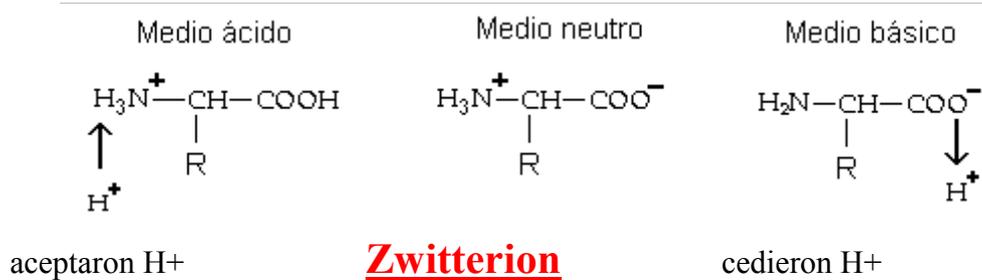


b) Isomería óptica: Si desvían el plano de luz polarizada a la derecha son dextrógiros (+) y si lo desvían a la izquierda son levógiros (-).

c) Son anfóteros: El grupo carboxilo les da un carácter ácido y el grupo amino básico por lo que en disolución pueden comportarse como ácidos o como bases, por ello se dice que son anfóteros.

A un P_H de condiciones fisiológicas (7) los aa se hallan ionizados, adquiriendo una forma dipolar, que es la que tiene propiedades anfóteras.



• Punto isoeléctrico: Es el P_H en el que el aa tiene tantas cargas positivas como negativas. Cada aa tiene su punto isoeléctrico característico.

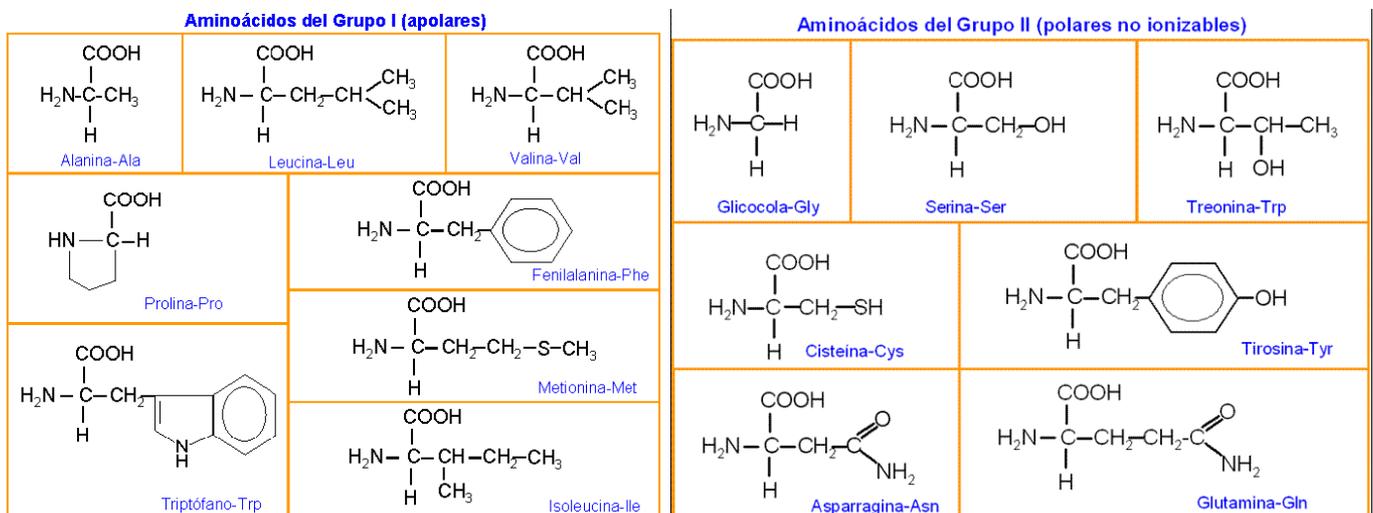
• Si el P_H del medio es mayor que el punto isoeléctrico, entonces el medio es básico y el aa cede H^+ .

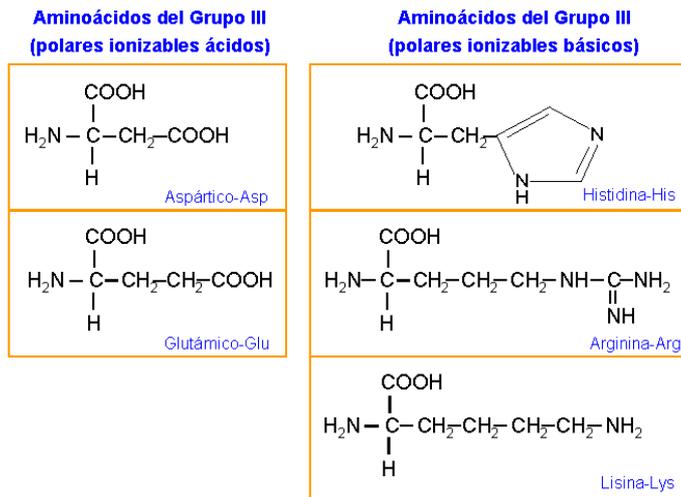
d) Solubilidad: Al ser dipolares son solubles en agua y su punto de fusión es elevado, por lo que son sólidos.

2.3. Clasificación

Los aminoácidos se clasifican según la estructura química del grupo R.

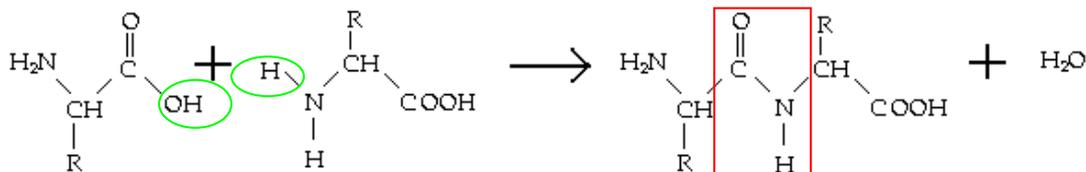
- Aminoácidos apolares (hidrófobos): Ala, Val, Leu, Ile, Pro, Phe, Trp, met
- Aminoácidos con grupos R polares sin carga (forman puentes de H): Gly (Glicina), Ser, Thr (Treonina), Cys, Tyr, Asn, Gln
- Aminoácidos con grupos R polares con carga (+): His, Arg, Lys (grupo amino)
- Aminoácidos con grupos R polares con carga (-): Glu, Asp (grupo carboxilo)





3. Enlace peptídico

Los aminoácidos se unen entre sí mediante el enlace peptídico que se establece por la unión del grupo carboxilo de un aa y el grupo amino del siguiente liberándose una molécula de agua.



El enlace peptídico presenta las siguientes características que son las que van a determinar la estructura de la proteína:

- Los átomos que forman el enlace se disponen en el mismo plano (CO y NH).
- La unión entre C y N es más corta que en un enlace normal pero más larga que en uno doble por lo que se dice que el enlace peptídico tiene cierto carácter de doble enlace, lo que hace que presente cierta rigidez inmovilizando a los átomos en un plano.
- Los enlaces que hay a lo largo del peptídico sí pueden girar.

El grupo amino se considera el inicio de la cadena peptídica. Según el número de aa que se unan se llamarán: Dipéptidos, si se unen dos, tripéptidos si son tres,...

Son oligopéptidos si tienen menos de 10 y polipéptidos si tienen entre 10 y 100 o si el peso molecular no supera los 5000. Entonces se habla de proteína.

4. Estructura de las proteínas

La función de las proteínas está basada en su estructura tridimensional (orientación en el espacio de las cadenas polipeptídicas). Existen 4 niveles de complejidad creciente y cada uno se construye a partir del anterior: Estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria.

4.1. Estructura primaria

Está constituida por la secuencia de aminoácidos de la cadena polipeptídica.

Las distintas proteínas se diferencian por el número, tipo y orden en que se encuentran los aa, lo cual es consecuencia del mensaje genético. Cualquier alteración en el orden de los aa determina otra proteína.

Esta estructura se mantiene por la rigidez de los enlaces peptídicos. Pero el resto de los enlaces pueden girar libremente. La secuencia de aa determina los demás niveles estructurales al establecer un plegamiento tridimensional específico y se utiliza para estudios evolutivos.

Ejemplo:

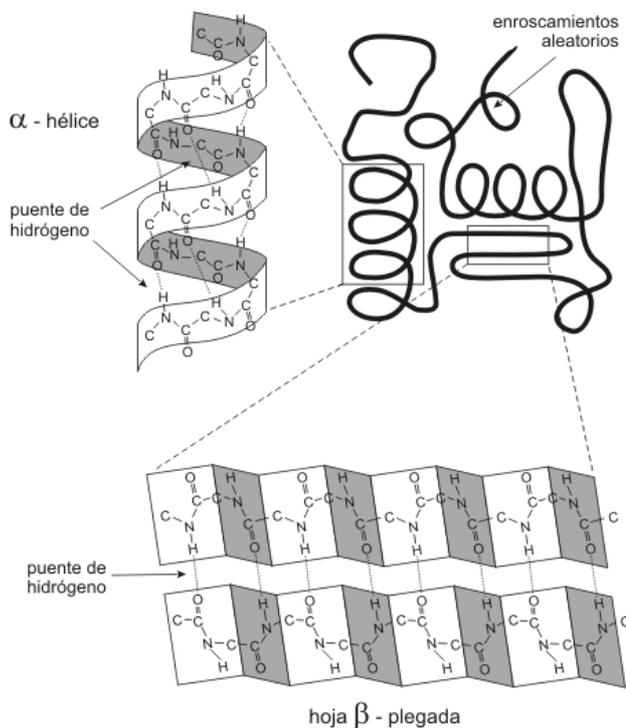
Ala-arg-asn-asp-cys-gln-gly-phe-met-lys-ala-lys-gln

4.2. Estructura secundaria

Es la disposición espacial que adopta la secuencia de aa debido a la capacidad de giro de los enlaces. De los posibles plegamientos hay algunos que dan lugar a estructuras estables y son los que se mantienen: La estructura secundaria puede ser de dos tipos:

- Hélice α
- Estructura β o en lámina plegada

a) **Hélice α** : Está formada por el enrollamiento de la cadena polipeptídica sobre sí misma en forma de espiral. Se forma una hélice dextrógira (sentido de giro de las agujas del reloj).



- Tiene 3.6 aa por vuelta de hélice.
- El espesor de una vuelta es de 5.4 Å.
- Los R se disponen siempre hacia fuera de la hélice y como no participan en los enlaces estabilizadores de la estructura, diferentes secuencias primarias pueden originar esta secundaria.
- La hélice se mantiene estable por puentes de hidrógeno que se establecen entre el O de un $-CO-$ y el H de un $-NH$ del cuarto aa que le sigue.

Algunos aa como la prolina pueden desestabilizar la molécula ya que al no tener ningún H libre no forma puentes de Hidrógeno. Los aa de cadena lateral voluminosa, o con cargas eléctricas del mismo signo que se sitúen próximos, también impiden la estabilización de la estructura.

b) **Estructura β o en lámina plegada**: Los planos de los enlaces peptídicos sucesivos se disponen en ziz-zag, como una hoja plegada. La molécula se estabiliza mediante puentes de Hidrógeno que se establecen entre el $-CO-$ y el $-NH$ de aa pertenecientes a la misma cadena o a otra cadena. Los carbonos α se disponen en las aristas y los R alternativamente hacia arriba o hacia abajo del plano.

Esta estructura está presente en la fibroína (proteína de la seda)

Normalmente, en cualquier proteína se encuentran los dos tipos de estructura secundaria, con diferentes proporciones entre ellas. Algunas combinaciones son muy estables y constituyen los dominios estructurales.

Un caso especial es la **hélice de colágeno**: Es mucho más alargada que la hélice α debido a que abundan aa que no pueden formar puentes de Hidrógeno, como la prolina. La estabilidad del colágeno se debe a la agrupación de tres hélices enrollándose par formar una superhélice.

4.3. Estructura terciaria

Es la disposición espacial que adopta la secundaria al replegarse adquiriendo una conformación más o menos redondeada.

En general, presenta hélice α en los tramos rectos y estructura β en las dobleces.

¿Qué significa la afirmación de que la estructura primaria o la secuencia de aminoácidos determina la estructura y por tanto la función de una proteína?

Los plegamientos se producen u mantienen por la existencia de enlaces entre las cadenas laterales (R) de los aa. Por esto, la secuencia de estos aa en la estructura primaria es fundamental en la conformación espacial de la proteína. Cualquier cambio en la posición de alguno de ellos puede ocasionar la alteración de la estructura terciaria y, por tanto, la pérdida de su función.

La estructura terciaria se mantiene estable gracias a los siguientes enlaces:

- Fuertes: Puentes disulfuro (S-S): Realizados entre dos grupos $-SH$ de dos aa cisteína. Es covalente.
- Débiles:
 - Puentes de hidrógeno: entre aminoácidos polares
 - Interacciones iónicas: entre radicales con cargas opuestas (aa ácidos y básicos)
 - Interacciones hidrofóbicas: los aa apolares se disponen en el interior de la estructura
 - Fuerzas de Van der Waals: atracción gravitatoria

4.4. Estructura cuaternaria

La presentan aquellas proteínas que tienen más de una cadena peptídica. Cada cadena constituye una subunidad. La agrupación de varias subunidades forma un **oligómero**.

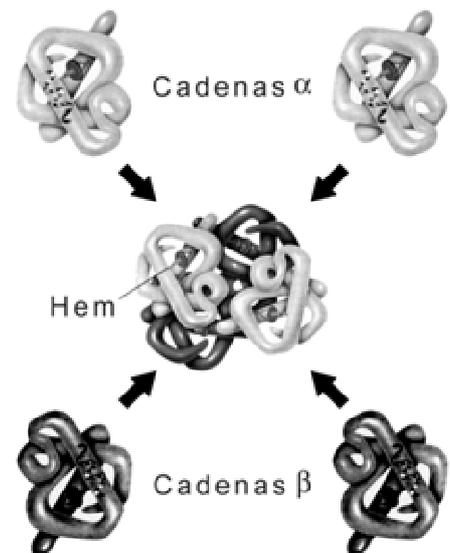
Los enlaces estabilizadores son los mismos que en la estructura terciaria, aunque en general no covalentes.

Si están formadas por dos subunidades se llaman dímeros: ej: β -queratina.

Si están formadas por tres subunidades se llaman trímeros: ej: colágeno

Si están formadas por cuatro subunidades se llaman tetrámeros: ej: hemoglobina

Si están formadas por muchas subunidades se llaman polímeros: ej: filamentos de actina



5. Propiedades de las proteínas

Son sustancias de elevado peso molecular y sus propiedades dependen sobre todo de los radicales R libres y de que estos se puedan interrelacionar con el medio.

5.1. Solubilidad

Debido a su gran tamaño son insolubles en agua o se disuelven formando coloides. Este es el caso de las proteínas globulares cuyos radicales se ionizan y establecen puentes de hidrógeno con el agua formando coloides. Las fibrilares son insolubles.

5.2. Especificidad

Los glúcidos y lípidos son los mismos en todos los seres vivos pero las proteínas son específicas de cada especie e incluso algunas de cada individuo. Esta especificidad se basa en el plegamiento de la

cadena peptídica como consecuencia de su secuencia de aa y esta es el reflejo de la información genética, ya que la síntesis de proteínas está controlada por los ácidos nucleicos.

Así proteínas homólogas (que desempeñan la misma función) presentan diferencias en su secuencia de aa y serán grandes entre especies alejadas evolutivamente y pequeñas entre especies emparentadas. Ej. Será más parecida la hemoglobina humana a la del chimpancé que a la del perro. De ahí que la estructura primaria se utilice para estudios evolutivos.

Esta propiedad es la responsable de rechazos en transplantes e injertos. Al introducir una nueva proteína el organismo la reconoce como extraña y fabrica anticuerpos para su destrucción.

5.3. Desnaturalización

Es un cambio en la estructura tridimensional de la proteína cuando se la somete a cambios bruscos de P_H , de temperatura, acción de rayos ultravioletas, detergentes, ácidos o bases fuertes, agitación fuerte... lo que provoca la rotura de los enlaces con la consiguiente pérdida de su estructura y por tanto de su función. No afecta a la estructura primaria.

Si la desnaturalización es suave, al restablecer las condiciones iniciales puede recuperar su estructura y a esto se le llama **renaturalización**.

La desnaturalización provoca generalmente una disminución de la solubilidad y la proteína precipita.

Ejemplo: La leche que se corta cuando la caseína, que era soluble, se desnaturaliza y precipita formando el yogurt. (Se debe a que las bacterias transformaron la lactosa en ácido láctico provocando un ascenso de P_H).

6. Clasificación de las proteínas

Se clasifican tomando como criterio su composición, forma, estructura y solubilidad.

6.1. Holoproteínas

Son proteínas simples, compuestas únicamente por aminoácidos. Pueden ser:

- a) **Proteínas globulares**: Son más o menos redondeadas, solubles en agua (coloides), tienen estructura terciaria o cuaternaria y función dinámica. Las más importantes son:
 - **Albúminas**: Tienen función de reserva y transportadoras, como la ovoalbúmina de la clara de huevo y la lactoalbúmina de la leche y la seroalbúmina de la sangre.
 - **Globulinas**: α , β , γ globulinas.
 - **Protaminas e histonas**: Asociadas a los ácidos nucleicos. Las primeras sólo en espermatozoides.

- b) **Proteínas fibrilares, filamentosas o escleroproteínas**: Son alargadas ya que carecen de estructura terciaria y únicamente la poseen secundaria o cuaternaria. Son insolubles en agua y generalmente estructurales. Destacan:
 - **Colágeno**: Abunda en el tejido conjuntivo, cartilaginoso y óseo. Tiene función de protección y soporte. Al cocerlo da gelatina.
 - **Queratina**: Forma estructuras como pelo, lana, uñas, plumas,...

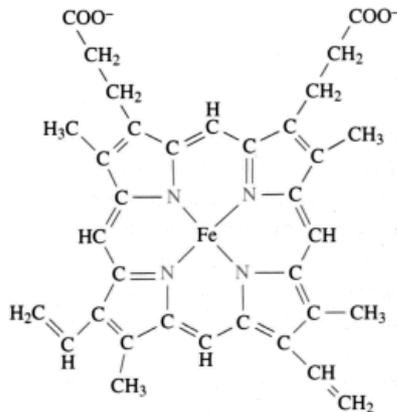
6.2. Heteroproteínas (proteínas conjugadas)

Formadas por dos moléculas:

- **Grupo proteico**: una proteína
- **Grupo prostético**: una molécula no proteica. Puede unirse mediante enlace débil o covalente.

Si una heteroproteína pierde su grupo prostético recibe el nombre de **apoproteína**,
Según la naturaleza del grupo prostético se clasifican en:

- Glucoproteínas, como las mucinas, los anticuerpos y las hormonas FSH y LH.
- Lipoproteínas, como el LDL y HDL.
- Fosfoproteínas, con ácido fosfórico, como la caseína de la leche.
- Nucleoproteínas, como los cromosomas y la cromatina
- Cromoproteínas, en las cuales el grupo prostético es una sustancia coloreada denominada pigmento que puede ser de dos tipos:



- Porfirínico: Derivados de la metalporfirina, que es una porfirina (anillo tetrapirrólico) que lleva en su interior un catión metálico. Si lleva Fe^{2+} , el metal se llama grupo hemo. El más importante es la hemoglobina, que transporta el oxígeno por la sangre. La mioglobina por el músculo y los citocromos que transportan electrones.
- No porfirínico: Por ejemplo la hemocianina, pigmento azul por presencia de cobre que transporta oxígeno por la sangre de algunos crustáceos y moluscos.

7. Funciones de las proteínas

- **Estructural**: Forman parte de la membrana celular, cilios y flagelos, microtúbulos, fibrillas contráctiles,... Ejemplos: colágeno, gelatina, glucoproteínas, queratinas,...
- **Catalítica o enzimática**: Muchas son enzimas y catalizan reacciones químicas que son la base de la vida.
- **Reguladora u hormonal**: Muchas son hormonas, cuya acción es parecida a la de las enzimas pero en vez de ser local se realiza en todo el organismo. Ejemplo: insulina, FSH, tiroxina,...
- **Reserva**: Como las albúminas y la caseína que actúan como almacén de aminoácidos.
- **Defensiva**: Las γ -globulinas o anticuerpos actúan defendiendo al organismo de sustancias extrañas.
- **Contráctil**: Algunas como la actina y la miosina intervienen en la contracción muscular.
- **Transportadora**: Pueden transportar distintos tipos de sustancias. Ejemplo: la hemoglobina, citocromos, lipoproteínas.
- **Homeostática**: Algunas colaboran en mantener estables las constantes del medio, como el P_H y la concentración osmótica.

8. Actividades

- 1) Tenemos una disolución acuosa de alanina y treonina cuyos PI son respectivamente 6.02 y 6.6. Si el PH del medio es 6.3 en una electroforesis, ¿Cuál va al ánodo y cual va al cátodo?
- 2) ¿Qué ocurre si se desnaturaliza la hemoglobina?
- 3) Escribe la fórmula general de un aminoácido indicando cual es su propiedad más importante y formula el compuesto resultante de la unión de tres aminoácidos. ¿Que tipo de enlace se establece entre cada uno de ellos y como se llama ese enlace? ¿Que otros tipos de enlaces mantienen estable las distintas estructuras de las cadenas polipeptídicas? (Galicia 2007)