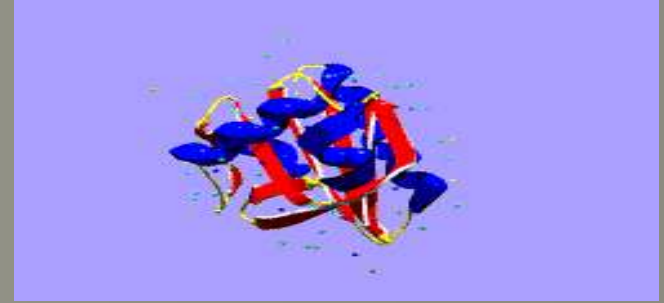
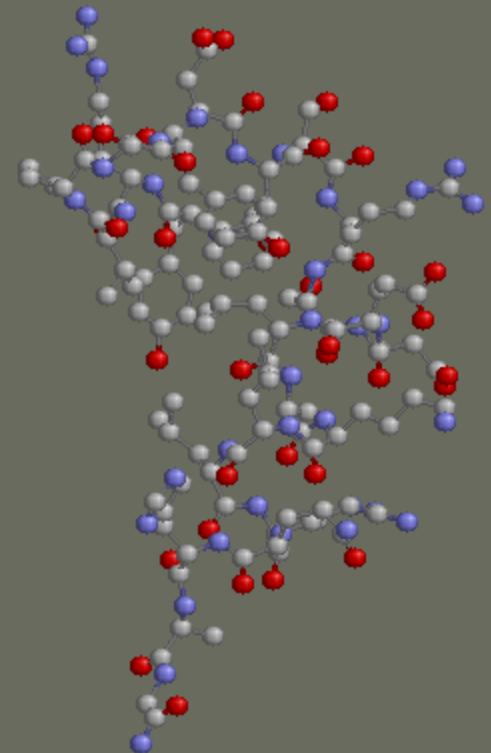
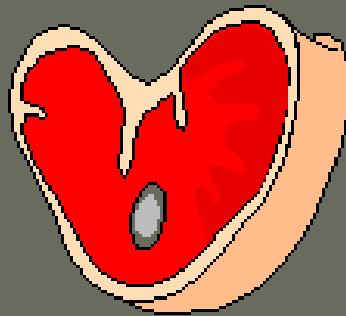


PRÓTIDOS



Proteínas



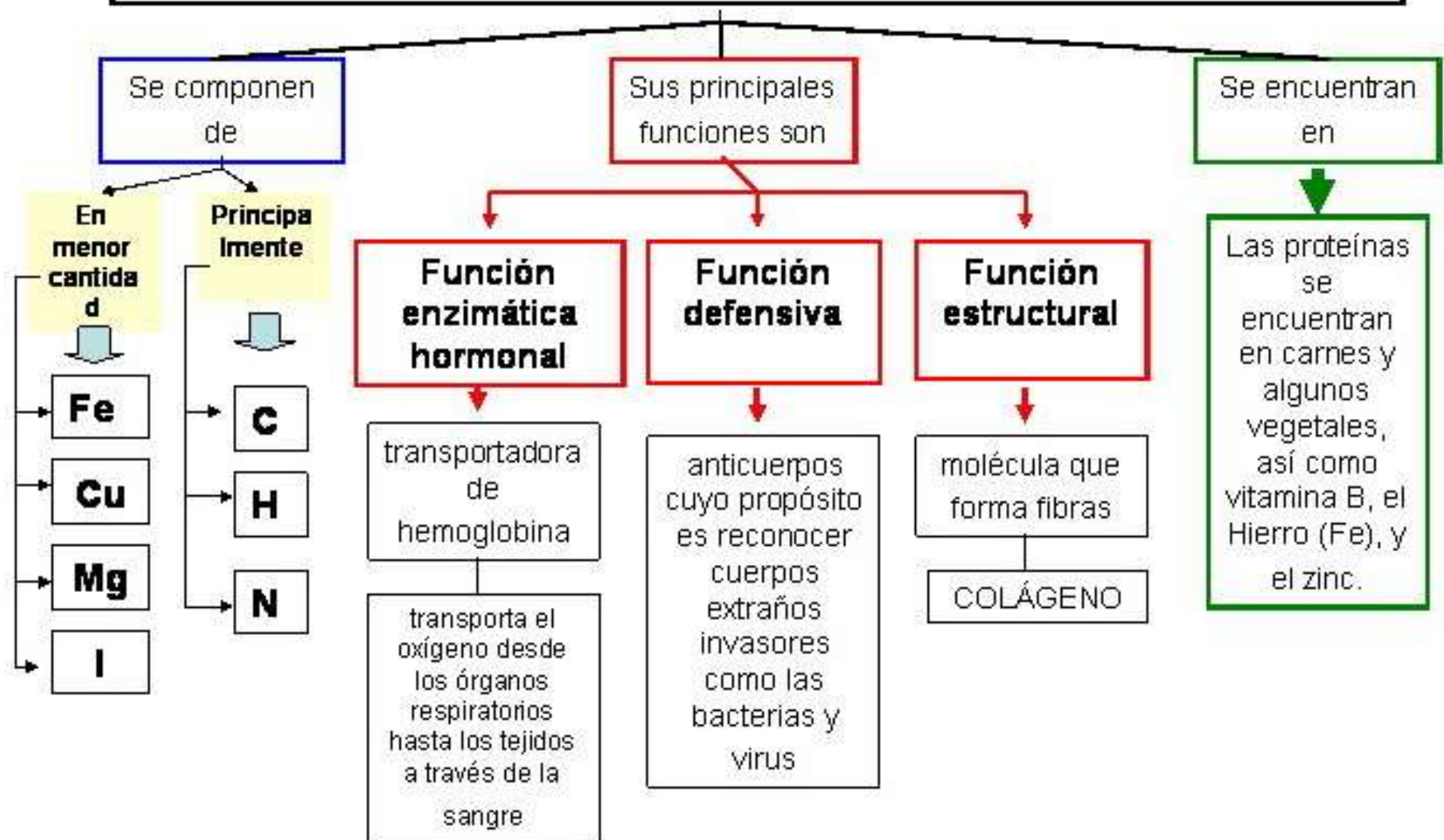
Concepto: Las proteínas se pueden definir como polímeros formados por la unión, mediante enlaces peptídicos, de unidades de menor masa molecular llamadas aminoácidos.

Composición: C, H, O, N, S (P, Fe, Cu, I,...).

- Las proteínas son macromoléculas
- Son los compuestos más abundantes en la materia viva
- Son específicas
- A través de ellas se expresa la información genética

LAS PROTEÍNAS

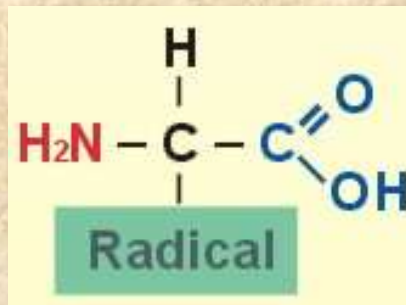
Las proteínas se forman por la unión de **aminoácidos**. Son las macromoléculas que desempeñan un mayor número de funciones en las células de todos los seres vivos



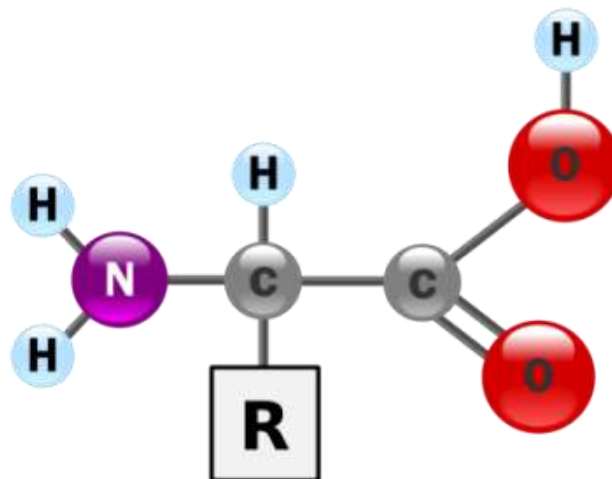
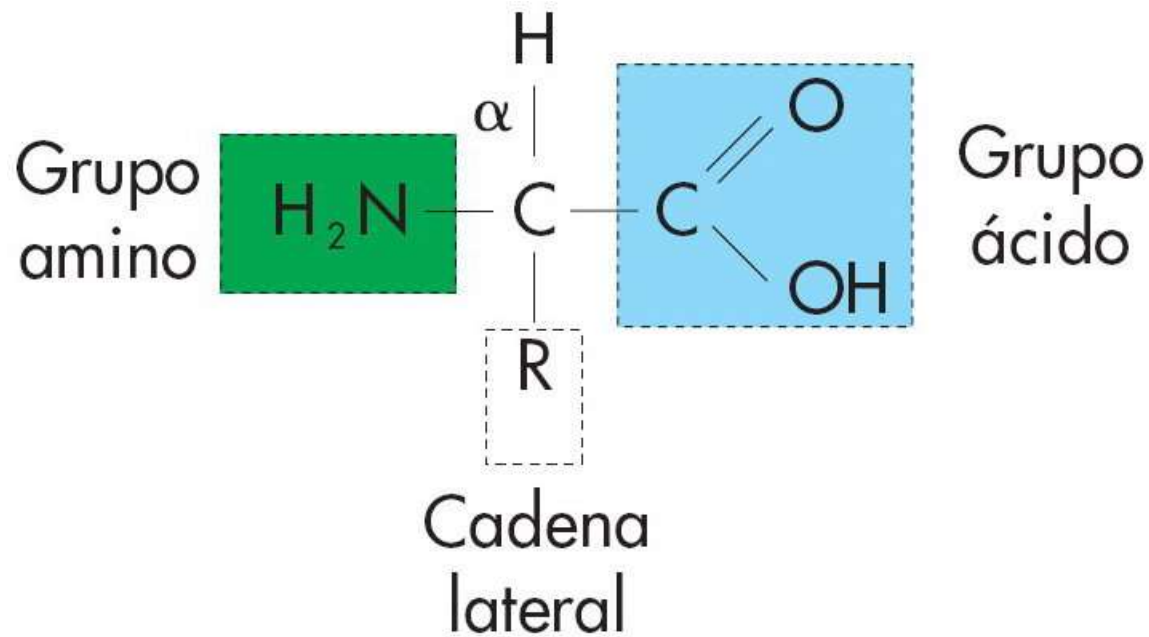


En este esquema: 1) proteínas, 2) lípidos y 3) glúcidos en una membrana biológica (membrana plasmática).

Aminoácidos



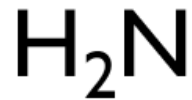
ESTRUCTURA DE LOS AMINOÁCIDOS PROTEICOS



ESTRUCTURA DE LOS AMINOÁCIDOS PROTEICOS

El C_{α} es el del *amino* y el C_1 es el del *carboxilo*.

GRUPO AMINO

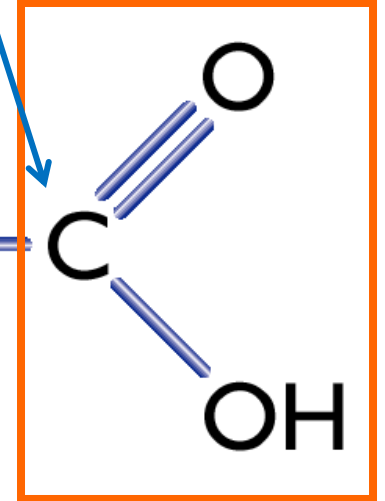


H

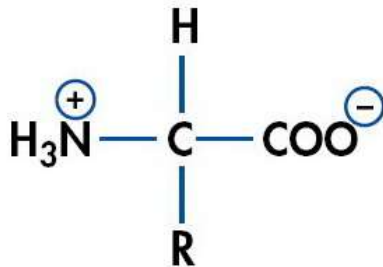
C_{α}

R

GRUPO CARBOXILO

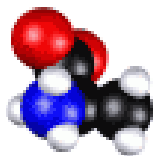


A pH = 7 el grupo amino y el grupo carboxilo están ionizados



La *cadena lateral* es distinta en cada aminoácido y determina sus propiedades químicas y biológicas.

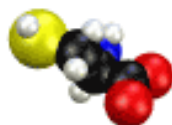
ALGUNOS DE LOS 20 AMINOÁCIDOS PROTEICOS



ALANINA



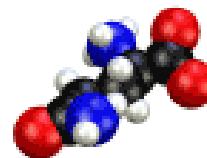
ARGININA



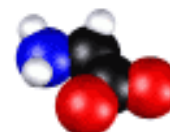
CISTEÍNA



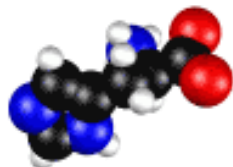
FENIALANINA



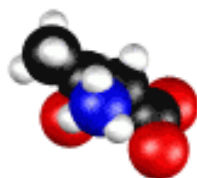
GLUTAMINA



GLICINA



HISTIDINA



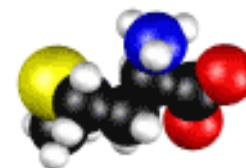
TREONINA



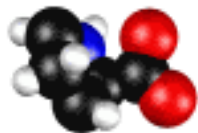
ISOLEUCINA



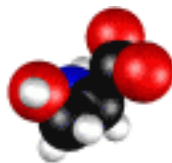
LISINA



METIONINA



PROLINA



SERINA



TRIPTOFANO

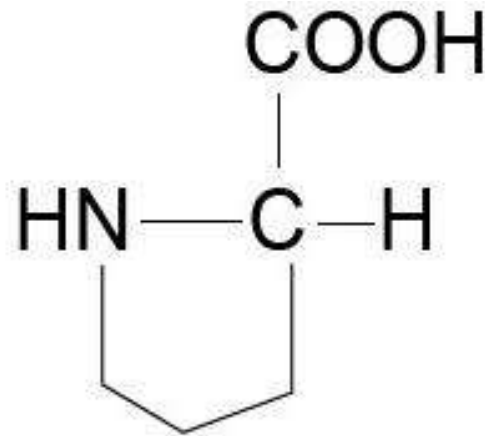


TIROSINA



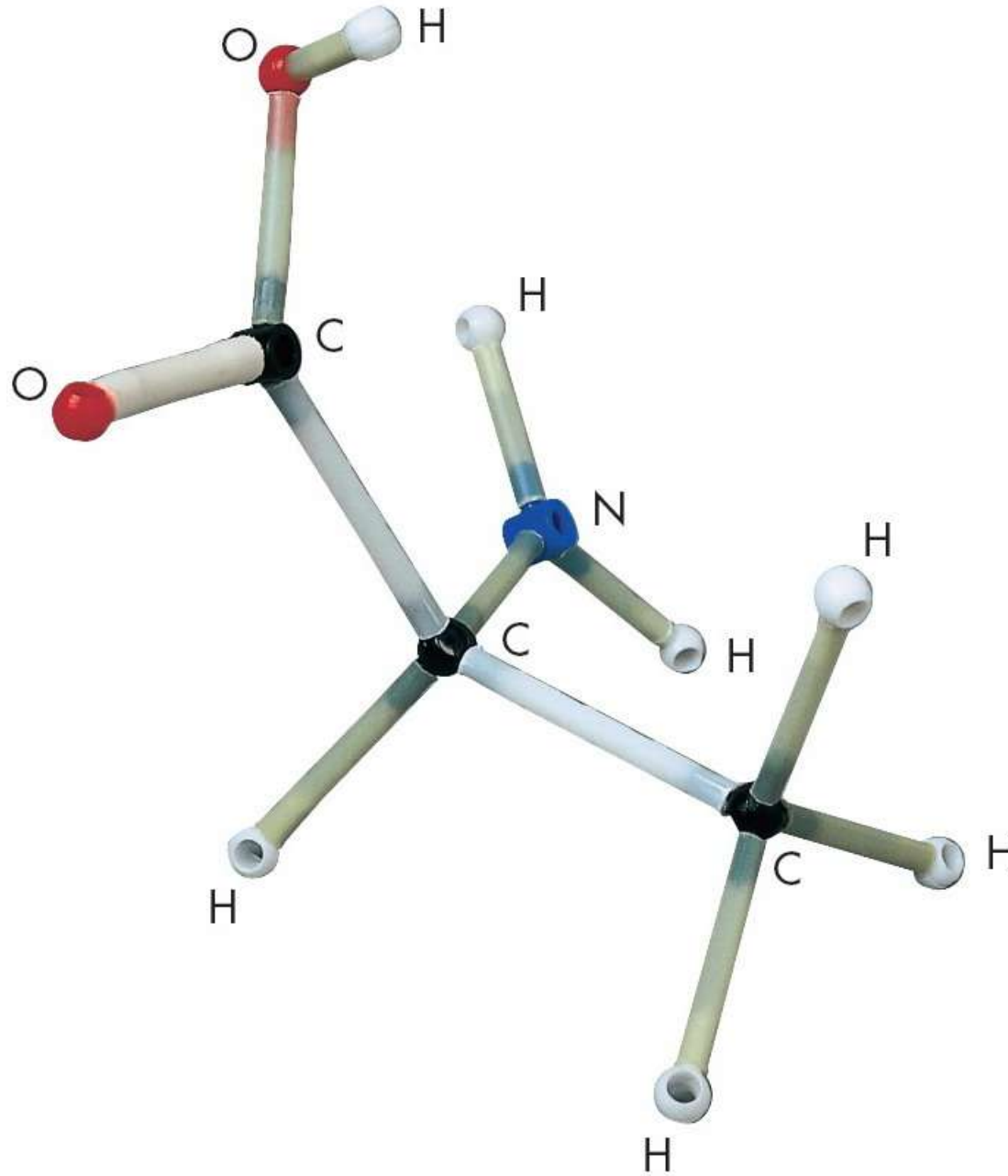
VALINA

AMINOÁCIDOS



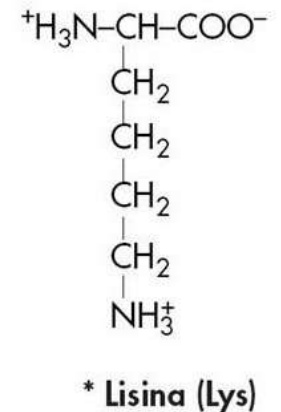
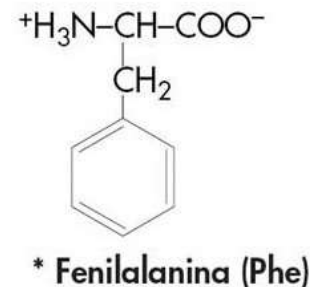
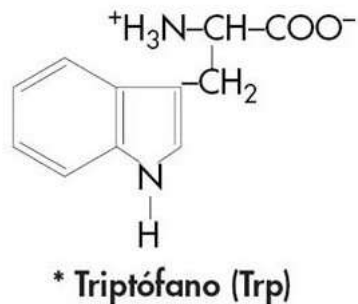
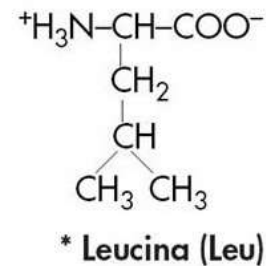
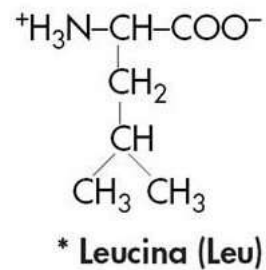
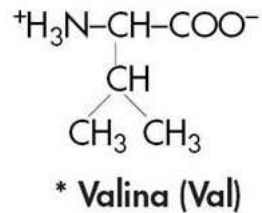
La *prolina* es el único aminoácido proteico que no responde a la fórmula general.

ALANINA



AMINOÁCIDOS ESENCIALES

Los humanos sólo podemos sintetizar unos 10 aa → **aa esenciales**.



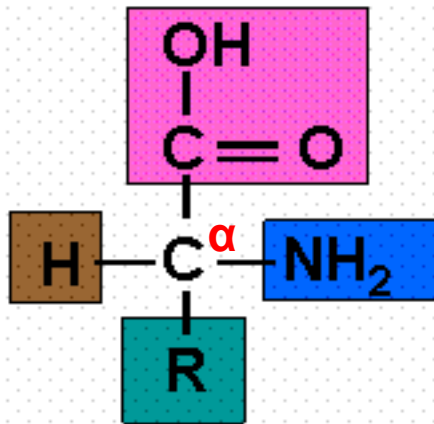
AMINOÁCIDOS NO PROTEICOS

NOMBRE	FÓRMULA	ORIGEN BIOQUÍMICO, FUNCIÓN
Ácido D-Glutámico	$ \begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{NH}_3^+ \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{COO}^- \end{array} $	En polipéptidos en algunas paredes celulares bacterianas
L-Homoserina	$ \begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	Muchos tejidos; un intermediario del metabolismo de los aminoácidos
L-Ornitina	$ \begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{NH}_3^+ \end{array} $	Muchos tejidos; un intermediario de la síntesis de arginina
Sarcosina	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{N} - \text{CH}_2 - \text{COO}^- \\ \\ \text{H} \end{array} $	Muchos tejidos; un intermediario de la síntesis de los aminoácidos

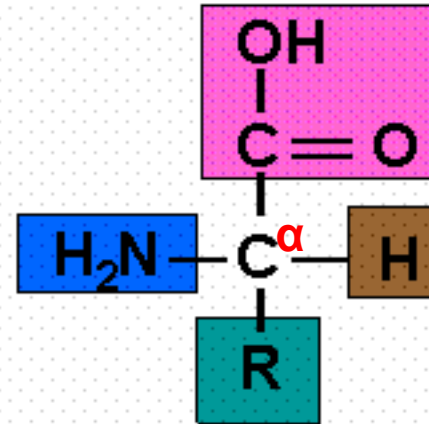
ISOMERÍA DE LOS AMINOÁCIDOS

Los aa son **estereoisómeros enantiomorfos**:

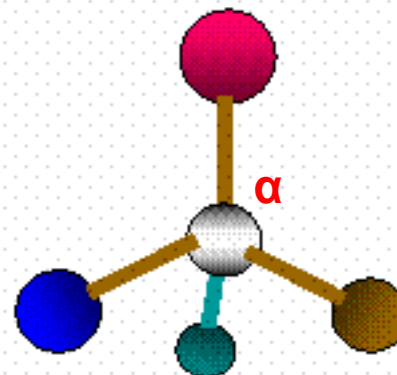
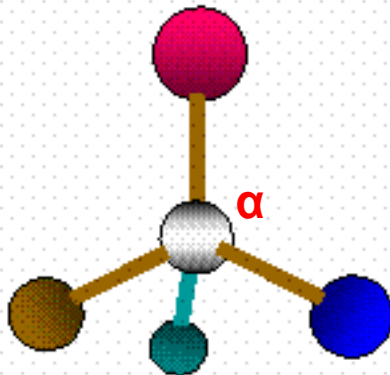
En todos los aminoácidos biológicos, excepto en la glicocola, el carbono alfa es asimétrico por lo que podría haber una forma D y una L. En los seres vivos sólo existe la L.



D aminoácido



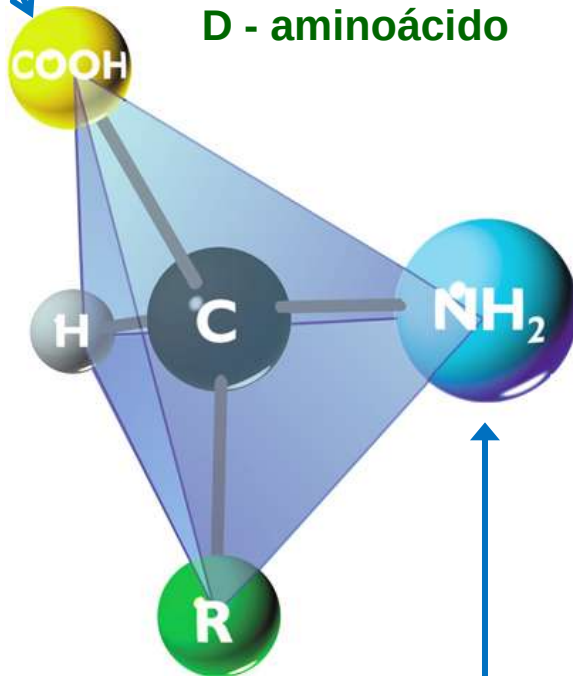
L aminoácido



ISOMERÍA DE LOS AMINOÁCIDOS

Por ser el carbono α un *carbono asimétrico*, los aminoácidos pueden presentar dos configuraciones espaciales.

Grupo carboxilo arriba

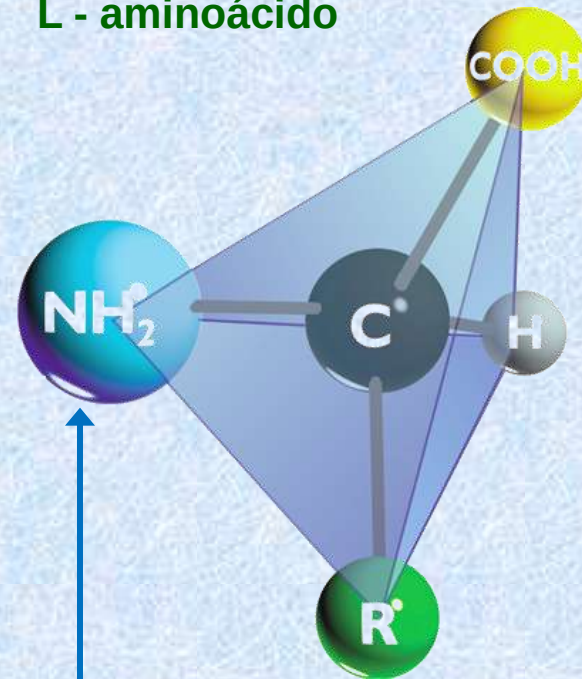


D - aminoácido

El grupo amino
está a la derecha

Al ser imágenes especulares se
denominan **enantiómeros**.

L - aminoácido

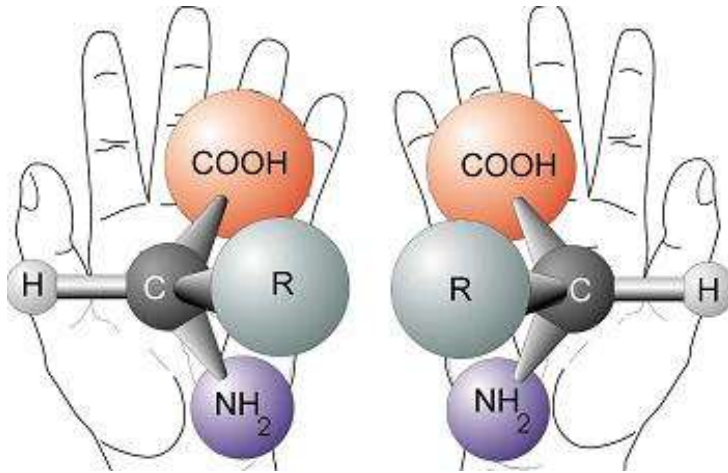


El grupo amino
está a la izquierda

Los aminoácidos son estereoisómeros enantiomorfos.

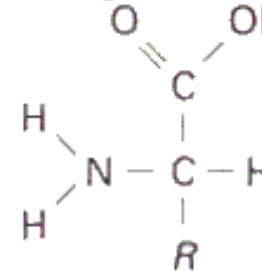
ISOMERÍA DE LOS AMINOÁCIDOS

Todos los aa (excepto la *glicocola* o *glicina*), tienen el carbono α asimétrico.

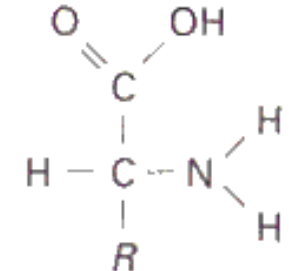


Por ser estereoisómeros enantiomorfos, presentan actividad óptica: *dextrógiros* (+) y *levógiros* (-).

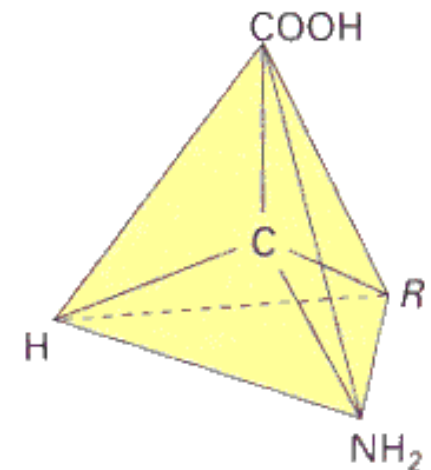
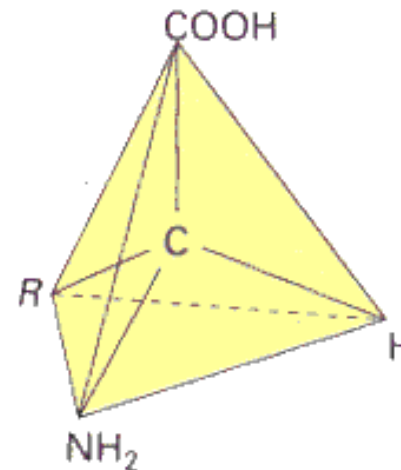
Configuración *L* y *D* de los aminoácidos



Configuración *L*

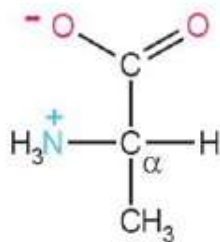
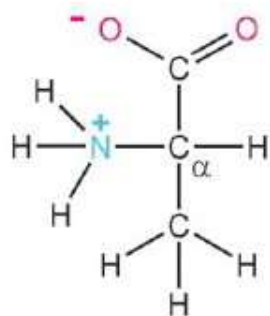
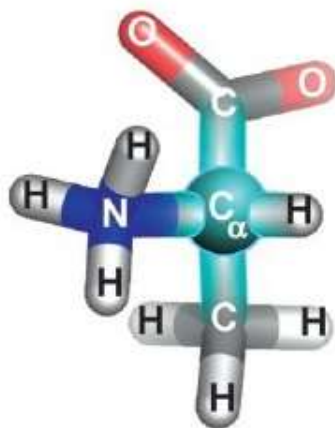


Configuración *D*

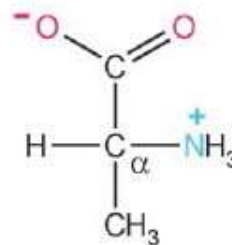
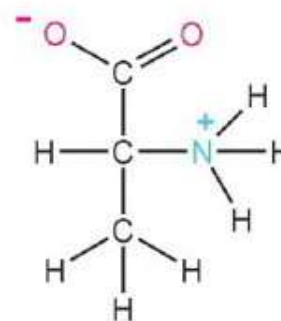


ISOMERÍA DE LOS AMINOÁCIDOS

L-Alanina

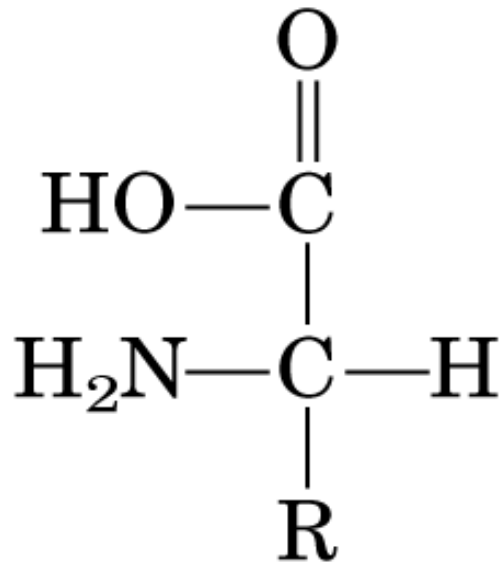


D-Alanina

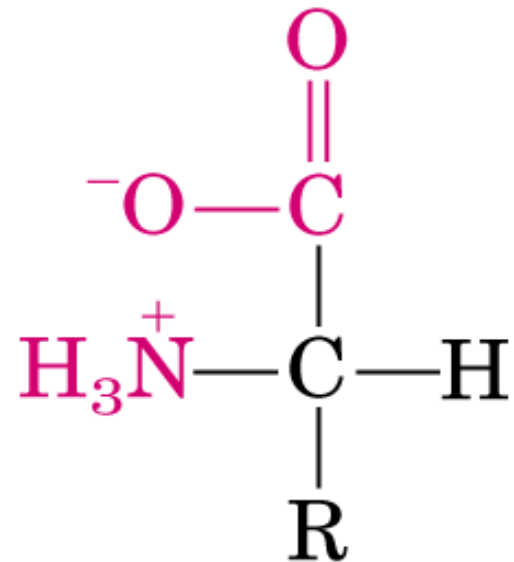


CARÁCTER ANFÓTERO DE LOS AMINOÁCIDOS

En disoluciones acuosas, los aa forman **iones dipolares o híbridos**: los aa se ionizan como ácido y base a la vez (esta *forma dipolar* tb. se llama **zwitterion**). En un medio ácido, se comportan como una base, captado H^+ , y en un medio básico, se comportan como un ácido, liberando H^+ .



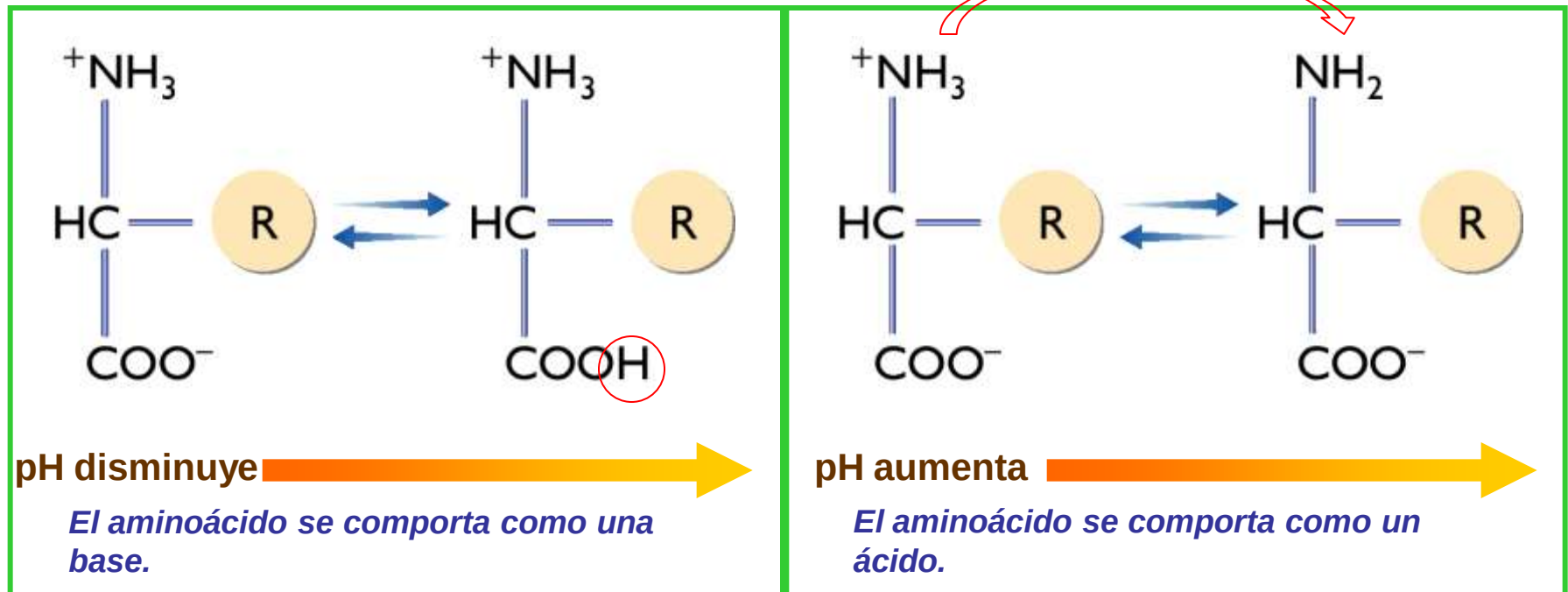
Forma normal



Forma zwitterion

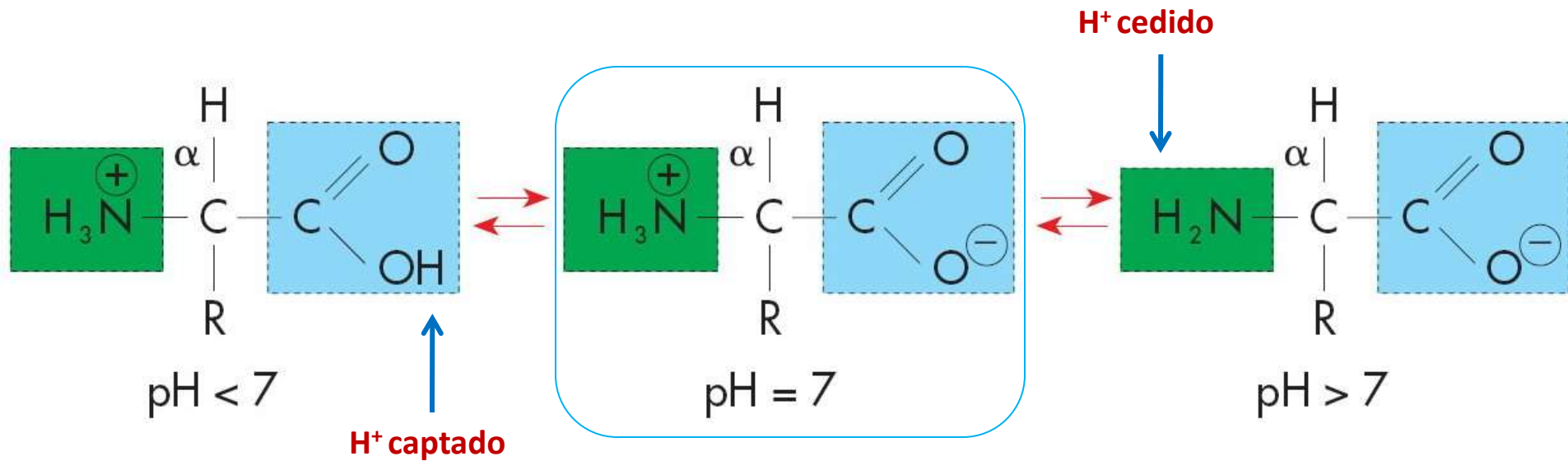
CARÁCTER ANFÓTERO DE LOS AMINOÁCIDOS

En disoluciones acuosas, los aa forman **iones dipolares o híbridos**: los aa se ionizan como ácido y base a la vez (esta *forma dipolar* tb. se llama **zwitterion**). En un medio ácido, se comportan como una base, captando H^+ , y en un medio básico, se comportan como un ácido, liberando H^+ .

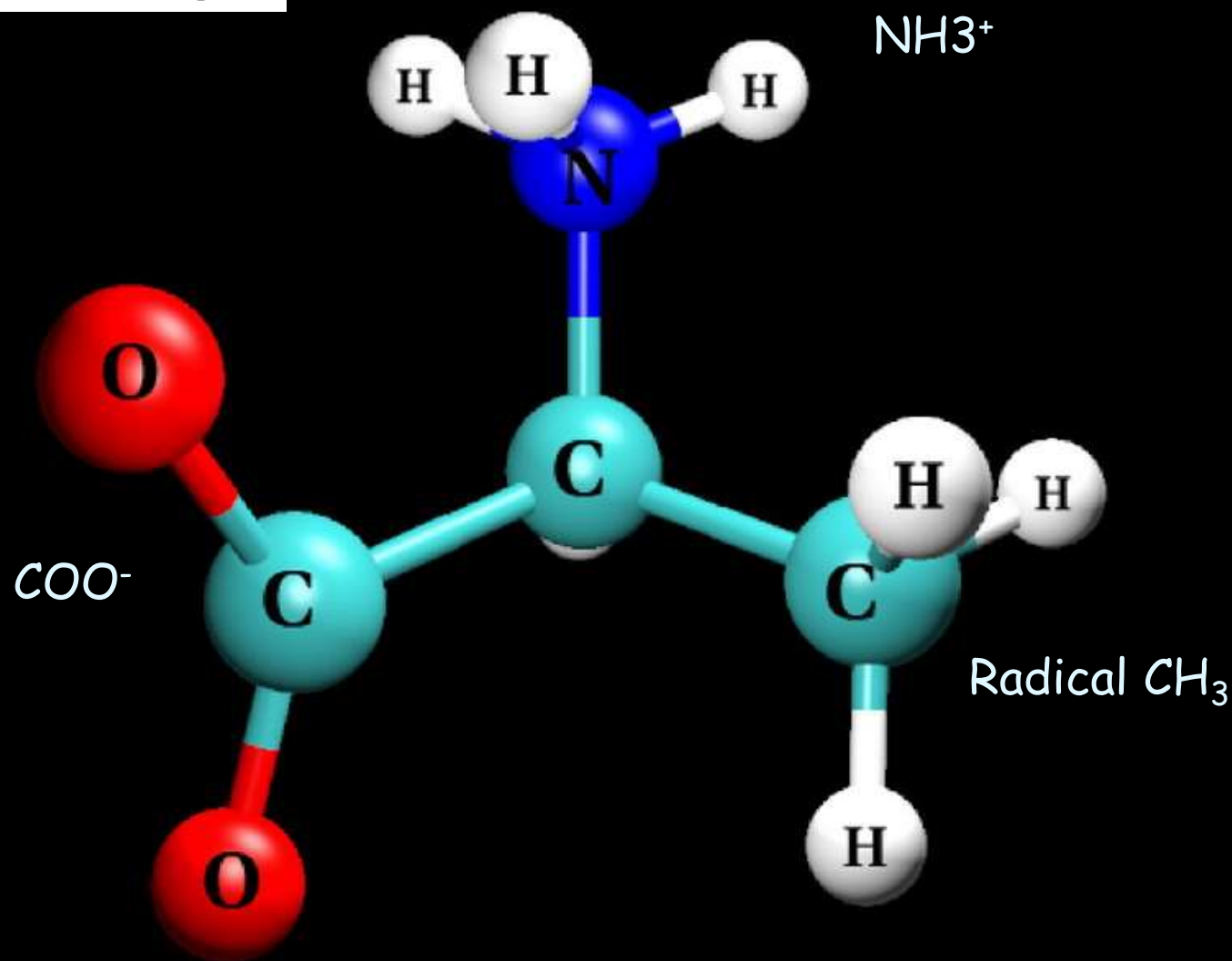
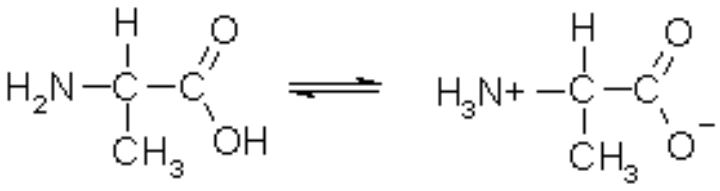


CARÁCTER ANFÓTERO DE LOS AMINOÁCIDOS

En un medio ácido, se comportan como una *base*, captado H^+ .



En un medio básico, se comportan como un *ácido*, liberando H^+ .



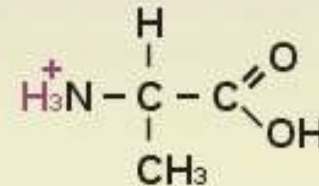
Zwitterion de alanina

CARÁCTER ANFÓTERO DE LOS AMINOÁCIDOS

El pH en el que un aminoácido forma un *ión híbrido neutro* se denomina **punto isoeléctrico**.

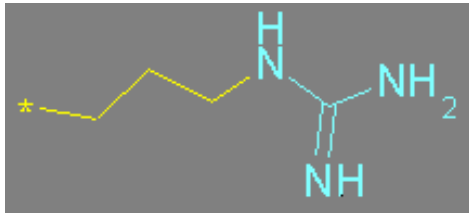
Punto isoeléctrico

pH= 1

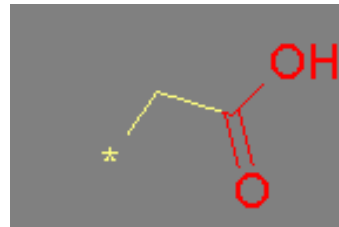


CARÁCTER ANFÓTERO DE LOS AMINOÁCIDOS

En varios aminoácidos, la cadena lateral también posee carácter ácido o base y, por tanto, tendremos un tercer grupo ionizable.



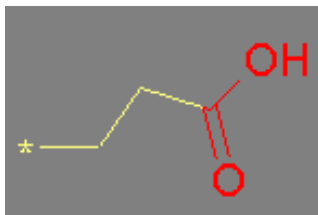
Arginina



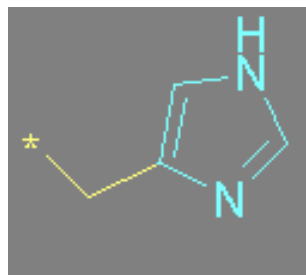
Aspártico



Cisteína



Glutámico



Histidina



Lisina



Tirosina

CLASIFICACIÓN DE LOS AMINOÁCIDOS

En función de sus características químicas de sus restos R, los aminoácidos se clasifican en:

Grupo I Aminoácidos apolares. Aminoácidos cuyo resto R no es polar. Esto es, no posee cargas eléctricas en R al tener en él largas cadenas hidrocarbonadas. Estos aminoácidos, si están en gran abundancia en una proteína, la hacen insoluble en agua.

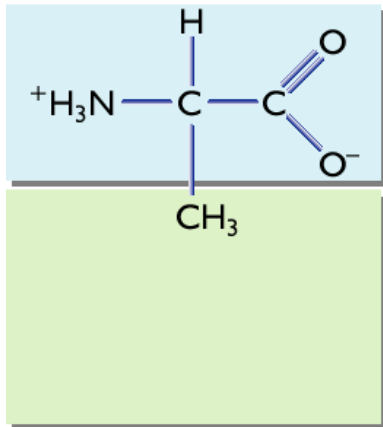
Grupo II. Aminoácidos polares no ionizables. Poseen restos con cortas cadenas hidrocarbonadas en las que hay funciones polares (alcohol, tiol o amida). Contrariamente al grupo anterior si una proteína los tiene en abundancia será soluble en agua.

Grupo III Aminoácidos polares ácidos. Pertenecen a este grupo aquellos aminoácidos que tienen más de un grupo carboxilo. En las proteínas, si el pH es básico o neutro, estos grupos se encuentran cargados negativamente.

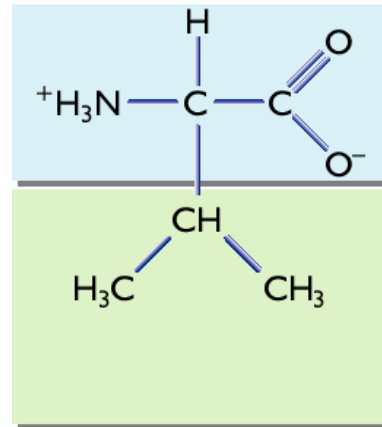
Grupo IV Aminoácidos polares básicos. Son aquellos aminoácidos que tienen otro u otros grupos aminos. En las proteínas, estos grupos amino, si el pH es ácido o neutro, están cargados positivamente.

Grupo I: AMINOÁCIDOS APOLARES (alifáticos y aromáticos)

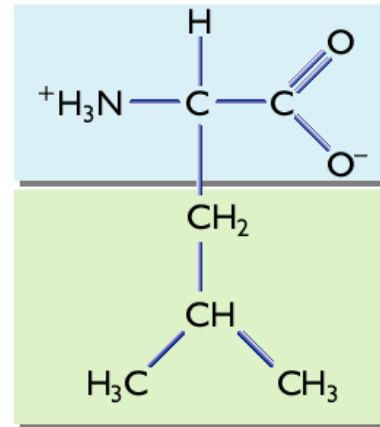
Resto no polar al tener largas cadenas hidrocarbonadas. Son insolubles en agua



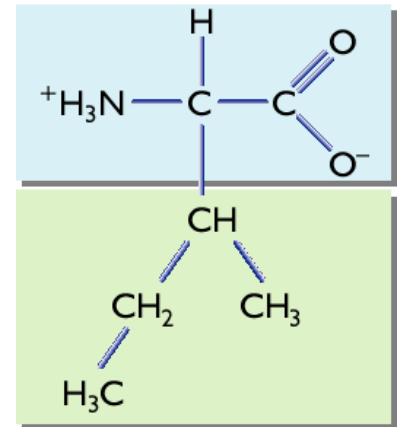
Alanina (Ala)



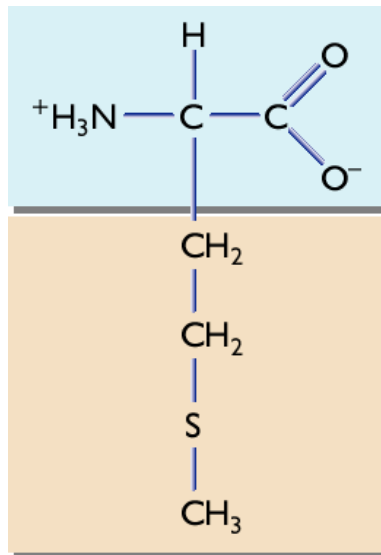
Valina (Val)



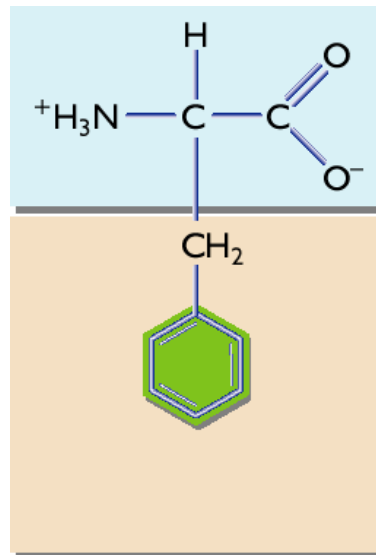
Leucina (Leu)



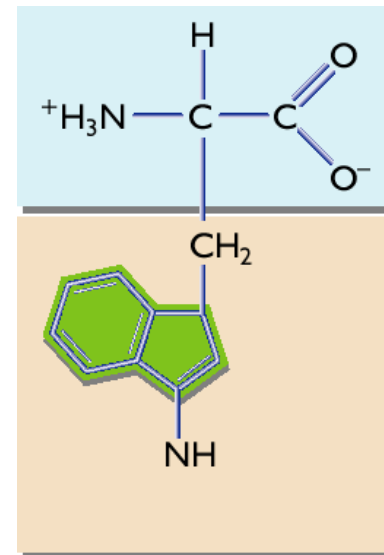
Isoleucina (Iso)



Metionina (Met)



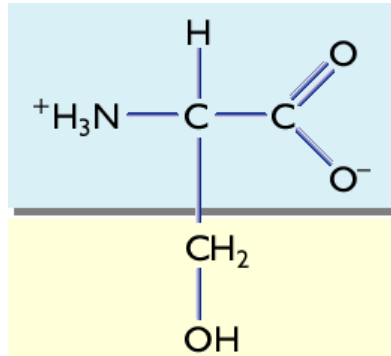
Fenilalanina (Fen)



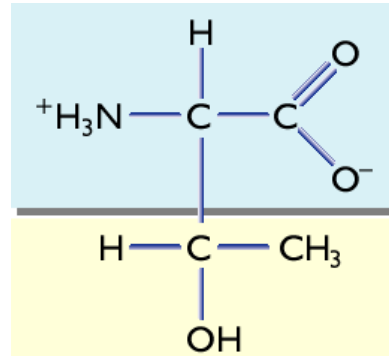
Triptófano (Trp)

Grupo II: AMINOÁCIDOS POLARES SIN CARGA (no ionizables)

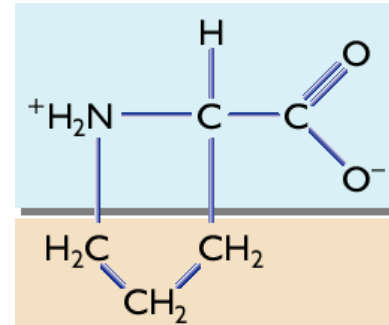
Resto con cortas cadenas hidrocarbonadas. Son solubles en agua



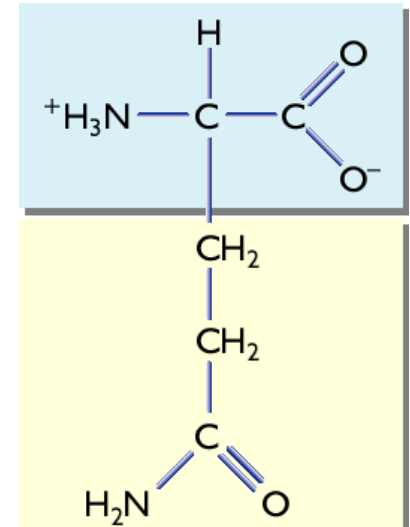
Serina (Ser)



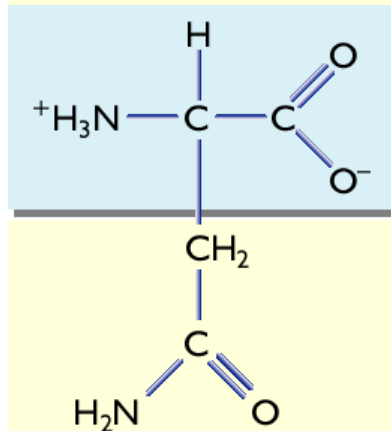
Treonina (Tr)



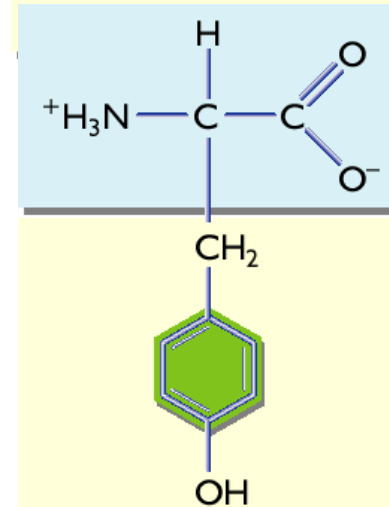
Prolina (Prl)



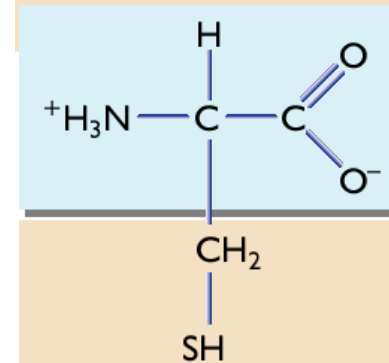
Glutamina (Gln)



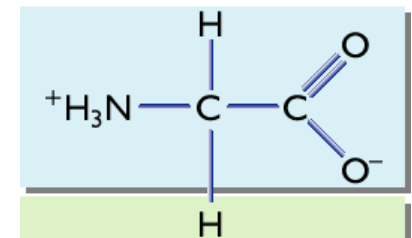
Asparagina (Asn)



Tirosina (Tir)



Cisteína (Cis)

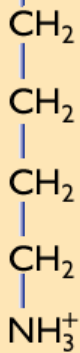
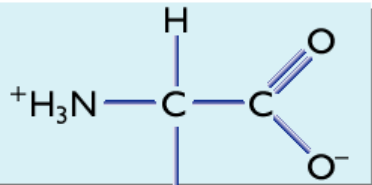


Glicocola (Gli)

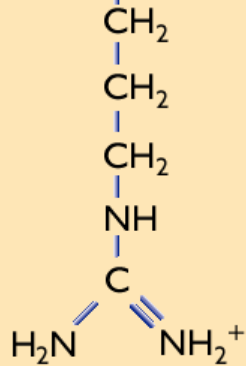
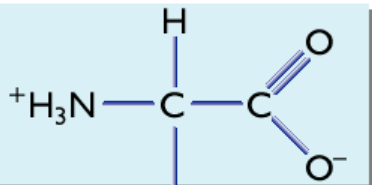
Grupo III: POLARES CON CARGA (ionizables) (ÁCIDOS o BÁSICOS)

Resto con uno o más grupos amino o bien carboxilo, respectivamente.

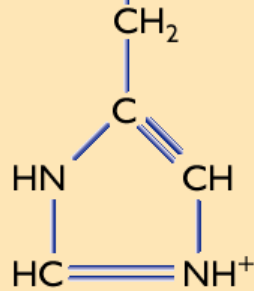
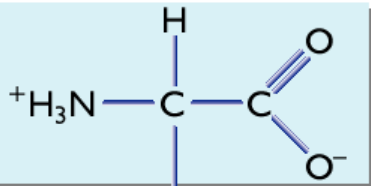
AMINOÁCIDOS BÁSICOS (carga positiva)



Lisina (Lis)

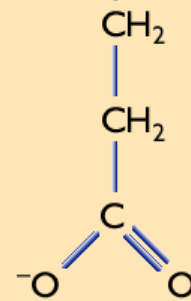
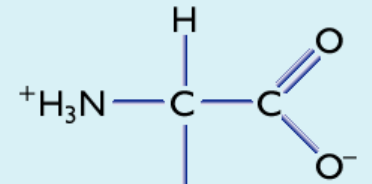


Arginina (Arg)

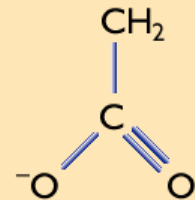
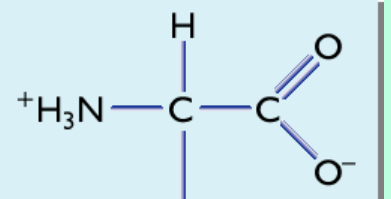


Histidina (His)

AMINOÁCIDOS ÁCIDOS (carga negativa)

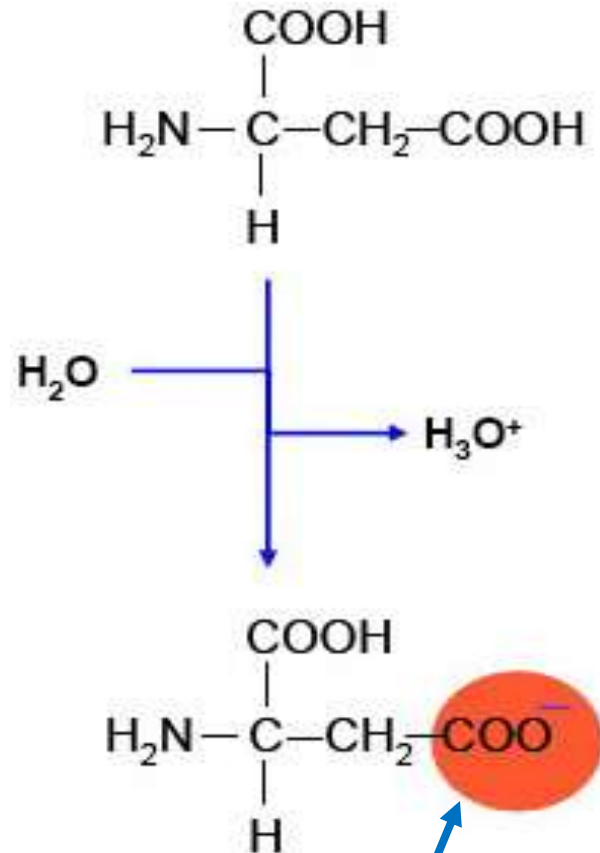


*Ácido
aspártico
(Asp)*



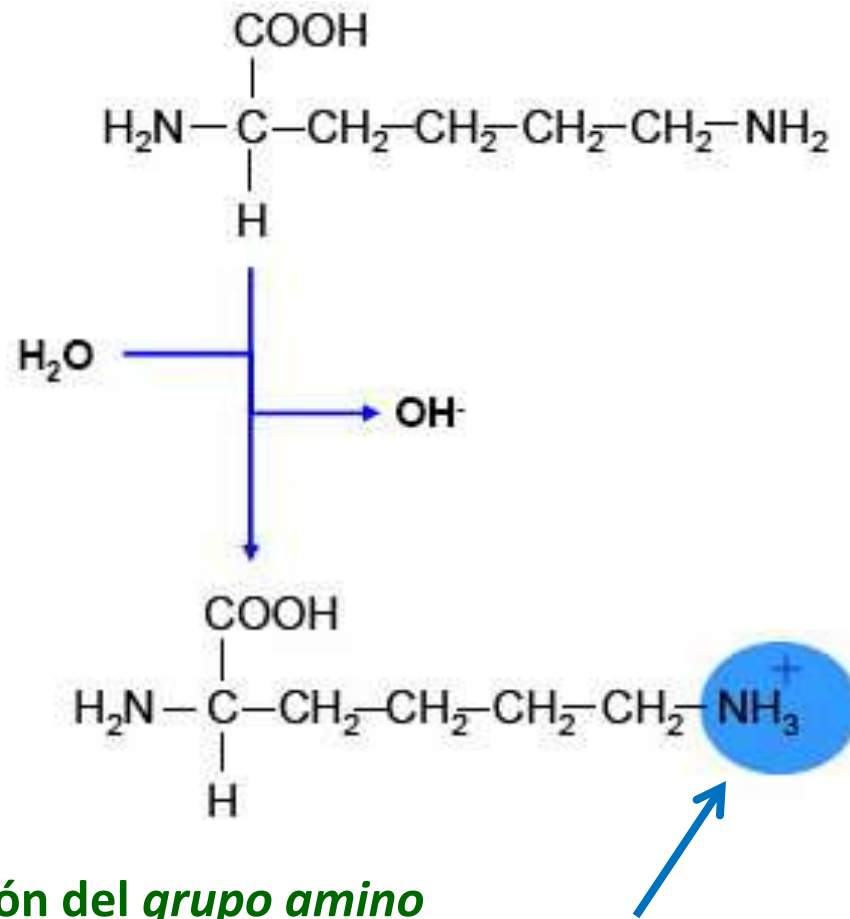
*Ácido glutámico
(Glu)*

Los aa polares ácidos tienen el resto R ionizado con una carga negativa cuando están en un medio acuoso neutro o básico. Esto aporta cargas negativas a las proteínas en las que se encuentran.



Ionización del grupo carboxilo
suplementario de un aa polar ionizable ácido

Los **aa polares básicos** tienen el resto R ionizado con una carga positiva cuando están en un medio acuoso neutro o ácido. Esto aporta cargas positivas a las proteínas en las que se encuentran.

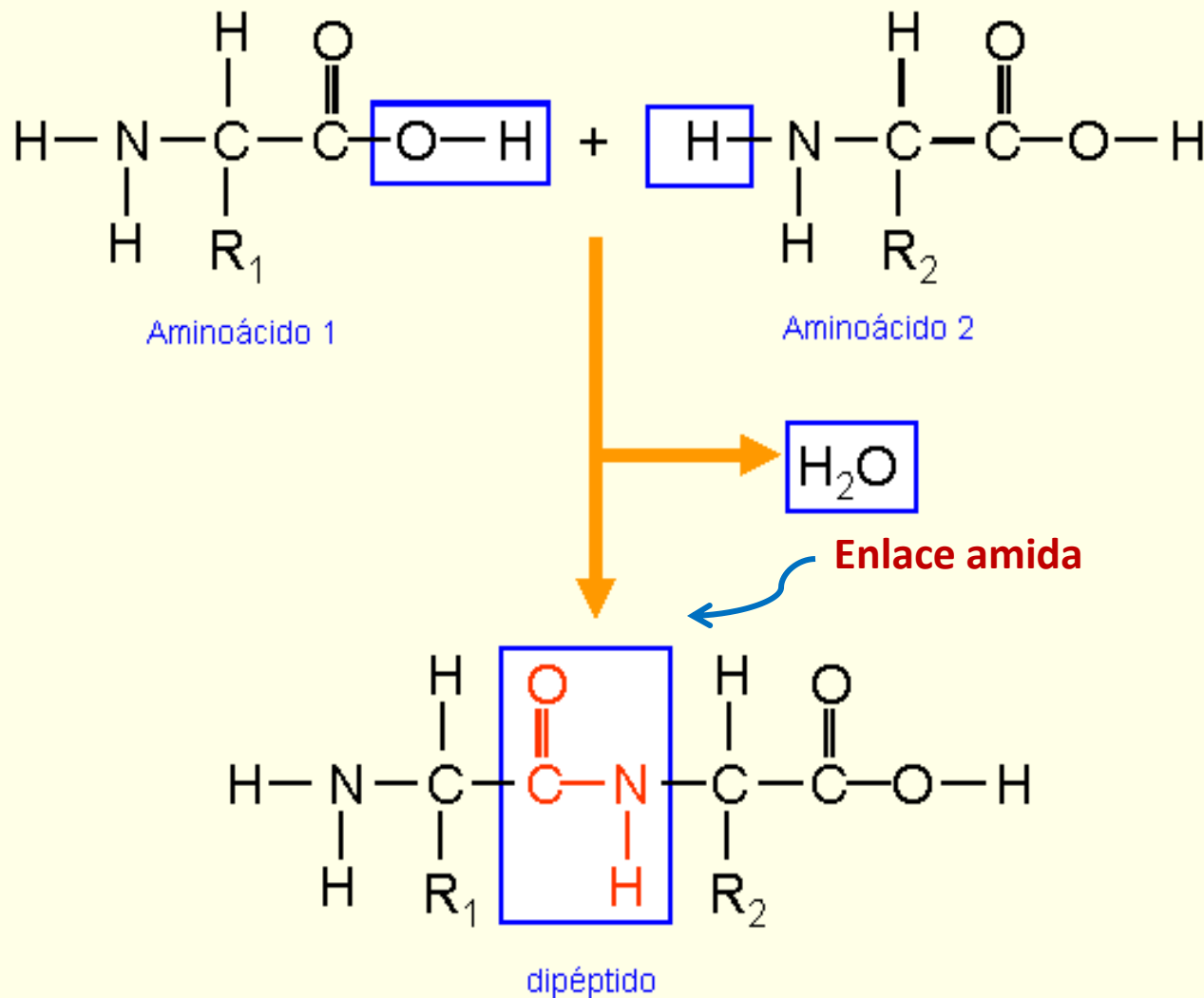


Ionización del *grupo amino* suplementario de un aa polar ionizable básico.

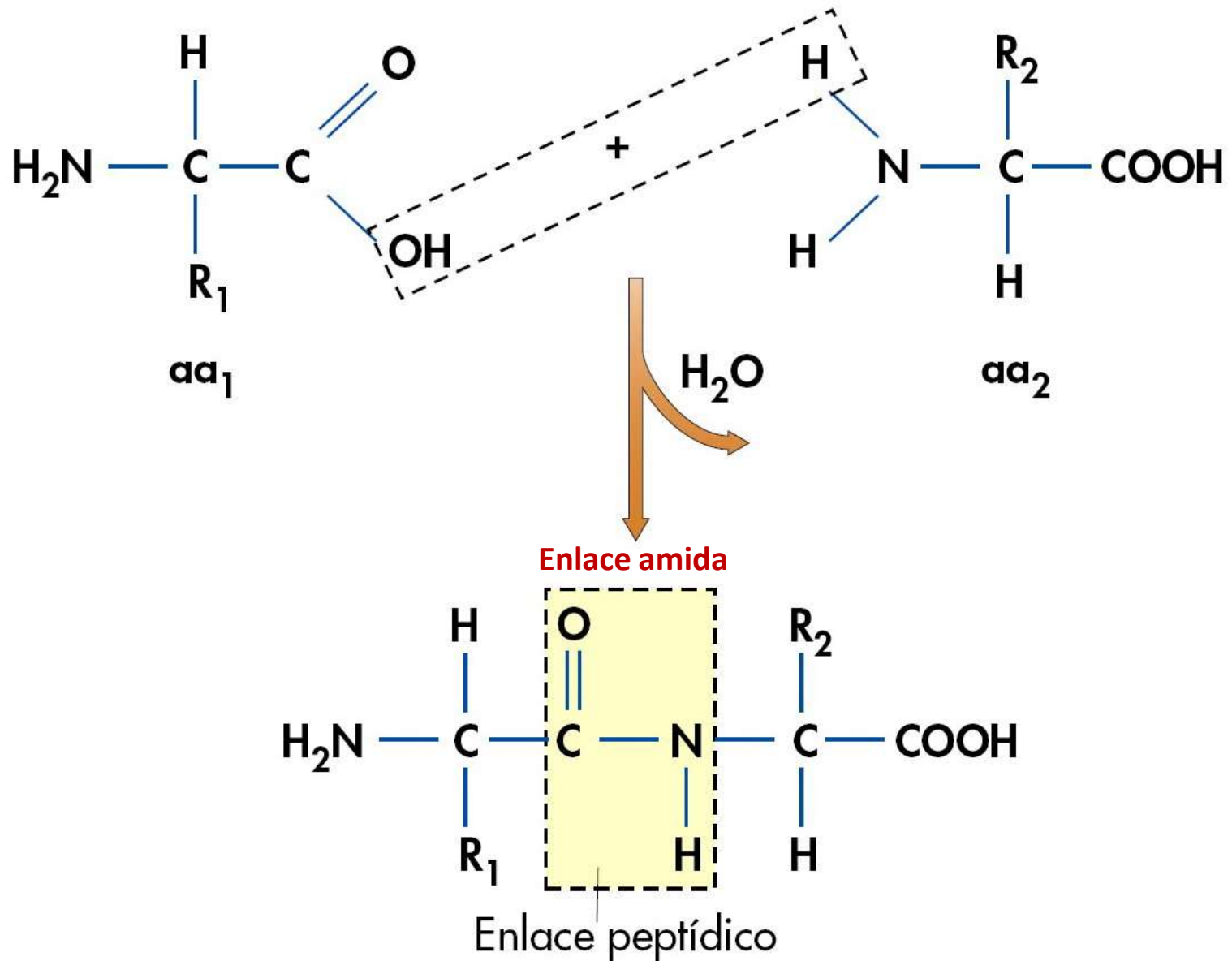
Enlace peptídico

ENLACE PEPTÍDICO

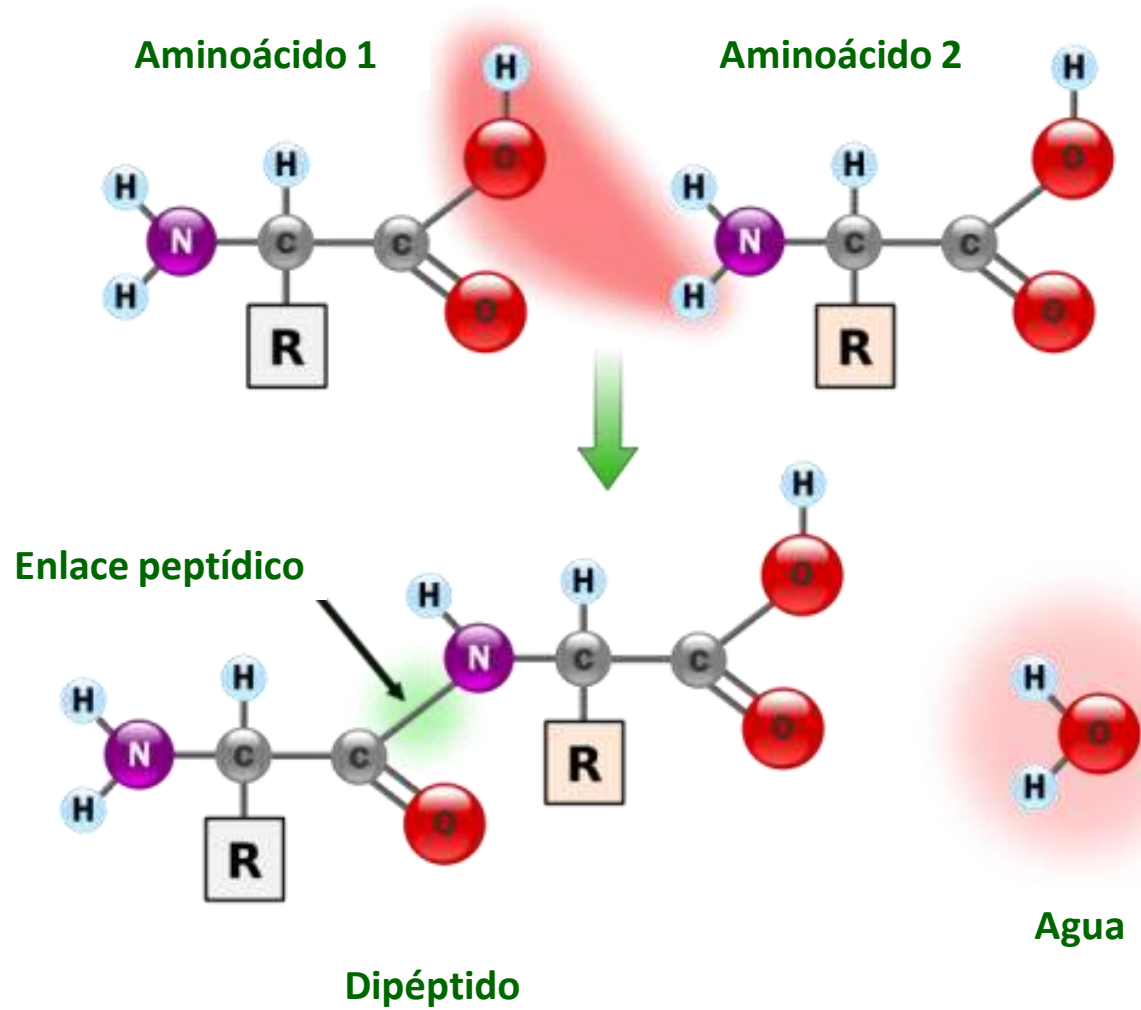
Amida constituida al unirse el grupo carboxilo de un aminoácido con el grupo amino del siguiente.



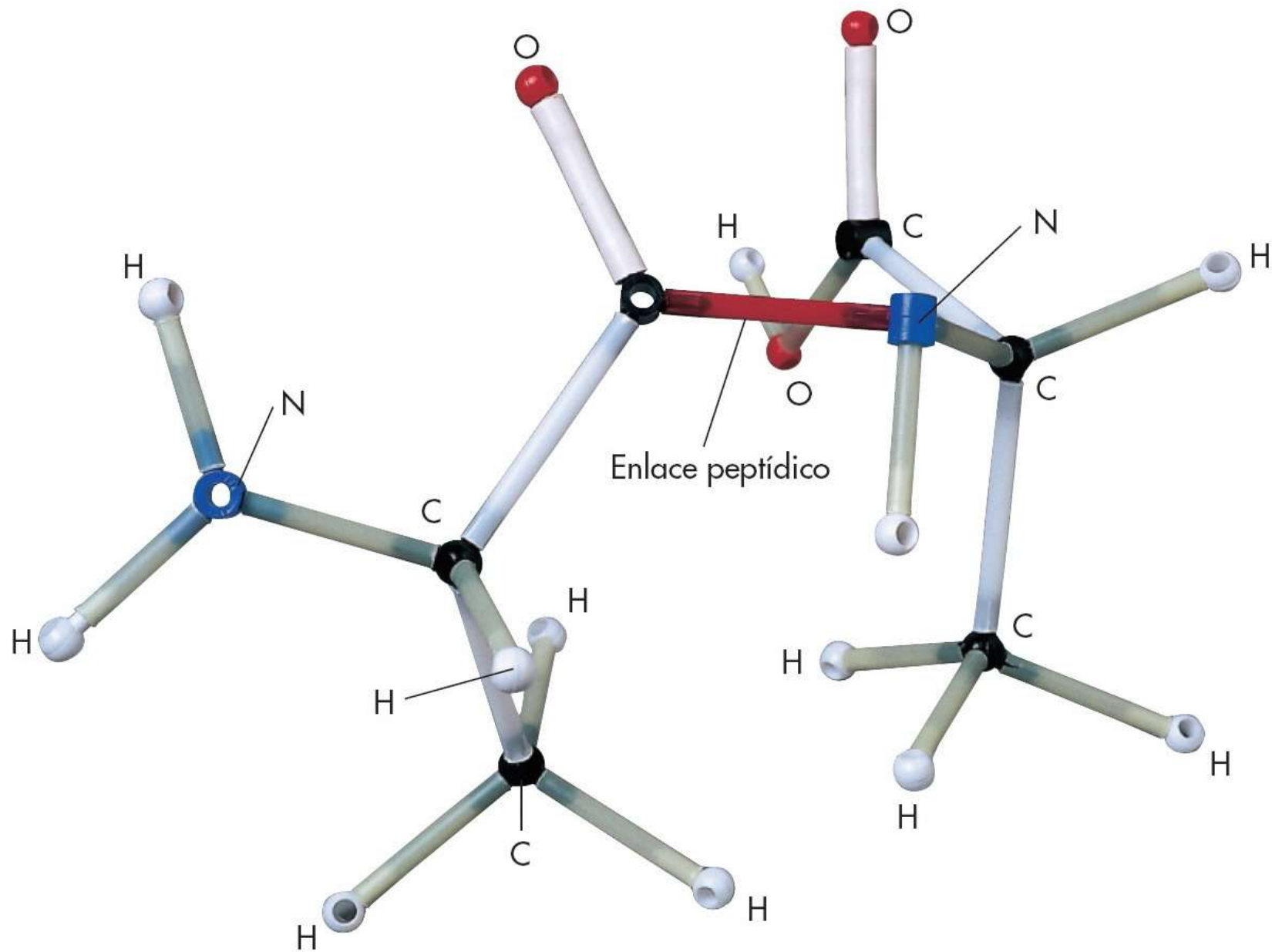
ENLACE PEPTÍDICO



ENLACE PEPTÍDICO

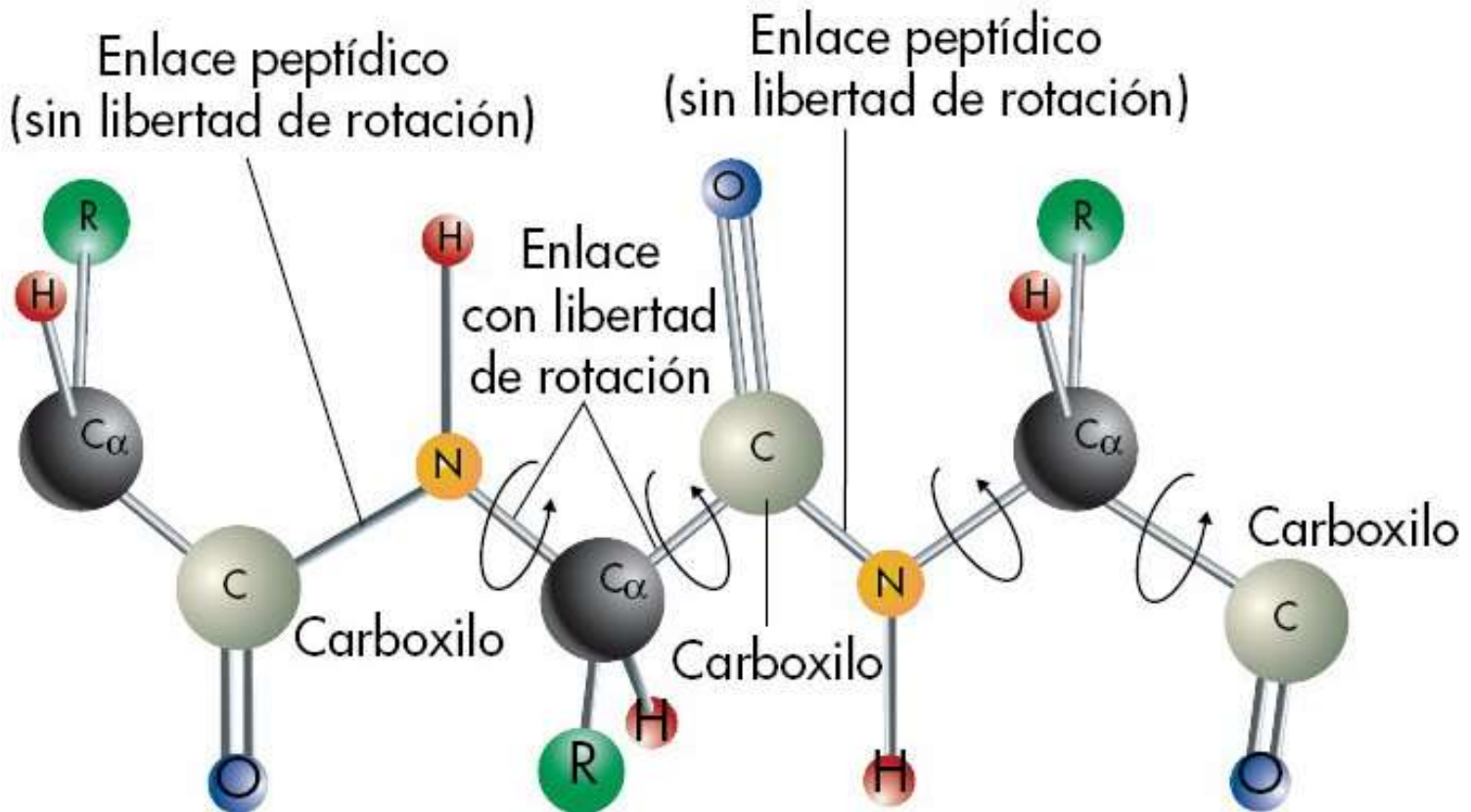


MODELO MOLECULAR DE UN DIPÉPTIDO



CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE PEPTÍDICO

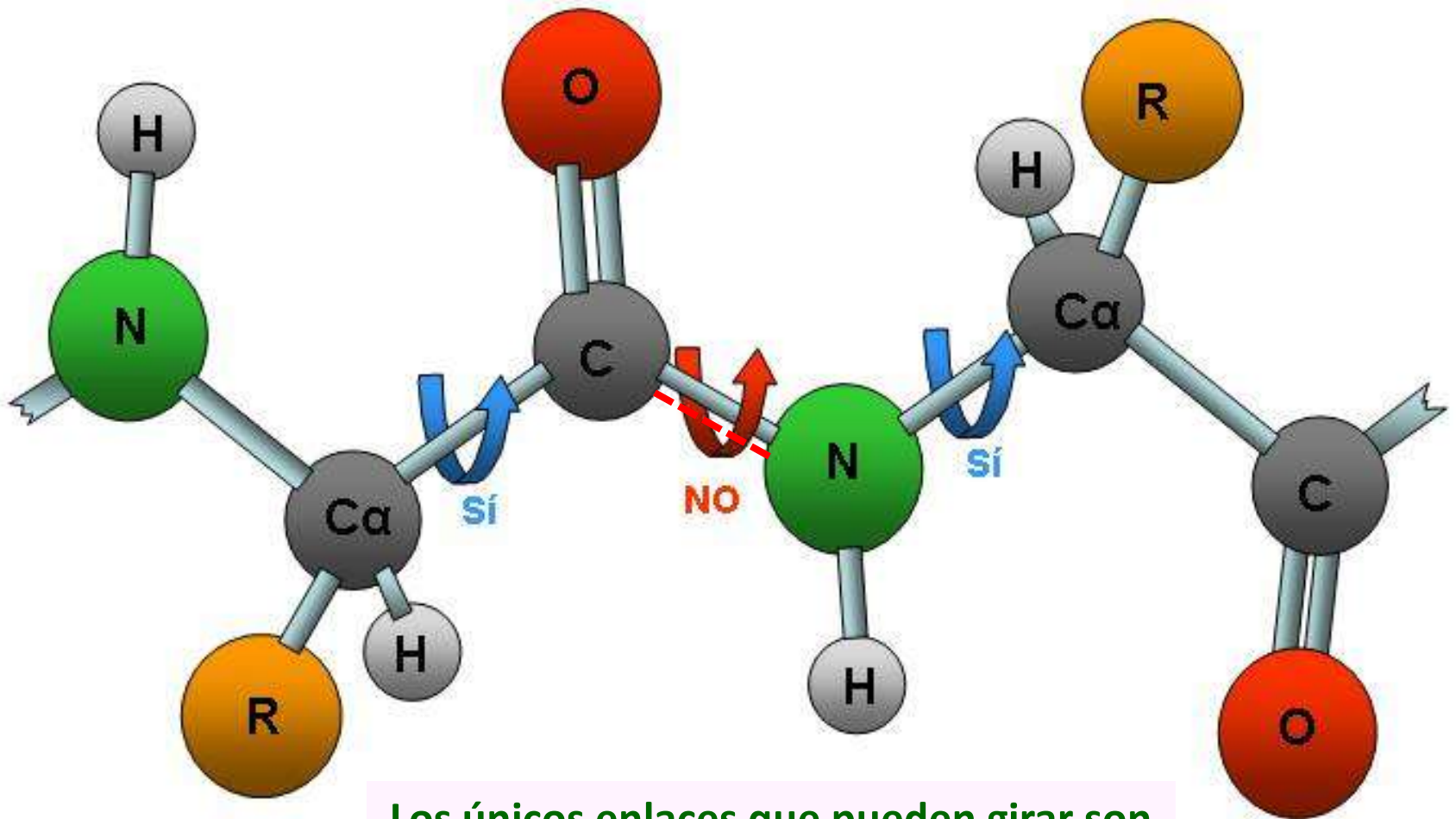
El enlace peptídico es un enlace muy fuerte y resistente que se comporta como un doble enlace y no permite el giro.



Es un enlace covalente más corto que la mayoría de los enlaces C - N.

CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE PEPTÍDICO

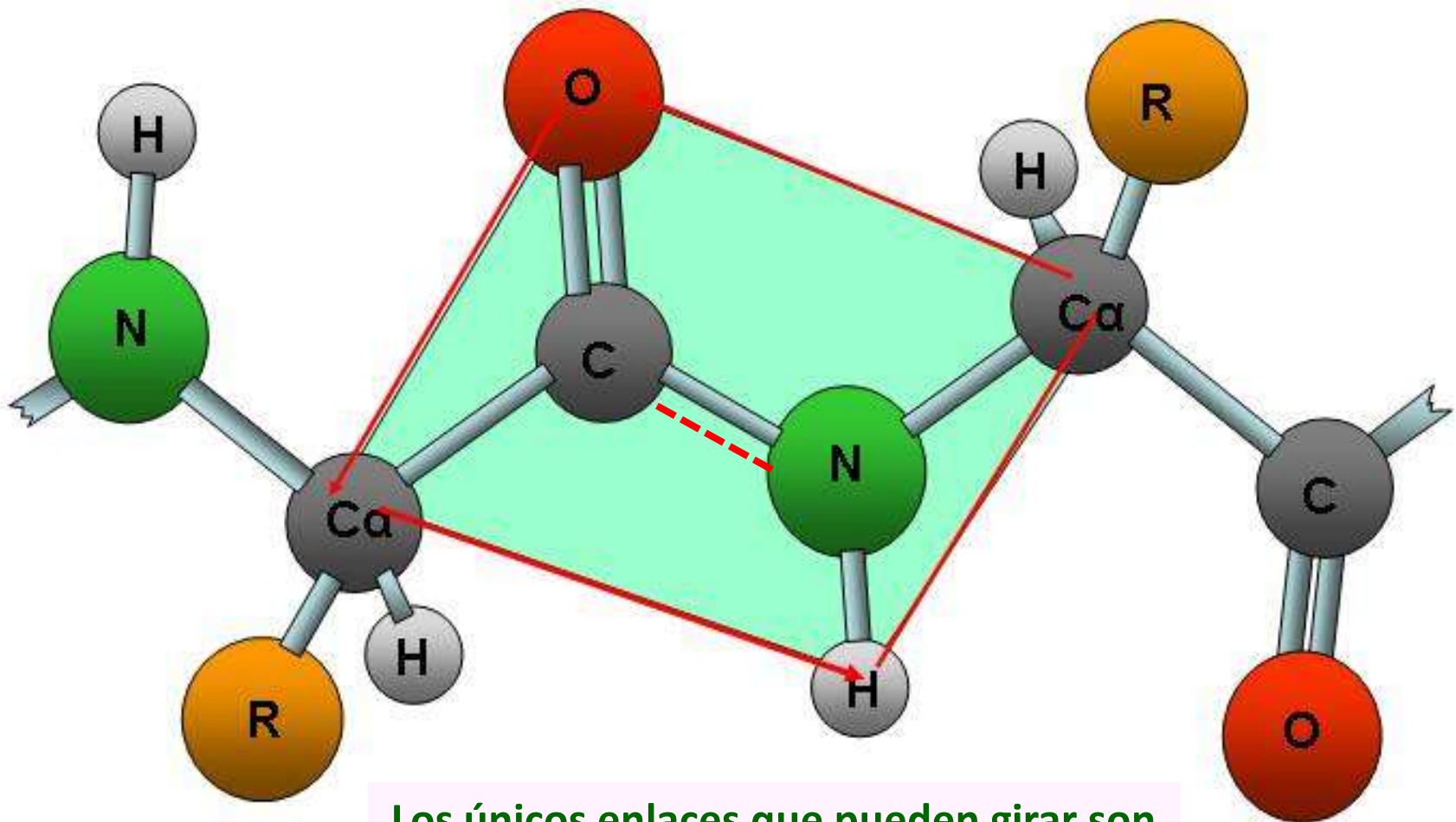
El enlace peptídico es un enlace muy fuerte y resistente que se comporta como un doble enlace y no permite el giro.



Los únicos enlaces que pueden girar son los formados por C-C α y N-C α .

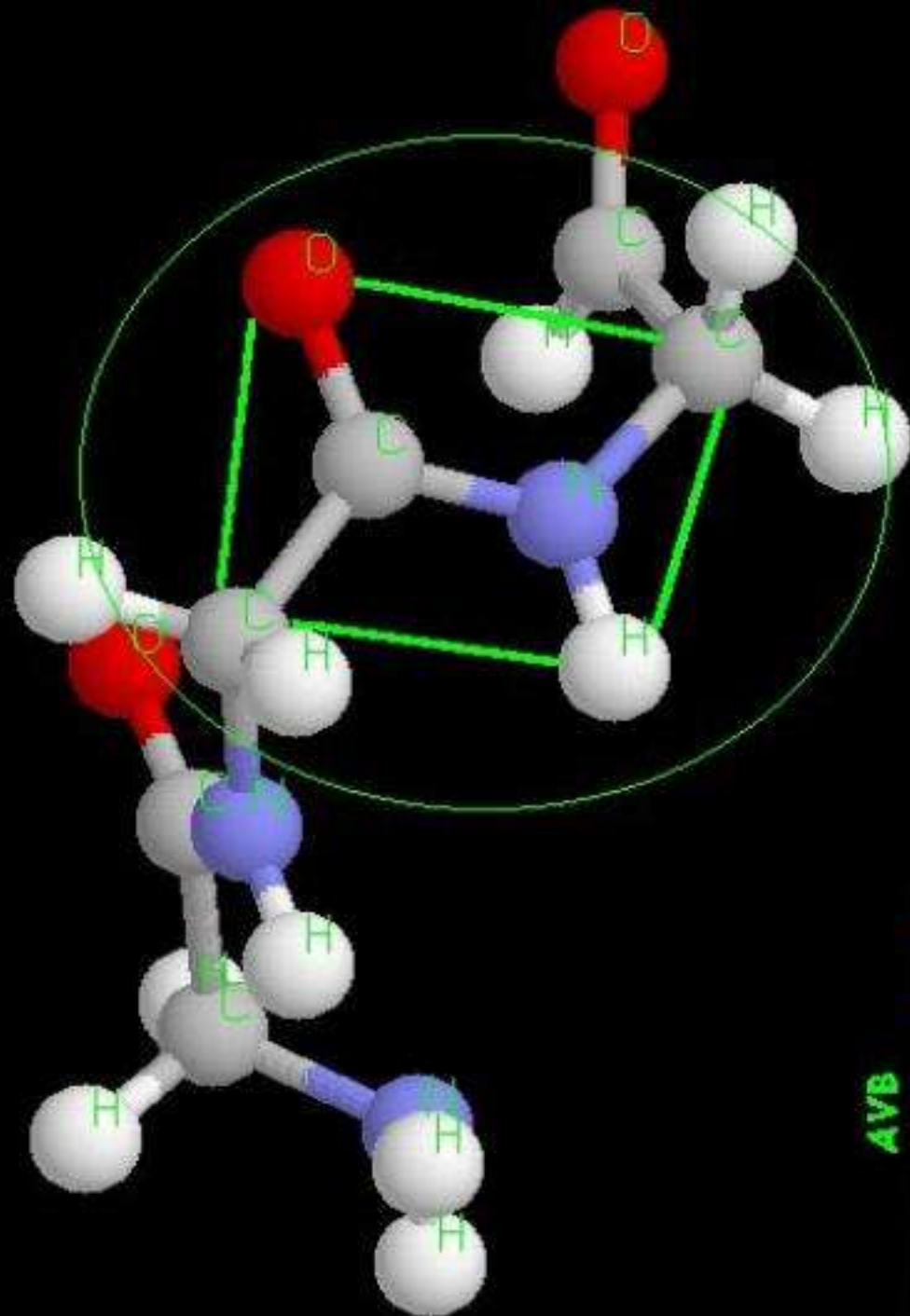
CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE PEPTÍDICO

Los átomos unidos al carbono y al nitrógeno que forman el enlace peptídico están todos en un mismo plano....



Los únicos enlaces que pueden girar son los formados por $C-C_\alpha$ y $N-C_\alpha$.

El hecho de que los átomos unidos al C y al nitrógeno que forman el enlace peptídico estén todos en un mismo plano y a unas distancias y ángulos característicos impone determinadas restricciones a la forma de la cadena polipeptídica.



Péptidos. Polipéptidos

PÉPTIDOS

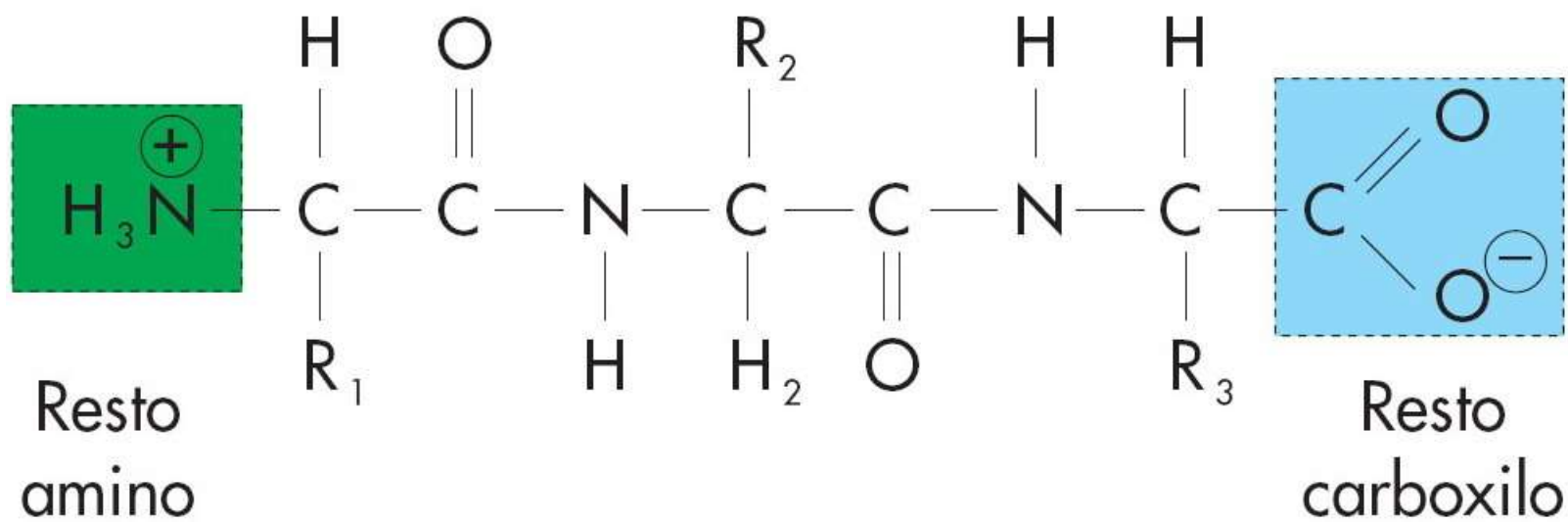
POLIPÉPTIDOS

La unión de dos o más aminoácidos (aa) hasta un máximo de 100 mediante enlaces peptídicos da lugar a los péptidos.

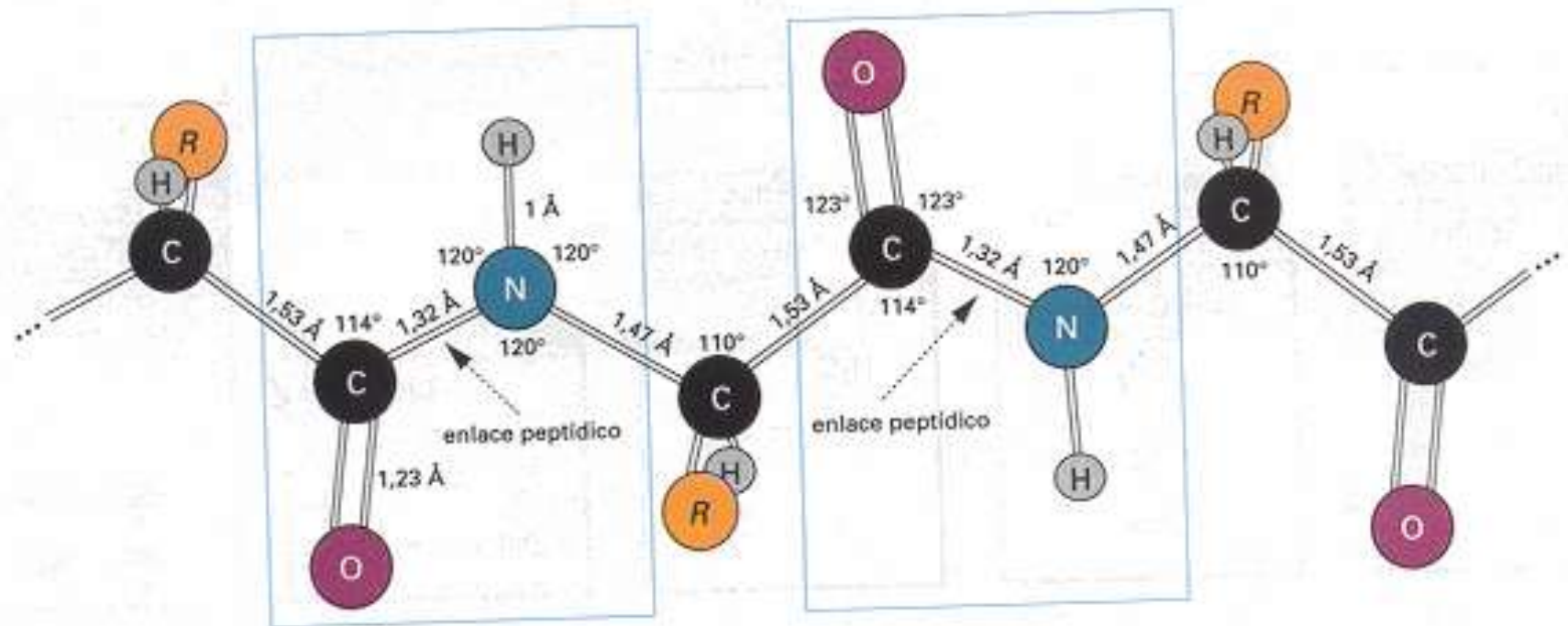
■ 2 aa	Dipéptido
■ 3 aa	Tripéptido
■ de 4 a 10 aa	Oligopéptido
■ de 10 a 100 aa	Polipéptido

A partir de 100 aminoácidos la sustancia recibe el nombre de proteína propiamente dicha.

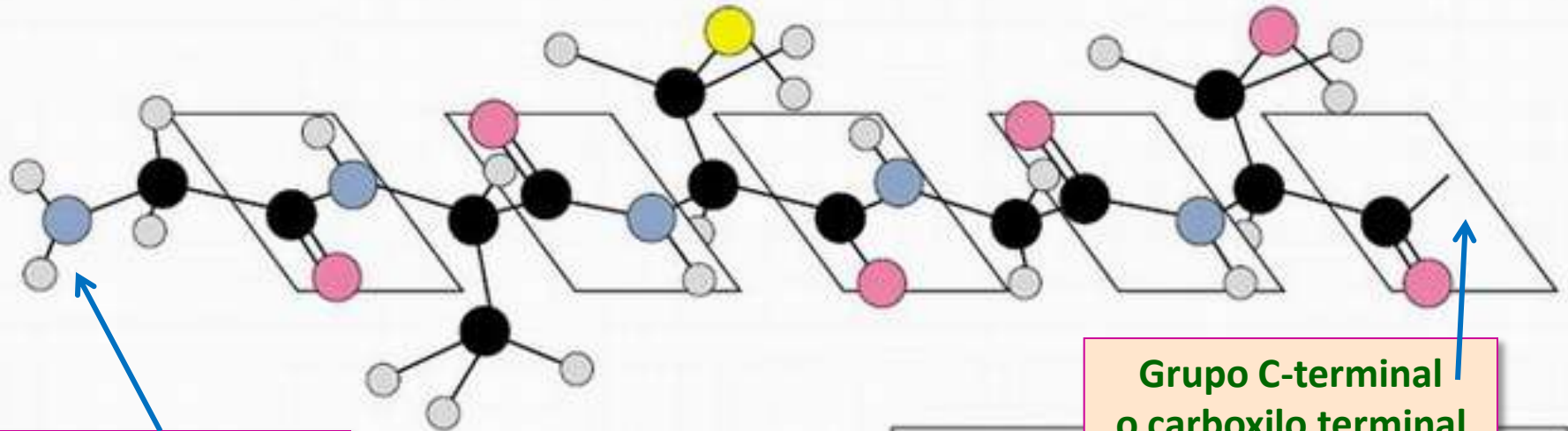
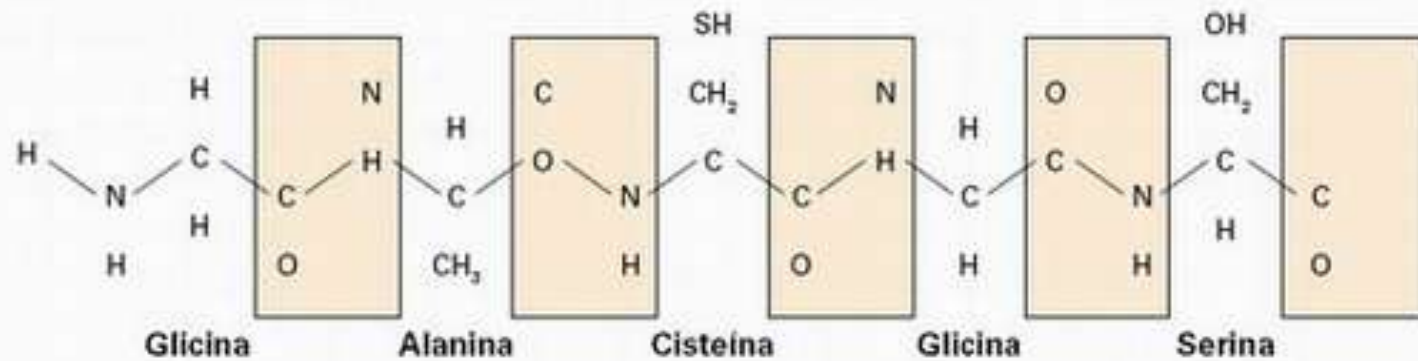
ESTRUCTURA DE UN TRIPÉPTIDO



ESTRUCTURA DE UN TRIPÉPTIDO



ESTRUCTURA DE UN PÉPTIDO



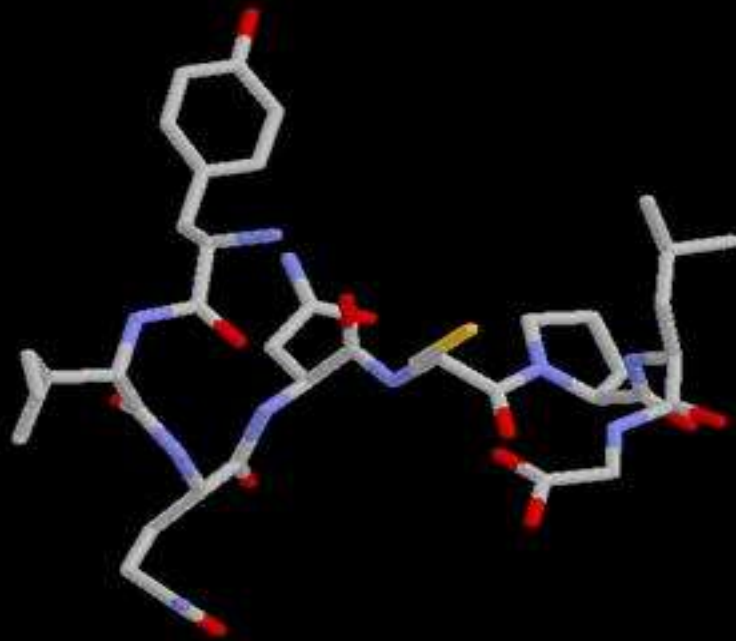
Grupo N-terminal
o amino terminal

Grupo C-terminal
o carboxilo terminal



EJEMPLO DE UN PÉPTIDO

oxitocina (9 aa) esta sustancia produce las contracciones del útero durante el parto.



ESTRUCTURA DE UN POLIPÉPTIDO

Alanina

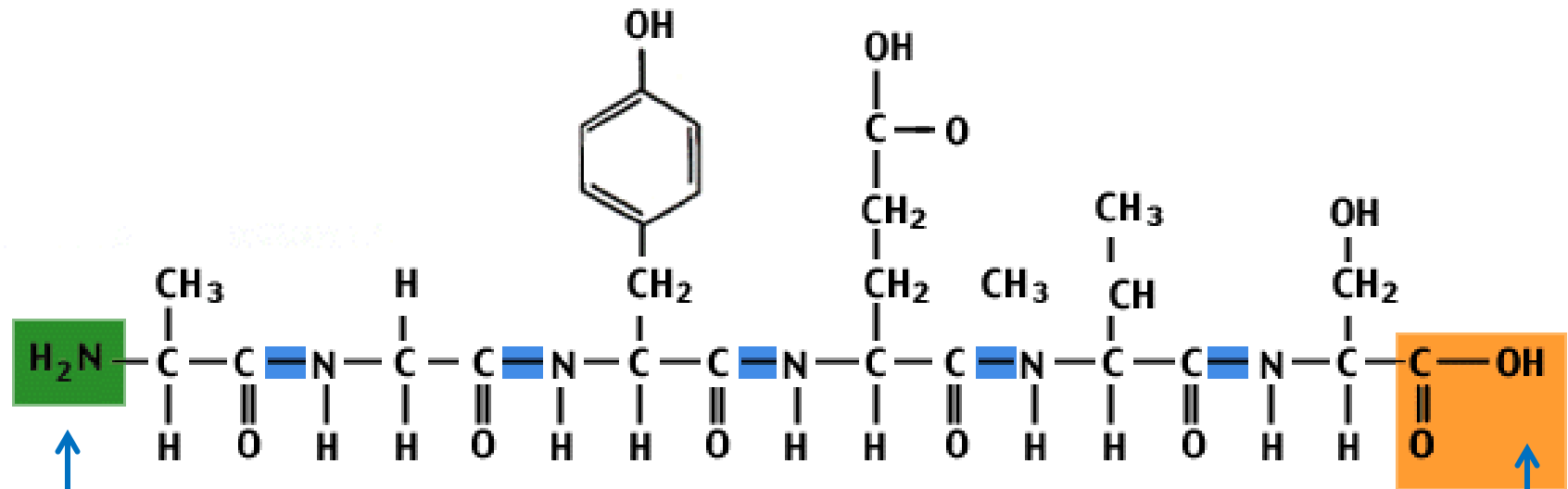
Glicina

Tirosina

Acido Glutámico

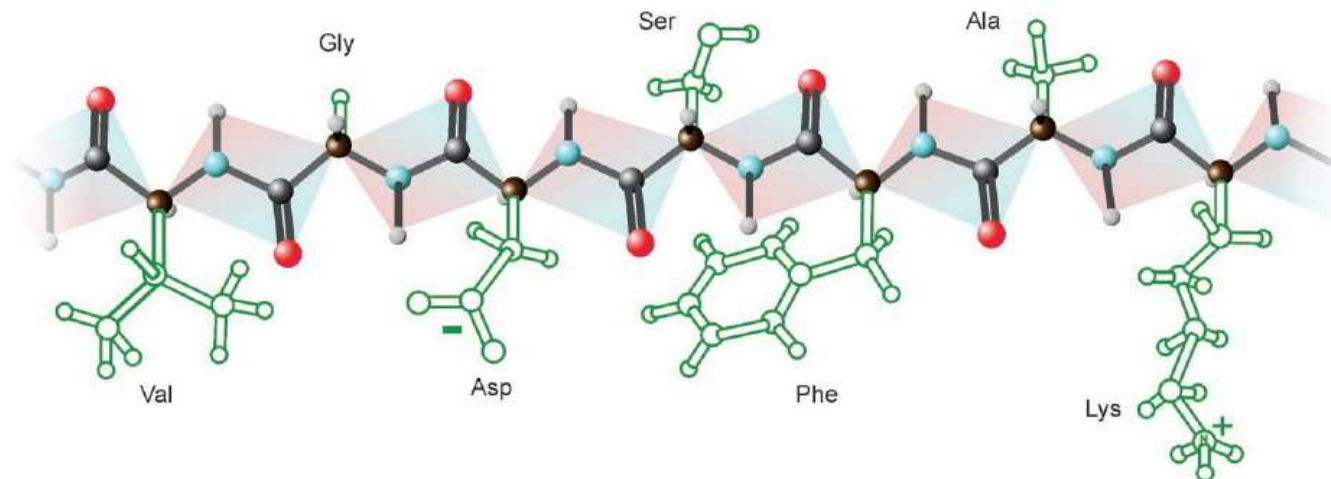
Valina

Serina



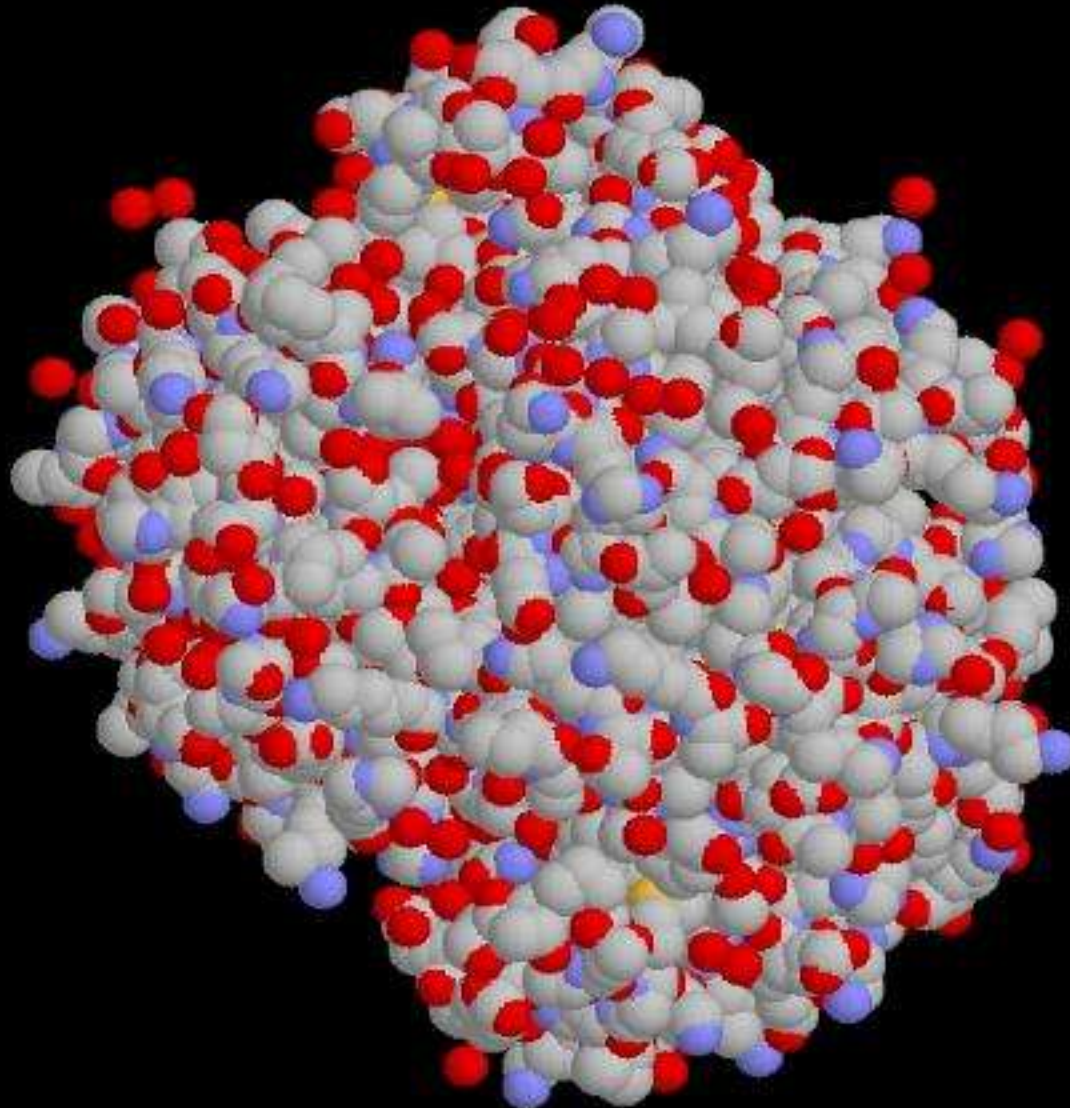
Grupo N-terminal
o amino terminal

Grupo C-terminal
o carboxilo terminal

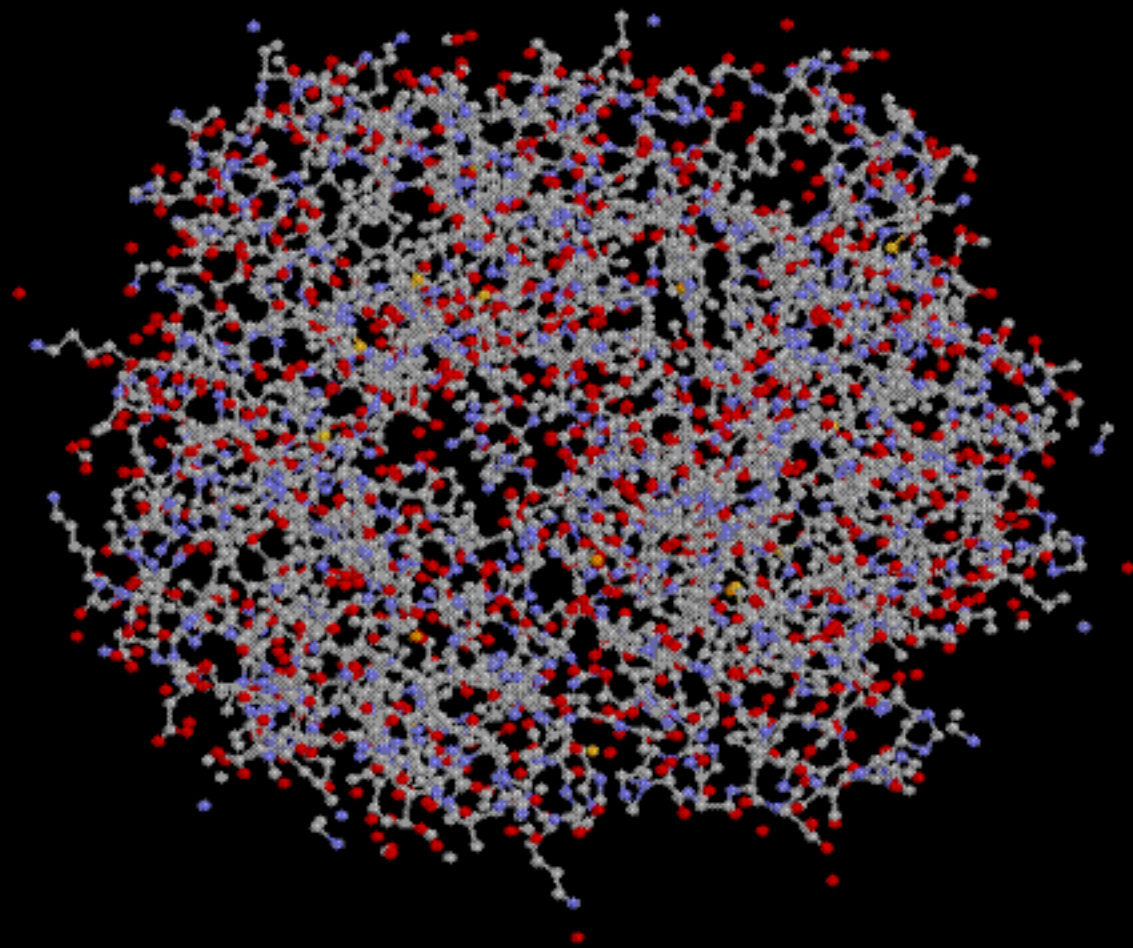


Estructura de las proteínas

Las moléculas proteicas están formadas, generalmente, por miles de átomos y su estructura es compleja y difícil de diferenciar, sobre todo en un modelo como éste en el que los cientos de átomos que la forman se han representado por esferas (bolas).

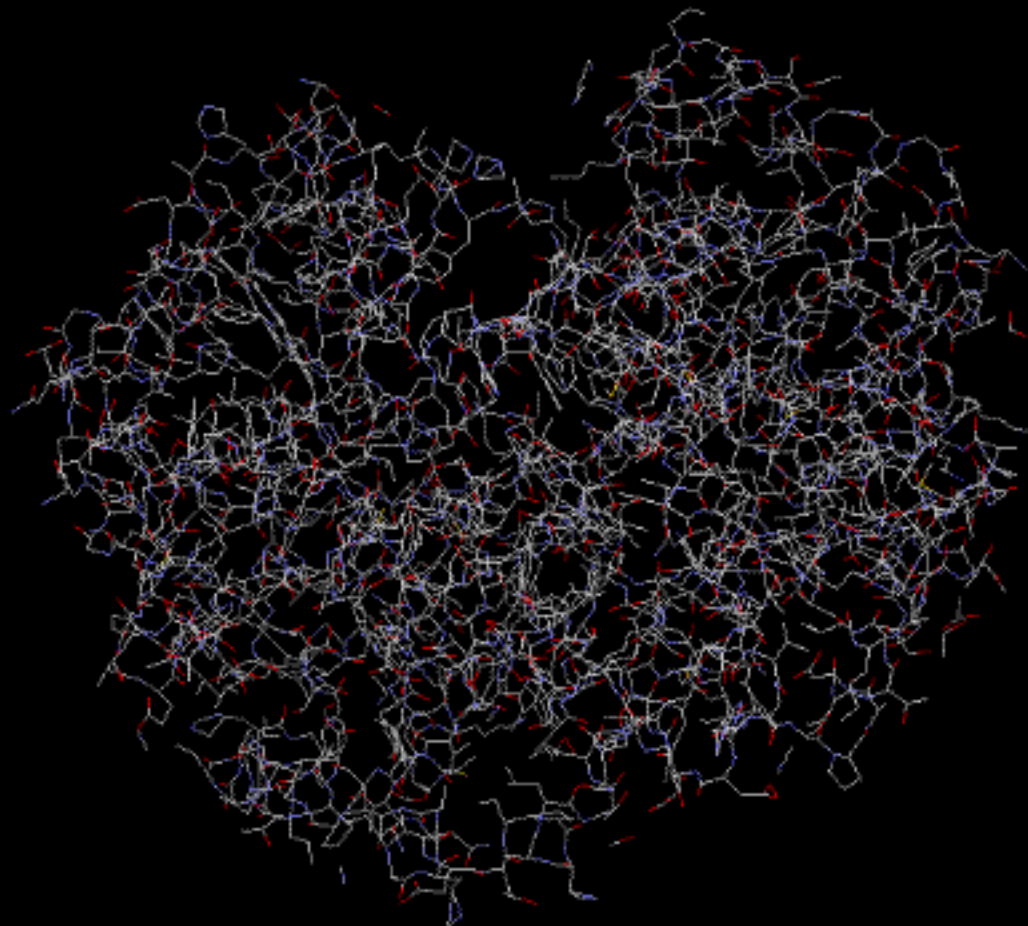


En este modelo de bolas y bastones cada átomo se representa mediante un color (blanco:H; gris=C; rojo=O; azul=N; y amarillo=S).

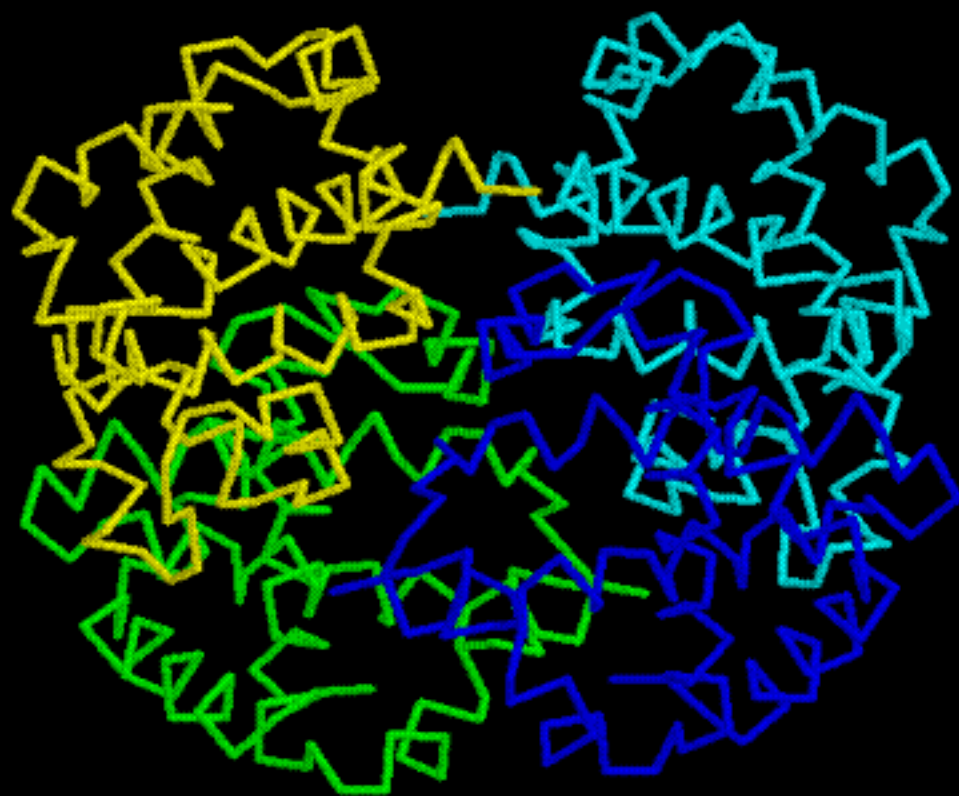


En esta modelización no se han representado los átomos, sólo se ha representado la cadena polipeptídica y las cadenas de los restos R.

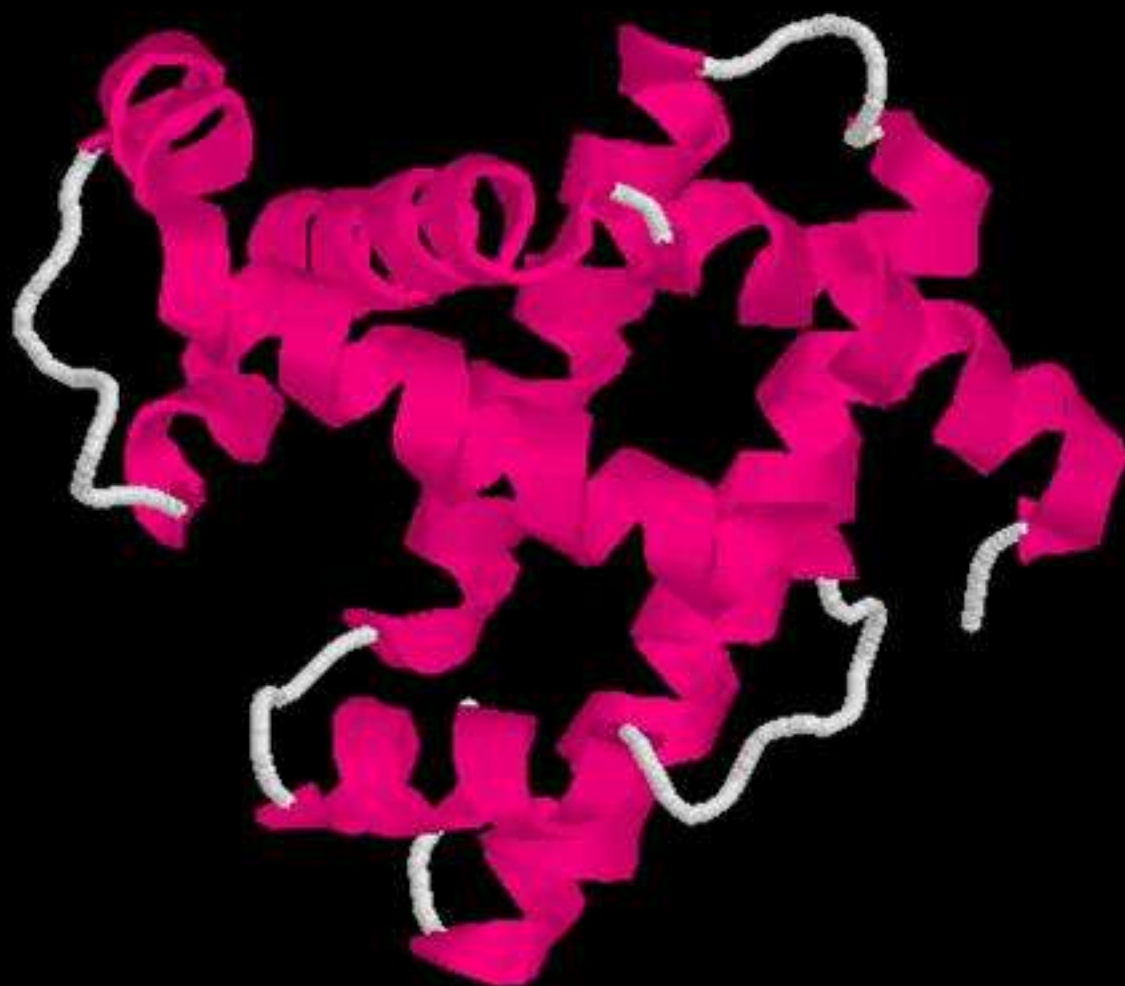
La estructura es muy difícil de apreciar



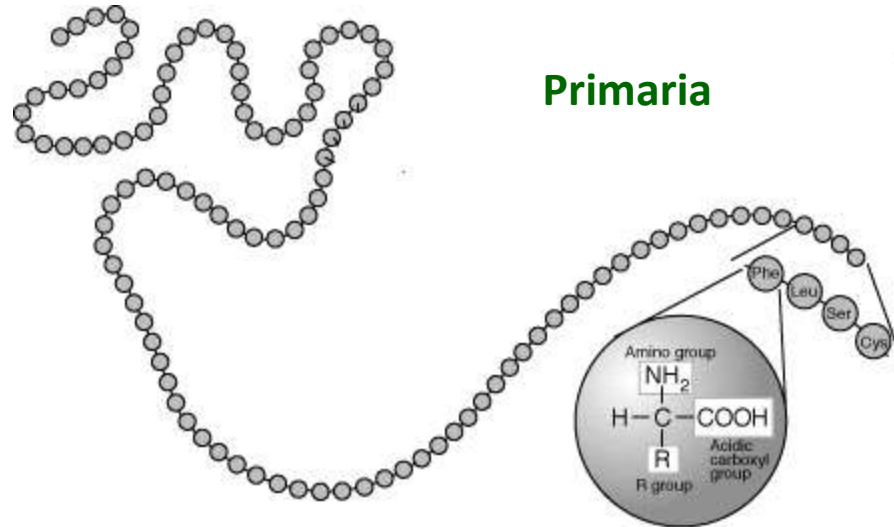
La estructura compleja de una proteína se empieza ya apreciar si representamos únicamente la cadena NCCNCCNCCNCCN.... Vemos una serie de estructuras helicoidales replegadas.



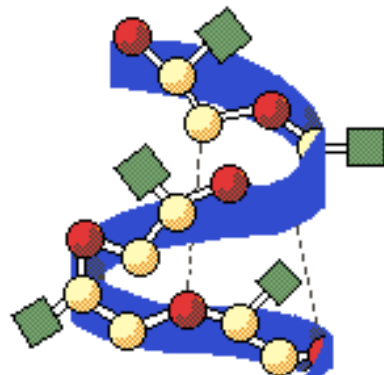
La cadena que forman los átomos ..NCCNCCNCCN.. que constituye el esqueleto básico de la molécula proteica forma una superestructura compleja constituida por zonas con conformaciones características.



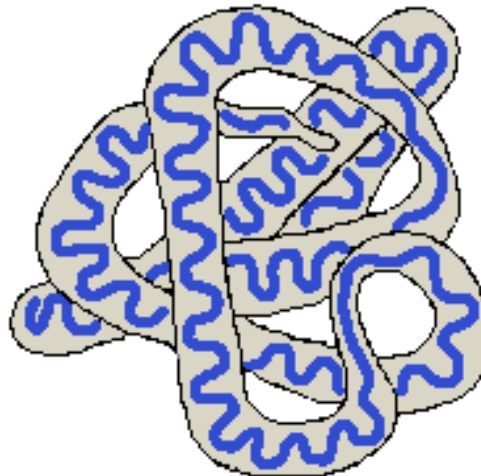
ESTRUCTURA DE LAS PROTEÍNAS



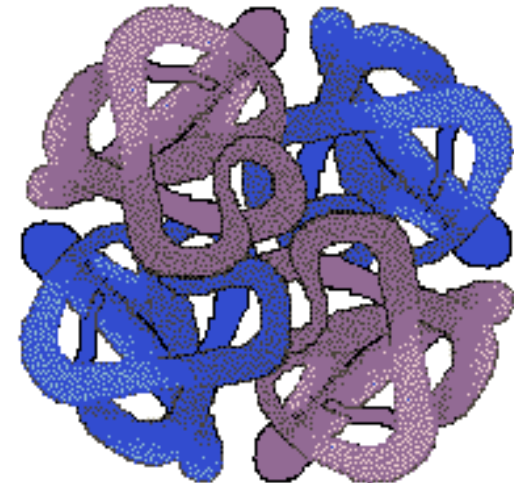
Secundaria



Terciaria



Cuaternaria



- ESTRUCTURA PRIMARIA

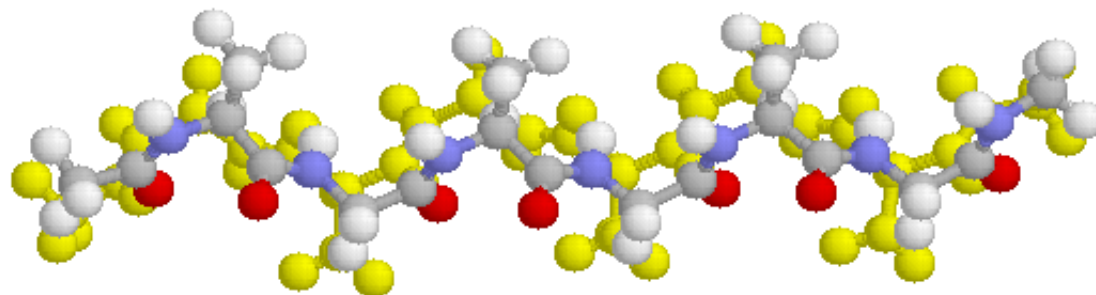
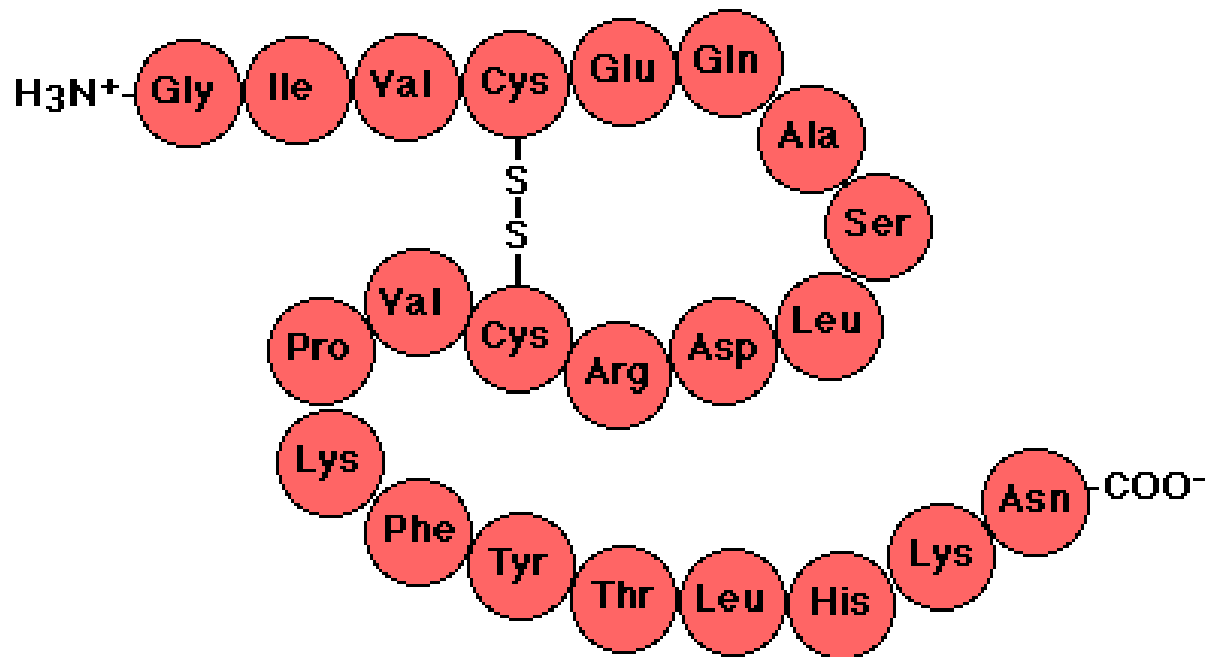
La estructura primaria. Viene dada por la **secuencia**: orden que siguen los aminoácidos de una proteína. Va a ser de gran importancia, pues la secuencia es la que determina el resto de los niveles y como consecuencia la función de la proteína

La alteración de la estructura primaria por eliminación, adición o intercambio de los aminoácidos puede cambiar la configuración general de una proteína y dar lugar a una proteína diferente.

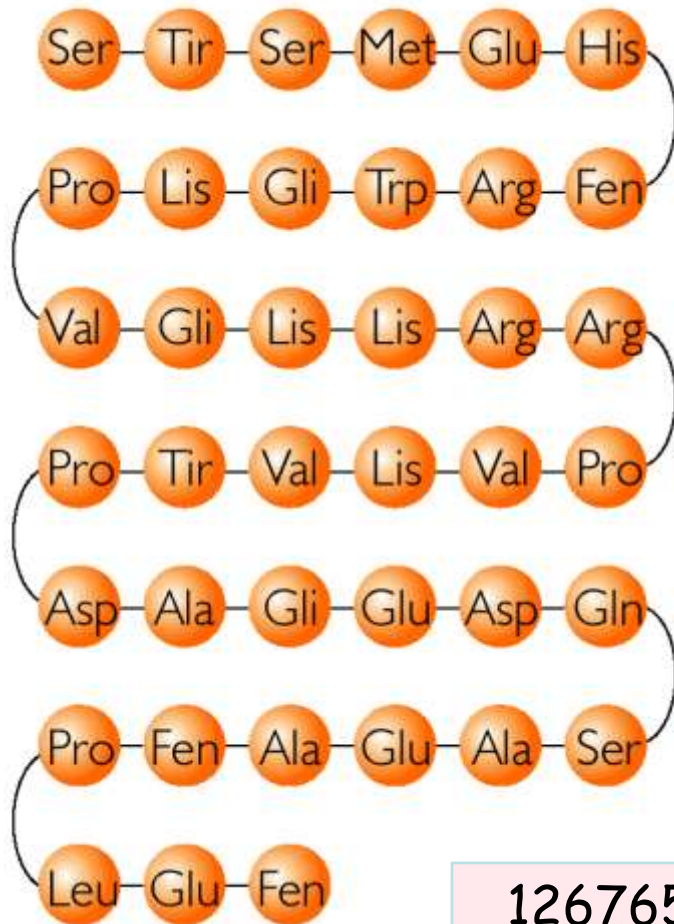
Veamos la estructura primaria de un péptido

H-Gly - His - Pro - His - Leu - His - Val - His - His - Pro - Val-OH

ESTRUCTURA PRIMARIA DE LAS PROTEÍNAS



ESTRUCTURA PRIMARIA DE LAS PROTEÍNAS



- Todas las proteínas la tienen.

- Indica los aminoácidos que la forman y el orden en el que están colocados.

- Está dispuesta en zigzag.

- El número de polipéptidos diferentes que pueden formarse es:

$$20^n$$

Número de aminoácidos de la cadena

Para una cadena de 100 aminoácidos, el número de las diferentes cadenas posibles sería:

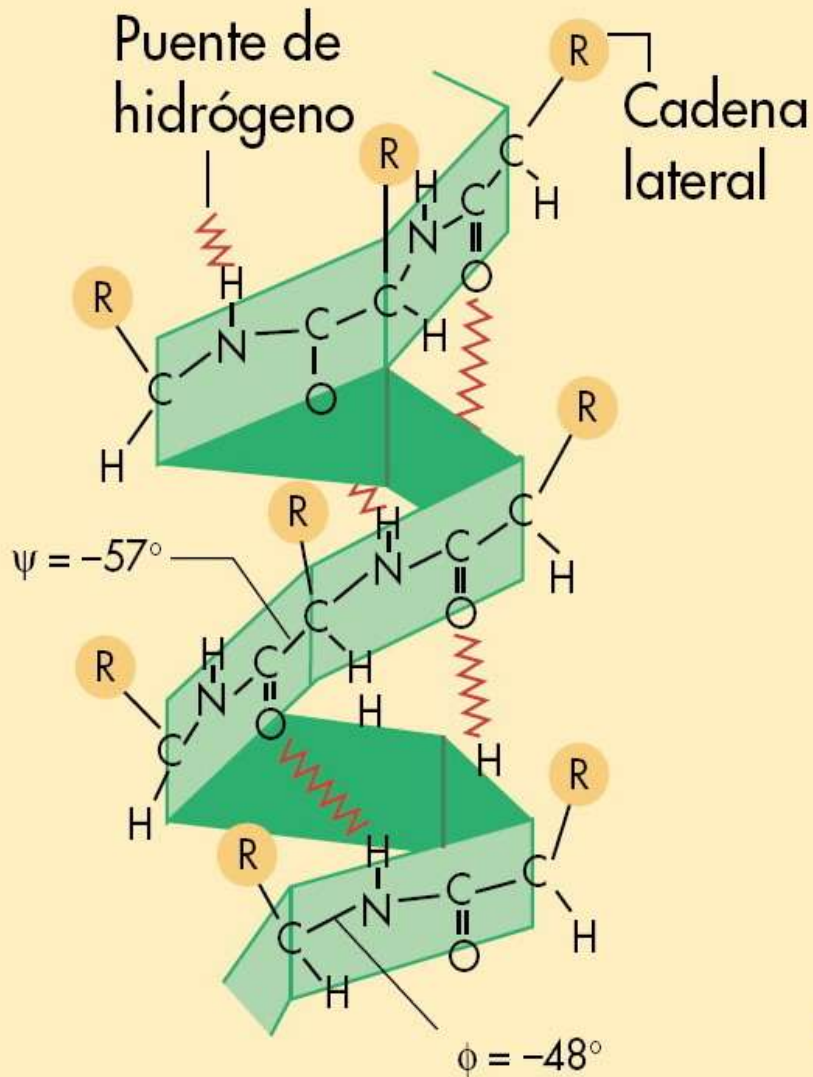
$$1267650600228229401496703205376 \cdot 10^{100}$$

ESTRUCTURA SECUNDARIA

Las características de los enlaces peptídicos imponen determinadas restricciones que obligan a que las proteínas adopten una determinada estructura secundaria. Esta pueden ser:

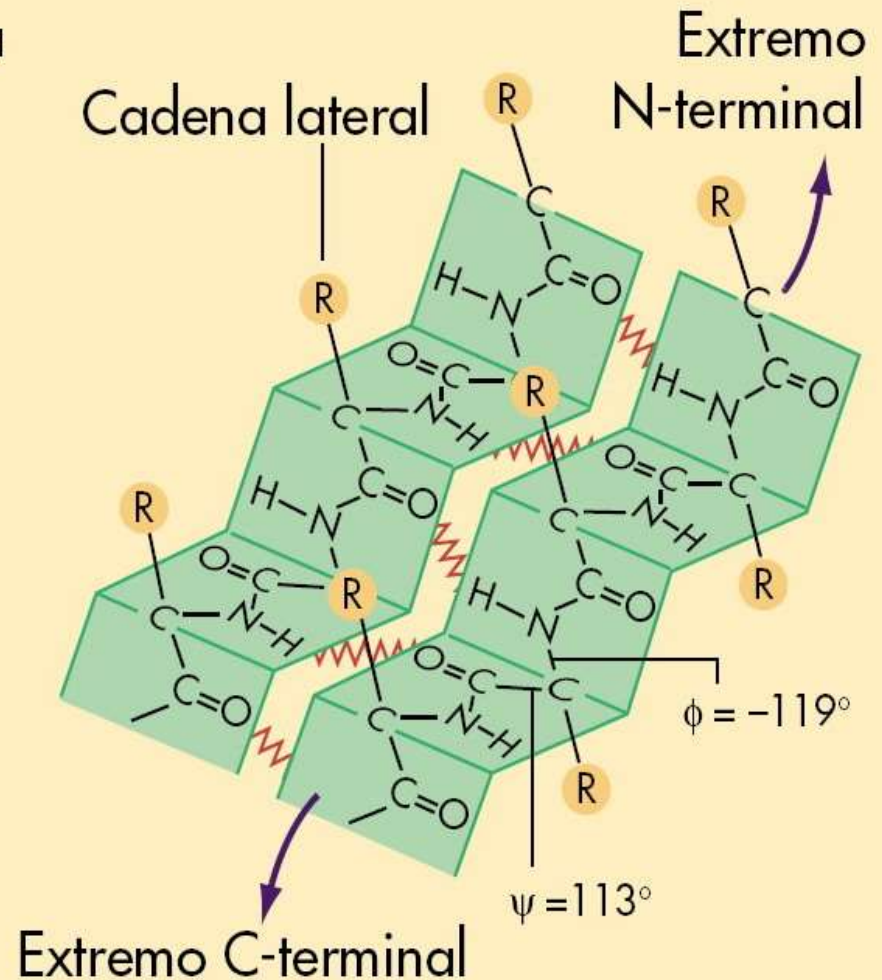
- **En hélice alfa**
- **En conformación beta o lámina beta.**
- **Sin estructura secundaria: zonas irregulares**

ESTRUCTURA SECUNDARIA DE LAS PROTEÍNAS



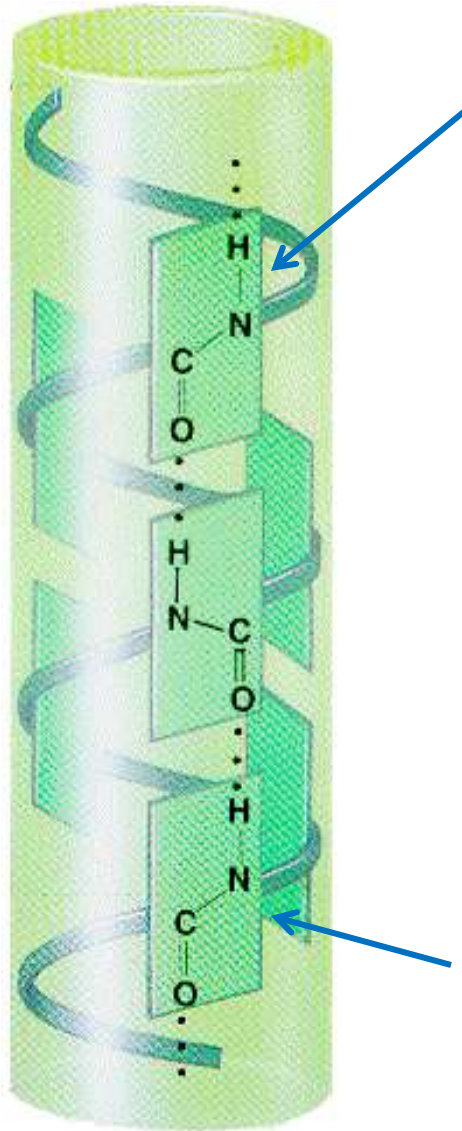
α -hélice

~~~~~ Puentes de hidrógeno



$\beta$ -laminar o lámina plegada

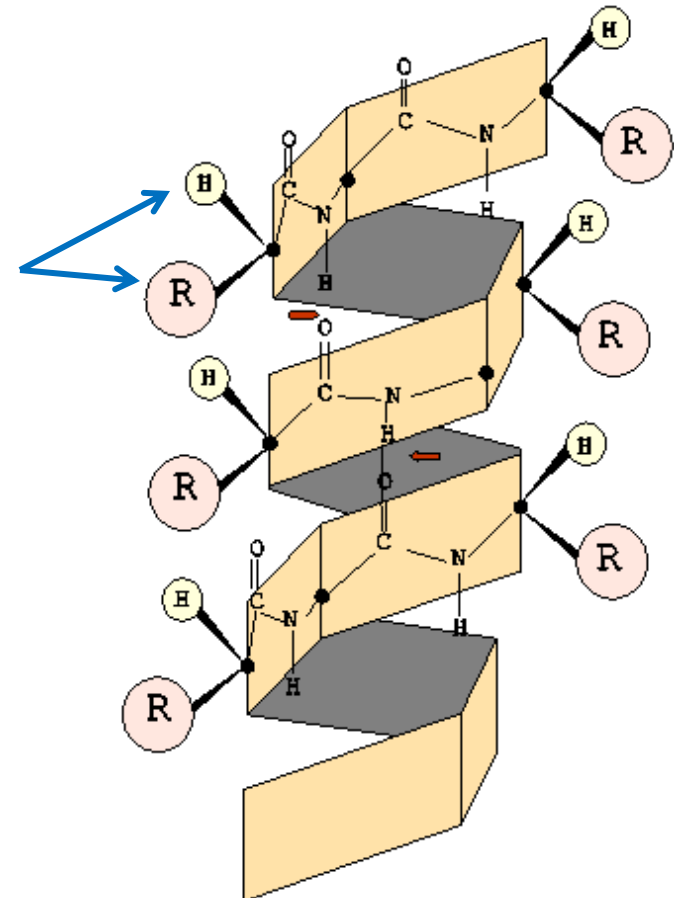
# ESTRUCTURA SECUNDARIA $\alpha$ -HÉLICE de las PROTEÍNAS

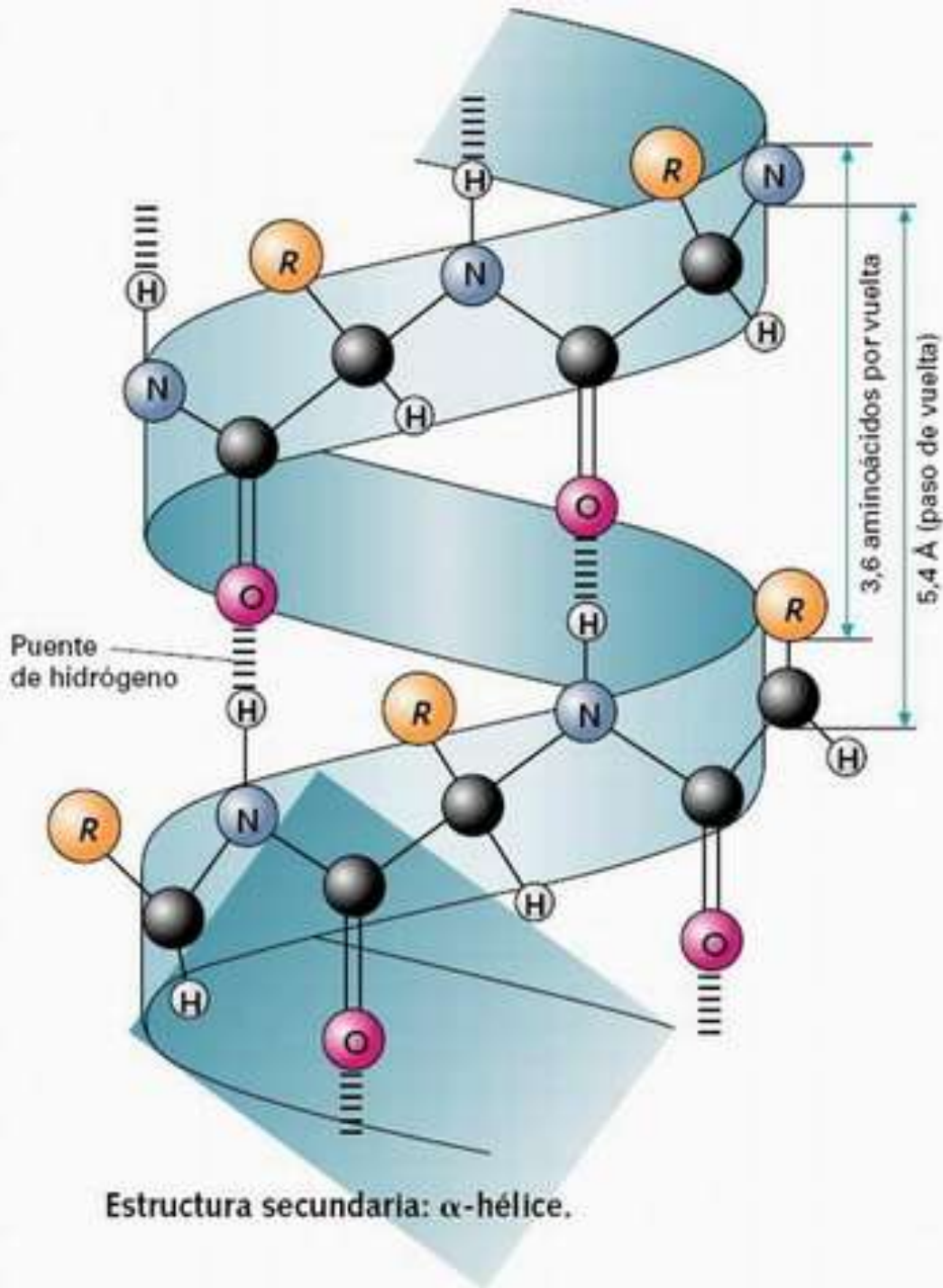


La hélice se estabiliza al establecerse **puentes de H** intracatenarios entre el grupo **N-H** de un aa y el grupo **C=O** del aa situado (n+4) aa por debajo de él.

Los restos R de los aa y los H del  $\text{C}_\alpha$  se sitúan hacia el ext. de la hélice.

Los grupos  $\text{-C=O}$  se orientan en la misma dirección y los  $\text{-NH}$  en dirección contraria.



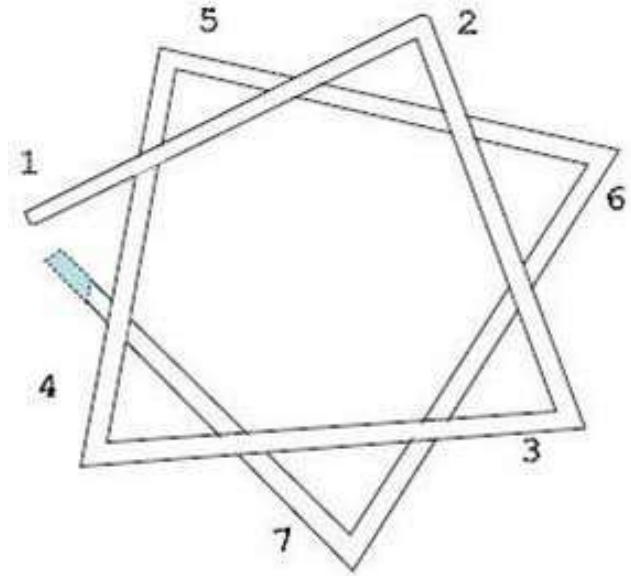
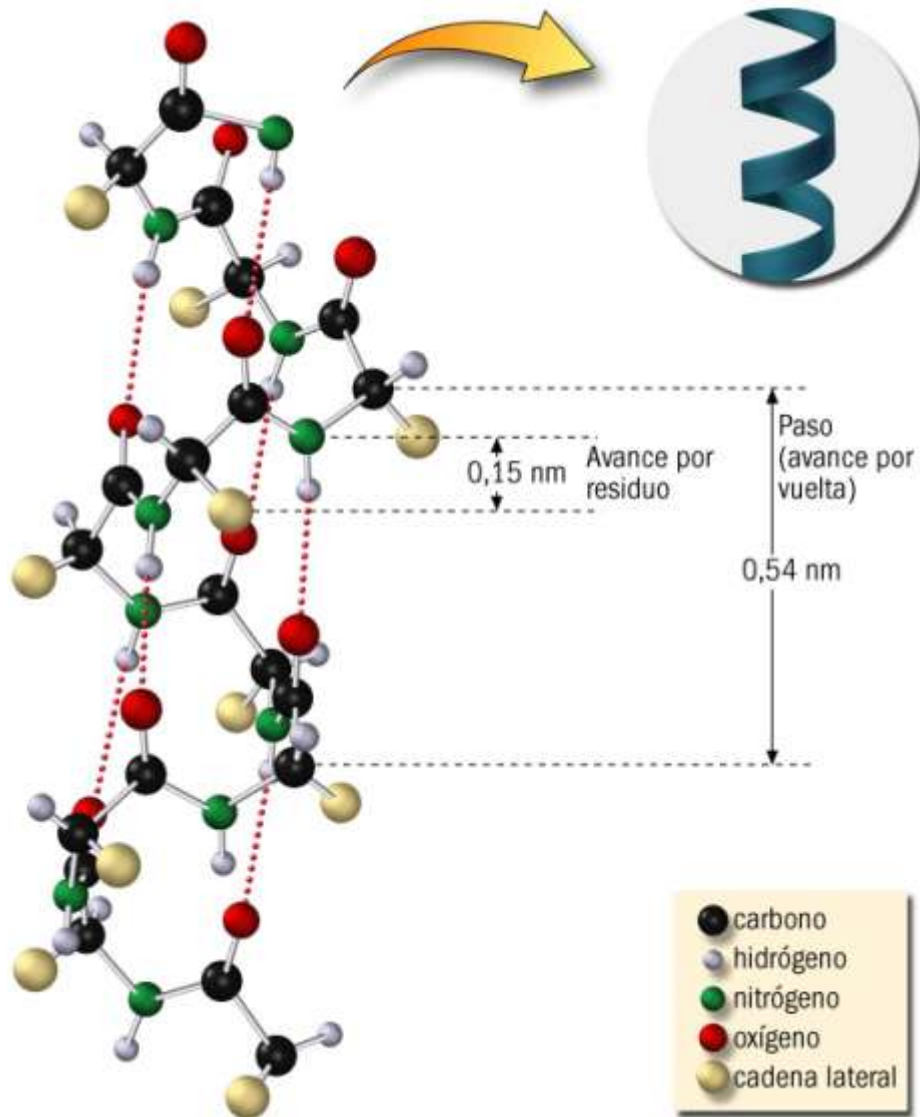


La formación de los enlaces de H determina la longitud del paso de rosca (0,54 nm). Hay 3,6 residuos por vuelta.

La rotación es hacia la derecha. Cada aminoácido gira  $100^\circ$  con respecto al anterior.



# ESTRUCTURA SECUNDARIA $\alpha$ -HÉLICE de las PROTEÍNAS



Visión superior de la  $\alpha$ -hélice.  
Los números indican los aa.

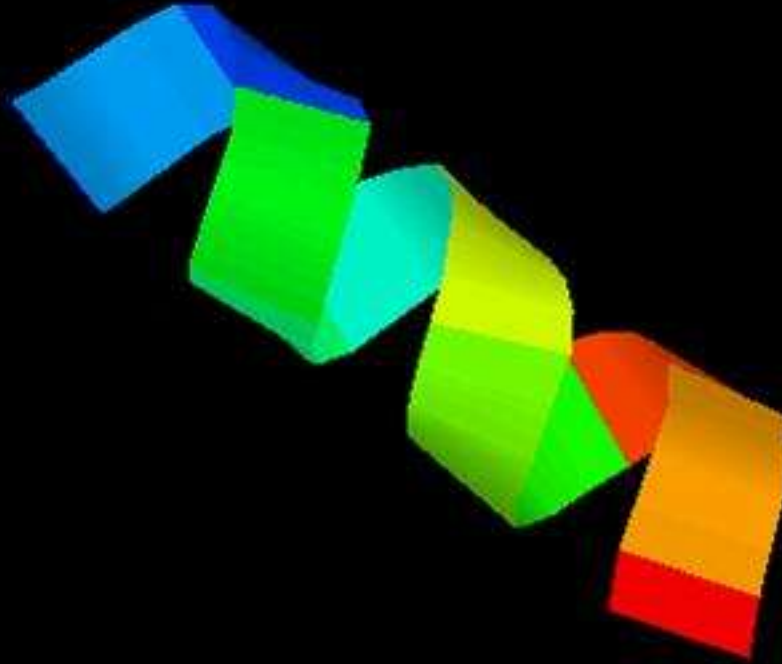
# MODELO DE VARILLAS DE LA ESTRUCTURA $\alpha$ -HÉLICE



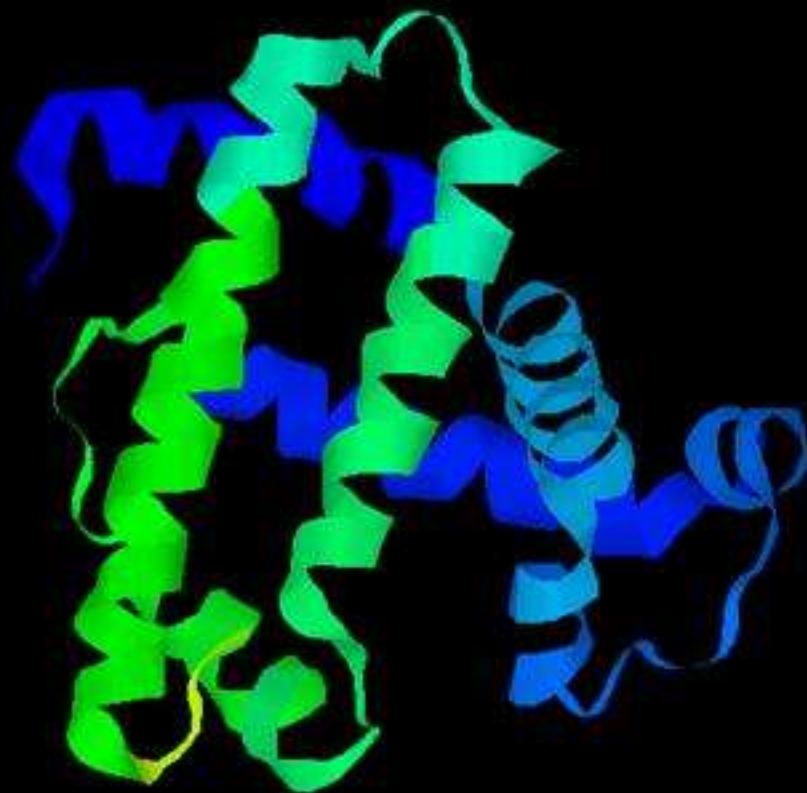


# REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA ESTRUCTURA $\alpha$ -HÉLICE

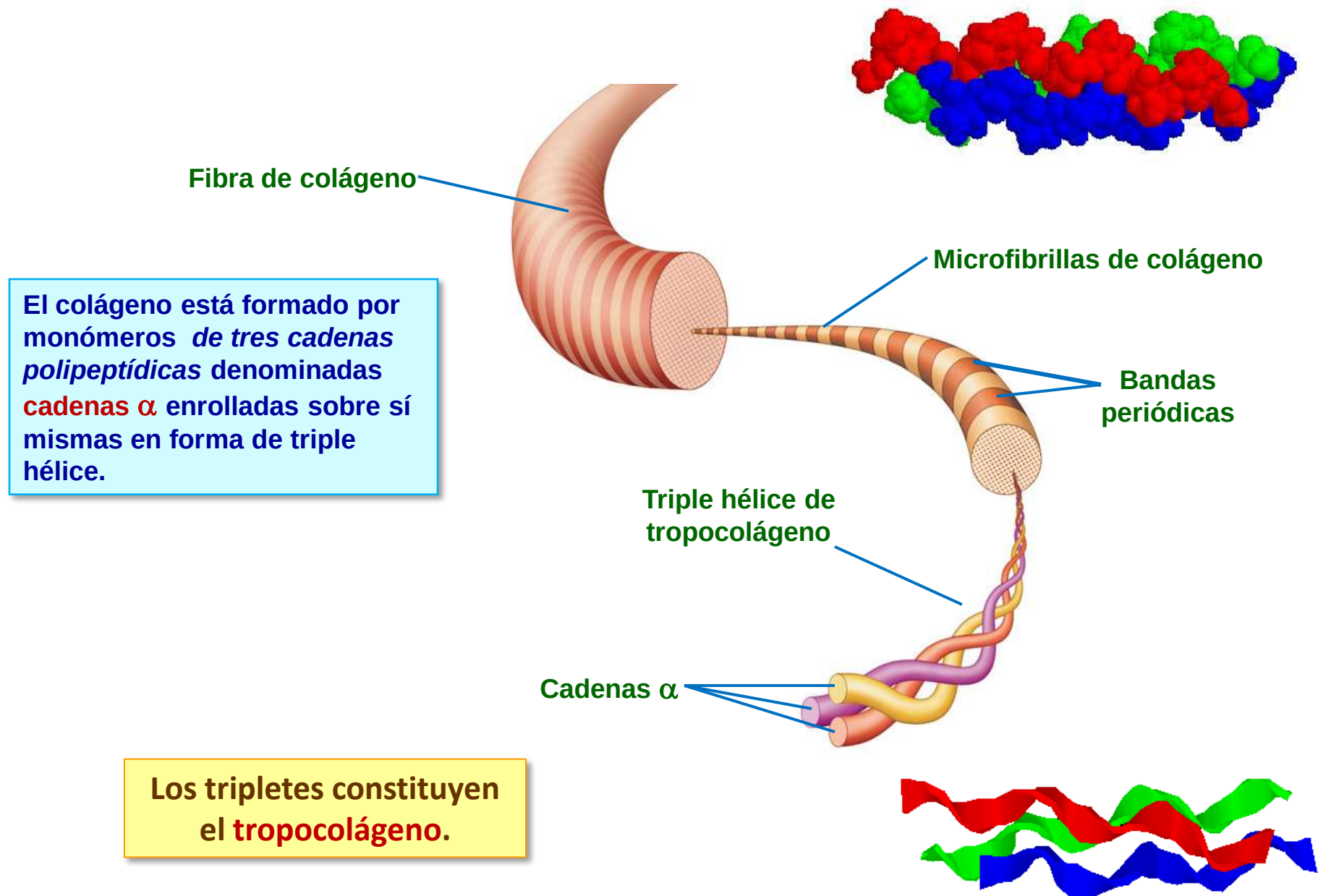
**Cada color  
representa un  
aminoácido.**



**Numerosas hélices alfa en esta estructura proteica**

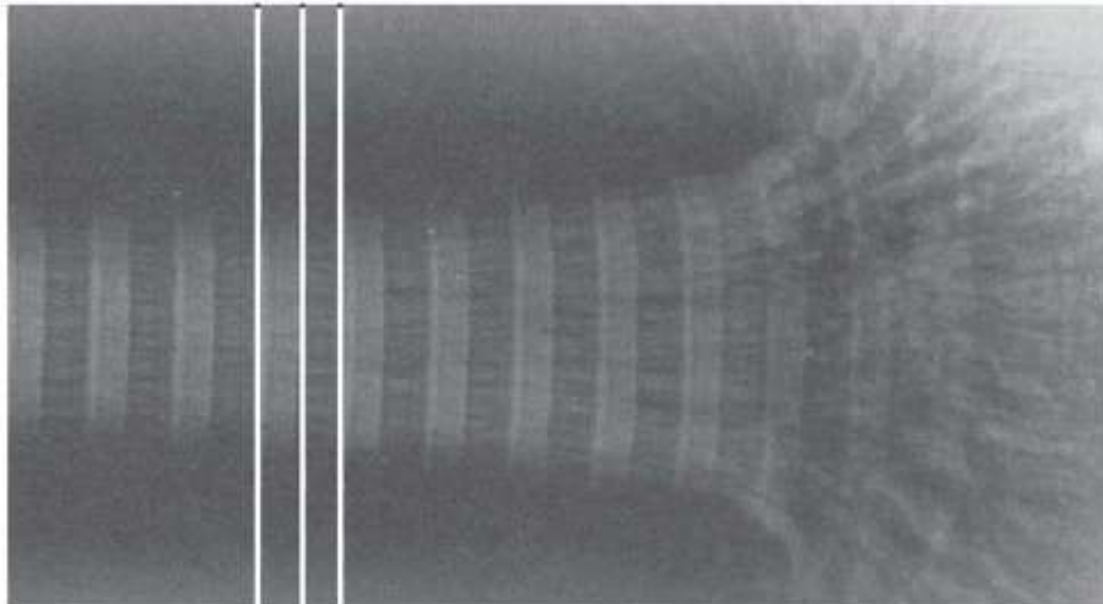
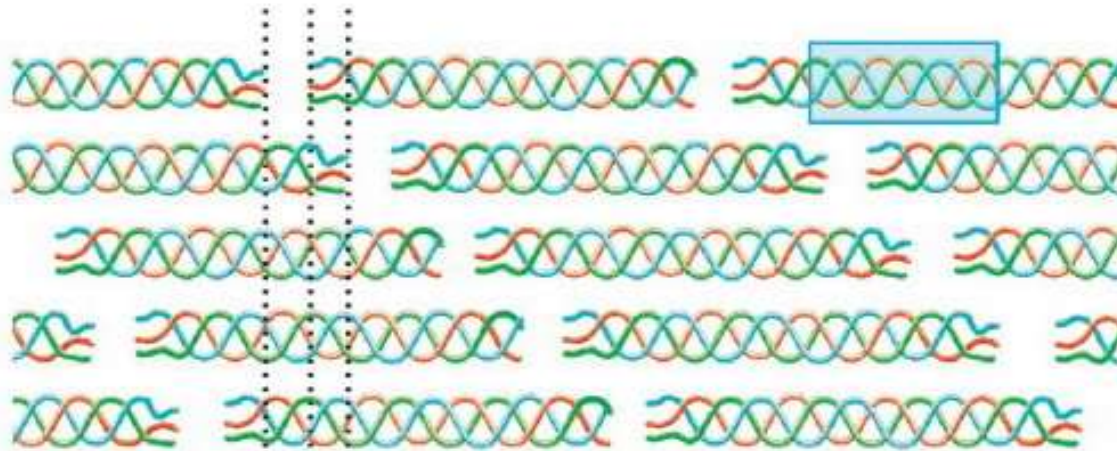


# HÉLICE DE COLÁGENO



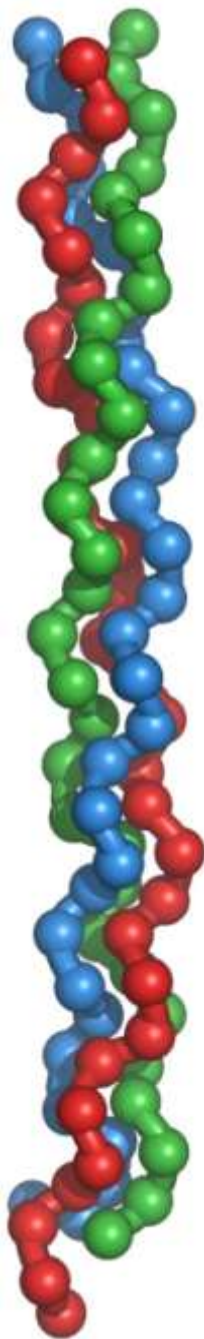
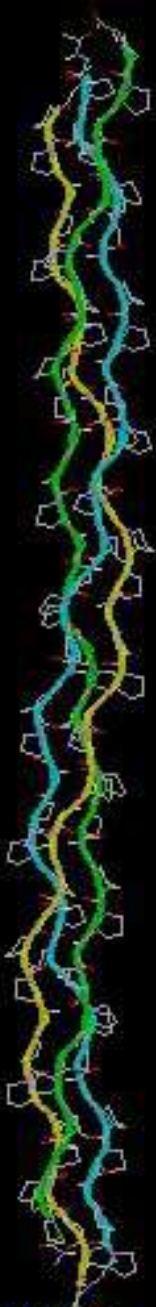
# HÉLICE DE COLÁGENO

Asociación de moléculas de  
**tropocolágeno** para formar colágeno.

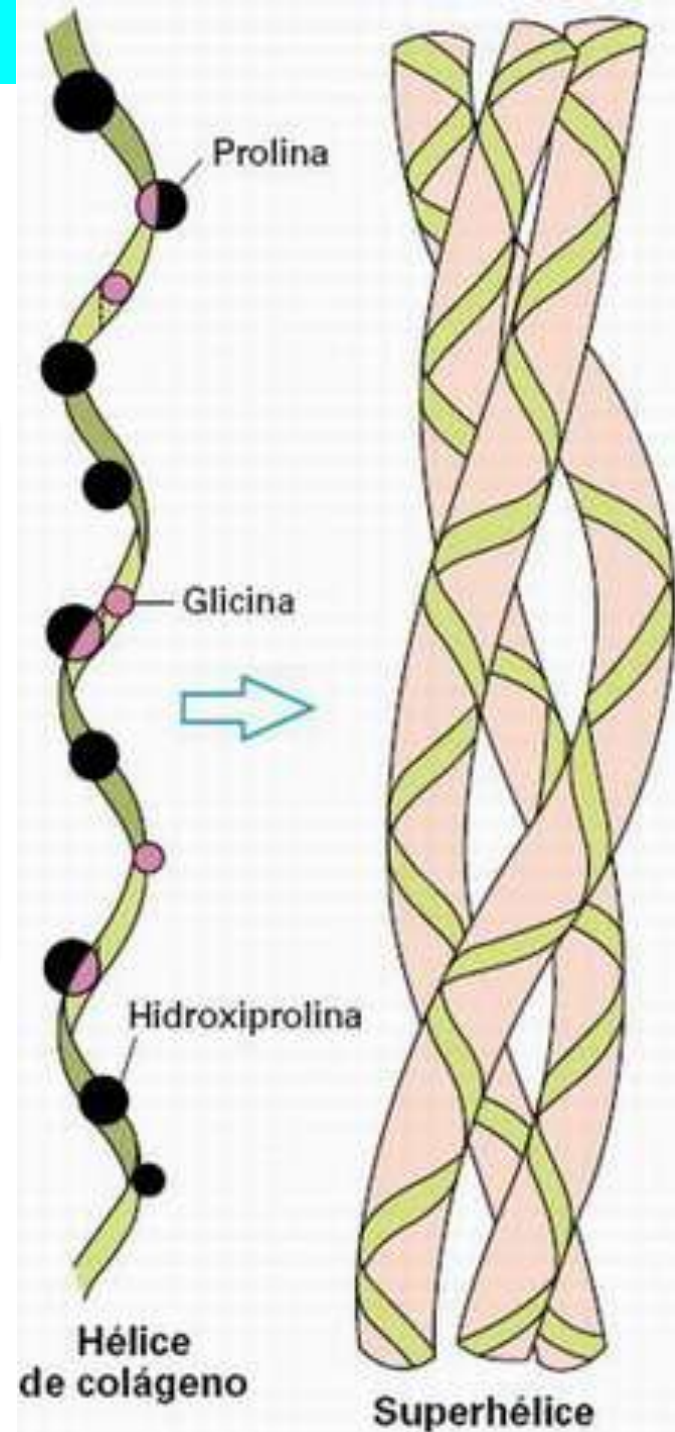




# HÉLICE DE COLÁGENO



Es más alargada que la  $\alpha$ -hélice por la abundancia de *prolina* e *hidroxiprolina*, los cuales dificultan la formación de puentes de H (sólo presenta 3 aa por vuelta, frente a los 3,6 de la  $\alpha$ -hélice).



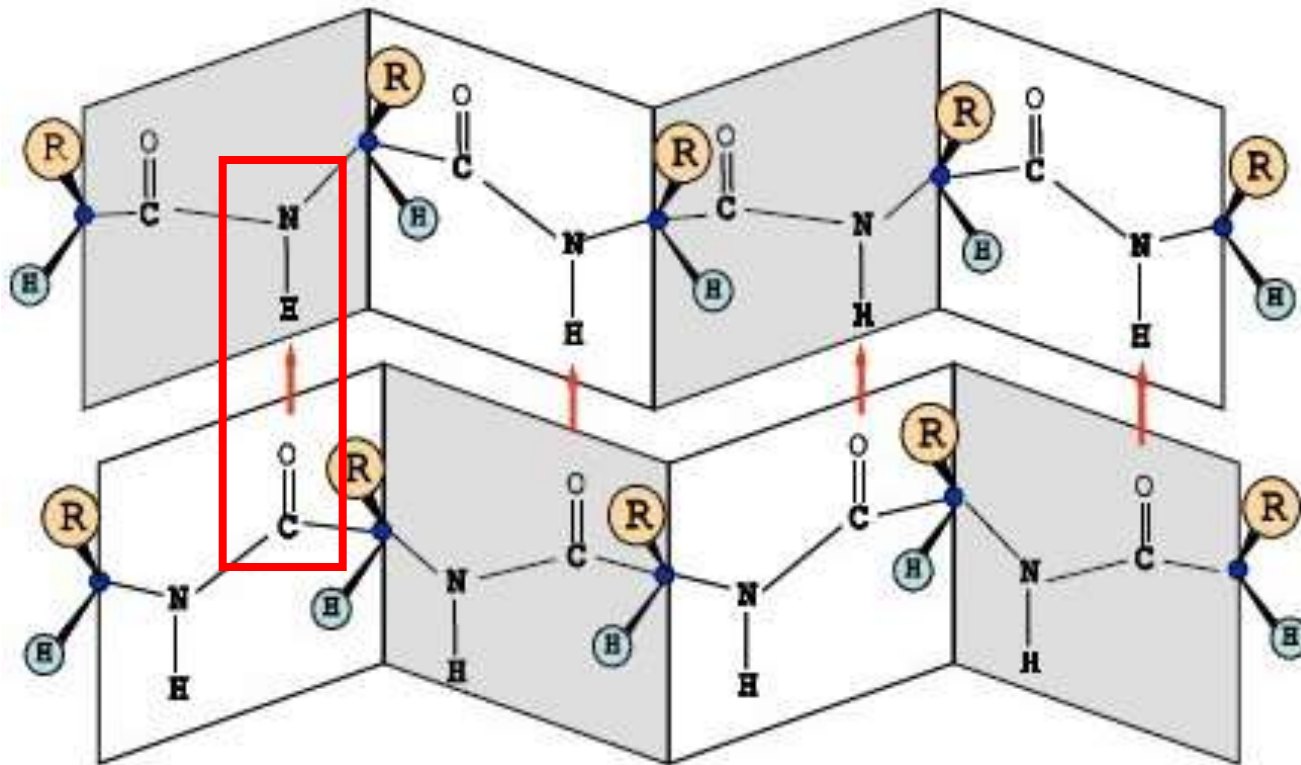


Hélice de colágeno conjuntivo



# Estructura secundaria $\beta$ -LAMINAR O LÁMINA PLEGADA

Algunas proteínas conservan su estructura primaria en zigzag y se asocian entre sí.

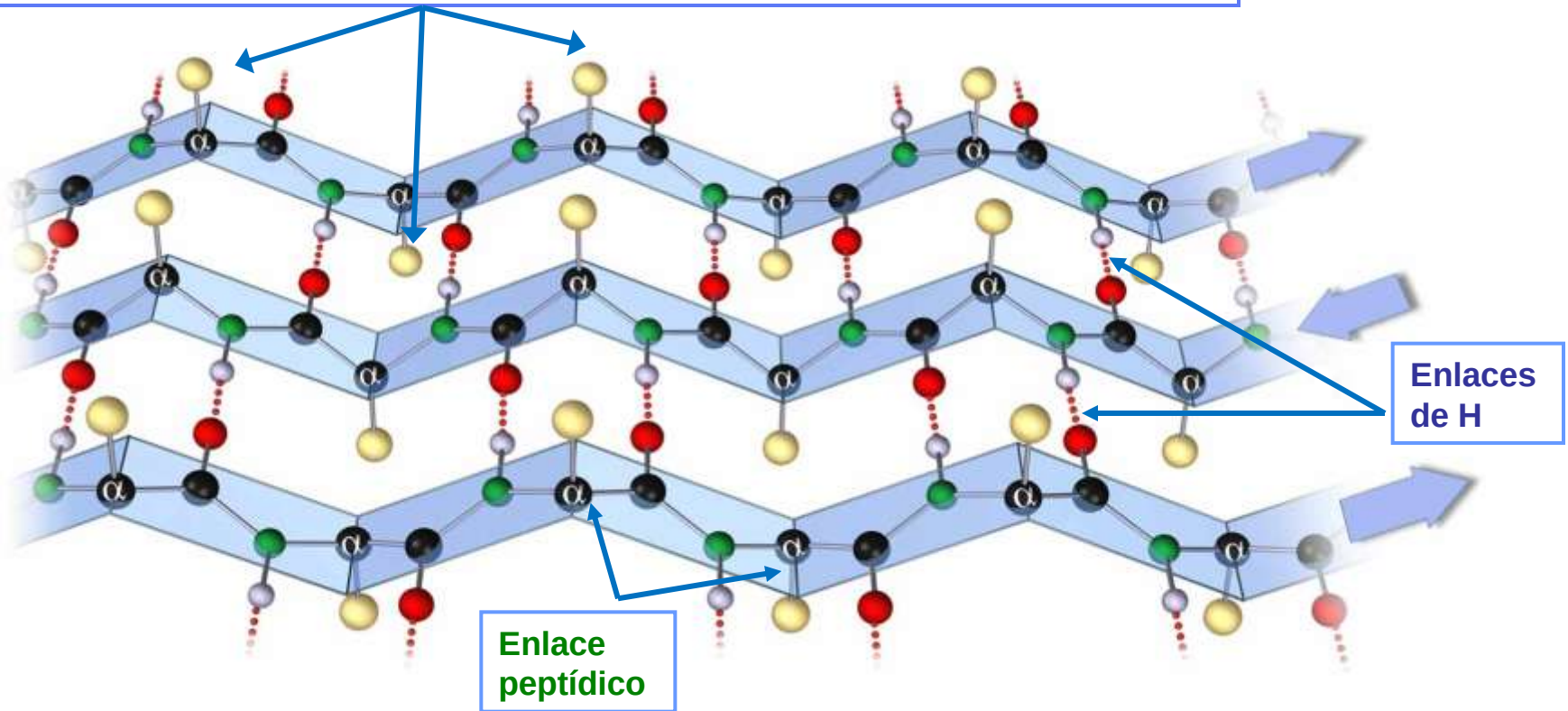


Se establecen **enlaces de H intercatenarios** entre el **C=O** de una cadena y el **NH** de otra cadena.



# Estructura secundaria $\beta$ -LAMINAR O LÁMINA PLEGADA

Los radicales se orientan hacia ambos lados de la cadena de forma alterna.



# Estructura secundaria $\beta$ -LAMINAR O LÁMINA PLEGADA

Las cadenas polipeptídicas se pueden unir de dos formas distintas.



Disposición  
antiparalela

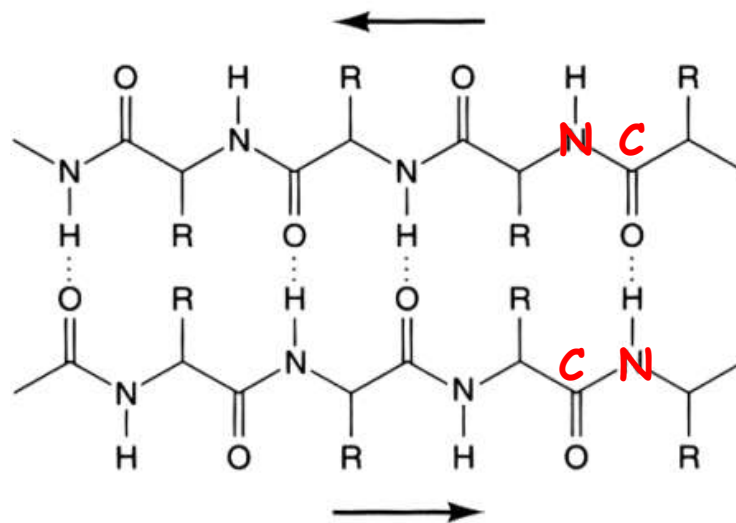
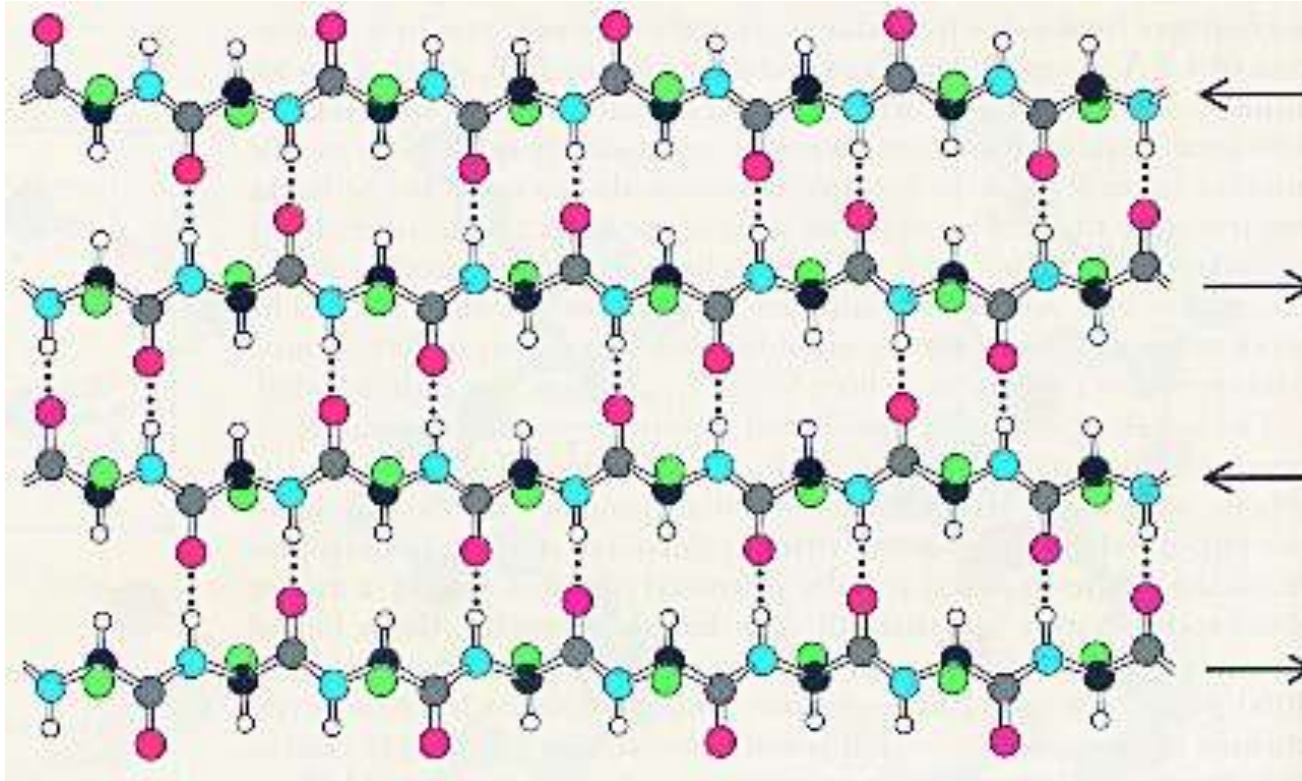


Disposición  
paralela

En las cadenas **antiparalelas**, una va en sentido N-C y la otra en sentido C-N.

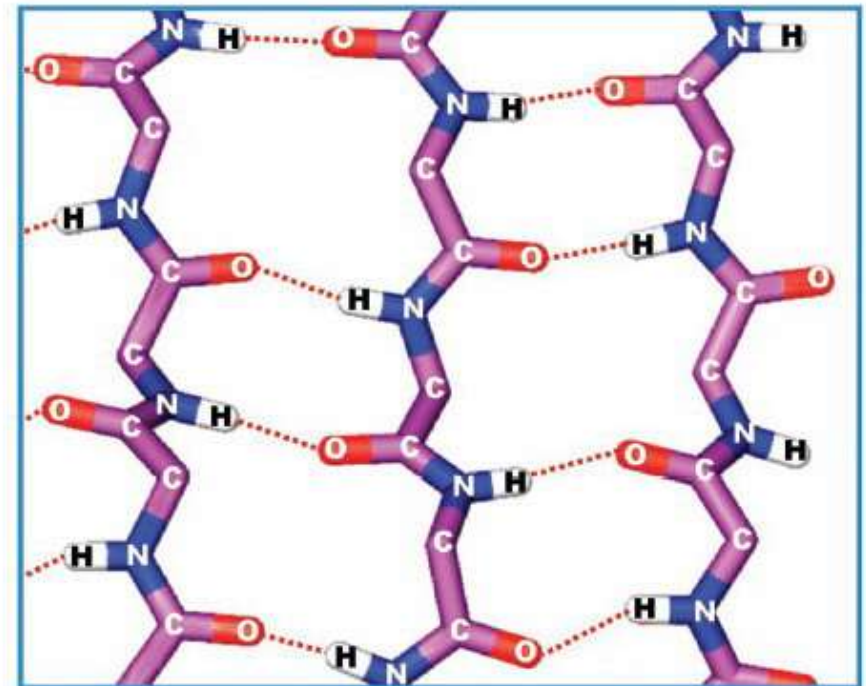
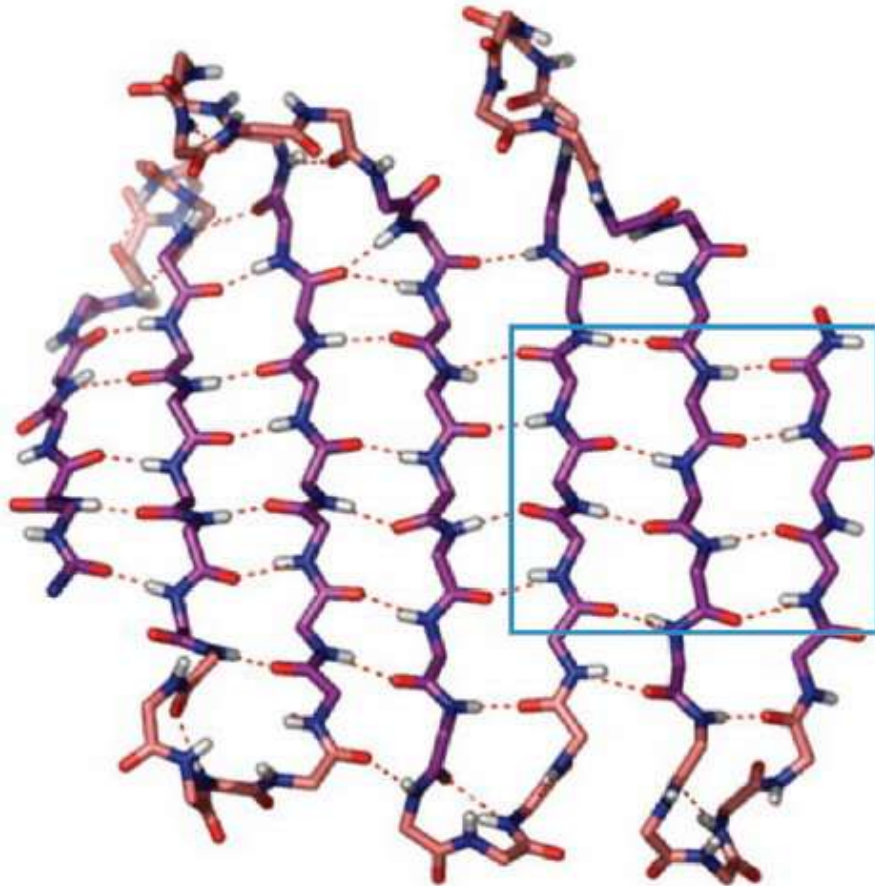
Si la cadena se repliega, tb. se establecen **enlaces de H intracatenarios** entre el **C=O** de un segmento y el **NH** de otro segmento.

# Estructura secundaria $\beta$ -LAMINAR O LÁMINA PLEGADA



Cadenas  
antiparalelas

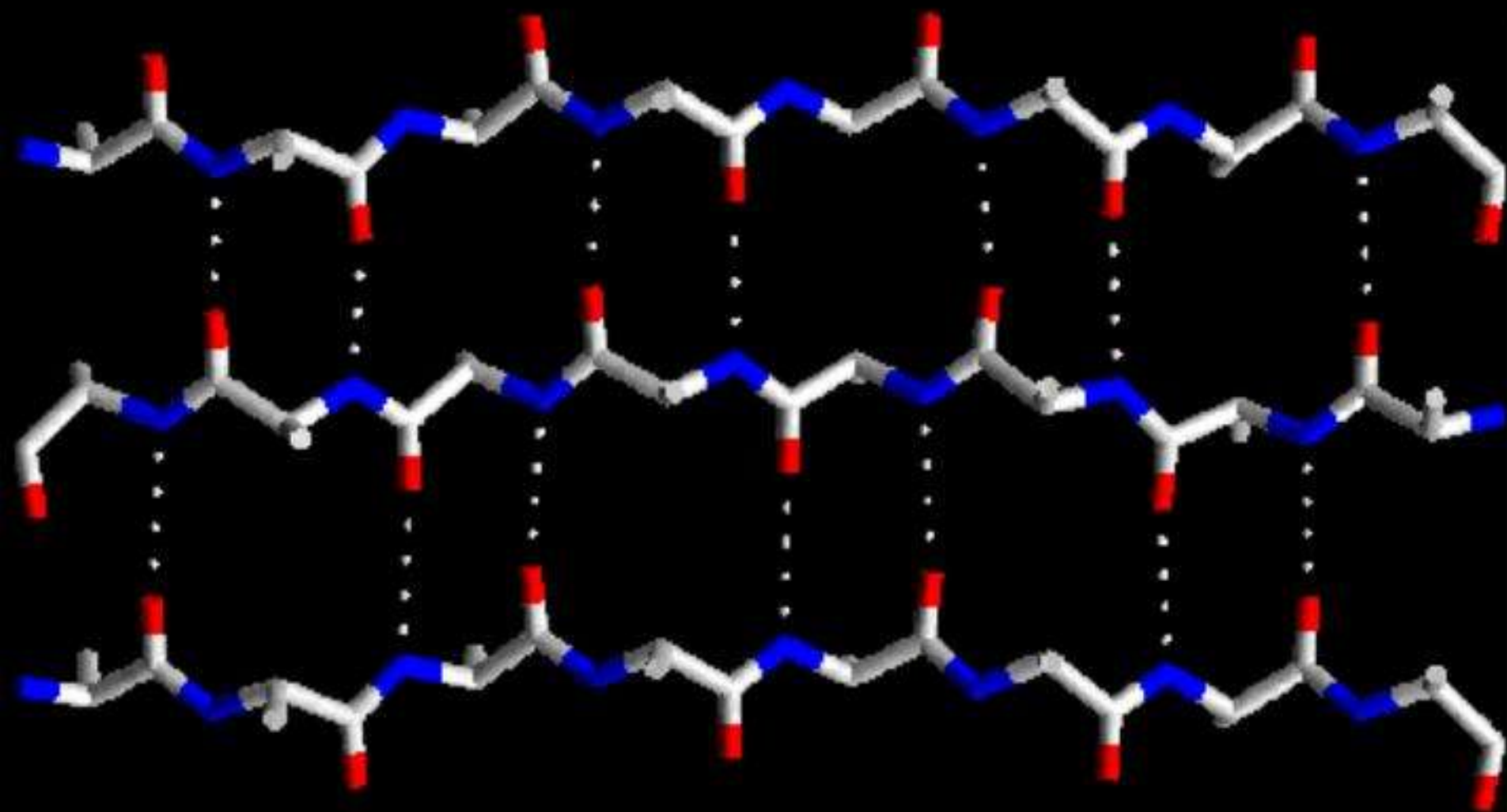
# Estructura secundaria $\beta$ -LAMINAR O LÁMINA PLEGADA



Cadenas antiparalelas

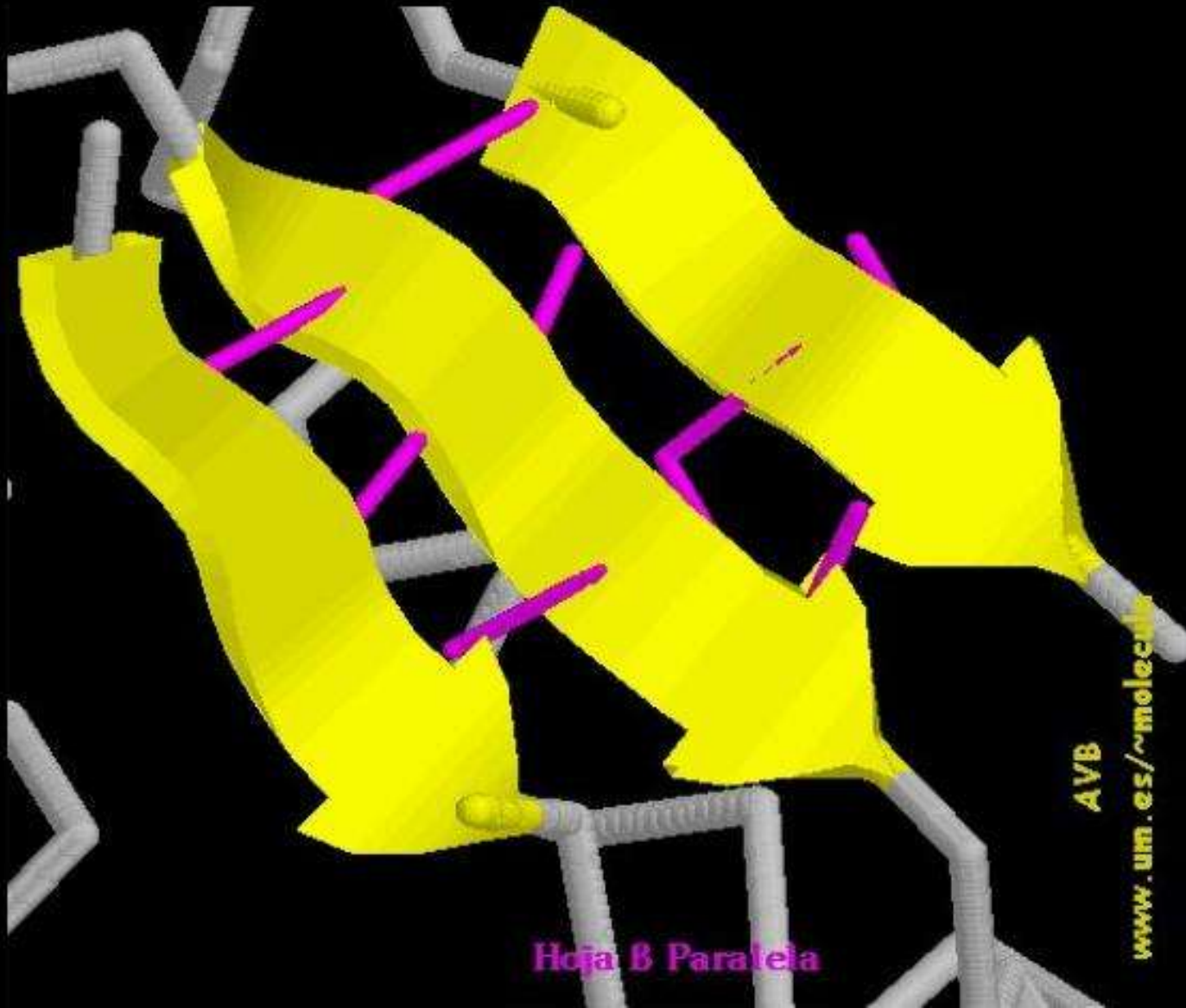


**Conformaciones beta antiparalelas. Obsérvese cómo se establecen los enlaces de hidrógeno (líneas de puntos) entre grupos C=O de una cadena y grupos N-H de otra.**



# REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS LÁMINAS $\beta$

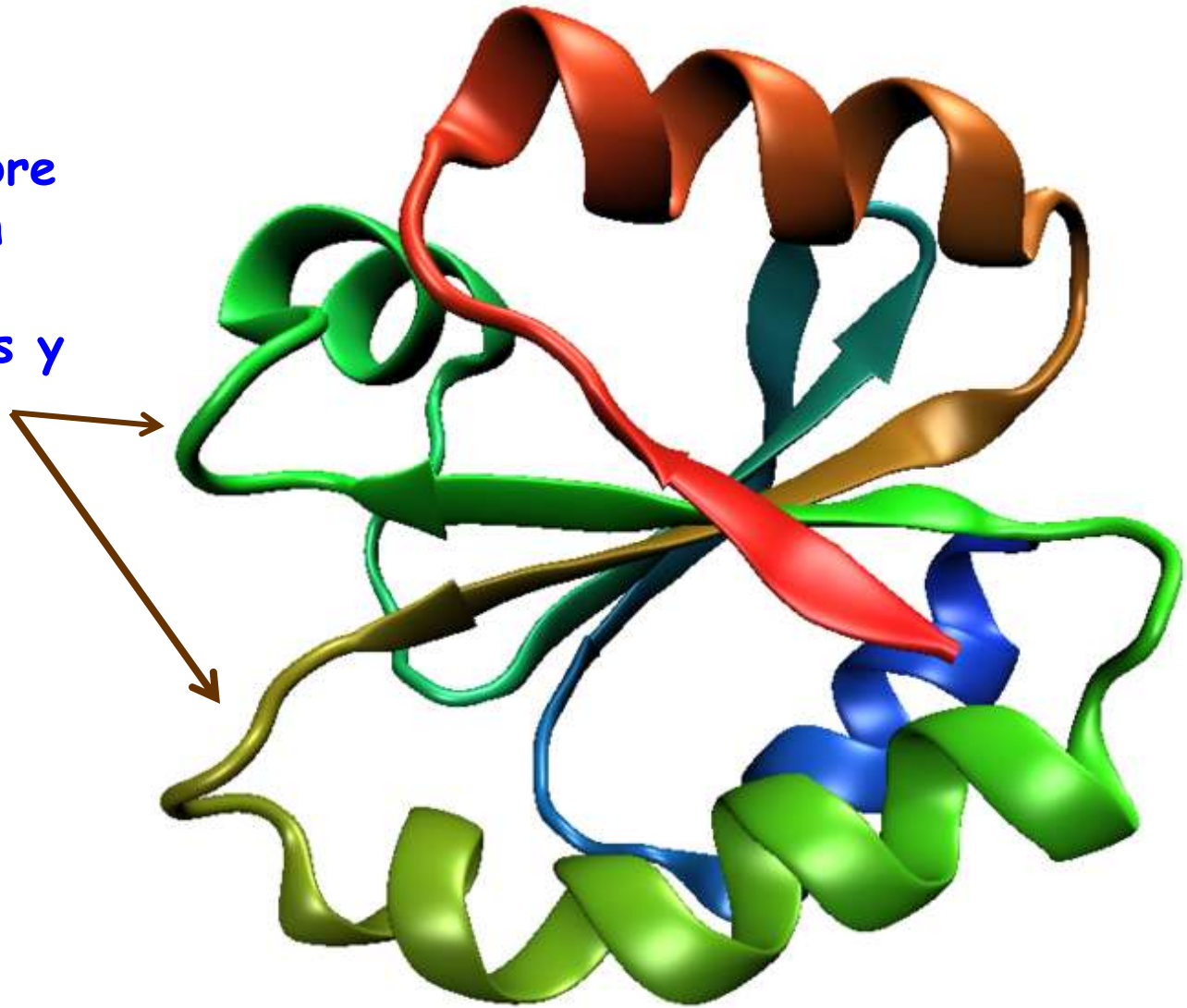
Láminas beta en su representación usual (flechas amarillas). En rojo los enlaces de hidrógeno





## GIROS O CODOS TIPO $\beta$

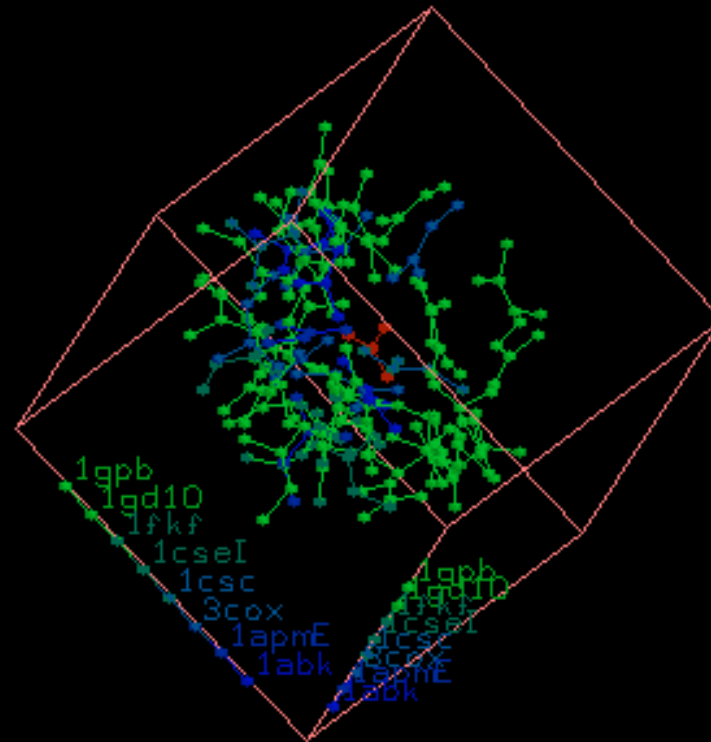
Se encuentran en los *codos bruscos* de la cadena peptídica, sobre todo los que conectan los extremos de los segmentos adyacentes y antiparalelos de una hoja plegada.



# ESTRUCTURA TERCIARIA

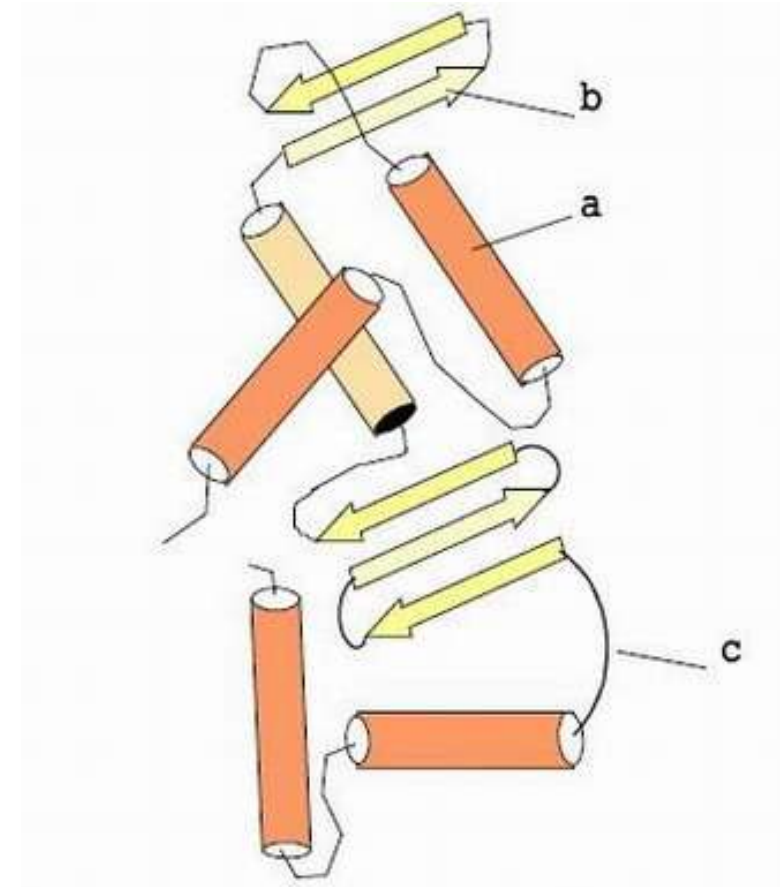
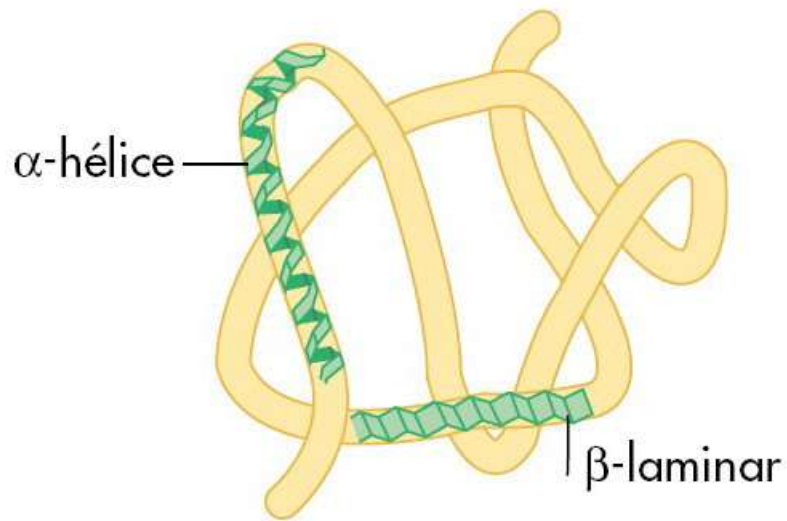
---

Es la *conformación espacial* definitiva que adoptan las dif. regiones de la cadena polipeptídica, como consecuencia de las interacciones entre las cadenas laterales R situadas a lo largo de la cadena.



# ESTRUCTURA TERCIARIA DE LAS PROTEÍNAS

Está formada por determinadas combinaciones  $\alpha$ -hélice y láminas  $\beta$ , plegadas de manera estable e independiente.



**Estructura terciaria de una proteína:**

a)  $\alpha$ -hélice. b) Conformaciones  $\beta$ . c) Giros  $\beta$  o zonas irregulares

En esta representación de una molécula proteica se observan: **hélices alfa** conformaciones beta , también llamadas hojas beta y láminas beta y zonas irregulares

**hélices alfa**

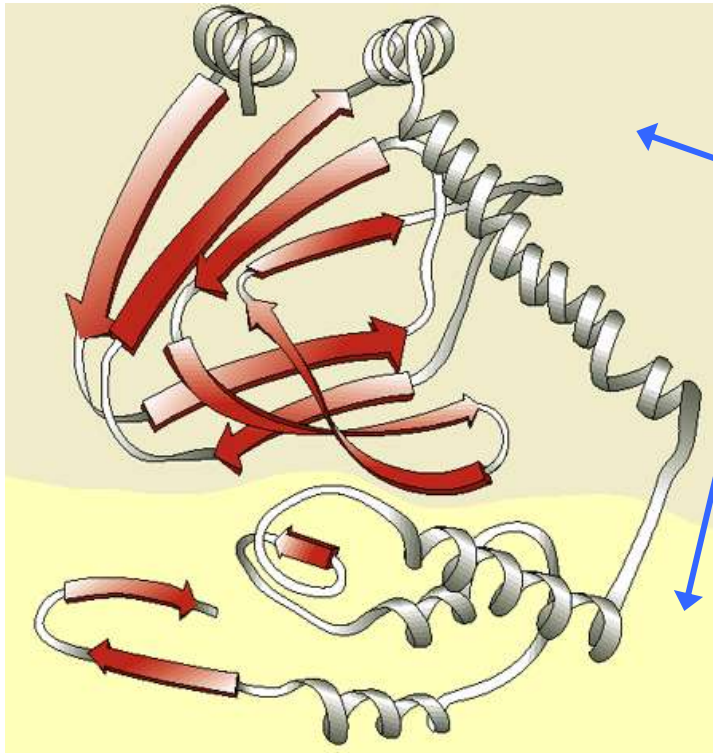
**Lámina beta**

**zonas irregulares**



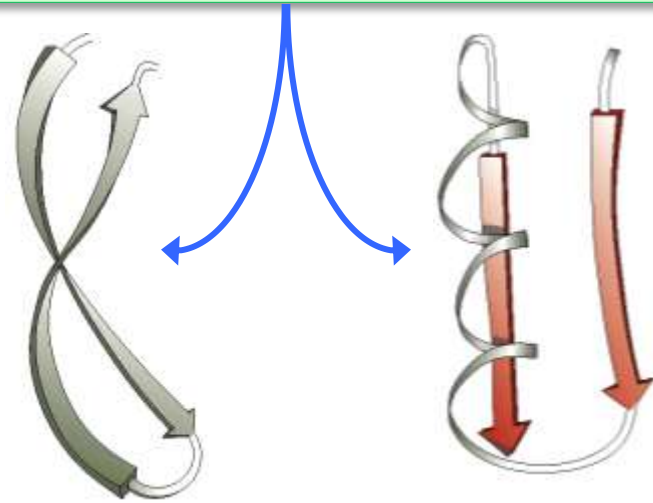
# ESTRUCTURA TERCIARIA DE LAS PROTEÍNAS

En las proteínas de elevado peso molecular, la estructura terciaria está constituida por **dominios**, lo cuales tienen funciones concretas, incluso en proteínas diferentes.



Dominios

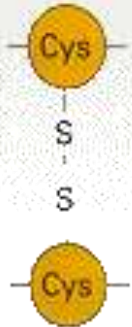
En la estructura terciaria se pueden encontrar subestructuras repetitivas llamadas **motivos**.





# ESTRUCTURA TERCIARIA DE LAS PROTEÍNAS

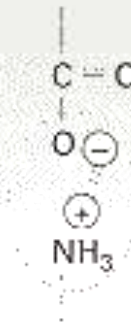
La estructura se estabiliza por uniones entre radicales de aa alejados unos de otros.



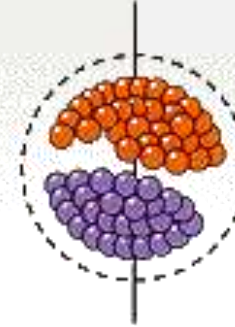
**Puente disulfuro**  
(entre dos  
cisteínas)



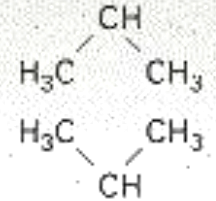
**Puente de H**



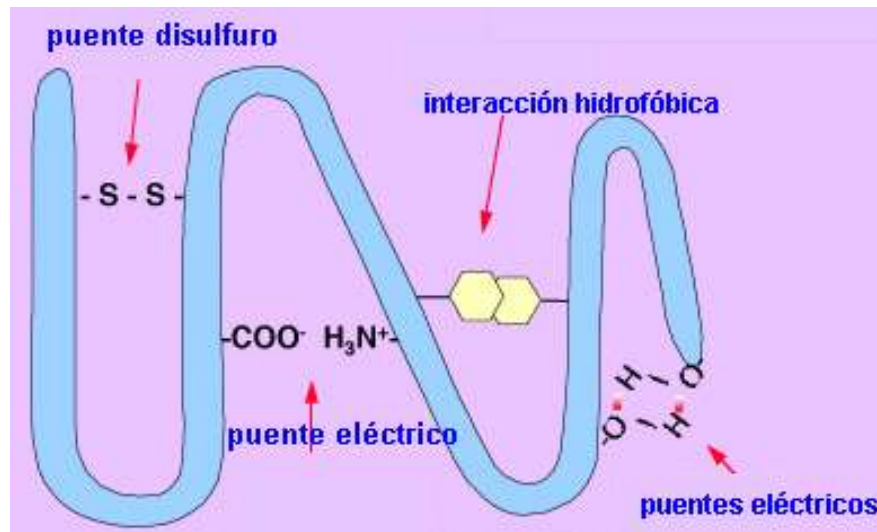
**Interacción  
iónica**



**Fuerzas de  
Van der Waals**



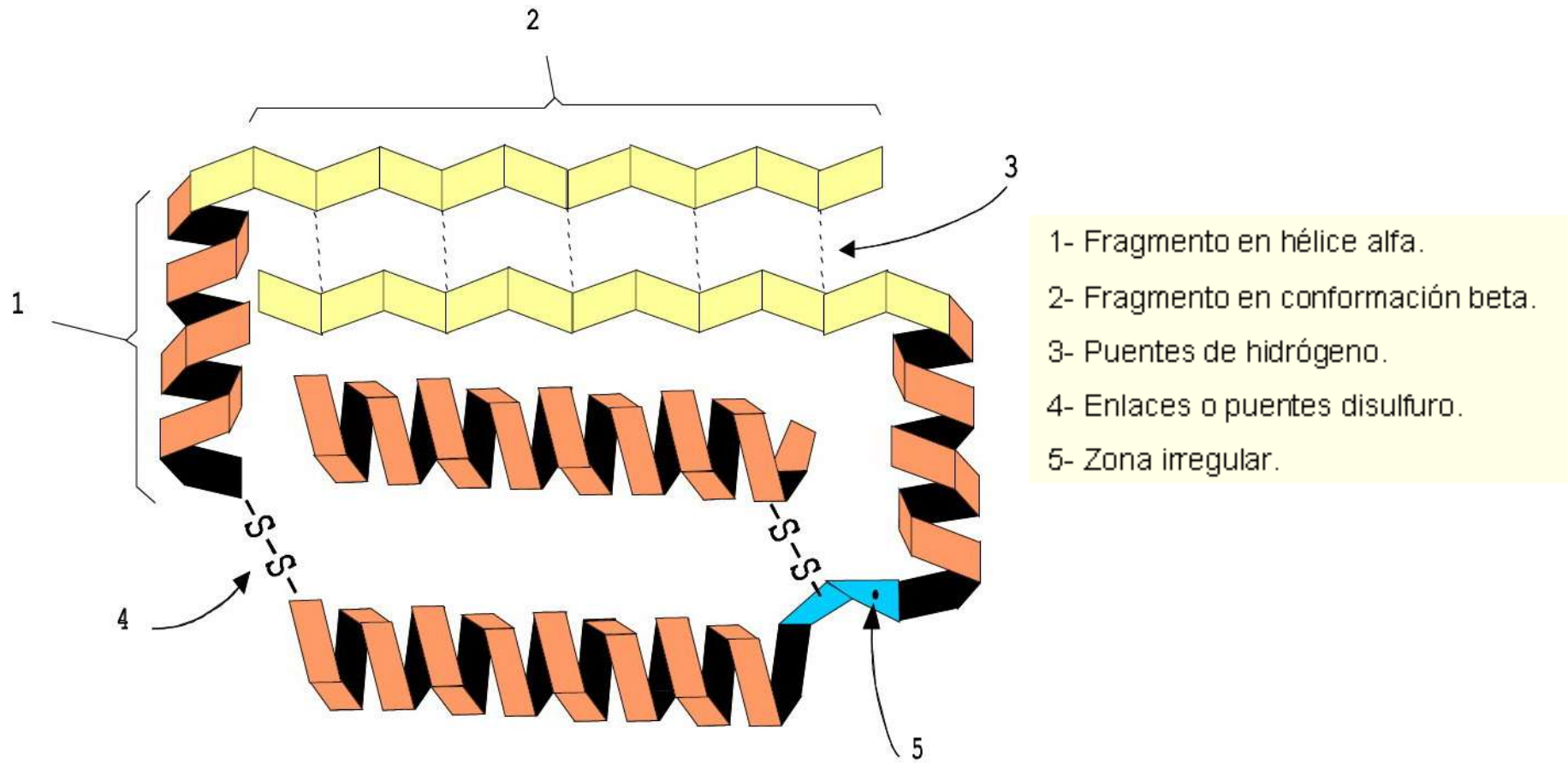
**Interacción  
hidrofóbica**



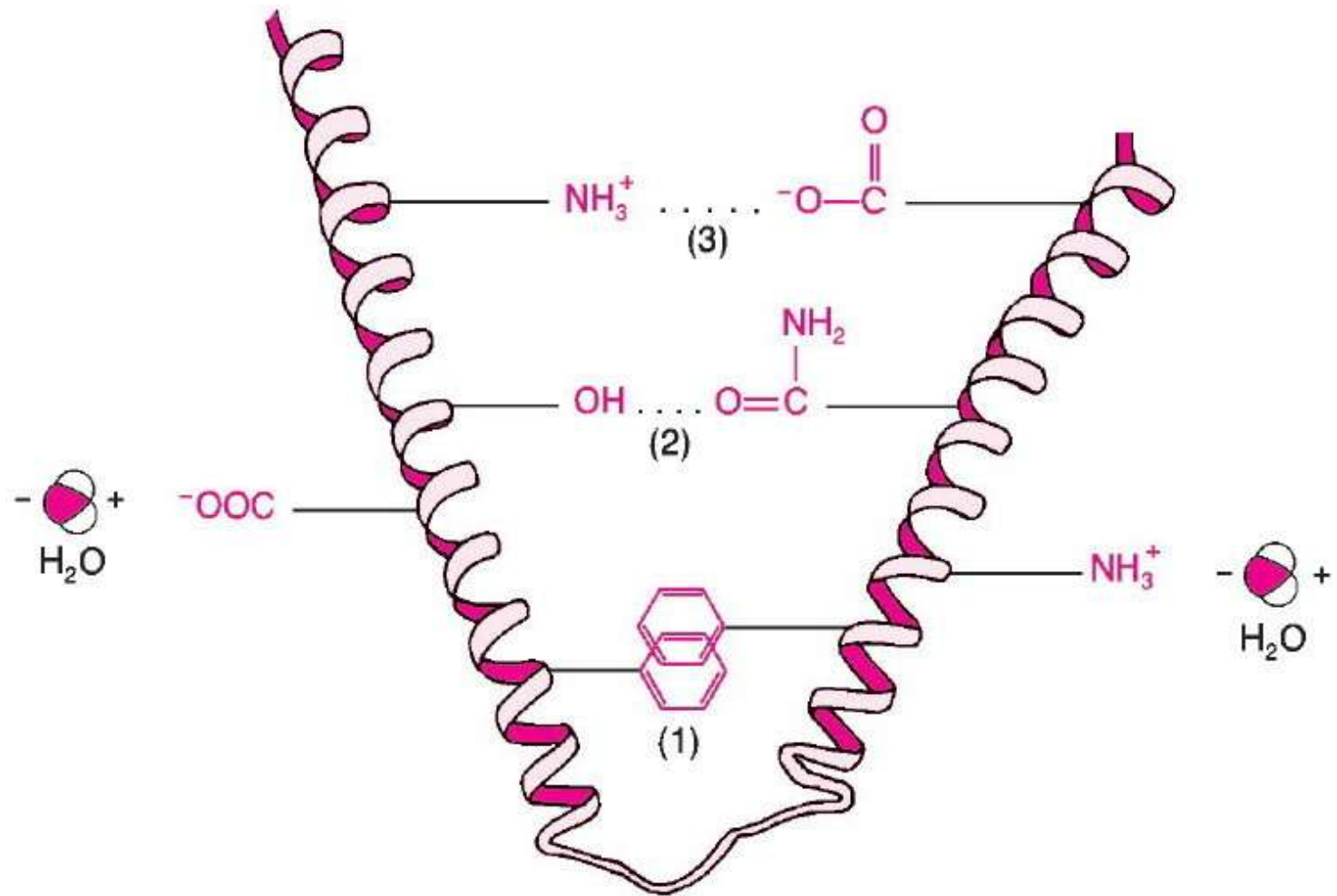


# ESTRUCTURA TERCIARIA DE LAS PROTEÍNAS

Esta cadena va a poder disponerse en el espacio en diferentes conformaciones que constituyen las estructuras de orden superior a la primaria.



# ESTRUCTURA TERCIARIA DE LAS PROTEÍNAS

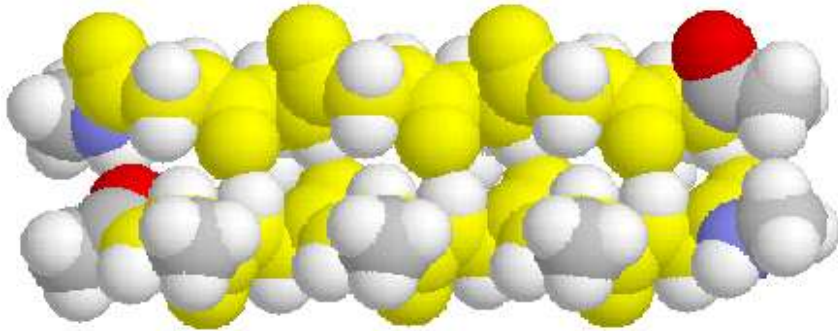


Estructura terciaria estabilizada por:

1. Interacciones hidrofóbicas.
2. Puentes de H.
3. Ligadura iónica.

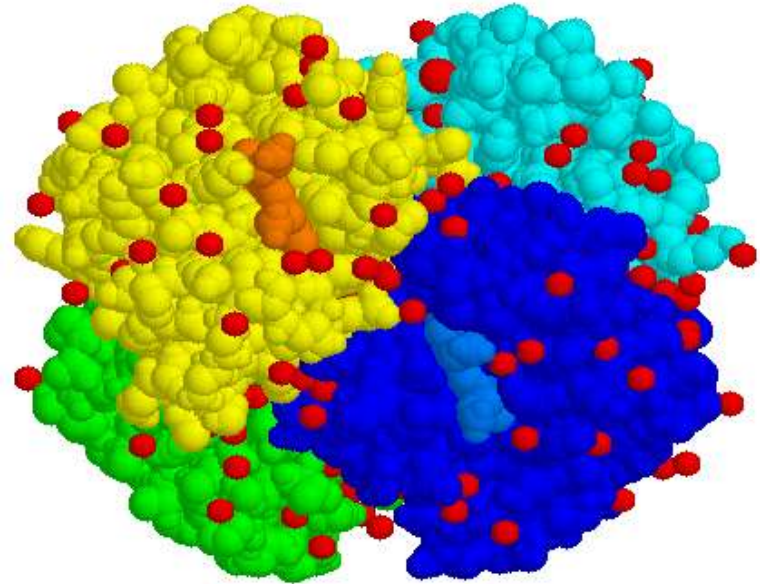
# TIPOS DE ESTRUCTURA TERCIARIA

## Fibrosa



Las cadenas laterales R apenas influyen, por lo que son proteínas alargadas, muy resistentes e insolubles en agua.

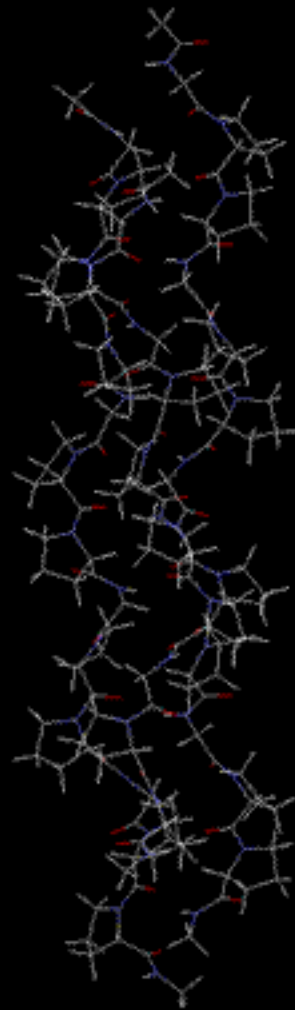
## Globular



Tienen un plegamiento jerárquico sucesivo, hasta formar una proteína esférica, compacta y soluble en agua.

## Variedades de estructura terciaria: fibrosa (colágeno).

Básicamente se distinguen dos tipos de estructura terciaria: la **filamentosa** y la **globular**, aunque muchos autores consideran que las proteínas filamentosas son proteínas que carecen de estructura terciaria.



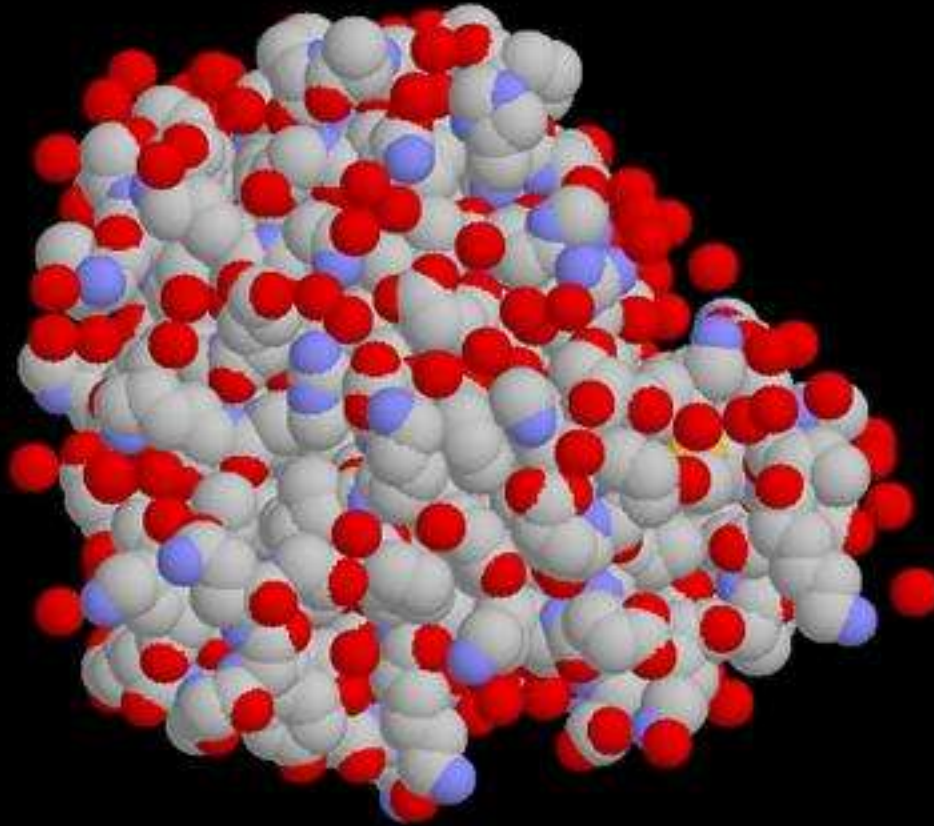
Las proteínas con conformación filamentosa suelen tener función estructural, de protección o ambas a la vez y son insolubles en agua y en soluciones salinas.

Por ejemplo, tienen esta conformación: la beta-queratina, el colágeno y la elastina.



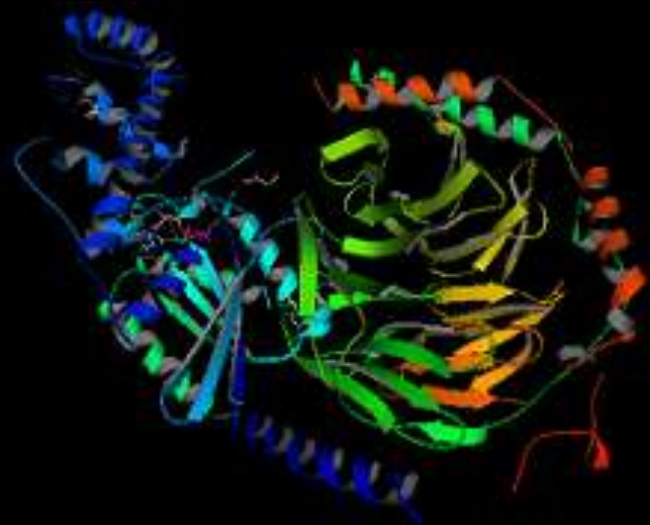
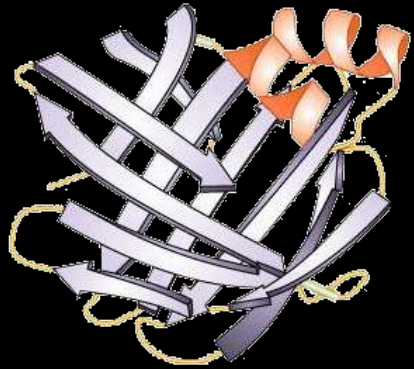
## Estructura terciaria globular: mioglobina.

Las proteínas con conformación globular suelen ser solubles en agua y/o en disoluciones salinas. Son globulares las enzimas, las proteínas de membrana y muchas proteínas con función transportadora.



Las proteínas globulares suelen tener diferentes fragmentos con alfa-hélices y conformaciones beta, pero las conformaciones beta suelen disponerse en la periferia y las hélices alfa en el centro de la molécula.

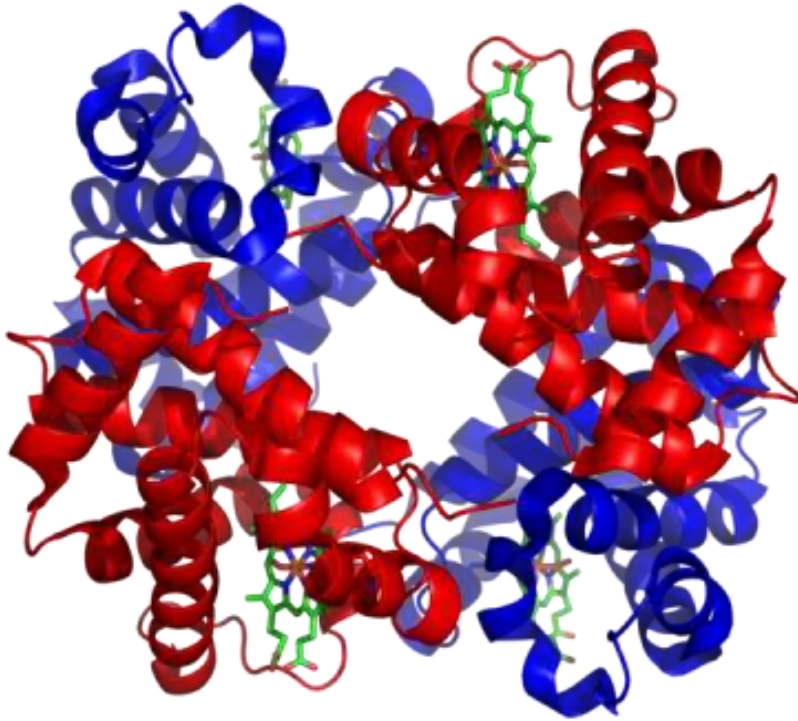
# ESTRUCTURA CUATERNARIA





# ESTRUCTURA CUATERNARIA

Se produce cuando varias cadenas polipeptídicas se unen para formar un edificio proteico de orden superior (de más de 50.000 dalton).

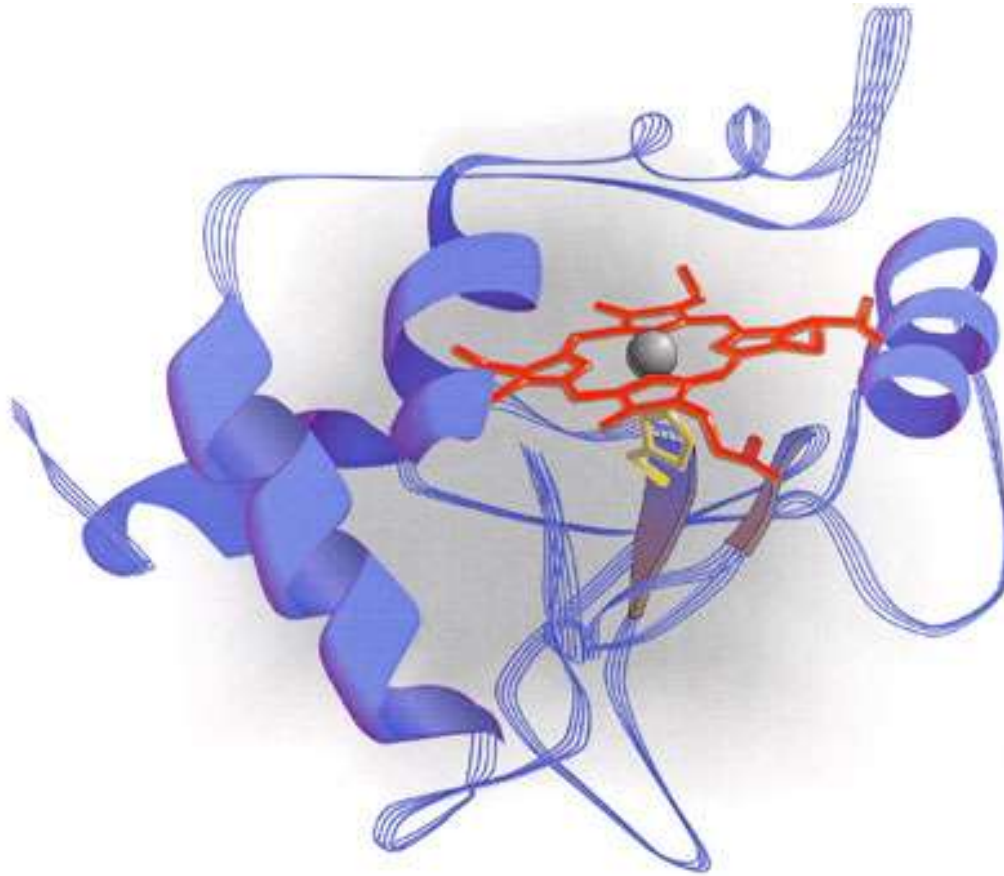


Hemoglobina (tetrámero)

Tb. se produce cuando una o varias proteínas se unen a otras moléculas no proteicas para forman edificios macromoleculares complejos.

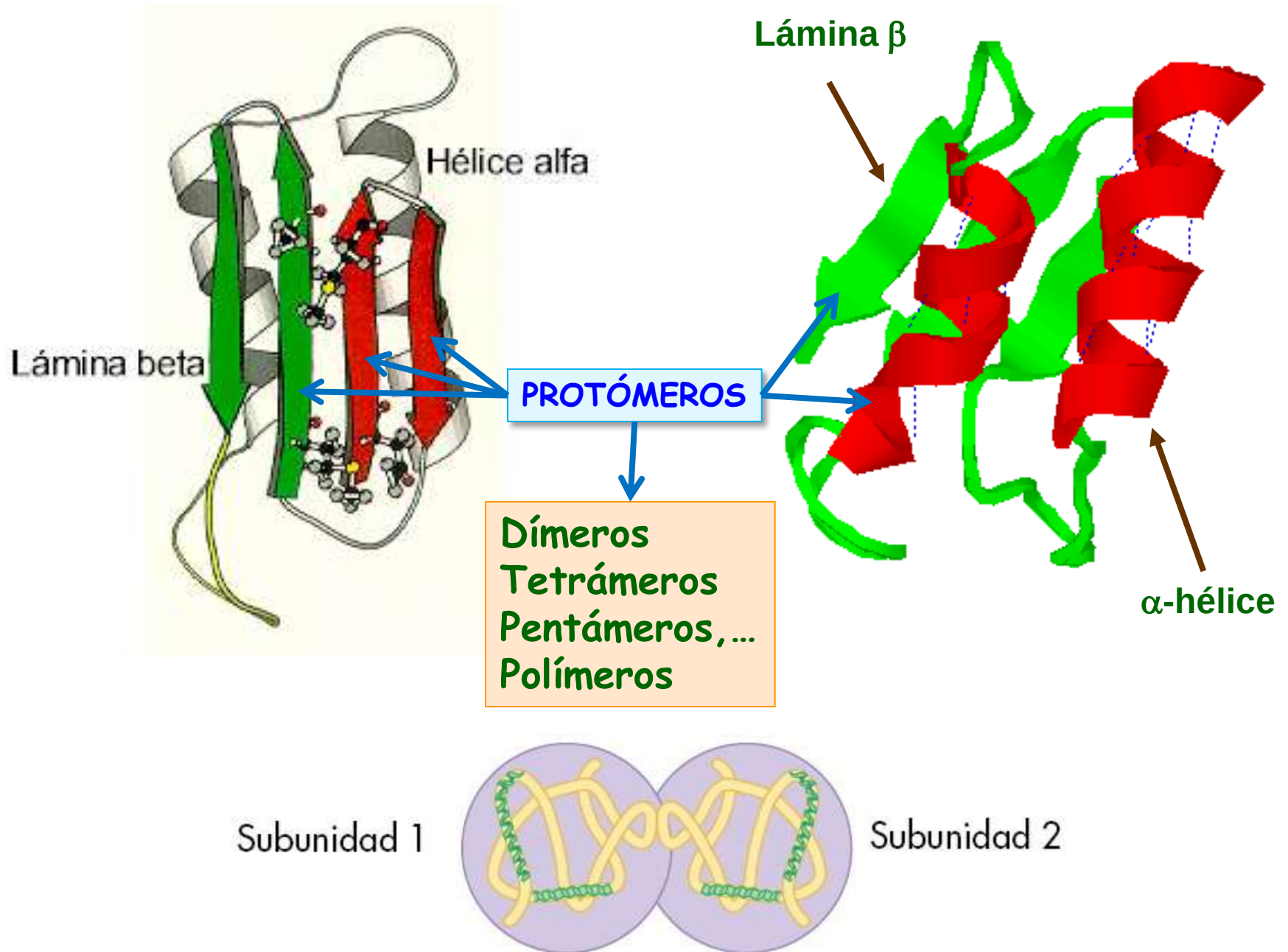
La estructura cuaternaria es responsable de la actividad biológica de la proteína.

# ESTRUCTURA CUATERNARIA

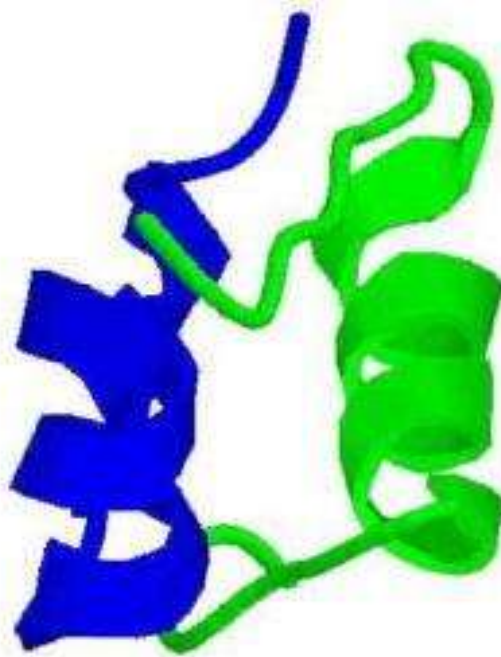


Estructura tridimensional de una proteína (citocromo)

# ESTRUCTURA CUATERNARIA

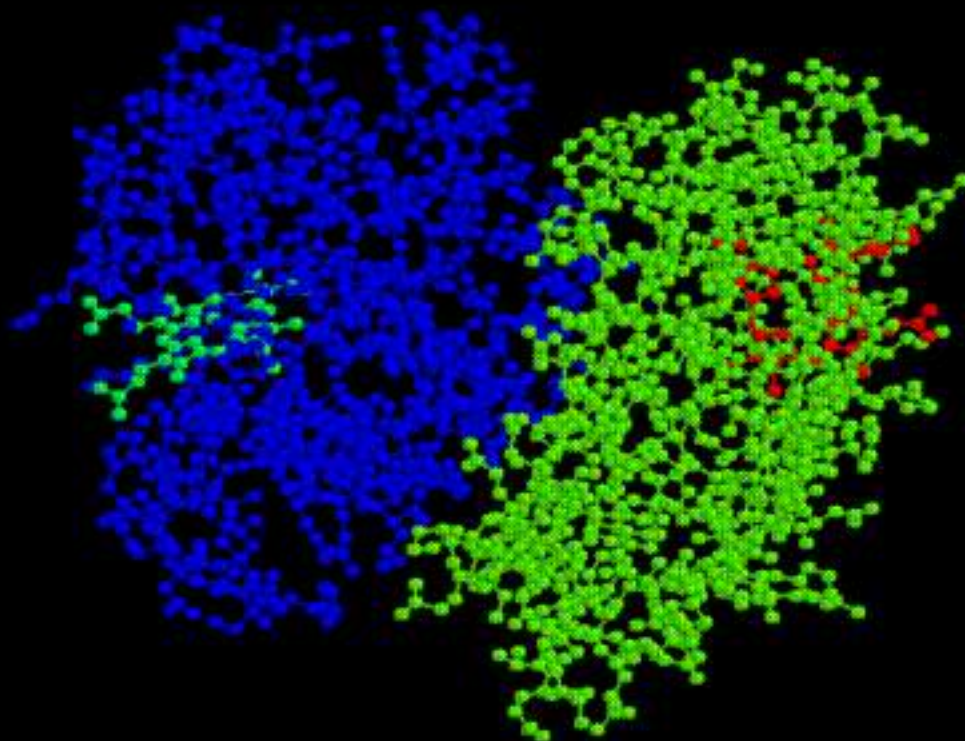


# ESTRUCTURA CUATERNARIA



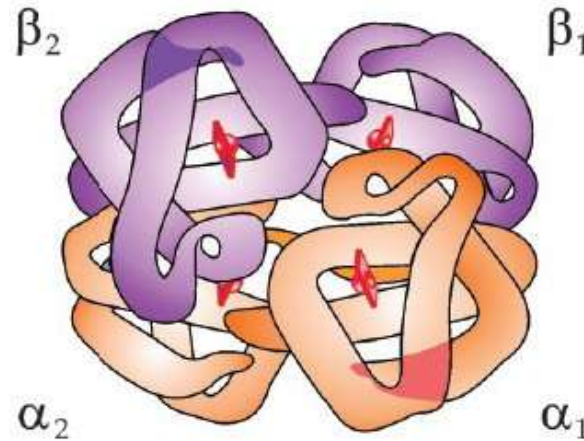
Insulina (dímero)

## Estructura cuaternaria: dímero

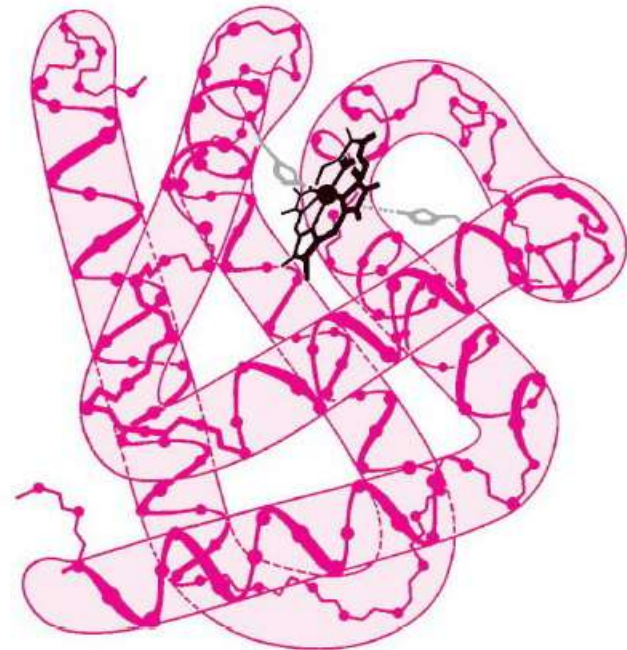
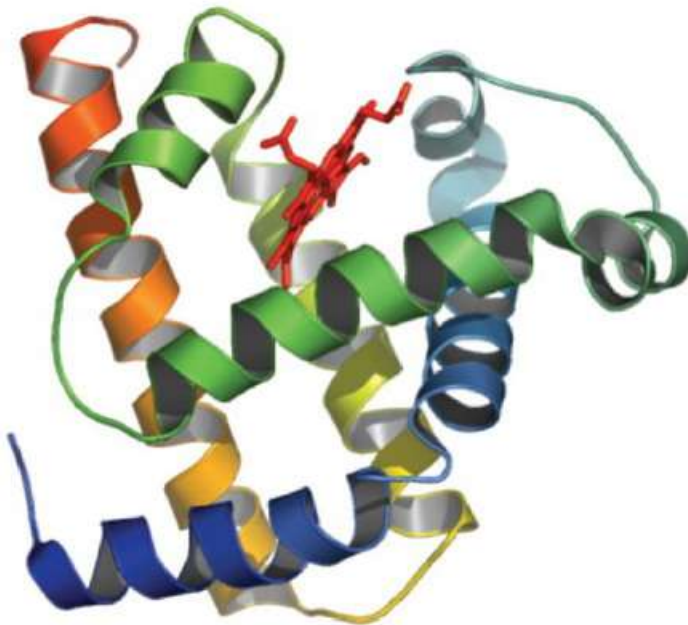




# ESTRUCTURA CUATERNARIA



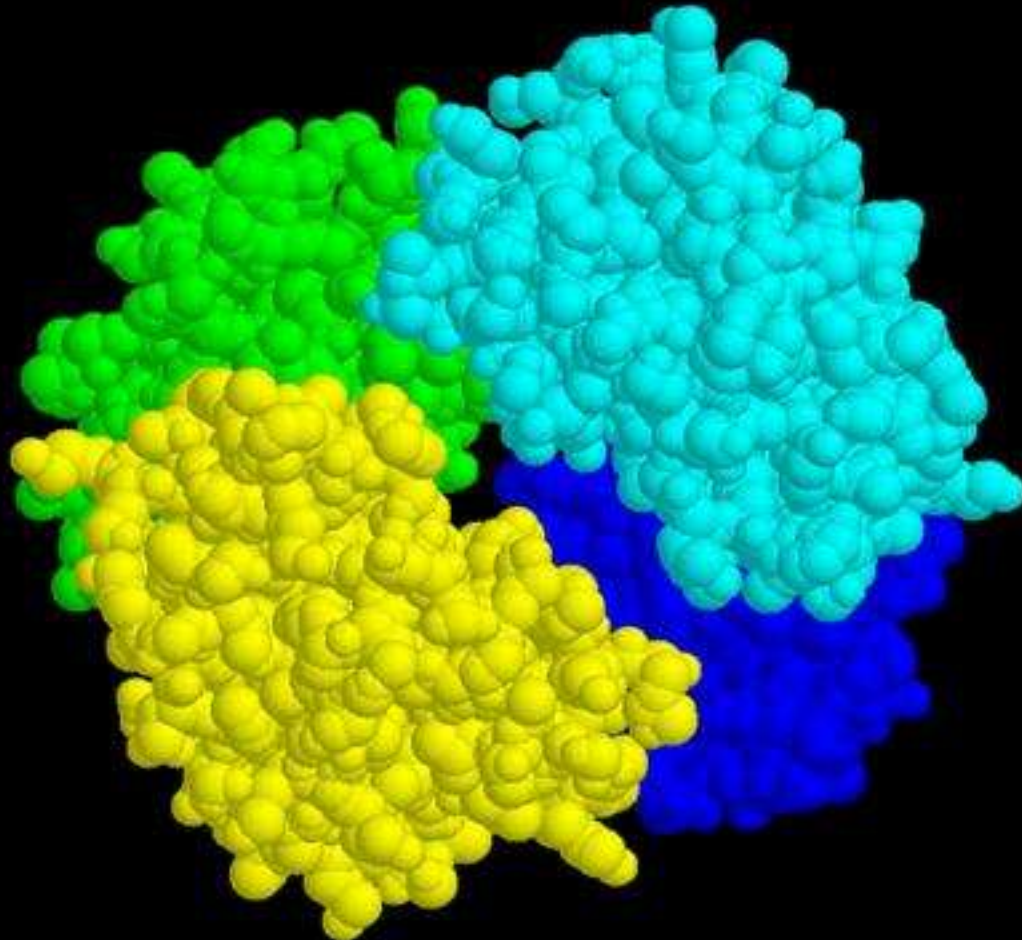
**Mioglobina (tetrámero):** 2 cadenas  $\alpha$  y  $\beta$  cada una asociada a un *grupo hemo* en rojo.



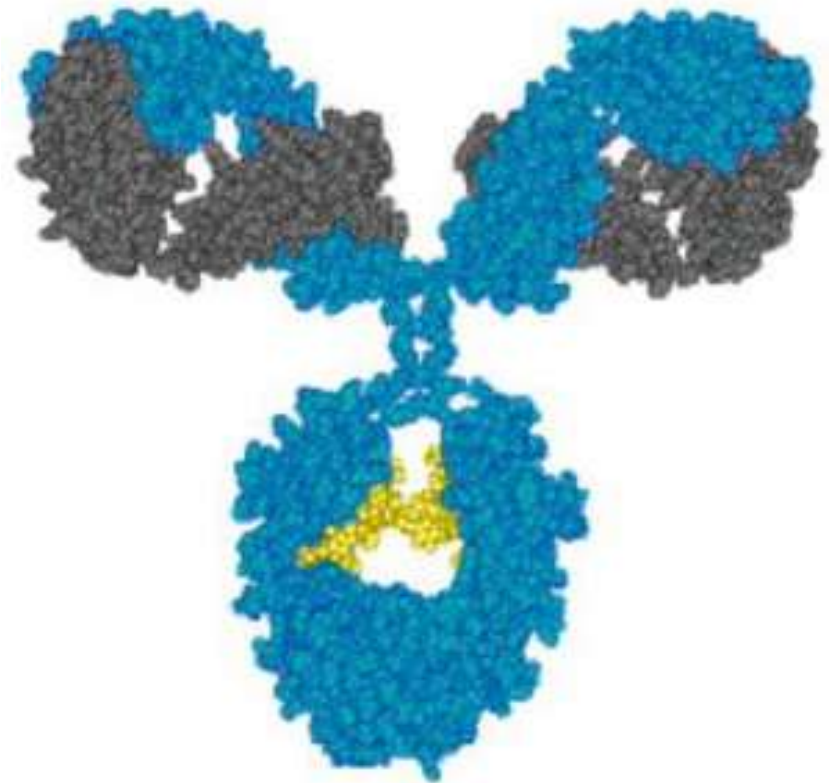
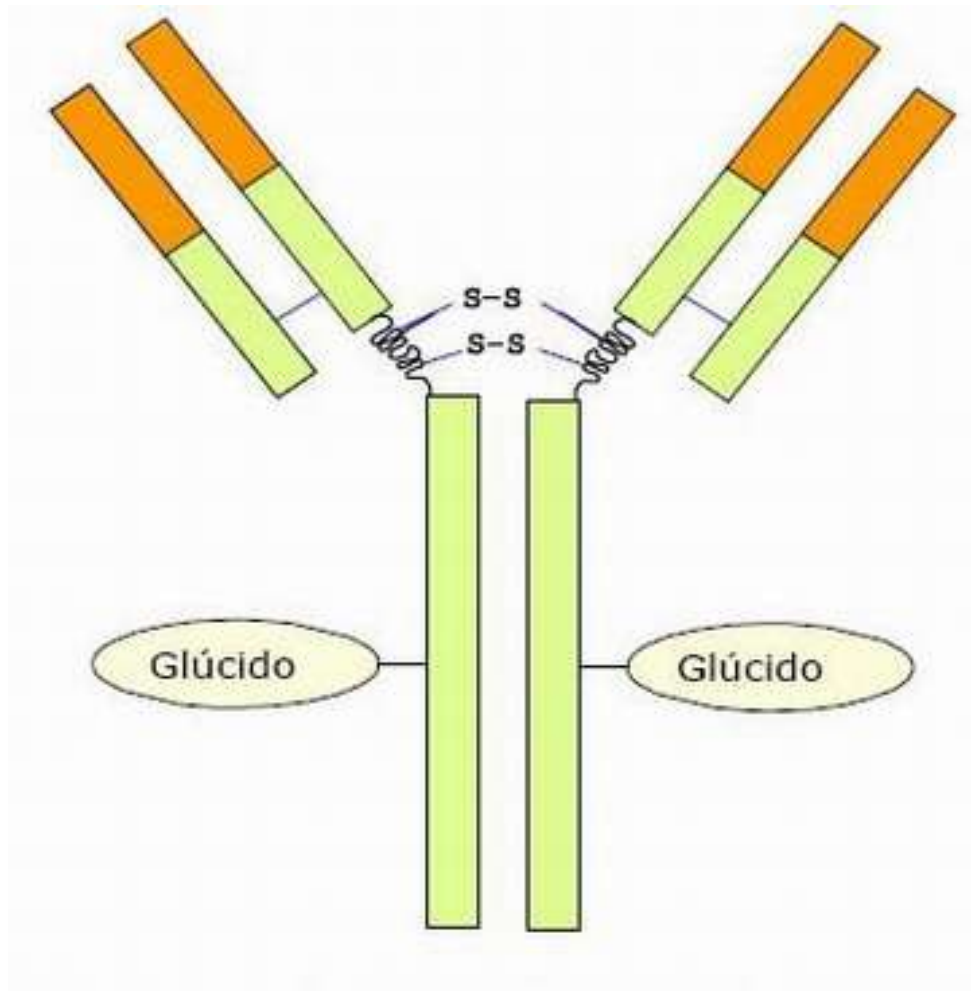


**Estructura cuaternaria: tetrámero de la hemoglobina, cada cadena o protómero está de un color diferente.**

**Esta proteína transporta el oxígeno en la sangre.**

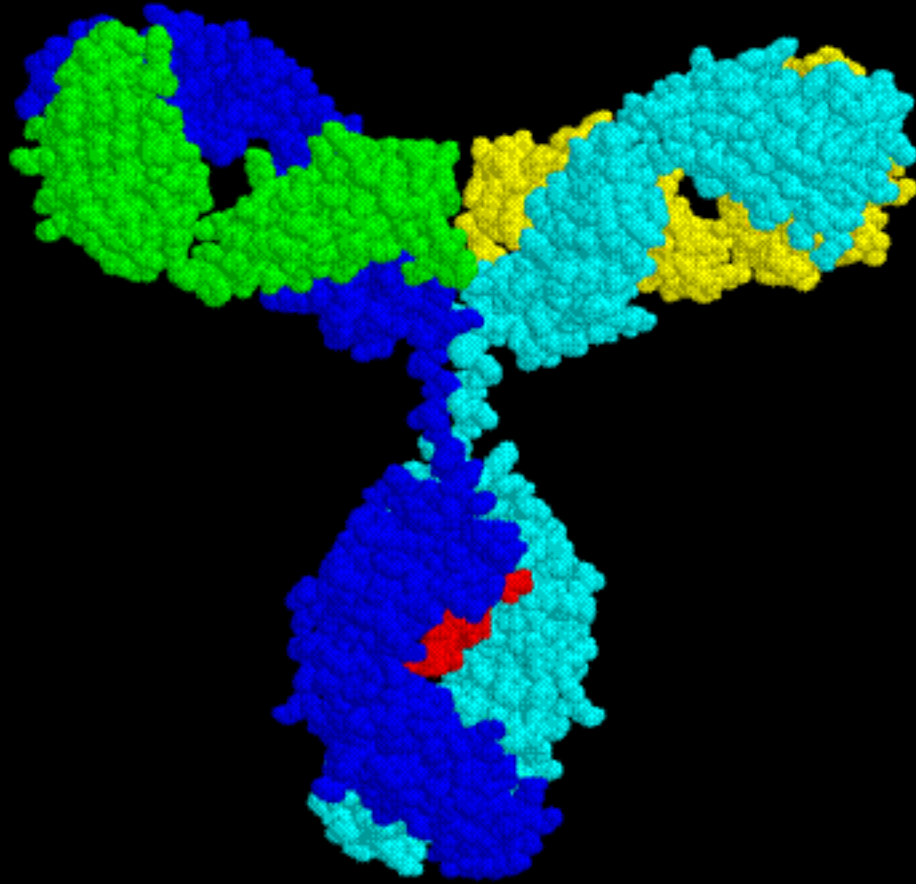


# ESTRUCTURA CUATERNARIA



Los **anticuerpos** tienen estructura cuaternaria, pues están formados por la unión, mediante *puentes disulfuro*, de 4 protómeros: 2 de cadena larga y 2 de cadena corta.

**Los anticuerpos son proteínas con estructura cuaternaria formada por cuatro cadenas.**



**Los anticuerpos son proteínas con estructura cuaternaria formada por cuatro cadenas muy replegadas, cada una de un color diferente.**

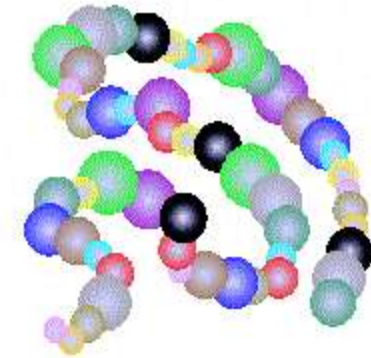
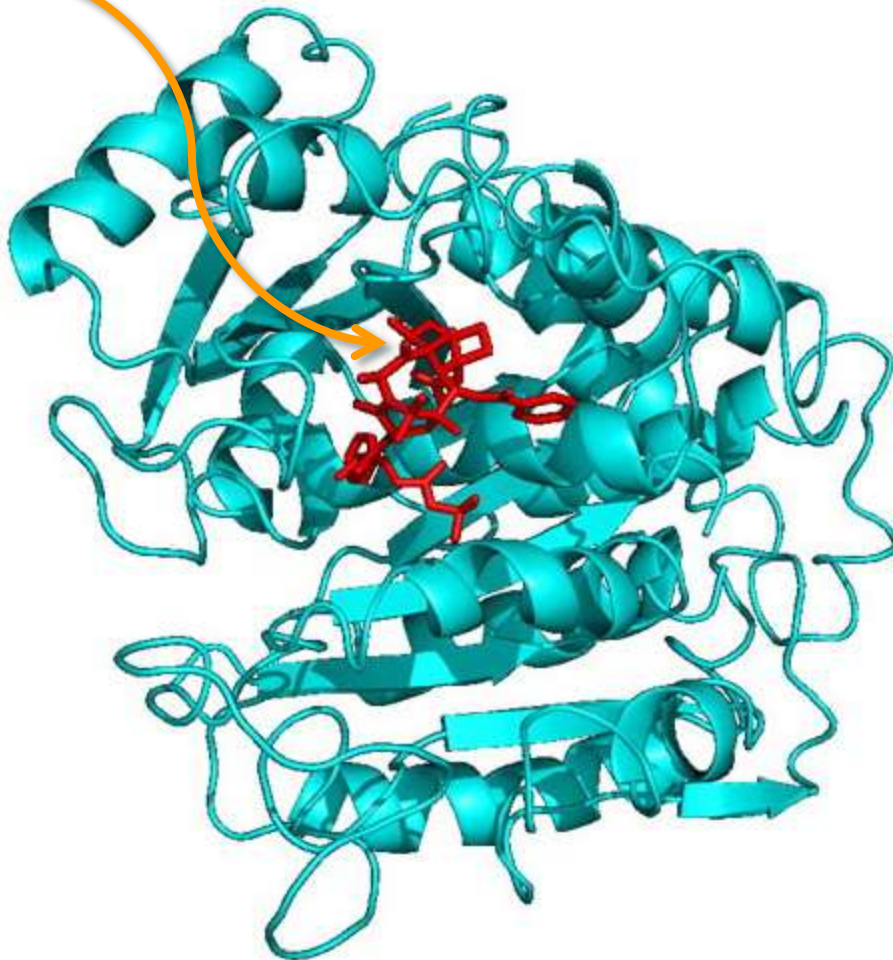
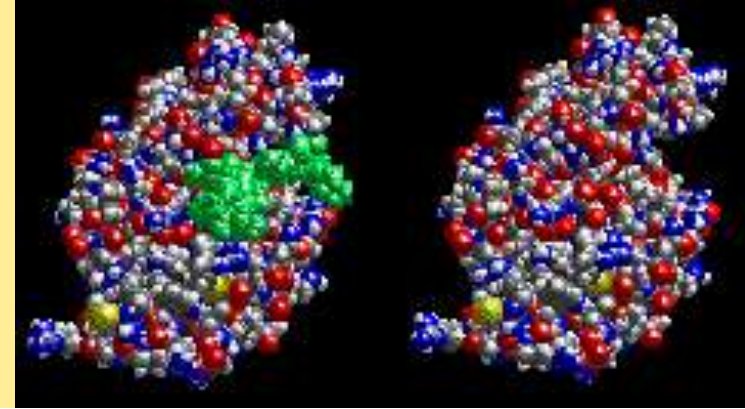


# ***Propiedades de las proteínas***

- **Especificidad**
- **Solubilidad**
- **Desnaturalización**
- **Capacidad amortiguadora**



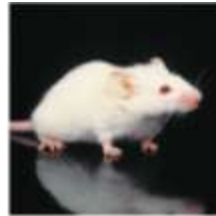
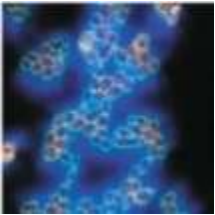
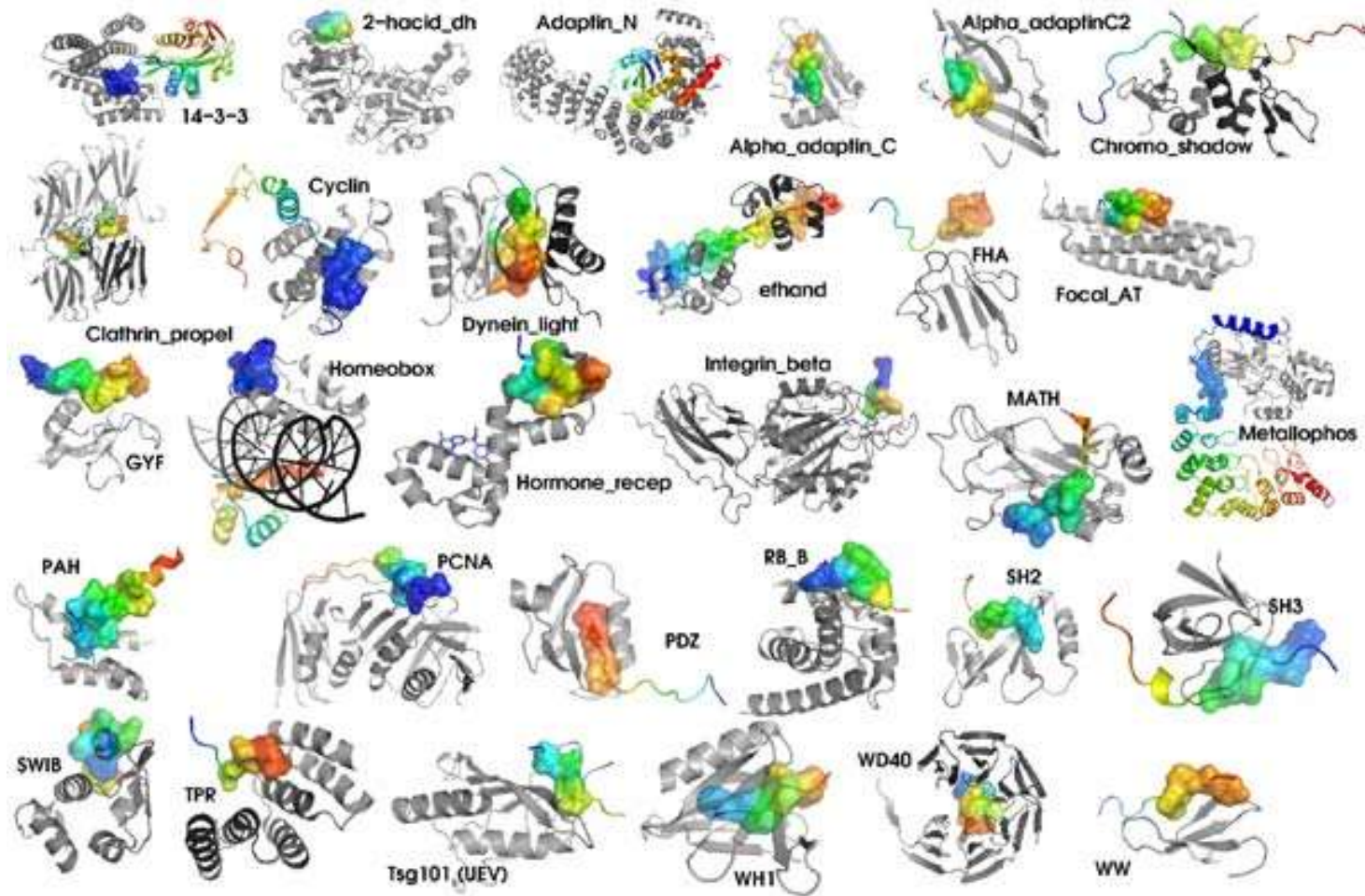
Las propiedades de las proteínas dependen de los radicales R y su capacidad de reaccionar con otras moléculas. Al conjunto de aminoácidos cuyos radicales se unen y reaccionan con otras moléculas se llama **centro activo** de la proteína.



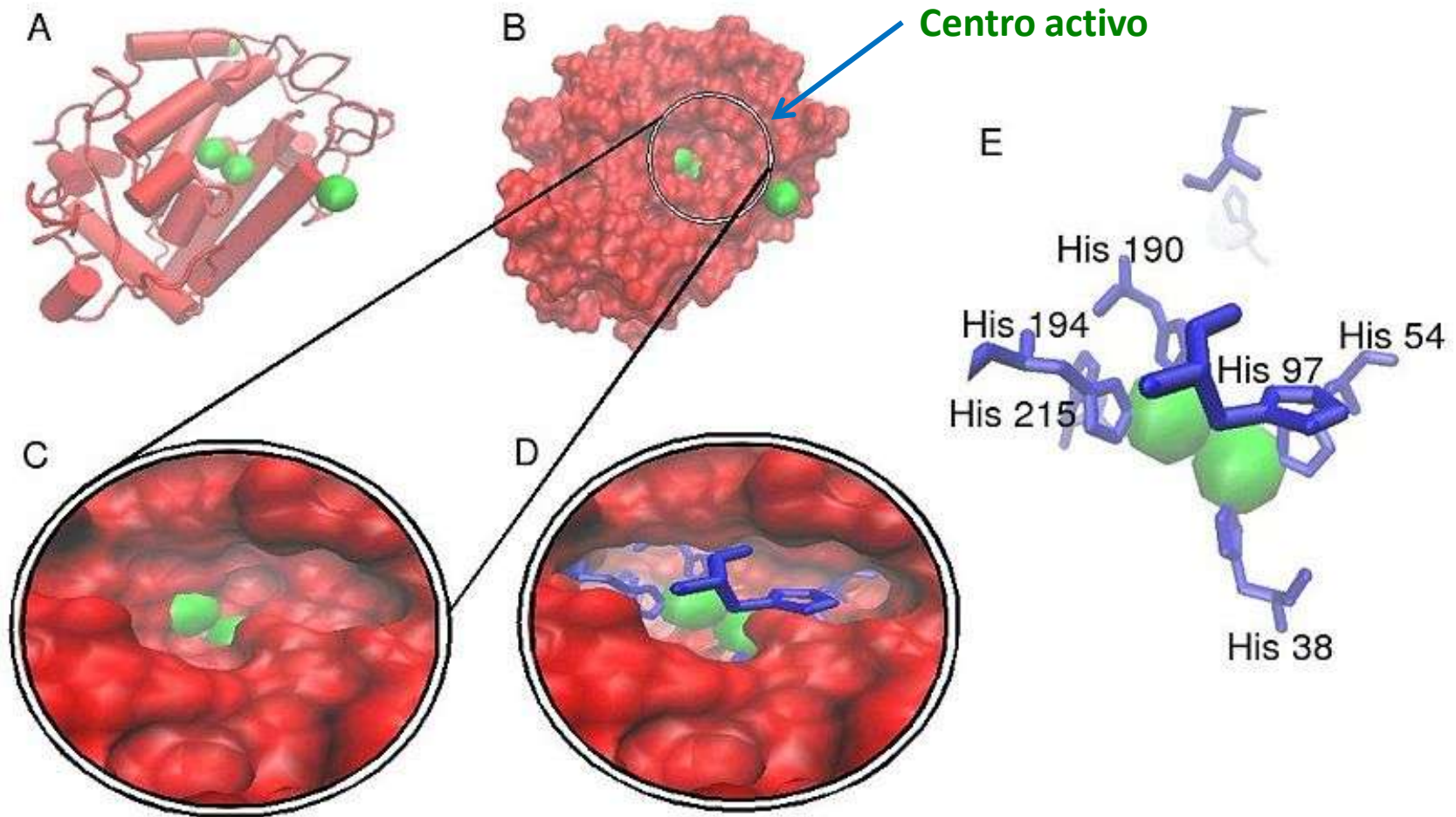
Cualquier cambio en la secuencia de aa puede **modificar la conformación espacial** de la proteína, con lo cual **pierde su funcionalidad biológica**.



# (i) ESPECIFICIDAD DE LAS PROTEÍNAS



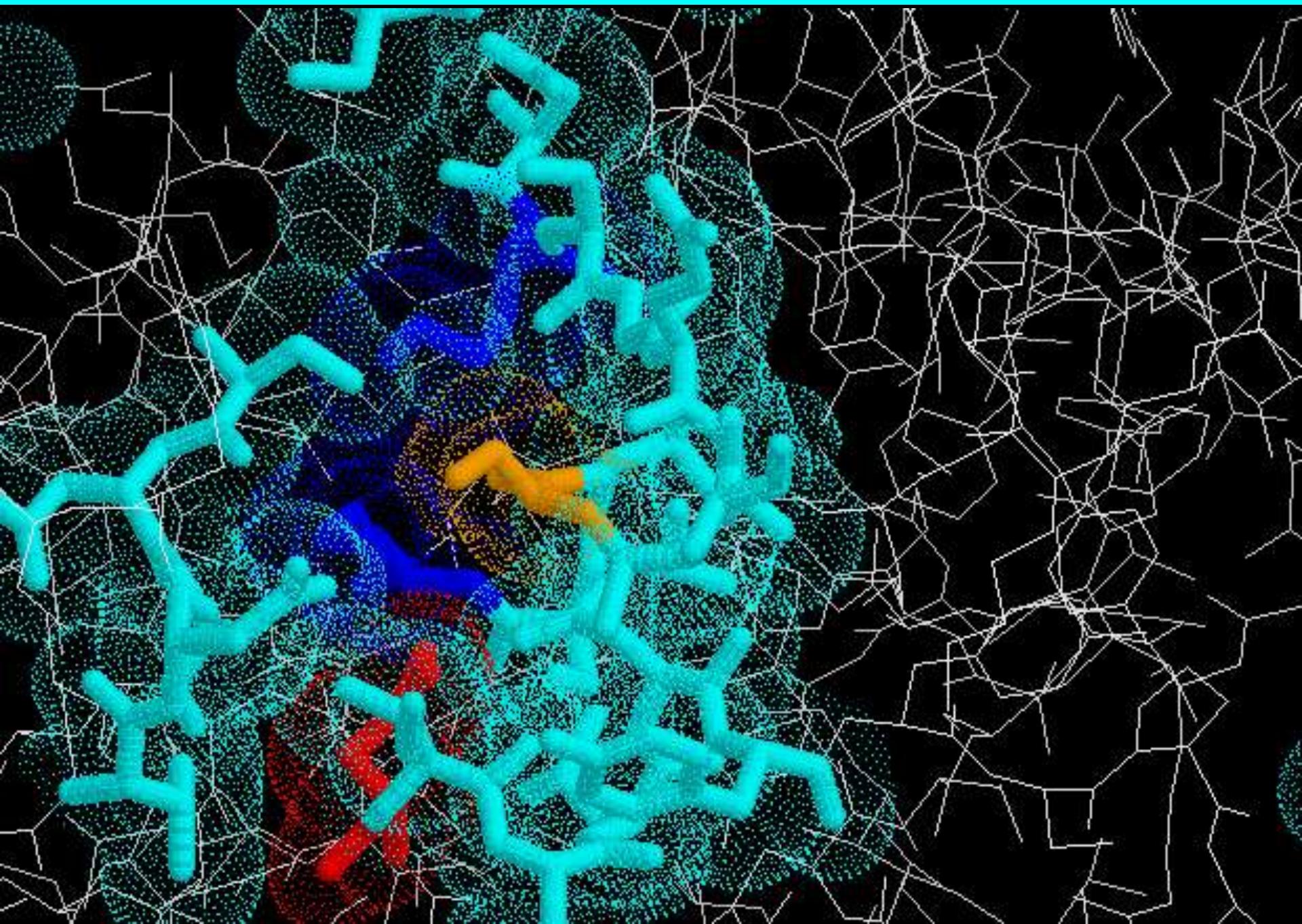
## (i) ESPECIFICIDAD DE LAS PROTEÍNAS



Los grupos funcionales de las cadenas laterales R definen una superficie activa (**sitio activo**), cuya actividad biológica se basa en su **unión selectiva** con otra molécula cuya geometría le permite adaptarse al *centro activo*.

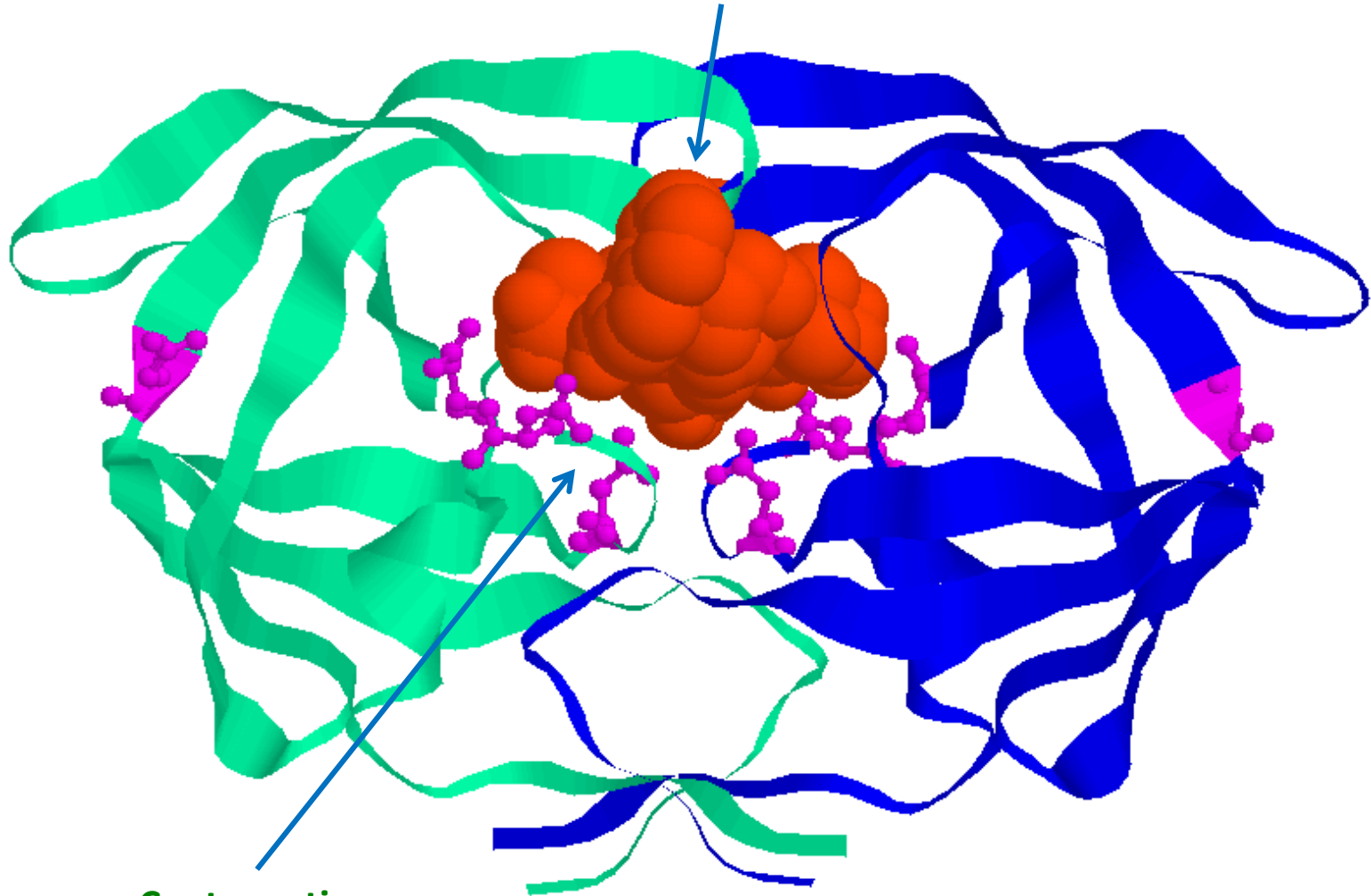


## (i) ESPECIFICIDAD DE LAS PROTEÍNAS



## (i) ESPECIFICIDAD DE LAS PROTEÍNAS

Molécula que intenta acoplarse al centro activo



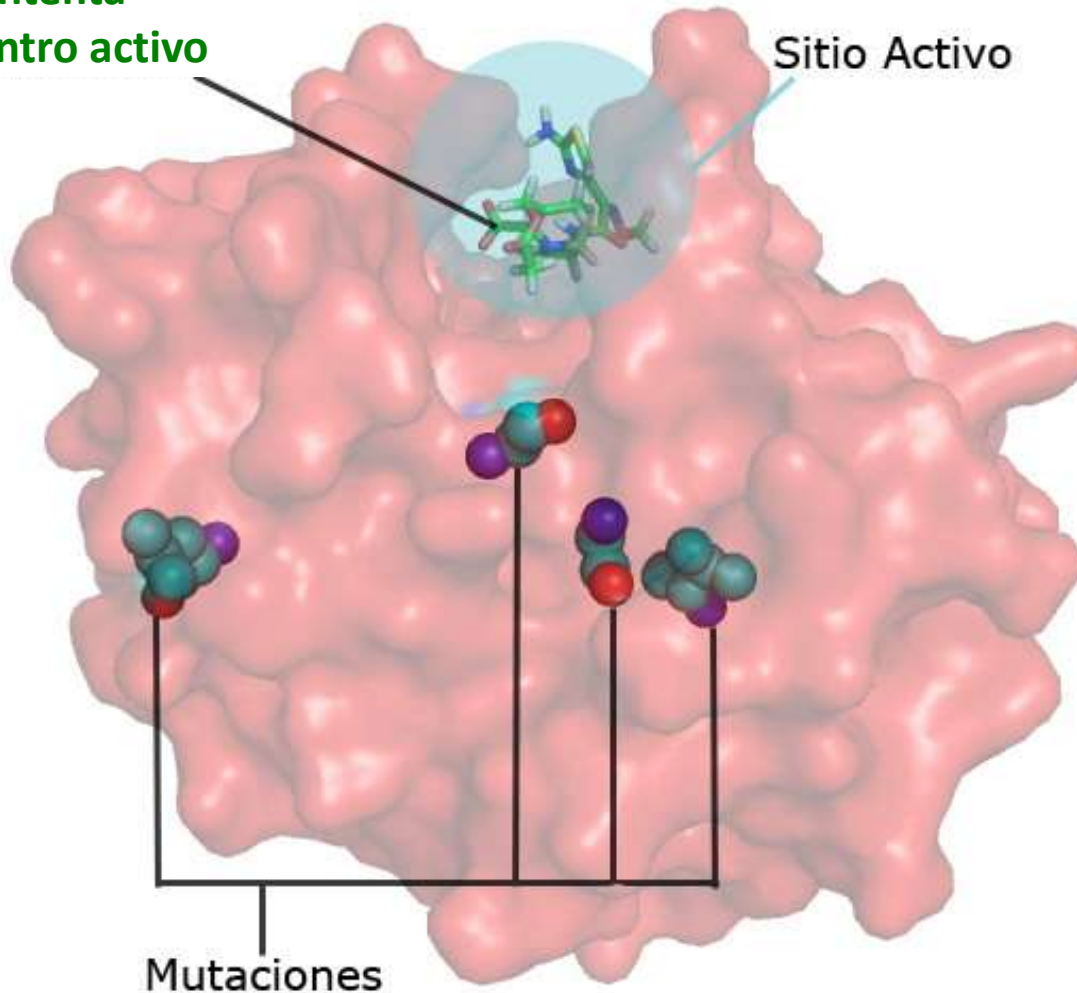
Centro activo



## (i) ESPECIFICIDAD DE LAS PROTEÍNAS

Molécula que intenta  
acoplarse al centro activo

Sitio Activo



La alteración de la *estructura primaria* de la proteína cambia la geometría del sitio activo, impidiendo que la molécula pueda adaptarse al sitio activo.

Las *diferencias* entre las proteínas de diferentes especies se producen en unas regiones de la proteína llamadas **sectores variables** de las que no depende directamente su función. Los sectores de los que depende la *función*, tienen la misma secuencia de aa incluso en especies diferentes.

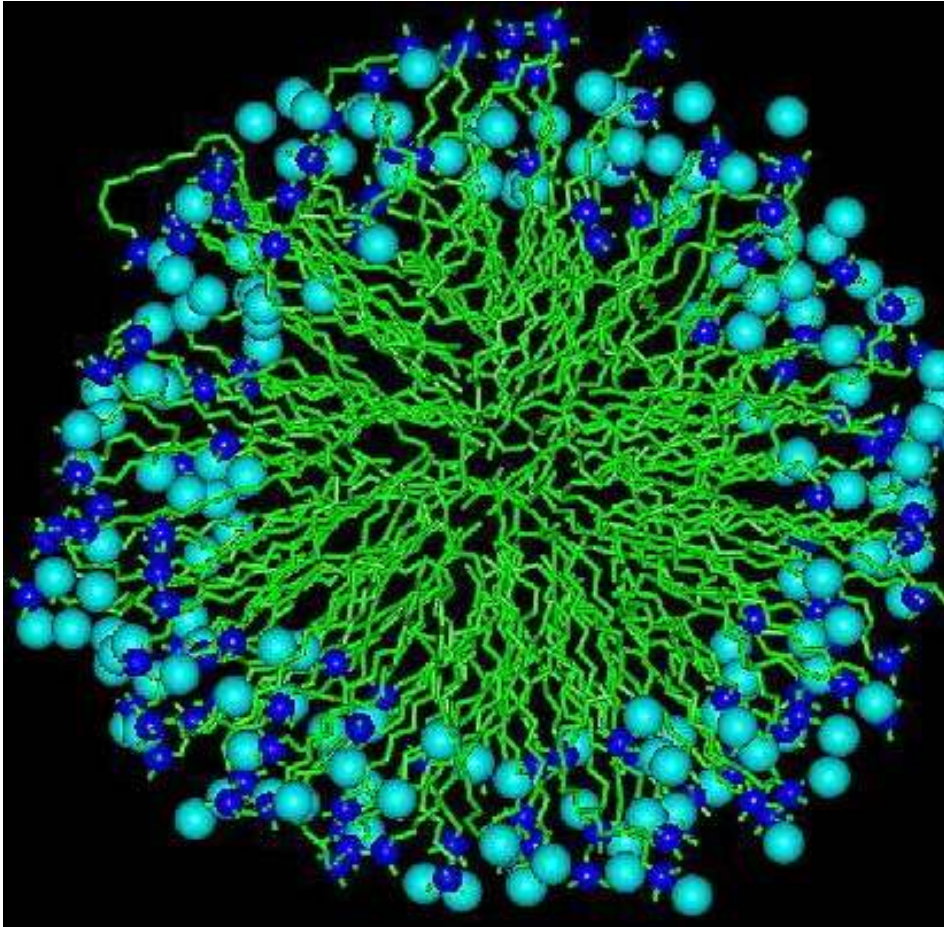
| Especies | Aminoácidos |     |     |     |
|----------|-------------|-----|-----|-----|
|          | A8          | A9  | A10 | B30 |
| Cerdo    | Thr         | Ser | Ile | Ala |
| Hombre   | Thr         | Ser | Ile | Thr |
| Caballo  | Thr         | Gly | Ile | Ala |
| Carnero  | Ala         | Gly | Val | Ala |
| Pollo    | His         | Asn | Thr | Ala |
| Vaca     | Ala         | Ser | Val | Ala |

Vemos aquí las dif. en la estructura primaria de la *insulina* en distintas especies



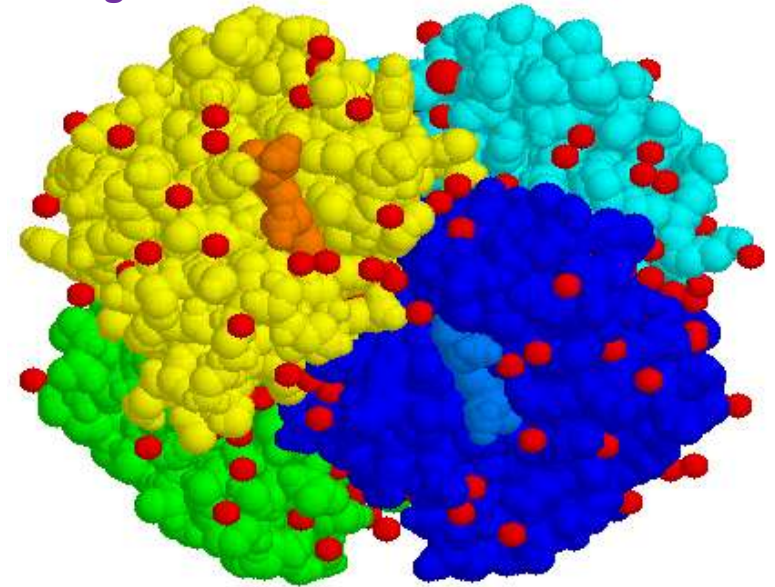
## (ii) SOLUBILIDAD DE LAS PROTEÍNAS

Las proteínas globulares (de gran  $P_m$ ) dan dispersiones coloidales



Al añadir sales, las proteínas precipitan

Hemoglobina

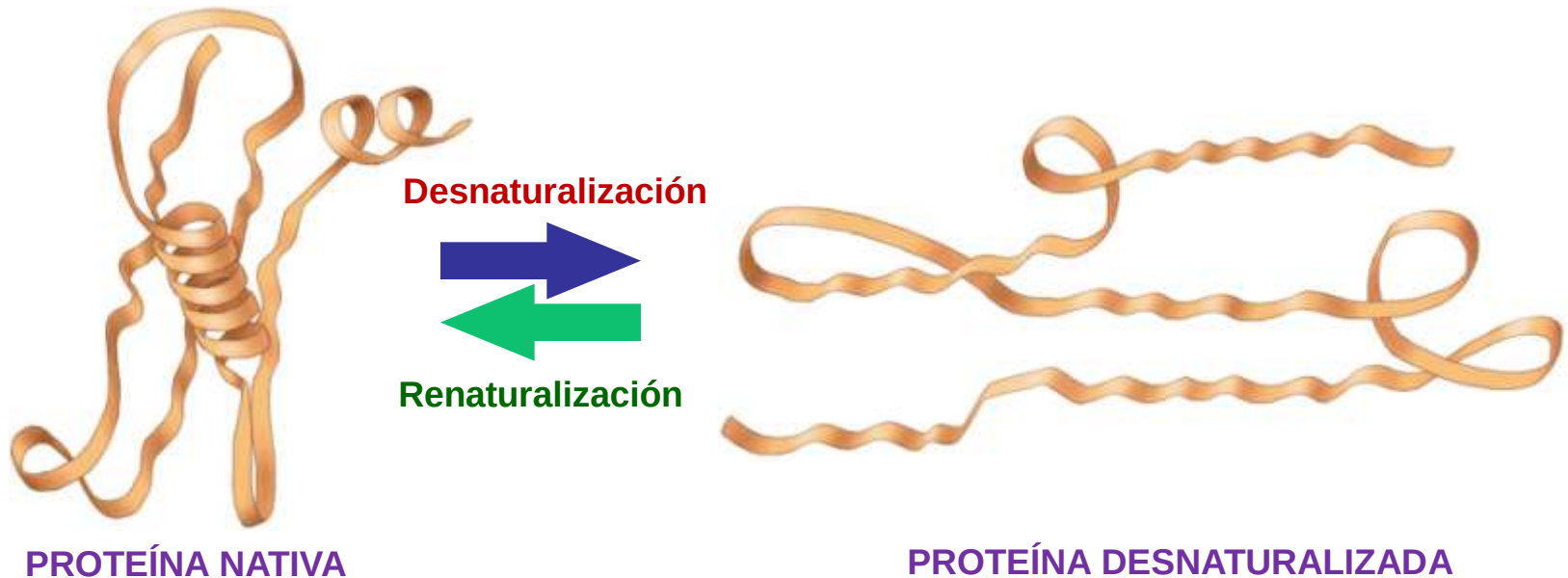


Los radicales R, al ionizarse, establecen *puentes de H* con las moléculas de agua, produciendo una *capa de solvatación*.

### (iii) DESNATURALIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS

La **desnaturalización** es la pérdida de las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria.

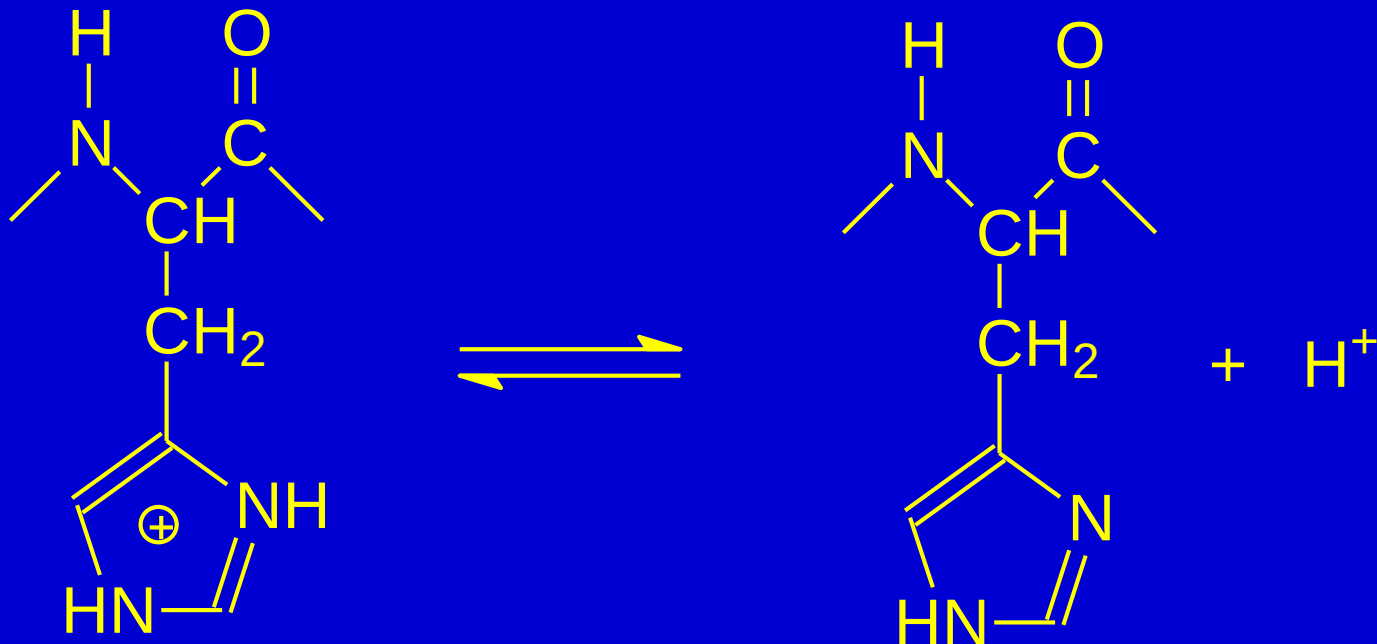
Puede estar provocada por cambios de pH, de temperatura o por sustancias desnaturalizantes.



En algunos casos la desnaturalización puede ser reversible.

## (iv) CAPACIDAD TAMPÓN o AMORTIGUADORA de las PROTEÍNAS

- Las proteínas tienen una gran cantidad de grupos disociables que contribuyen a su capacidad tampón de gran eficacia.
- Son particularmente eficientes como tampones las proteínas ricas en el aminoácido histidina.



# ***Clasificación de las proteínas***

- **Holoproteínas**
- **Heteroproteínas**

# CLASIFICACIÓN DE LAS HOLOPROTEÍNAS

## PROTEÍNAS FIBROSAS (ESCLEROPROTEÍNAS)

- Generalmente, los polipéptidos que las forman se encuentran dispuestos a lo largo de una sola dimensión.
- Son proteínas insolubles en agua.
- Tienen funciones estructurales o protectoras.

### COLÁGENO

Se encuentra en tejido conjuntivo, piel, cartílago, hueso, tendones y córnea.

### MIOSINA Y ACTINA

Responsables de la contracción muscular.

### QUERATINAS

Forman los cuernos, uñas, pelo y lana.

### FIBRINA

Interviene en la coagulación sanguínea.

### ELASTINA

Proteína elástica.



## PROTEÍNAS GLOBULARES

- Más complejas que las fibrosas.
- Plegadas en forma más o menos esférica.

### ALBÚMINAS

Realizan transporte de moléculas o reserva de aminoácidos.

### GLOBULINAS

Diversas funciones, entre ellas las *inmunoglobulinas* que forman los anticuerpos.

### HISTONAS Y PROTAMINAS

Se asocian al ADN permitiendo su empaquetamiento.



# PROTEÍNAS GLOBULARES (holoproteínas)

## Albúminas

ovoalbúmina (clara del huevo)  
seroalbúmina (sangre)  
lactoalbúmina (leche)

Funciones de reserva y transportadora

## Globulinas

ovoglobulina  
seroglobulina  
lactoglobulina  
 $\alpha$ -globulina (asociada a la hemoglobina)  
 $\gamma$ -globulinas = inmunoglobulinas (anticuerpos)

# CLASIFICACIÓN DE LAS HETEROPROTEÍNAS

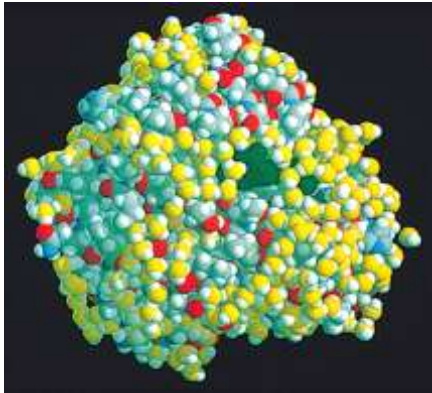


Grupo proteico + grupo prostético

| HETEROPROTEÍNA                                                          | GRUPO PROSTÉTICO                                                                                      | EJEMPLO                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cromoproteínas<br><br><i>Porfirínicas</i><br><br><i>No porfirínicas</i> | <b>Pigmento coloreado</b>                                                                             | <i>hemoglobina</i><br><i>citocromos</i><br><i>hemocianina (Cu)</i><br><i>hemeritrina (Fe)</i> |
|                                                                         | $\text{Fe}^{2+}$ $\text{Fe}^{3+}$<br><i>Grupo hemo o hemino</i><br><br><i>Cobre, Hierro o retinal</i> | <i>rodopsina (absorbe luz)</i>                                                                |
| Nucleoproteínas                                                         | Ácidos nucleicos                                                                                      | <i>cromatina</i><br>(mantiene el ADN)                                                         |
| Glucoproteínas                                                          | Glúcido                                                                                               | <i>inmunoglobulinas</i><br><i>fibrinógeno</i>                                                 |
| Fosfoproteínas                                                          | Ácido fosfórico                                                                                       | <i>caseína (leche)</i><br><i>vitelina (yema)</i>                                              |
| Lipoproteínas                                                           | Lípido                                                                                                | <i>quilomicrones</i><br>(transportan lípidos)                                                 |

# EJEMPLOS DE HETEROPROTEÍNAS

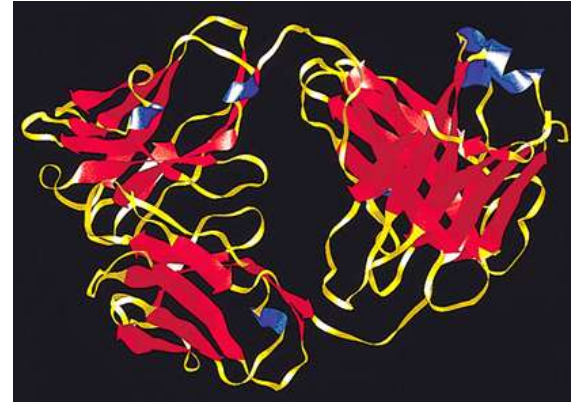
Hemoglobina



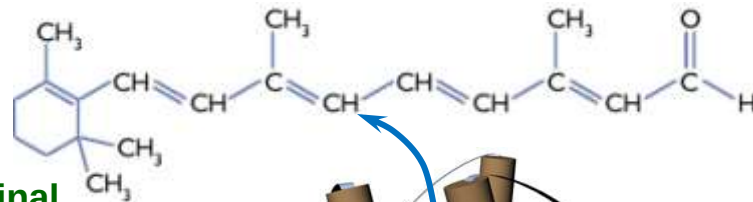
Glucoproteína

Cromoproteína

Inmunoglobulina

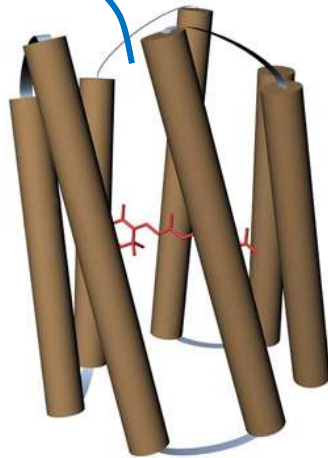


Retinal

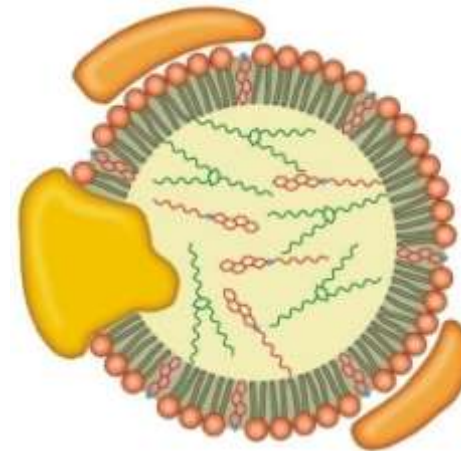


Cromoproteína

Rodopsina

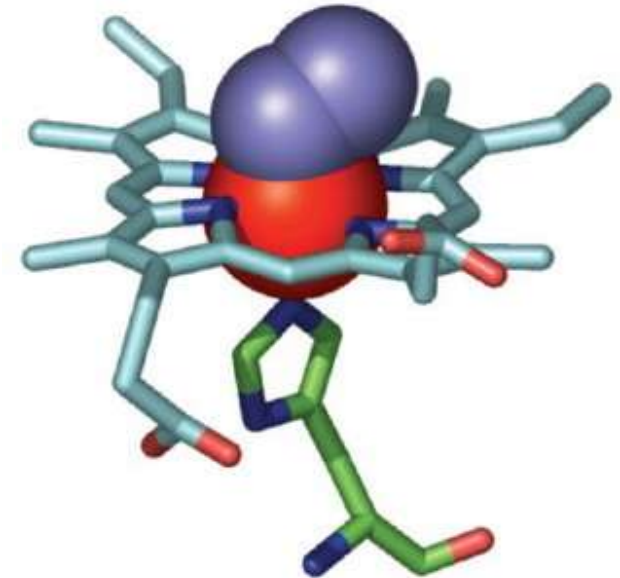
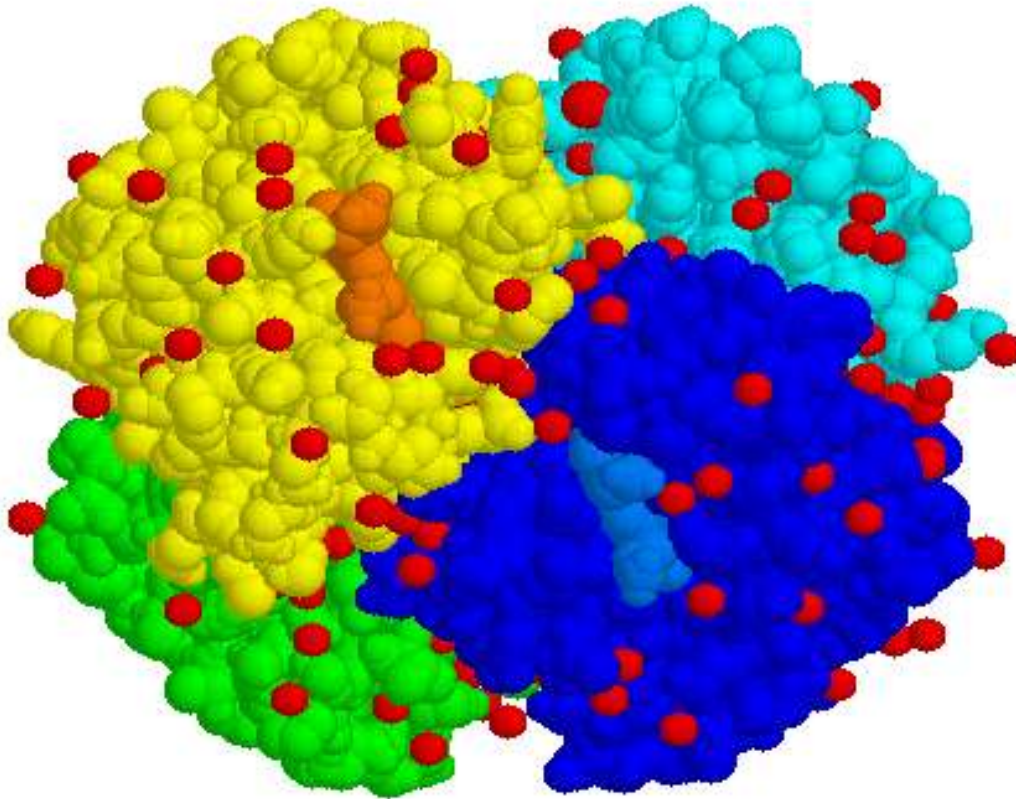


Lipoproteína plasmática



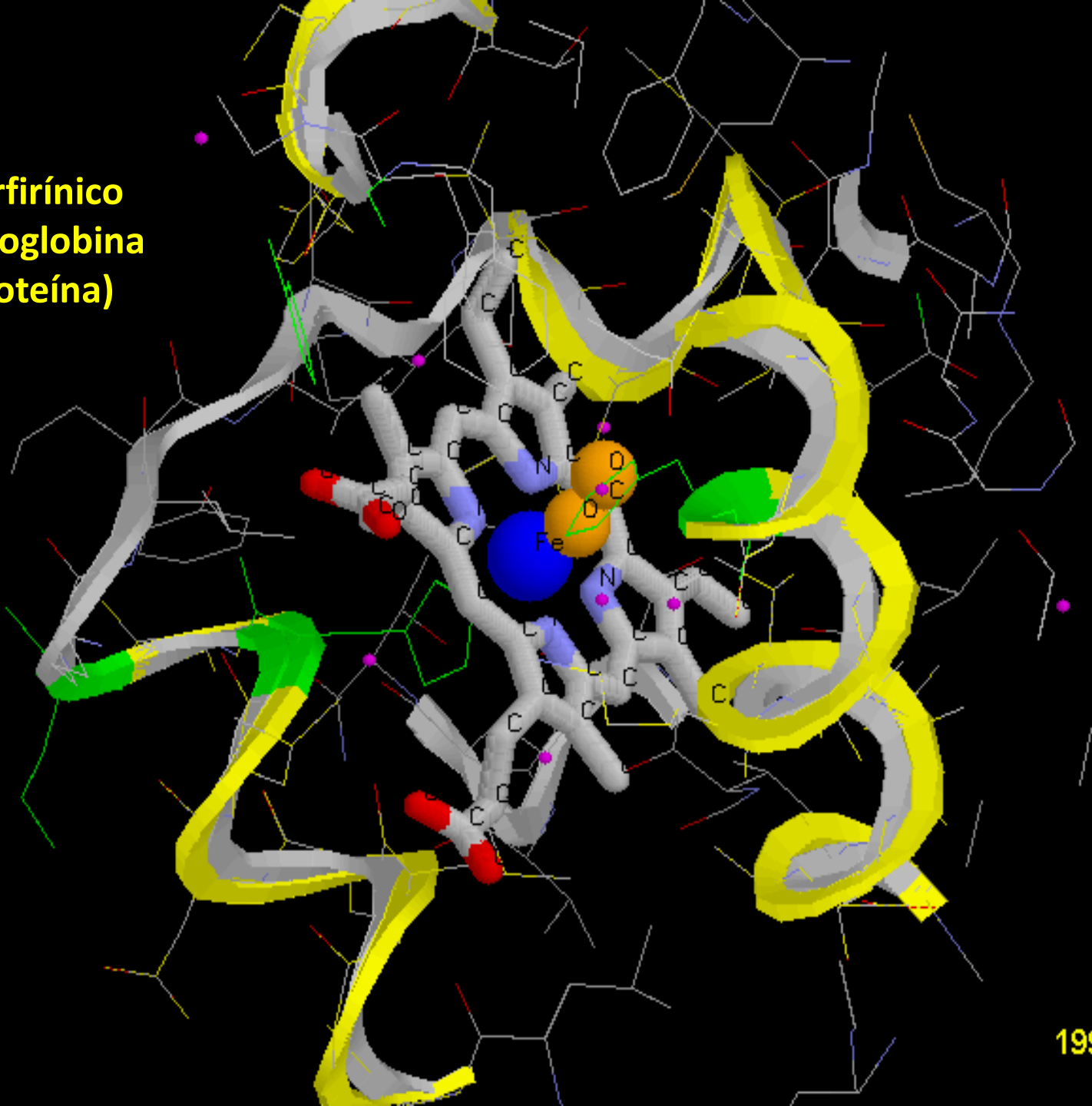
Quilomicrón

# EJEMPLOS DE HETEROPROTEÍNAS



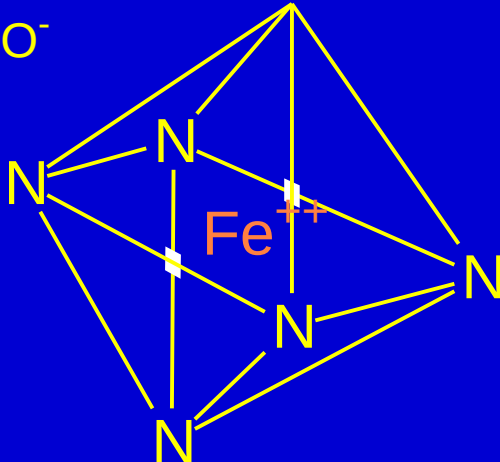
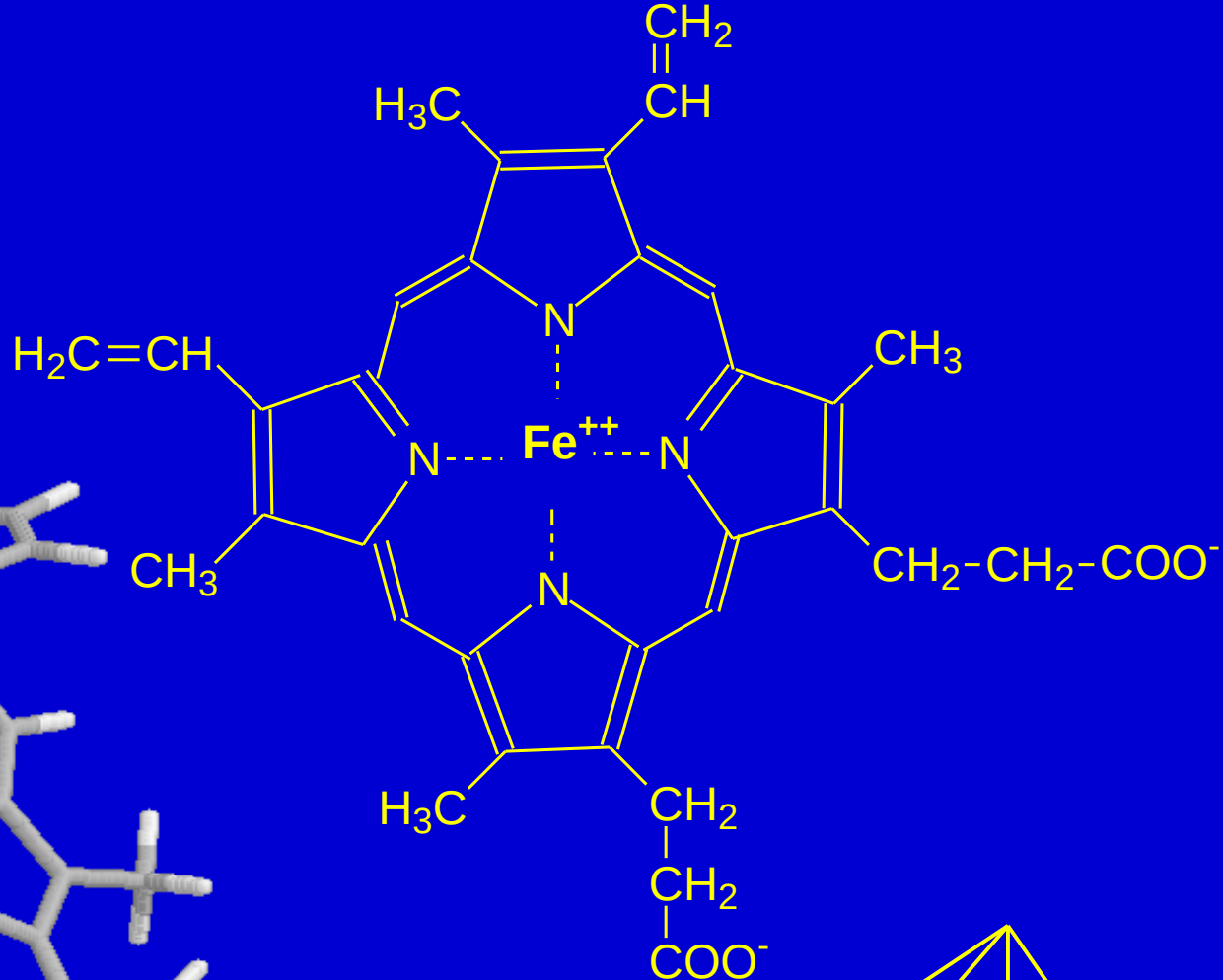
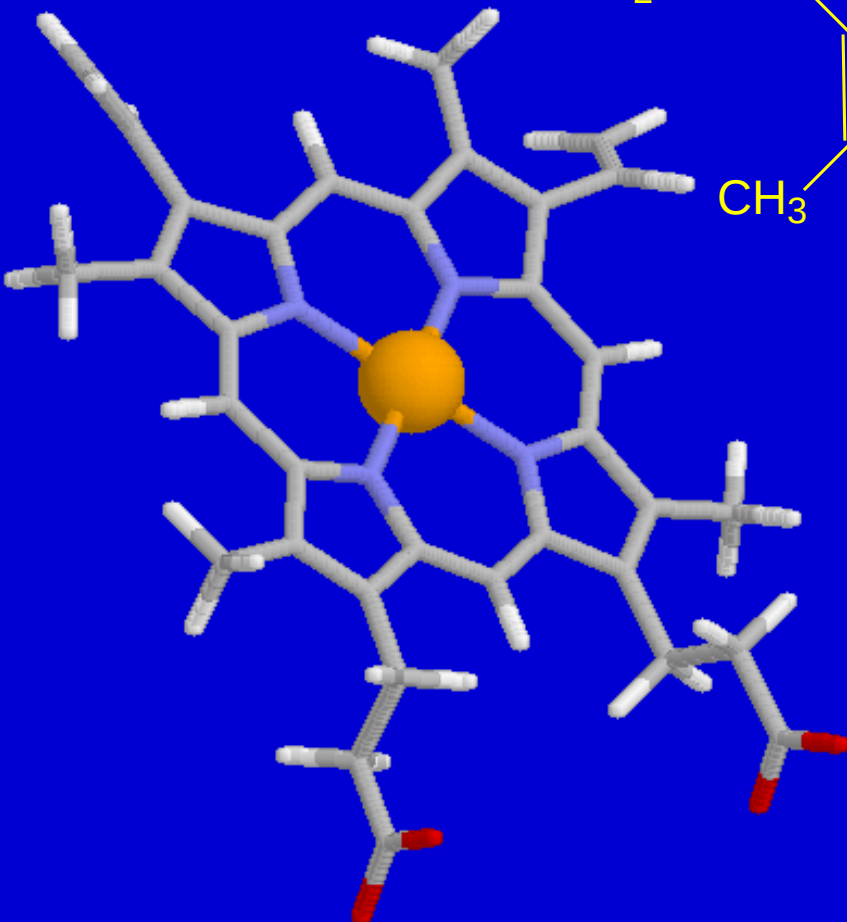
*Hemoglobina:* el grupo hemo tiene un catión de hierro.  
(tetrámero formado por 4 proteínas globulares)

**Grupo porfirínico  
de la hemoglobina  
(heteroproteína)**

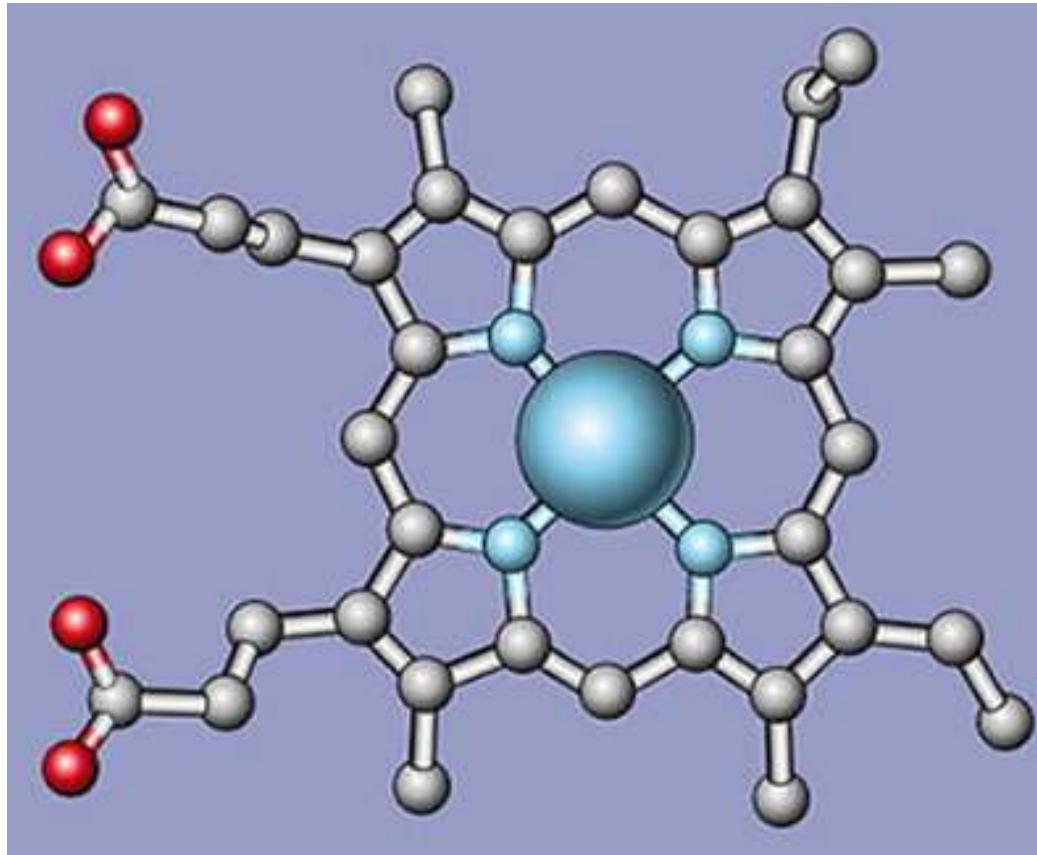




Complejo octaédrico  
de  $\text{Fe}^{++}$ : Grupo hemo

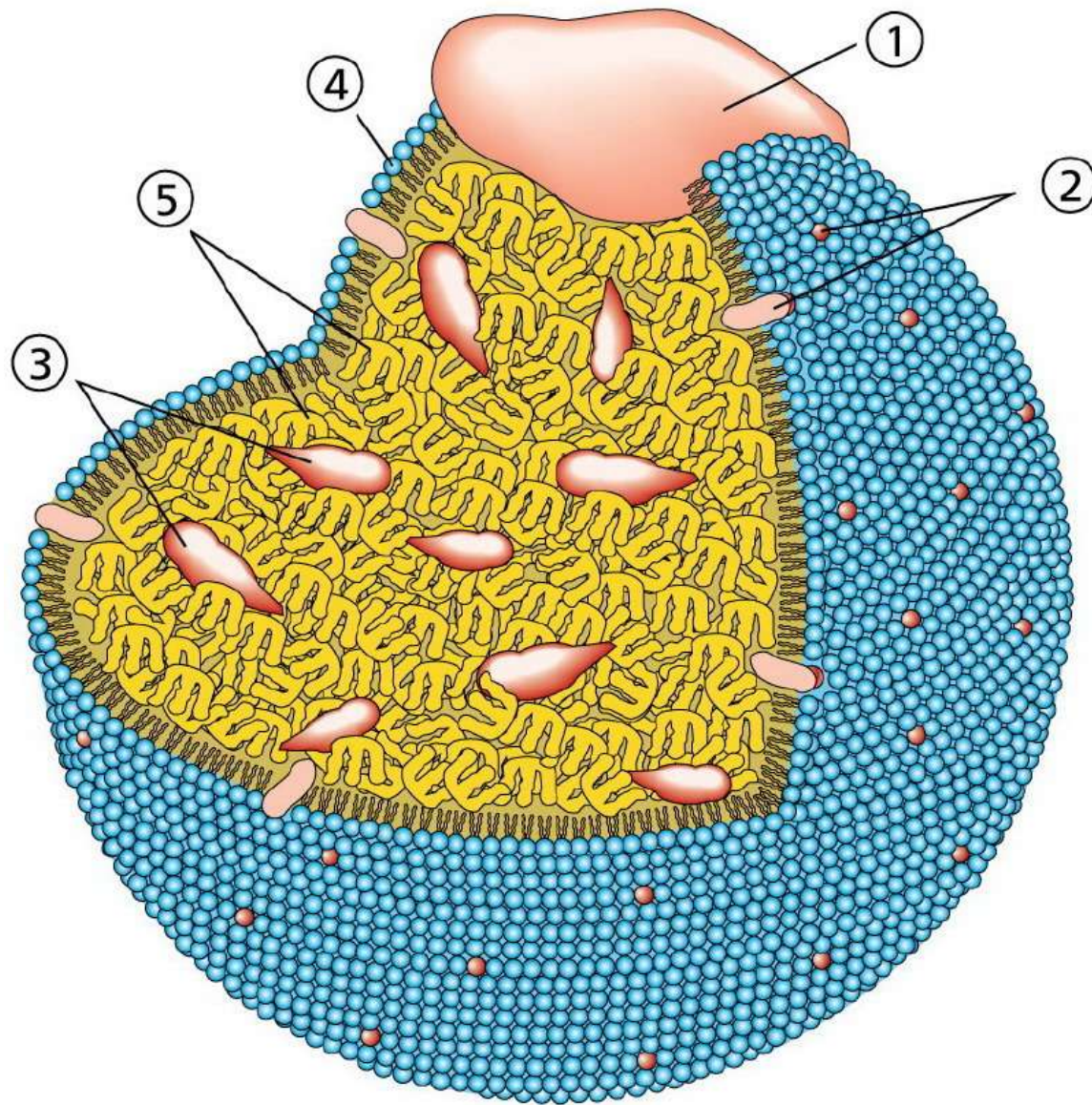


# EJEMPLOS DE HETEROPROTEÍNAS



Núcleo de la *mioglobina* (el grupo hemo tiene un catión de hierro).

# EJEMPLOS DE HETEROPROTEÍNAS



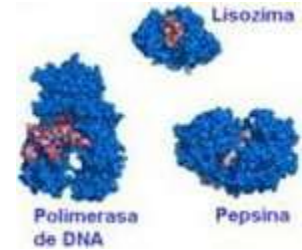
*Lipoproteína LDL. Tiene forma esférica y cada molécula de apolipoproteína (1) transporta unas 1 500 moléculas de ésteres de colesterol (2), 500 moléculas de colesterol libre (3), 800 moléculas de fosfolípidos (4) y 450 moléculas de triacilglicéridos (5).*

# ***Funciones de las proteínas***

# FUNCIONES DE LAS PROTEÍNAS

## ENZIMÁTICA

Las reacciones metabólicas son catalizadas por *enzimas*, que son proteínas.

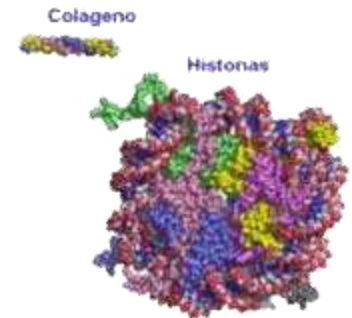


## HOMEOSTÁTICA

Ciertas proteínas mantienen el *equilibrio osmótico* del medio celular y extracelular.

## ESTRUCTURAL

Las proteínas constituyen muchas estructuras: *membranas celulares*; tb., cartílagos, huesos,...



## INMUNOLÓGICA

Los *anticuerpos* del sistema inmunológico son  *$\gamma$ -inmunoglobulinas* (glucoproteína).

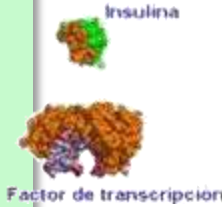




# FUNCIONES DE LAS PROTEÍNAS

## HORMONAL

Algunas proteínas actúan como *hormonas*, las cuales regulan procesos vitales. Ej.: la *insulina* regula la glucosa en la sangre.



## MOVIMIENTO

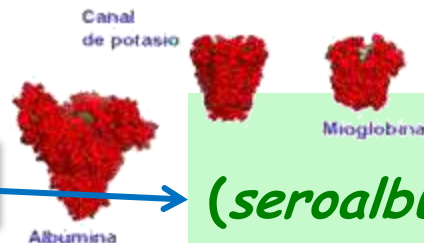
Las proteínas actúan como elementos esenciales en el *movimiento*: la *actina* y *miosina* son responsables de la contracción muscular.



## RESERVA

Las proteínas no tienen f. de reserva, salvo en el desarrollo embrionario: *ovoalbúmina* del huevo, *caseína* de la leche, *gliadina* del trigo,...

## TRANSPORTE



De gases (*hemoglobina*), de lípidos (*seroalbúmina*),... Las *permeasas* realizan intercambios entre la célula y el exterior.

# FUNCIONES DE LAS PROTEÍNAS

Debido a la gran diversidad estructural, las proteínas pueden tener funciones diversas.

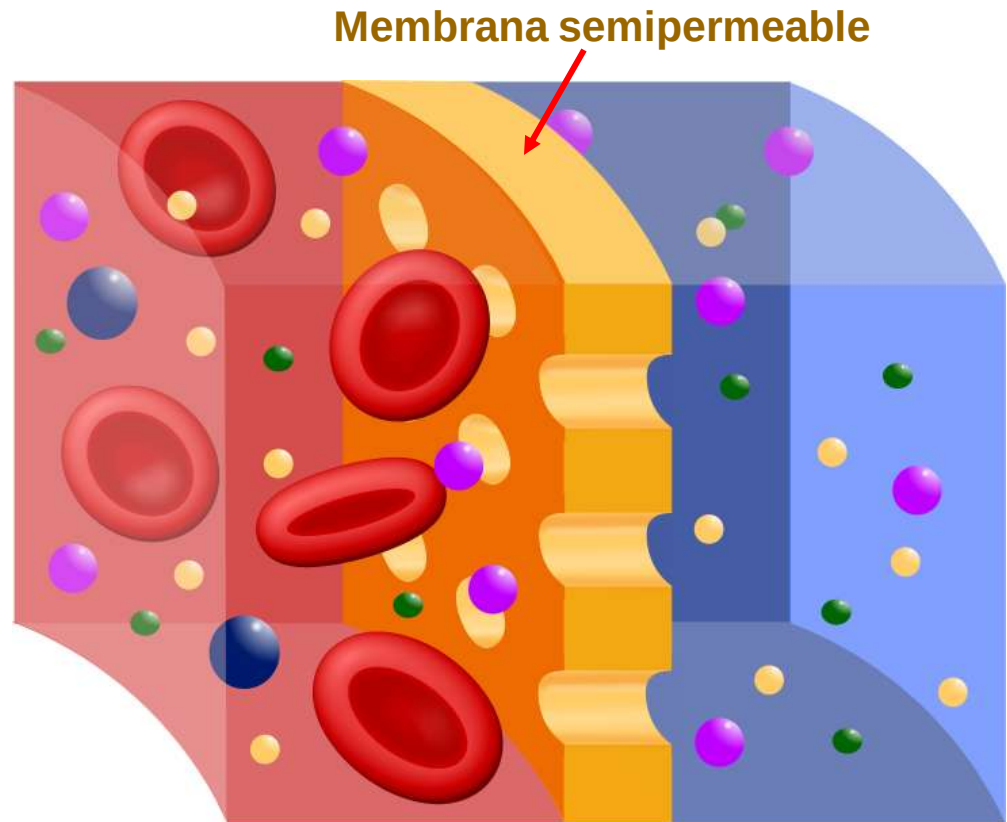
| FUNCIÓN                  | EJEMPLO                                                    |
|--------------------------|------------------------------------------------------------|
| DE RESERVA →             | Ovoalbúmina, caseína, zeína, hordeína...                   |
| DE TRANSPORTE →          | Lipoproteínas, hemoglobina, hemocianina...                 |
| CONTRÁCTIL →             | Actina, miosina, flagelina ...                             |
| PROTECTORA O DEFENSIVA → | Trombina, fibrinógeno, inmunoglobulinas...                 |
| HORMONAL →               | Insulina, glucagón, somatotropina...                       |
| ESTRUCTURAL →            | Glucoproteínas, histonas, queratina, colágeno, elastina... |
| ENZIMÁTICA →             | Catalasa, ribonucleasa...                                  |
| HOMEOSTÁTICA →           | Albúmina...                                                |

# SEPARACIÓN DE PROTEÍNAS POR DIÁLISIS

Separación de solutos de bajo peso molecular por difusión selectiva.

Hemodiálisis

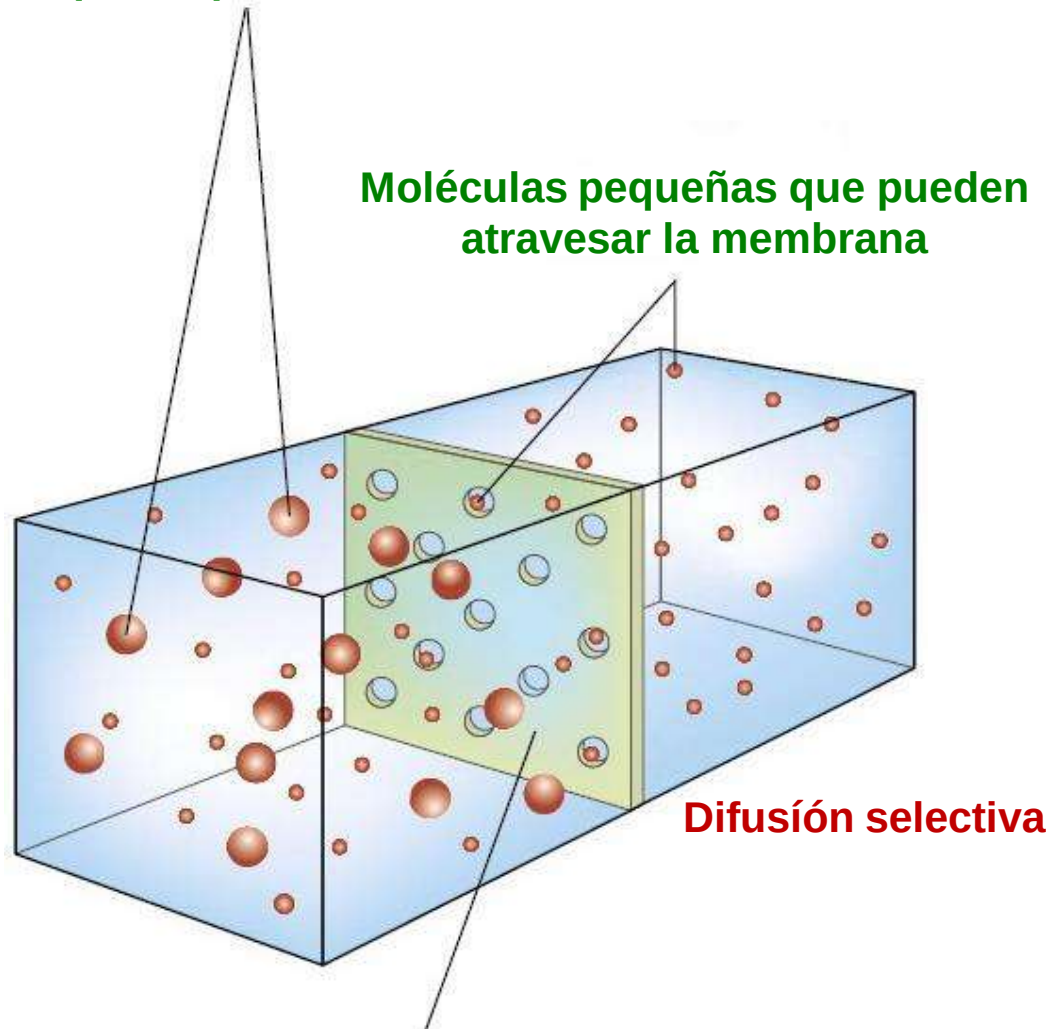
Separación de la *urea*



# SEPARACIÓN DE PROTEÍNAS POR DIÁLISIS

Moléculas grandes que no pueden atravesar la membrana

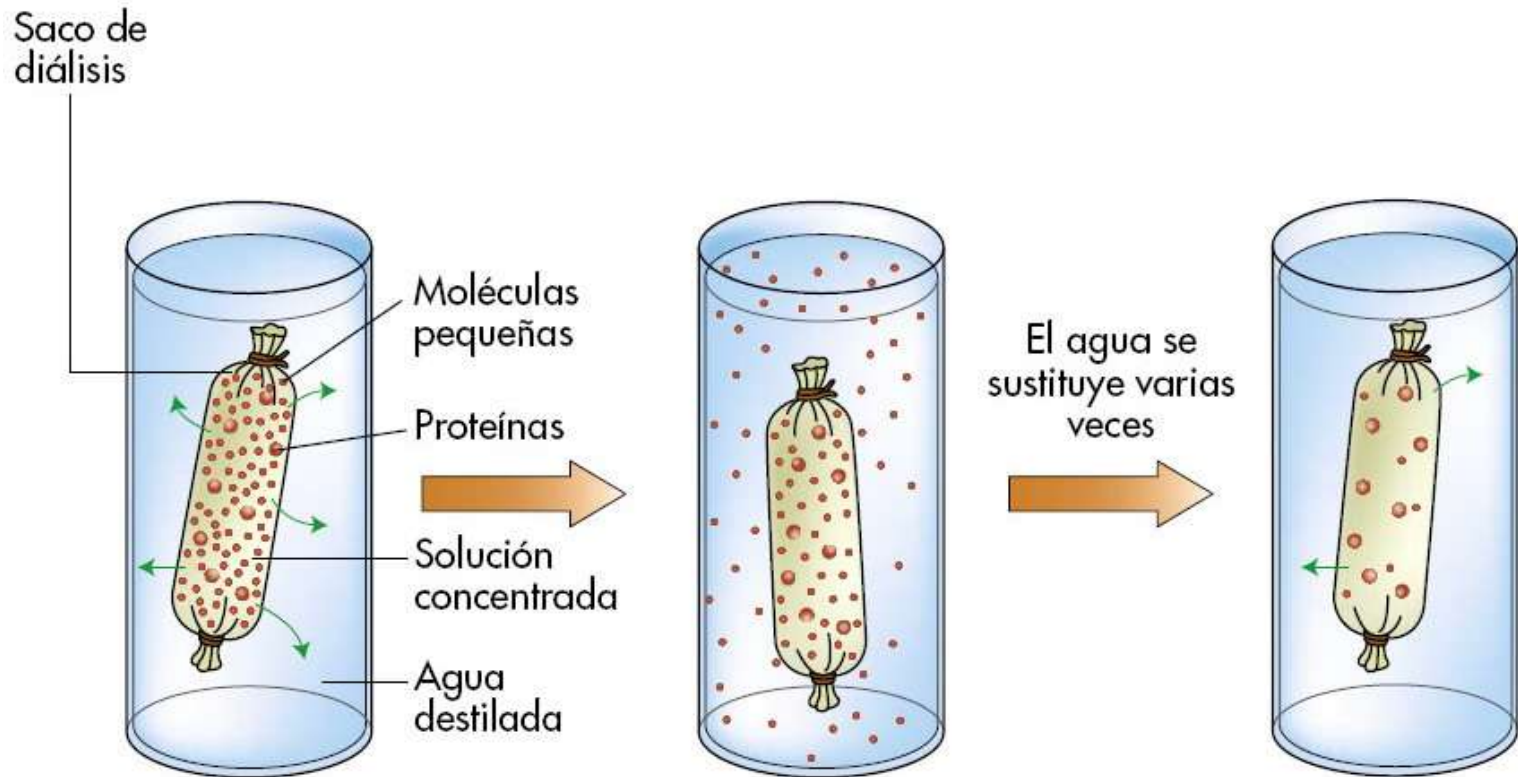
Moléculas pequeñas que pueden atravesar la membrana



Difusión selectiva

Membrana semipermeable que permite el paso de moléculas pequeñas, pero no de solutos grandes como las proteínas

# SEPARACIÓN DE PROTEÍNAS POR DIÁLISIS



Las moléculas pequeñas se difundirán fuera del saco ya que tienden a desplazarse hacia las zonas de menor concentración.

Las proteínas tienen impedido el paso por el tamaño del poro.

El agua se sustituye varias veces para que los solutos pequeños puedan seguir difundiéndose fuera del saco.

La concentración de moléculas de soluto pequeñas en el interior del saco llega a ser despreciable.



The end