enlace covalente que une aminoácidos).

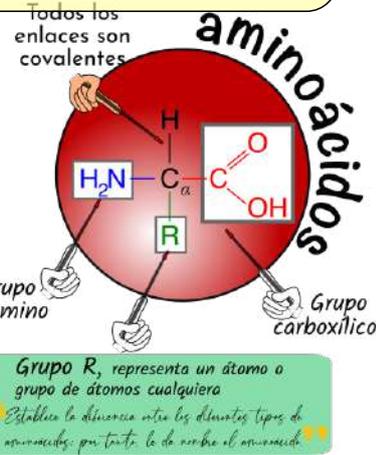
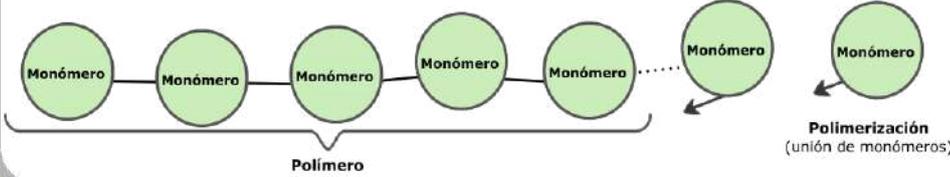
Cuando se unen dos aminoácidos mediante un enlace peptídico se forma un dipéptido. A cada uno de los aminoácidos que forman el **dipéptido** les queda libre el grupo amino y el grupo carboxilo, y se les unir otro aminoácido formándose un **tripéptido**.

Si el proceso se repite sucesivamente se formará un **polipéptido**. Cuando el número de aminoácidos unidos es muy grande, aproximadamente a partir de 100, tendremos una **proteína**. En resumen,

- 2 aa juntos forman un **dipéptido**
- 3 aa unidos forman un **tripéptido**
- de 4 a 10 aa, conseguimos un **oligopéptido**
- 10 a 100 aa, tenemos un **polipéptido**
- más de 100 aa, obtenemos una **proteína**

## ¿Qué es una proteína?

Las **macromoléculas** están formadas por moléculas pequeñas que recibe el nombre de **monómeros** ("una parte"). Cuando se unen monómeros, la estructura resultante se llama **polímero** ("muchas partes"). El proceso de unión de los monómeros se denomina **polimerización**.



### 3.1 Estructura de las proteínas

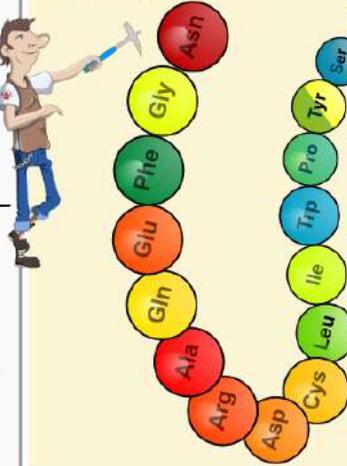
La estructura de una proteína determina su función en las células (esto ya lo sabéis, porque lo he dicho cientos de veces).

Una proteína puede tener hasta cuatro niveles estructurales jerárquicos (no todas las proteínas las tienen): estructura primaria, la estructura secundaria, la estructura terciaria y la estructura cuaternaria. Si una proteína tiene estructura cuaternaria o terciaria o secundaria tiene obligatoriamente las anteriores. Ojo, hay proteínas que no tiene estructura cuaternario

La organización de una proteína viene determinado por sus niveles estructurales. La estructura primaria determina como va a ser la estructura secundaria y, ésta, establece el tipo de estructura terciaria. La estructura cuaternaria es la unión de dos o más proteínas

Niveles estructurales de las proteínas  
La organización de la proteína viene determinada por cuatro niveles

**Estructura primaria**  
ES LA SECUENCIA LINEAL DE AMINOÁCIDOS EN UN PÉPTIDO O PROTEÍNA

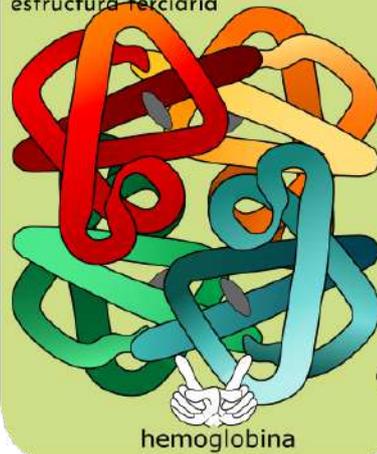


**Estructura secundaria**

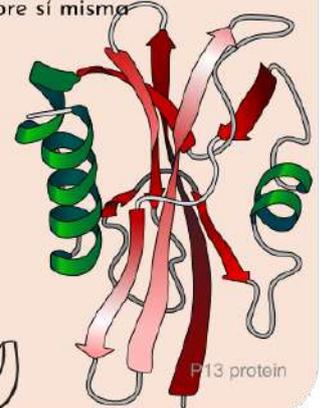
ES LA FORMA DE LA CADENA LINEAL EN EL ESPACIO. LOS MAS COMUNES SON: HÉLICE  $\alpha$ , HÉLICE COLÁGENO O LÁMINA  $\beta$



**Estructura cuaternaria**  
es la asociación de 2 o más cadenas polipeptídicas con estructura terciaria



**Estructura terciaria**  
es la forma de la estructura secundaria cuando se repliega sobre sí misma



## ► Estructura primaria

La estructura primaria de una proteína es la secuencia lineal de aminoácidos que la integra; es decir, el orden en el que se colocan los diferentes aminoácidos. Además, determina el resto de niveles estructurales superiores.

La estructura primaria es mantenida por el enlace peptídico, plano y rígido, que puede destruirse por hidrólisis. Debido a la naturaleza de ese enlace esta estructura recibe el nombre de cadena polipeptídica.

En todas la proteínas, se considera como extremo inicial aquel que presenta el aminoácido con el grupo amino libre (extremo N-inicial, vamos la locomotora) y como extremo final aquel cuyo aminoácido tiene el grupo carboxilo libre (extremo C-terminal, ea el vagón de cola). La secuencia de aminoácidos de una proteína se expresa enumerando los aminoácidos desde el extremo N-inicial hasta el extremo C-terminal.

# Estructura primaria

la secuencia de los aminoácidos uno detrás del otro sienta la base de las demás niveles estructurales

Cada bolita representa un tipo de aminoácido (aa)

Todos los enlaces son covalentes

Unidos por un enlace covalente llamado enlace peptídico

Los aminoácidos se juntan como los vagones de un tren

N- inicial C- terminal

Grupo amino

Grupo carboxílico

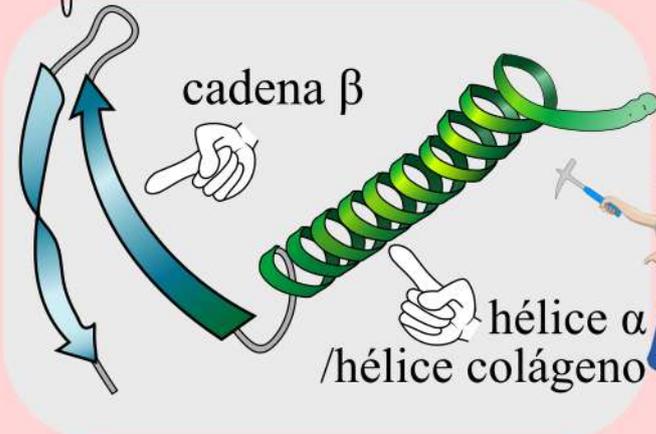
Grupo R

## ► Estructura secundaria

La estructura secundaria es la disposición espacial de la estructura primaria y surge cuando segmentos de la cadena polipeptídica se enrolla en forma de espiral o se pliega en forma de lámina gracias a los enlaces de hidrógeno entre componentes del esqueleto del enlace peptídico. Dicho de otra forma.

# Estructura secundaria

la forma de la secuencia aminoácidos de la estructura primaria en el espacio



Hay tres tipos de estructuras secundarias:

- **Hélice  $\alpha$** . Giro dextrógiro con 3,6 aminoácidos por vuelta.
- **Hélice colágeno**. Giro levógiro con 3 aminoácidos por vuelta
- **Cadena  $\beta$** . Cadena en zigzag
  - Lámina  $\beta$  antiparalelas. Unión de cadenas en zigzag en **distinto** sentido
  - Lámina  $\beta$  paralelas. Unión de cadenas en zigzag en **mismo** sentido



La estructura secundaria es estable gracias a los **enlaces débiles de los puentes de hidrógeno intracatenario**

El que se forme la cadena  $\beta$ , la hélice  $\alpha$  o hélice colágeno depende del **nº enlaces** de hidrógeno intracatenarios del -R; y eso va a depender, del tipo de aminoácido (= secuencia; ie, estructura primaria).

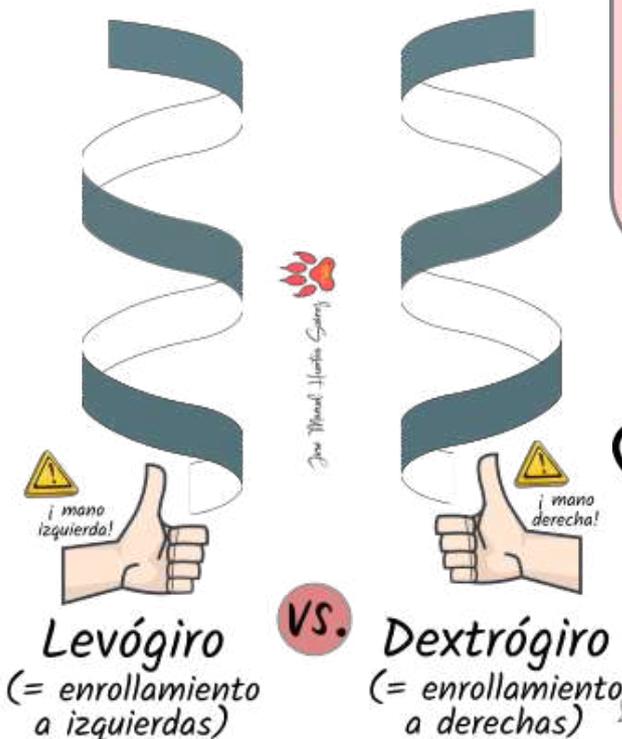
• **Proteínas fibrosas** alcanzan este nivel máximo o superior

Jose Manuel Huertas Suarez



→ **✳ Estructura de hélice  $\alpha$**  [ $\alpha$ -queratinas]. La cadena polipeptídica se enrolla sobre sí misma describiendo una espiral dextrógira; es decir, enrollada en el sentido de las agujas del reloj. Esta estructura se mantiene gracias a los enlaces intracatenarios de hidrógeno (dentro de la propia cadena) entre el grupo  $-NH$  de un enlace peptídico y el grupo  $-C=O$  del cuarto aminoácido que le sigue. Con esta disposición los radicales R de los aminoácidos quedan dirigidos hacia el exterior de la espiral.

# Sentido de enrollamiento



¡Mirar Anexo 4!

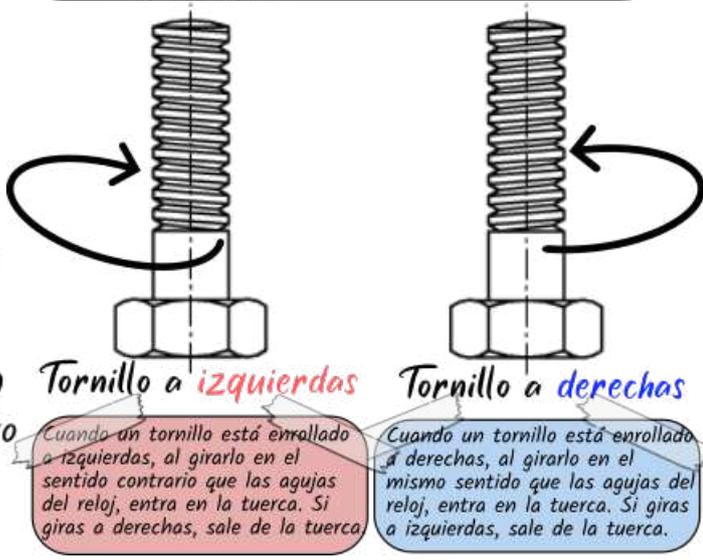
## Características de la Hélice $\alpha$

**enlaces puentes de hidrógeno**  
(entre  $-NH$  y el  $-C=O$  del cuarto aminoácido que le sigue en la cadena)

- La cadena polipeptídica se enrolla sobre sí misma y describe una **espiral dextrógira** (3,6 aminoácidos por vuelta)
- La espiral queda estabilizada por enlaces **puentes de hidrógeno** que se forma entre  $-NH$  y el  $-C=O$  del cuarto aminoácido que le sigue en la cadena.
- Los **grupos  $-R$**  y los **hidrógenos (H)** se disponen hacia el exterior de la cadena

**Dextrógiro**  
(= enrollamiento a derechas)

¡mano derecha!



→ **✳ Estructura de lámina  $\beta$**  [ $\beta$ -queratinas o fibroína]. Cuando la cadena polipeptídica se unen mediante enlaces intercatenarios de hidrógeno (entre dos o más cadenas peptídicas adyacentes) forman capas o láminas plegadas llamadas **lámina  $\beta$** . Este plegamiento se produce cuando dos cadenas polipeptídicas, procedentes o no de la misma proteína, se disponen de forma paralela o antiparalela, en forma de zig-zag.

Para un mejor estudio y comprensión, vamos a sustituir mentalmente lo subrayado por la siguiente frase "dos segmentos de la misma cadena polipeptídicas"

- ➔ **láminas  $\beta$  con cadenas paralelas:** cuando se junta dos cadenas (para ti segmentos) en el mismo sentido mediante enlaces puentes de hidrógeno. Las cadenas laterales (los radicales R de los aminoácidos) quedan por encima y por debajo de forma alterna
- ➔ **láminas  $\beta$  sin cadenas antiparalelas:** cuando se junta dos cadenas en distinto sentido mediante enlaces puentes de hidrógeno. Ocurre cuando una misma cadena gira  $180^\circ$  cada cientos de aminoácidos. Las cadenas laterales (los radicales R de los aminoácidos) quedan por encima y por debajo de forma alterna

Recuerda que na la lámina beta, los radicales R de los aminoácidos quedan por encima y por debajo, de forma alterna

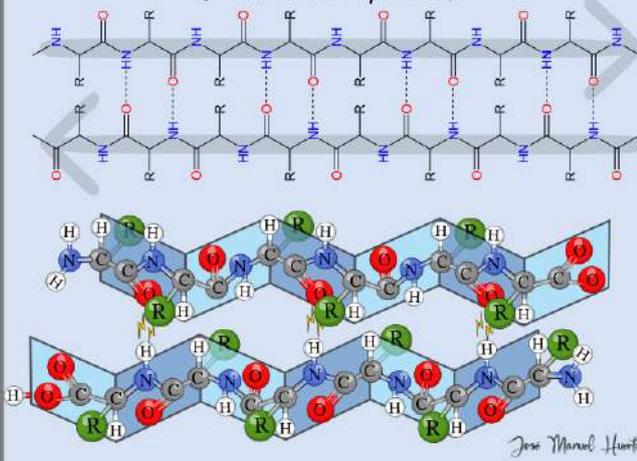
## Cadena $\beta$ , sus características

- La cadena  $\beta$  es un tramo de la cadena polipeptídica, de 3 a 10 aminoácidos, que adopta una disposición en **zig-zag** debido a la ausencia de enlaces puentes de hidrógeno (porque los aminoácidos están muy separados).
- El carbono alfa se dispone en las aristas
- Los **grupos  $-R$**  y los **hidrógenos (H)** se disponen hacia arriba y abajo de los planos de zigzag
- Los grupos  $-R$  no son muy grandes, ya que romperían la estructura de lámina beta (unión de cadenas beta)
- Cuando se rompe la estructura hélice alfa se suele formar una cadena beta

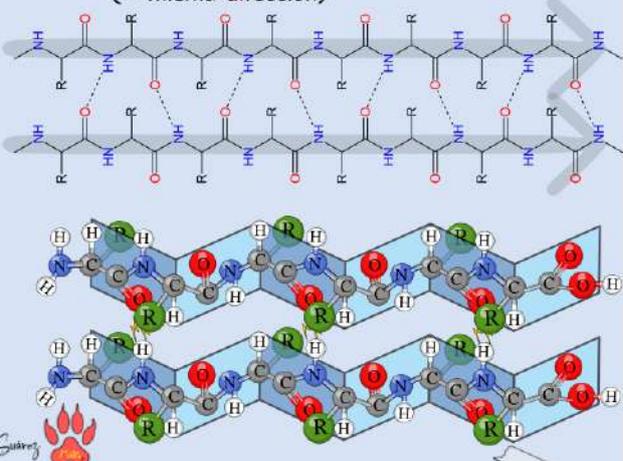


# Características de la Lámina $\beta$

## Láminas $\beta$ antiparalela (= direcciones opuestas)



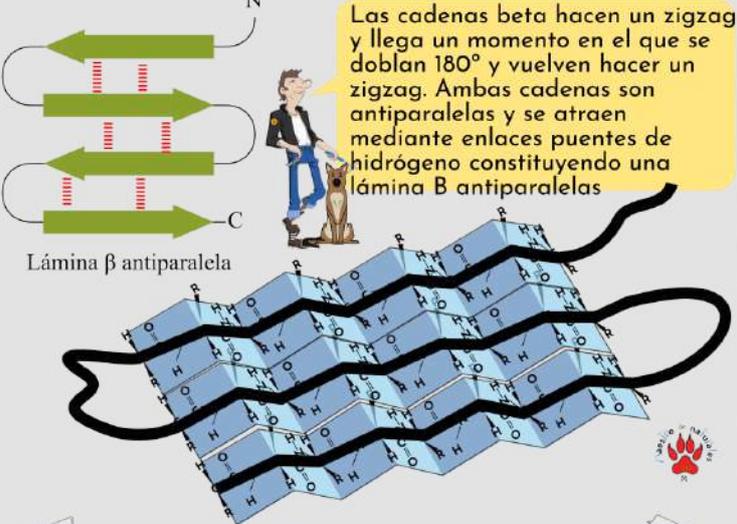
## Láminas $\beta$ paralela (= misma dirección)



- Láminas  $\beta$  son cadenas  $\beta$  conectadas lateralmente por al menos dos o tres enlaces de hidrógeno de la columna vertebral, formando una hoja plisada generalmente retorcida. Las flechas apuntan en la dirección del carboxilo terminal para reproducir la estructura de la hoja plegada
- Los grupos  $-NH$  de una de las cadenas  $\beta$  forman enlaces de hidrógeno con los grupos  $-C=O$  de la cadena  $\beta$  opuesta.
- Los grupos  $-R$  no son muy grandes, ya que romperían la estructura de lámina beta (unión de cadenas beta). Por ejemplo, la seda natural presenta estructura de la hoja plegada y el 86% de glicina, alanina y serina son radicales pequeños. Otro ejemplo de proteínas con una estructura predominantemente laminar son las inmunoglobulinas. De ahí, que cuando los grupos  $-R$  son grandes se forman hélice alfa.

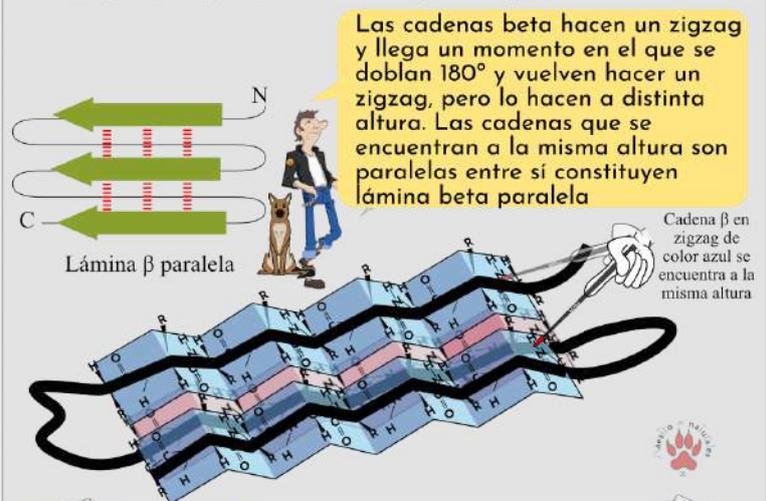
Que se dé una u otra estructura depende del (1) número de enlaces de hidrógeno que se puedan formar; por tanto, está relacionado con los aminoácidos que constituyen la cadena y (2) de las condiciones de temperatura

## Lámina $\beta$ Antiparalela, unión de cadenas en distinto sentido



• Láminas  $\beta$  antiparalela presenta una estructura más compacta que la paralela. Además las Láminas  $\beta$  antiparalela son más frecuentes

## Lámina $\beta$ Paralela, unión de cadenas en el mismo sentido



• Láminas  $\beta$  paralela presenta una estructura menos compacta que la antiparalela. Además las Láminas  $\beta$  paralela son menos frecuentes

# Estructura terciaria

La estructura terciaria es la disposición en el espacio de la estructura secundaria. Esta estructura es estable gracias a las uniones que se producen entre los radicales -R de los diferentes aminoácidos, que puede ser:

- (1) enlaces disulfuro (-S-S-), entre dos grupos -SH de dos cisteínas (un tipo de aminoácido),
- (2) enlaces de puentes de hidrógeno, entre cadenas laterales polares,.
- (3) interacciones iónicas, entre grupos  $\text{NH}_3^+$  y  $\text{COO}^-$  e
- (4) interacciones hidrofóbicas y fuerzas de van der Waals, entre cadenas laterales de aminoácidos.

## Características de la Estructura terciaria

es la forma de estructura secundaria cuando se repliega sobre sí misma

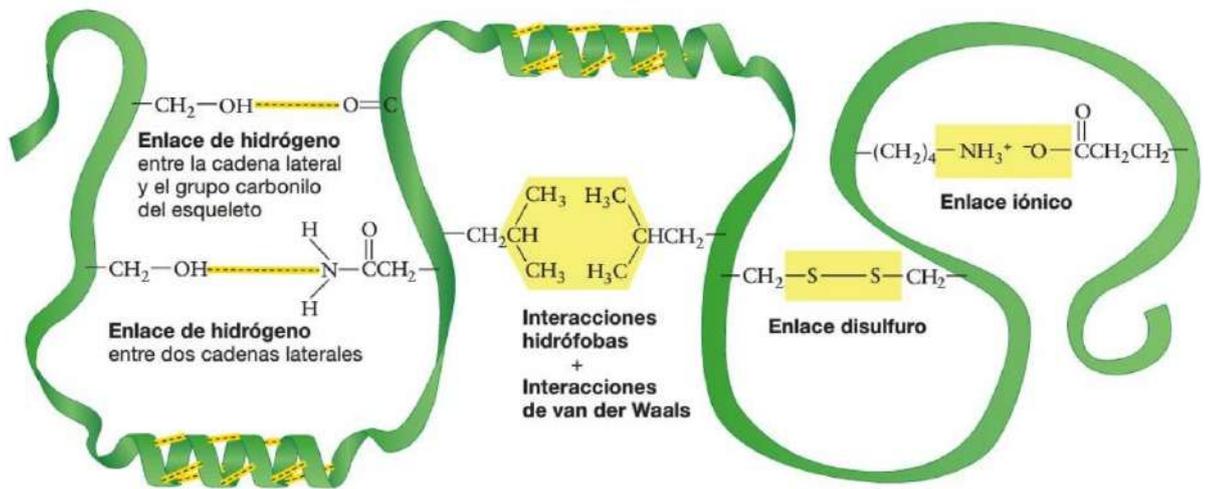
**Hélice  $\alpha$**

**Cadena  $\beta$**

enlaces puente de hidrógeno

- La estructura terciaria es la disposición espacial de la cadena polipeptídica. Esta estructura es esencial para la función biológica.
- La estructura terciaria es estable gracias **cuatro clases de interacciones**: enlaces puentes disulfuro entre Cys (= covalente entre -SH), puentes de hidrógeno entre cadenas laterales, interacciones iónicas, interacciones de van der Waals, y fuerzas hidrofóbicas).
- Suelen aparecer (¡en algunos casos!) los **dominios estructurales**, que son regiones dentro de la estructura terciaria donde aparecen **repeticiones de combinaciones de hélice  $\alpha$  y cadena  $\beta$**  muy estables y compactas.

Jose Manuel Huertas Suarez



Las estructuras terciarias más frecuentes son la **globular** y la **filamentosa**.

→ **la globular**: La cadena polipeptídica se repliega sobre sí misma adquiriendo una forma esférica o de bola, fruto de las combinaciones de hélice  $\alpha$  y lámina  $\beta$ . Los grupos apolares -partes hidrofóbicas- se agrupan en el interior de la molécula; mientras que, los polares -partes hidrofílicas- se disponen hacia el exterior, permitiendo la atracciones dipolo-dipolo con el disolvente, lo que explica la solubilidad de la molécula en agua y disoluciones salinas.

→ **la filamentosa**: La cadena polipeptídica se repliega sobre sí misma adquiriendo una forma lineal, parecidos a bastones. Se caracterizan por ser insolubles en agua y disoluciones salinas.



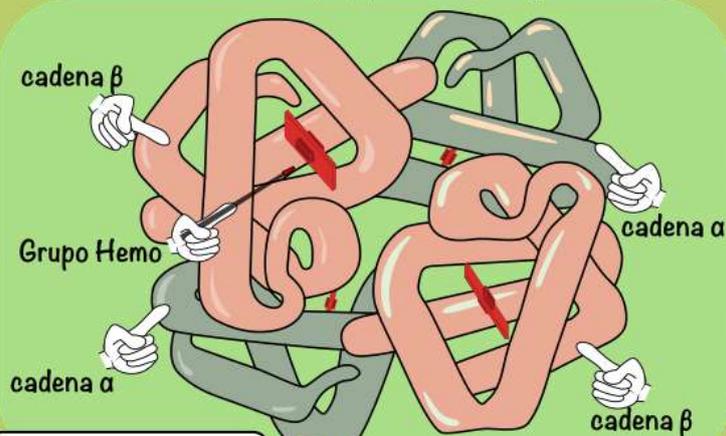
## ➤ Estructura cuaternaria

La estructura cuaternaria es el resultado de la asociación de varias cadenas polipeptídicas con estructura terciaria. Esta estructura surge cuando dos o más cadenas polipeptídicas, idénticas o no, unidas entre sí por enlaces débiles (no covalentes) y, en ocasiones, por enlaces covalentes del tipo enlace disulfuro. Las proteínas con estructura cuaternaria se denominan **oligoméricas** y cada una de las cadenas que lo forman se llaman **subunidades** o **protómeros**. Los ejemplos más representativos son: hemoglobina, insulina y fibra de colágeno

- \* La **hemoglobina** es una proteína globular compuesta de cuatro cadenas polipeptídicas, dos de tipo hélice  $\alpha$  y dos de tipo lámina  $\beta$  [4 protómeros]
- \* La **insulina** es una proteína globular compuesta por pares de cadenas polipeptídicas helicoidales formada por 51 aminoácidos cuya función es (1) regular la cantidad de glucosa en la sangre (es como una llave que abre la cerradura de las puertas de las células del cuerpo para que la glucosa -azúcar en la sangre- pueda entrar y sea utilizada como energía) y (2) transportar los aminoácidos a los músculos para reparar fibras musculares rotas (como cicatrices).

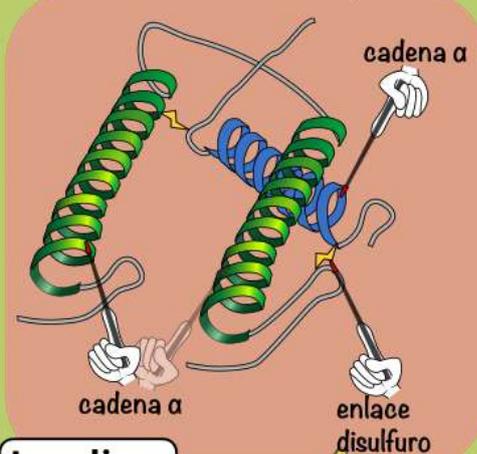
# Estructura cuaternaria,

es la asociación de cadenas polipeptídicas. Cada agregado recibe el nombre de subunidad, monómero o protómero



### Hemoglobina

asociación de 4 cadenas polipeptídicas ¡574 aminoácidos!



### Insulina

asociación de 2 cadenas polipeptídicas ¡51 aminoácidos!

La estructura cuaternaria describe la disposición definida de dos o más macromoléculas que tengan estructura terciaria. Ambas cadenas con estructura terciaria se mantienen unidas por enlaces débiles y, en ocasiones, por enlaces covalentes disulfuro.

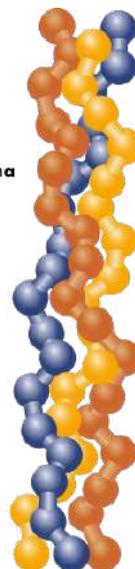
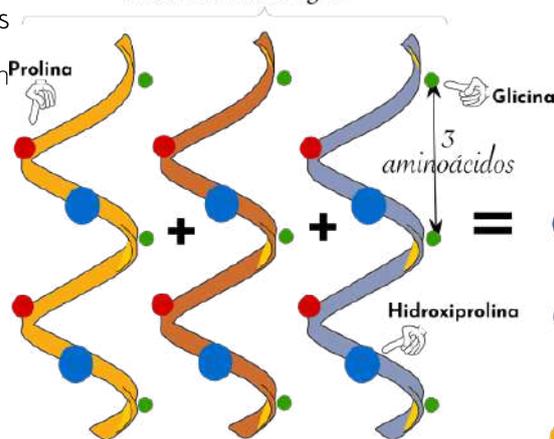
- Cada cadena polipeptídica con estructura terciaria recibe el nombre de **protómero**, **subunidad** o **monómero**. Por ejemplo,
  - la **hemoglobina** está formada por cuatro subunidades: dos de tipo alfa y dos de tipo beta; y cada subunidad puede unirse a una molécula de oxígeno a través de su grupo hemo
  - la **insulina** está formada por dos subunidades: dos de tipo alfa

Las proteínas con estructura cuaternaria reciben el nombre de **proteínas oligoméricas**

- \* El **colágeno** es una proteína fibrosa, formada por tres cadenas polipeptídicas helicoidales entrelazadas para formar una triple hélice más grande, que confiere a estas fibras gran resistencia.

¡Mirar Anexo 4!

### Hélice colágeno: enrollamiento levógiro



**Fibra de colágeno:**  
(macromoléculas de triple hélice)  
las tres tienen enrollamiento levógiro

# 4 Propiedades de las proteínas

Las **propiedades de las proteínas** están gobernadas por las cadenas laterales (R) de los aminoácidos, las cuales se encuentran en la superficie de la proteína. Los grupos carboxilos y aminos no intervienen en las propiedades, debido a que están implicados en el enlace peptídico. Las principales propiedades de las proteínas son: solubilidad, desnaturalización, especificidad y capacidad amortiguadora.

-  La **solubilidad** de una proteína en agua depende de los siguientes factores: composición química de la proteína, tamaño y forma de la proteína, pH en el que se encuentre la proteína, la temperatura en la que se encuentre las proteínas, la concentración salina del medio en la que se encuentre la proteína.
-  **Composición química de la proteína.** Una proteína rica en aminoácidos polares es más soluble, que una rica en aminoácidos hidrofóbicos.
  -  **Tamaño y forma de la proteína.** Las proteínas pequeñas y globulares se disuelven mucho mejor, que las grandes o fibrosas.
  -  **Temperatura.** La solubilidad de las proteínas aumenta con la temperatura, siempre que ésta se mantenga dentro de un rango para evitar que pierdan su conformación nativa.
  -  **Fuerza iónica del medio (concentración salina).** La proteína se disuelve cuando los dipolos de agua la rodean al interactuar con las cargas negativas y positivas distribuidas en la superficie de la proteína. De esta forma se crea una capa de solvatación alrededor de cada molécula de proteína. Si se incrementa la concentración de sales del medio, los iones de las sales se une a las moléculas de agua que rodean a las proteínas, lo que ocasiona que las proteínas precipiten.

-  La **desnaturalización** consiste en perder la estructura tridimensional (estructura secundaria, terciaria y/o cuaternaria) de la proteína. Se produce por cambios de pH y/o aumento de temperatura. Estos cambios rompe los enlaces débiles que configuran la estructura tridimensional. La desnaturalización nunca implica la ruptura de los enlaces peptídicos y puede ser reversible o irreversible.
-  **Reversible.** La proteína recupera su conformación nativa y su funcionalidad, cuando se restablece las condiciones fisiológicas iniciales y no se ha producido un daño irreversible. Este proceso se llama **renaturalización**.
  -  **Irreversible.** La proteína, una vez desnaturalizada, es incapaz de recuperar su conformación nativa. Un ejemplo típico es la coagulación por calor de la clara del huevo; al desnaturalizarse, la ovalbúmina pierde solubilidad y precipita.

-  La **especificidad** de una proteína radica en la secuencia de aminoácidos que la constituye (o sea de su estructura primaria). Tal especificidad puede considerarse a nivel de especie y a nivel de individuo.
-  **A nivel de especie.** En diferentes especies, las mismas funciones son desempeñadas por proteínas similares, pero no idénticas. Mientras que la glucosa, por ejemplo, es igual en todos los seres vivos, la hemoglobina es diferente según la especie, aunque realice la misma función en todos ellos. La diferencia radica en que la secuencia polipeptídica es algo diferente.
  -  **A nivel de individuo.** Cada individuo posee un conjunto de proteínas exclusivas que los diferencia del resto. El sistema inmune es capaz de distinguir entre las proteínas propias y las ajenas, lo cual constituye la base sobre la que se asienta la defensa del organismo y explica los rechazos que se producen en los trasplantes de órganos. Así pues cuando se producen trasplantes o transfusiones de sangre, se buscan donantes y receptores compatibles.

-  La **capacidad amortiguadora** se debe a que las proteínas son moléculas anfóteras, porque sus extremos tienen un grupo amino inicial y uno carboxilo terminal. Por ello, las proteínas pueden presentarse como ácidos o como bases, liberando o retirando protones (H<sup>+</sup>) del medio. De esta forma pueden neutralizar las variaciones de pH que se puedan producir en él.

# 5 Funciones de las proteínas

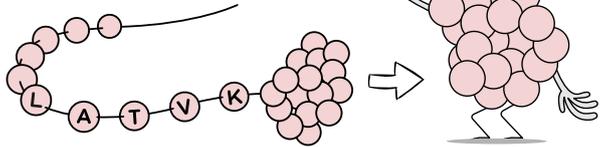


ESCANÉAME  
(4 proteínas increíbles)

Las funciones de las proteínas está determinada por su estructura molecular. Las proteínas presentan muchas estructuras, por eso realizan muchas funciones como: catalíticas, estructurales, defensivas, reguladoras, transporte, homeostáticas, energéticas y reserva.

**Estructural** como por ejemplo: las proteínas fibrosas como el colágeno, la fibroína y las elastinas, las glucoproteínas que forman parte de las membranas biológicas y las histonas que forman parte de los cromosomas.

- las **proteínas fibrosas** como el colágeno, la fibroína y las elastina
- las **glucoproteínas** que forman parte de las membranas biológicas y las histonas que forman parte de los cromosomas.
- las **histonas** que forman parte de los cromosomas.



**Catalíticas** Las proteínas que realizan la acción catalítica se denominan **enzimas** o **biocatalizadores**. Intervienen en las reacciones metabólicas, aumentando su velocidad. Las enzimas permanecen inalterables durante la reacción y no se gastan. Son ejemplos las peptidasas (hidrólisis de los péptidos), lipasas (hidrólisis de los lípidos) y deshidrogenasas (reacciones de deshidratación).



**Defensa** llevadas a cabo por: anticuerpos o inmunoglobulinas, las proteínas sanguíneas y mucinas

- **anticuerpos** o **inmunoglobulinas**. Cada anticuerpo reconoce específicamente a su antígeno (sustancia extraña al organismo) y se une a él; posteriormente, el complejo antígeno-anticuerpo será destruido por las células del sistema inmune.
- las **proteínas sanguíneas**, como el fibrinógeno y la trombina, ya que participan en la coagulación sanguínea impidiendo la pérdida de sangre en los vertebrados.
- **mucinas** que se segregan una especie de moco en los tractos digestivo, respiratorio y urogenital.

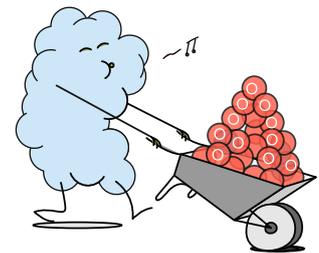


**Reguladora** llevada a cabo por hormonas de naturaleza proteica y los neurotransmisores

- **Hormonas de naturaleza proteica**. Las más relevantes son la insulina y el glucagón (estimula la formación de glucosa en la células del hígado), segregadas por ciertas células del páncreas que regulan el nivel de glucosa en sangre y la hormona del crecimiento que estimula el crecimiento de los huesos.
- **Neurotransmisores** de naturaleza proteica son un conjunto de aminoácidos como los péptidos opiáceos.

**Transporte** llevado a cabo por: la hemoglobina, hemocianina, lipoproteínas, seroalbúmina y los citocromos.

- la **hemoglobina** transporta el  $O_2$  y  $CO_2$  en la sangre de los vertebrados,
- la **hemocianina** transporta el  $O_2$  y  $CO_2$  en la sangre de los invertebrados,
- las **lipoproteínas** transportan lípidos por la sangre,
- la **seroalbúmina** transporta los ácidos grasos en la sangre y
- **citocromos** transportan los electrones en las mitocondrias y cloroplastos



**Homeostática**. Las proteínas regulan el pH intracelular gracias a su capacidad tamponadora, debida al carácter anfótero de los aminoácidos.

**Movimiento** Hay proteínas con capacidad contráctil cuya misión en el organismo es cambiar de forma o desplazarse. Unos ejemplos son la actina y la miosina, que forman los músculos y que permiten la contracción y relajación de los mismos, o la tubulina y la dineína, que forman los cilios y los flagelos en eucariotas.

**Nutritivas y de reserva** Su misión es almacenar aminoácidos como elementos nutritivos, por ejemplo, para el embrión en crecimiento. Son ejemplos la ovoalbúmina de la clara del huevo, la caseína de la leche y la gliadina de las semillas del trigo. Un caso especial es la mioglobina (proteína similar a la hemoglobina, pero más chica, una sola cadena de 153 aminoácidos y un solo grupo hemo) que se encuentra presente en las células musculares esqueléticas y del corazón, su misión es almacenar oxígeno, pues estos órganos son consumidores voraces de oxígeno.

# 6 Clasificaciones de las proteínas

Las proteínas se clasifican, según su composición química, en **holoproteínas**, y **heteroproteínas**.

 **Holoproteínas** formadas **exclusivamente** por **aminoácidos**. Según su estructura, se dividen en **fibrosas** y **globulares**.

→  **Fibrosas**: Presentan una forma alargada o filamentososa y una estructura secundaria bien definida. Son muy resistentes, insolubles en agua y en disoluciones salinas. *Ejemplos son el colágeno (forma los tendones, la matriz de los huesos y cartílagos, y un componente importante de la piel),  $\alpha$ -queratina (presente en la piel, pelo, lana, plumas, cuernos, uñas, pezuñas y escamas) y  $\beta$ -queratina (presente en la tela de araña y en el hilo de seda de los gusanos) y elastina (presente en el tejido conjuntivo elástico de los vasos sanguíneos, las pleuras pulmonares y los ligamentos elásticos).*

→  **Globulares**: Presenta una forma esférica. Son solubles en agua y en disoluciones salinas. *Ejemplos son el albúminas (se encuentra en la leche- lactoalbuminas- en el la clara de huevo- ovoalbumina-), globulinas (como la inmunoglobulinas -IgA, IgD, IgE, IgG e IgM- que forman los anticuerpos), protaminas e histonas (son proteínas asociadas al ADN, las protaminas aparecen sólo en los espermatozoides) y prolaminas y gluteninas (son proteínas de reserva que se encuentra en las semillas vegetales como el trigo, el arroz, avena, centeno, ... ).*

 **Heteroproteínas** formadas por proteínas globulares y por una sustancias **no proteicas**; a esta parte no proteica se le denomina **grupo prostético**. Según la naturaleza química del grupo prostético diferenciamos:

→  **Glucoproteínas**: Presenta como grupo prostético un **oligosacárido**. *Ejemplos son la inmunoglobulinas de las membranas celulares, protrombina presente en el plasma sanguíneo y mucinas que constituyen el mucus (moco) del aparato digestivo (nos protege del roce de los alimentos y de la acción de los jugos gástricos) y del aparato respiratorio (humedeciendo y limpiando el aire).*

→  **Lipoproteínas**: Su grupo prostético es un **lípido**. Son macromoléculas, generalmente de forma esférica, que: en el núcleo, hay lípidos neutros (ésteres de colesterol y/o triacilglicéridos) y en la superficie, hay fosfolípidos, colesterol y las proteínas. Las lipoproteínas se clasifican, atendiendo a la cantidad de colesterol, en: lipoproteínas de baja densidad (LDL), que contienen un 47 % colesterol y las lipoproteínas de alta densidad (HDL), que contienen un 17 % de colesterol.

→  **Nucleoproteínas**: Presenta como grupo prostético un **ácido nucleico**, que puede ser Ácido ribonucleico (ARN) o Ácidos desoxirribonucleicos (ADN). *Ejemplos son la histonas identificadas en las hebras de cromatina.*

→  **Fosfoproteínas**: Presenta como grupo prostético el **ácido fosfórico** ( $H_3PO_4$ ). *Ejemplos son la caseína de la leche y la vitelina de la yema del huevo.*

→  **Cromoproteínas**: Su grupo prostético es una **sustancia coloreada**. *Ejemplos son la hemoglobina cuyo grupo prostético es un anillo tetrapirrólico o porfirina en cuyo interior hay un catión metálico ( $Fe^{++}$ ). que le da el color rojo a los eritrocitos (glóbulos rojos), hemicianina cuyo grupo prostético es histidinina en cuyo interior hay un catión de cobre (Cu) que le da color azul cyan a la hemolinfa de algunos invertebrados (crustáceos, arácnidos y moluscos).*

# MOLÉCULA ANFÓTERA

aquella molécula que actúa como un ácido o como una base.

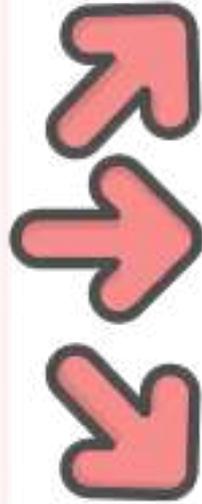
Quando echamos un aminoácido en una disolución se puede transformar en: un catión ( $aa^+$ ), anión ( $aa^-$ ) o ión dipolo neutro ( $aa^0$ )

**Aminoácido en la teoría**

Grupo amino

Grupo R

Grupo carboxílico



**aminoácido en disolución  $pH > pI$**

Grupo amino

Grupo R

Grupo carboxílico ionizado

**aminoácido en disolución  $pH = pI$**

Grupo amino ionizado

Grupo R

Grupo carboxílico ionizado

**aminoácido en disolución  $pH < pI$**

Grupo amino ionizado

Grupo R

Grupo carboxílico



# Carácter anfótero,

del griego *amphi-*, ambos (= el uno y el otro)

Los aminoácidos en disoluciones acuosas se comportan como ácidos o como bases, según el pH de la disolución

del griego *-tero*, sufijo compositivo

"Molécula que actual se comporta como un ácido o como una base."

**Anfótero**



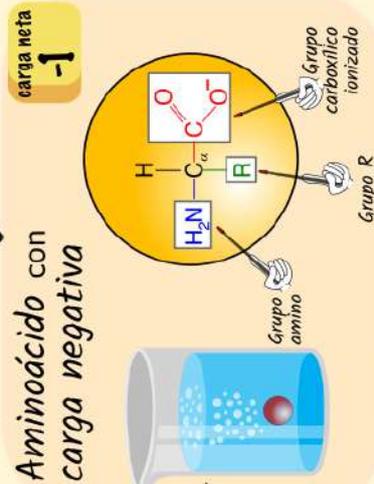
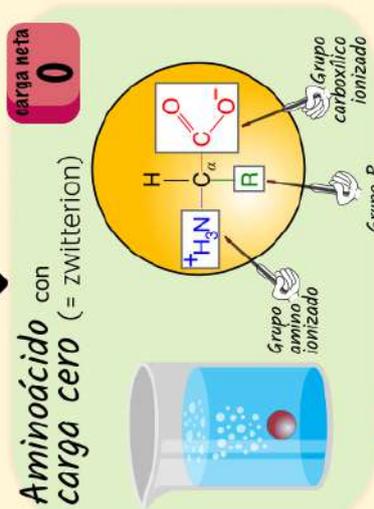
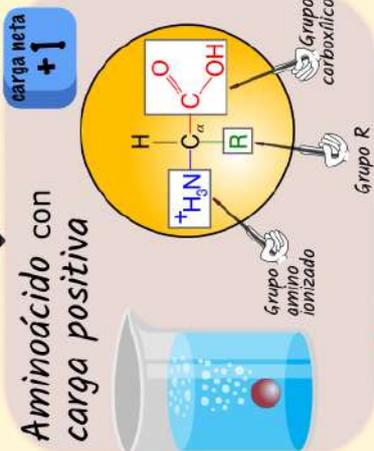
ambos del griego *amphi-*, (= el uno y el otro)

del griego *-tero*, un sufijo compositivo

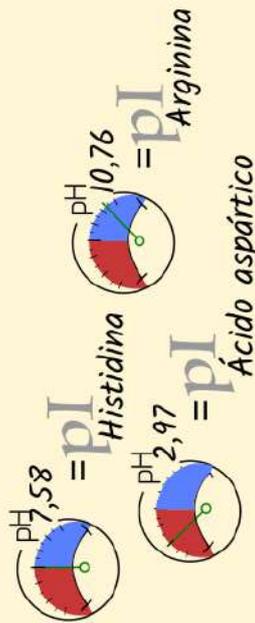
Hay TRES premisas (= afirmaciones o ideas que se da como ciertas y que sirve de base a un razonamiento o una discusión):

**PRIMERA.** Todo aminoácido, cuando se encuentra en una disolución acuosa, podemos encontrarlo como un **ión dipolar neutro** que se llama **zwitterión** (ha perdido y ganado protones, pero el balance global de cargas en toda la molécula es cero), **anión** (carga -) o como **catión** (carga +)

HAY TRES OPCIONES



**SEGUNDA.** Cada aminoácido presenta su **zwitterión** (= forma de ión dipolar neutro) a un pH determinado, unos lo consiguen a pH neutros, otros a pH ácidos y otros a pH básicos. El **punto isoelectrónico, pI**, es el pH donde el aminoácido se encuentra en su forma **zwitterión** (= cuando los grupos amino y carboxilo están ionizados).



**TERCERA.** Un aminoácido puede encontrarse en tres situaciones:

- Si la disolución acuosa presenta un  $pH > pI$  de un aminoácido; entonces el aminoácido ( $aa^{+/-}$ ) se comporta como ácido y libera protones.
- Si la disolución acuosa presenta un  $pH = pI$  de un aminoácido; entonces el aminoácido ( $aa^{+/-}$ ) ni capta ni libera protones
- Si la disolución acuosa presenta un  $pH < pI$  de un aminoácido; entonces el aminoácido ( $aa^{+/-}$ ) se comporta como base y capta protones.

efecto

causa

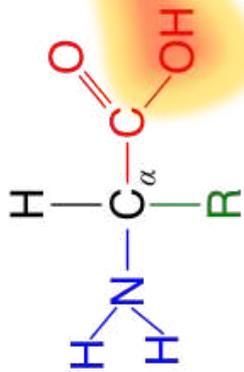


## Cómo se forma el enlace peptídico

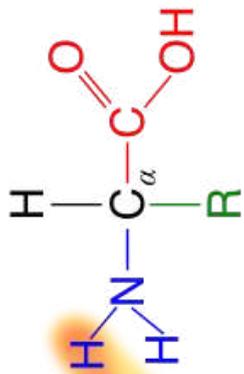
El enlace peptídico se puede romper debido a:

- HIDRÓLISIS ÁCIDA (= el péptido está en un medio ácido)
- ENZIMA (= un tipo de biomolécula especial cuya función es agrupar o desagrupar moléculas)

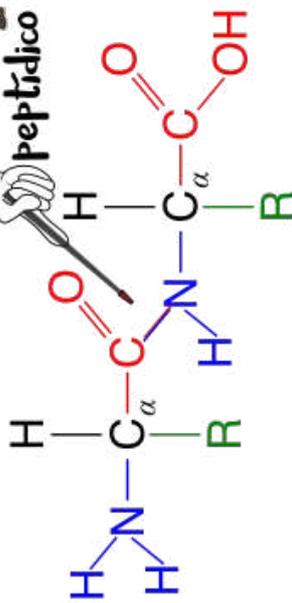
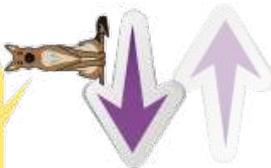
Es un enlace covalente rígido y se " asemeja a un doble enlace ", porque el carbono (C) y el nitrógeno (N) ( así como el oxígeno (O) y el hidrógeno (H) que van unidos a ellos, respectivamente) se encuentran en el mismo plano.



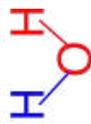
Aminoácido (1)



Aminoácido (2)



Dipéptido



Agua

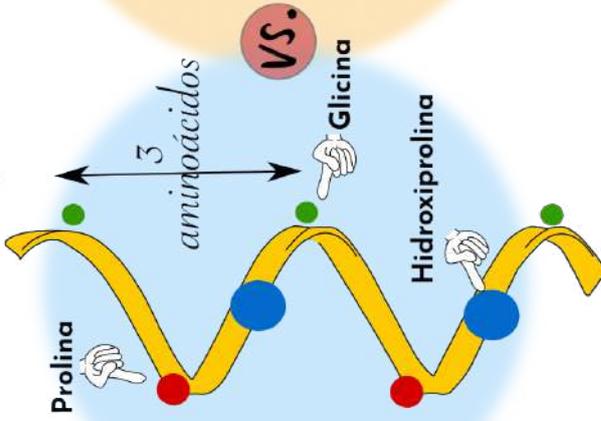


# ANEXO 4

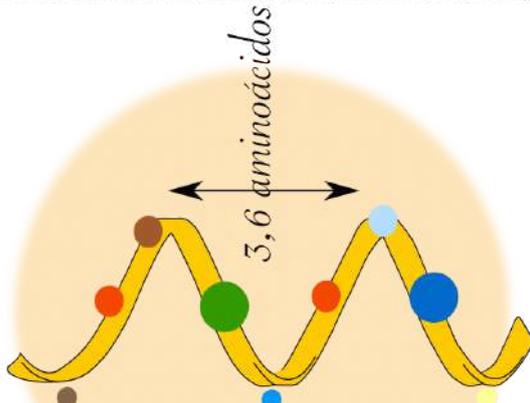
## Hélice colágeno

La estructura secundaria que presenta las cadenas polipeptídicas que forman el colágeno (= proteína con estructura cuaternaria) tienen una disposición en hélice especial, que se enrolla de forma levógiro y es algo más alargada que la alfa hélice, que recibe el nombre de **hélice colágeno**. Esta hélice está compuesta, en un 45%, por los aminoácidos glicina, prolina, e hidroxiprolina. Los radicales de estos aminoácidos hacen que los enlaces por puentes de hidrógeno intracatenarios no sean tantos, permitiendo que la cadena sea más distendida (3 aminoácidos por vuelta).

**Hélice colágeno:**  
enrollamiento levógiro



**Hélice  $\alpha$ :**  
enrollamiento dextrógiro



Escalera enrollado a izquierdas

Si al subir por una escalera de caracol, dejamos el eje a nuestra derecha y tenemos el exterior de la escalera a la izquierda, está enrollada a izquierdas.



Escalera enrollado a derechas

Si al subir por una escalera de caracol, dejamos el eje a nuestra izquierda y tenemos el exterior de la escalera a la derecha, está enrollada a derechas.



# ANEXO 5

## Huevo entero

100 % peso

- Glúcidos 28 %
- **Proteínas** 16 %
- Lípidos 1 %
- Vitaminas

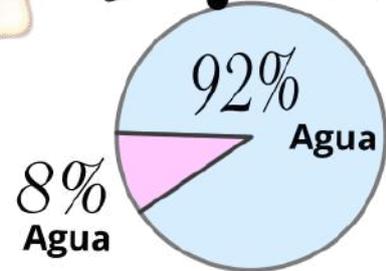
**Yema**  
31% peso

**Cáscara**

10% peso

**Clara**

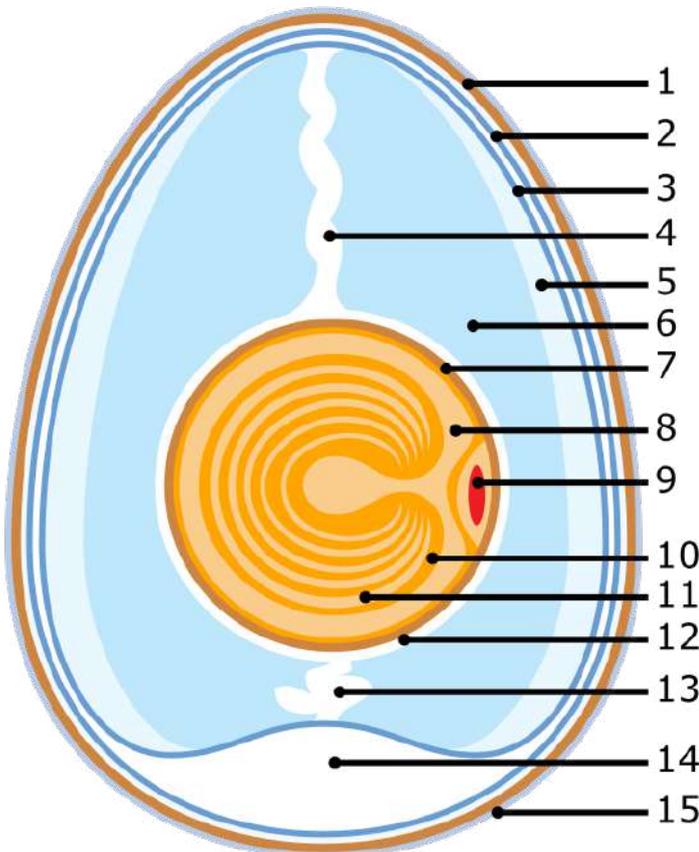
59% peso



- Lipovitelinas,
- Fosfovítina y
- Lipoproteínas de baja densidad

- Ovoalbúmina un 54 %
  - Ovotransferrin un 12 %
  - Ovomucoide un 11 %
  - Ovoglobulina 8 %
  - Ovomucina un 3,5 %
  - Lisozima alcanza el 3,4 %
  - Ovoinhibidor 1,5 %
  - Ovoglicoproteína 1%
  - Flavoproteína un 0,8 %
  - Ovomacroglobulina 0,5%
  - Avidina que alcanza 0,05 %
  - Cistateína 0,05 %
- 
- =95,8 %

## Partes del huevo



1. Cáscara
2. Alantoides
3. Amnios
4. Chalaza
5. Albúmina exterior
6. Albúmina media
7. Membrana vitelina
8. Núcleo de halago
9. Disco germinal (blastodermo)
10. Yema amarilla
11. Yema blanca
12. Albúmina interior
13. Chalaza
14. Cámara de aire
15. Cutícula

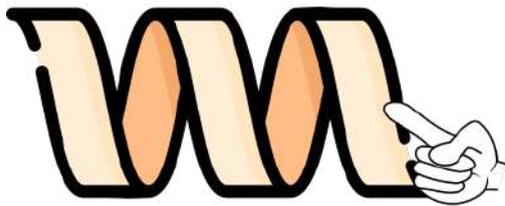
José Manuel Huertas Suárez

email: maestrodenaturales@gmail.com



web: <https://maestrodenaturales.webador.es/>

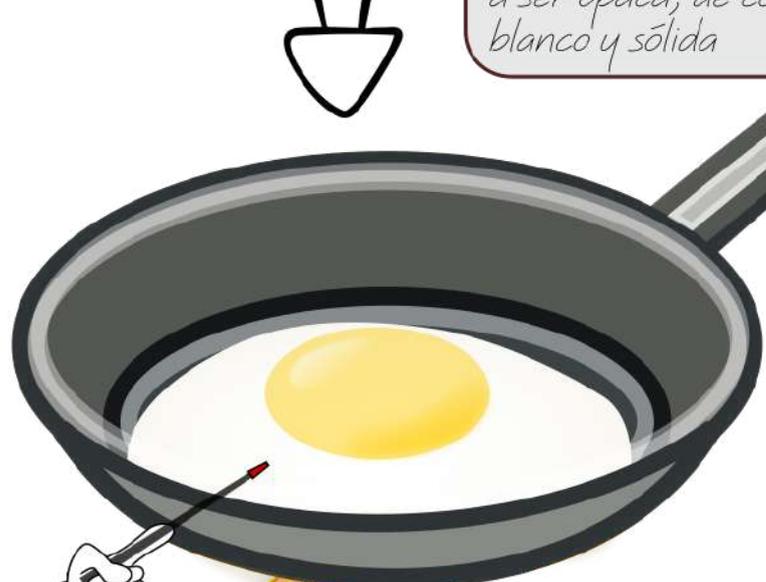
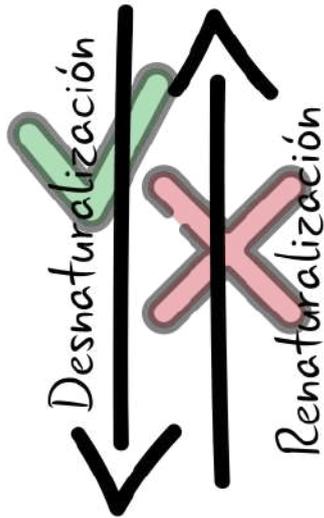
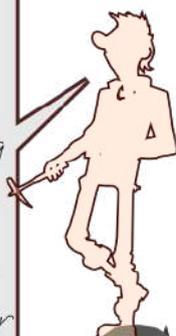
# Desnaturalización de las proteínas



Proteínas en su conformación nativa (=natural)



Al aumentar la temperatura las proteínas de la clara del huevo se desnaturalizan, pierden su solubilidad y la clara del huevo deja ser líquida y transparente y pasa a ser opaca, de color blanco y sólida



Proteínas desnaturalizadas por aumento de la temperatura



Cáscara 10% peso

Clara 59% peso

Yema 31% peso

Gastos en \$  
per cápita



Caloría de proteínas animales por fuente (%)

