

TEMA 4 PROTEÍNAS

1. Concepto.
2. Aminoácidos
 - 2.1. Estrutura,
 - 2.2. Propiedades físicas e químicas
 - 2.3. Clasificación
 - 2.4. Enlace peptídico.
3. Estructuras das proteínas.
4. Propiedades das proteínas.
5. Funcións das proteínas.
6. Clasificación das proteínas.

1. CONCEPTO

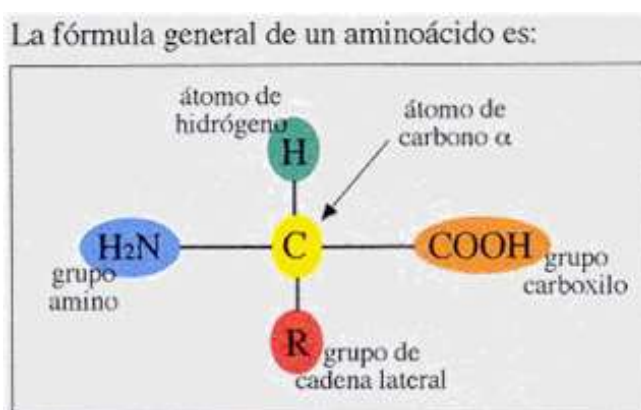
Son biopolímeros, é dicir, macromoléculas formadas por monómeros denominados aminoácidos, que están formados por C, H, O, N e en menor proporción por S e P. As proteínas son as moléculas orgánicas máis abundantes da materia viva (constitúen o 50% do peso seco das células) e participan nunha grande variedade de procesos. Segundo a súa composición poden ser:

- **Holoproteínas** ou **homoproteínas**: na súa composición só hai aminoácidos.
- **Heteroproteínas**: se ademais teñen outras moléculas.

2. AMINOÁCIDOS

2.1 Estrutura

Os aminoácidos son compostos orgánicos sinxelos, os monómeros ou unidades estruturais básicas coas que se constrúen as proteínas. A fórmula xeral dun aminoácido consta dun carbono central, chamado **carbono alfa** (C_α) ao que se lle une un átomo de hidróxeno (H), un grupo carboxilo ($-COOH$), un grupo amino ($-NH_2$) e un radical (R), que é distinto en cada aminoácido.



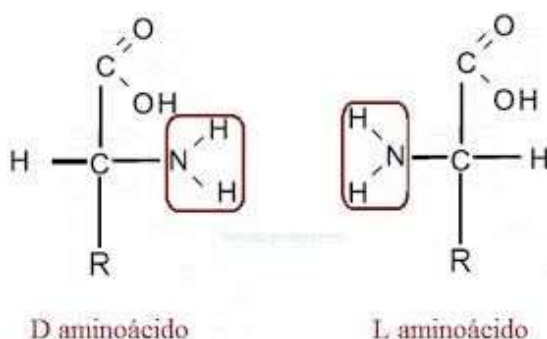
Hai 20 aminoácidos diferentes que forman as proteínas dos seres vivos aínda que existen máis de 200. O noso organismo fabrica as súas propias proteínas a partir de aminoácidos libres. Existen 8 aminoácidos, chamados **esenciais**, que o noso organismo non pode sintetizar por si mesmo, polo que deben ser inxeridos coa dieta. O leite e os ovos son alimentos que conteñen todos eses aminoácidos esenciais. Outras fontes de proteínas son a carne, as legumes, os cereais e os froitos secos.

2.2 Propiedades físicas e químicas dos aminoácidos

Os aminoácidos son compostos orgánicos sinxelos solubles en auga debido aos grupos carboxílico e amino que levan, cristalizables, incolores e cun punto de fusión elevado, polo que a temperatura ambiente son sólidos.

Propiedades físicas dos aminoácidos:

- **Estereoisomería ou isomería espacial:** dado que o $C\alpha$ é asimétrico (é dicir, os seus catro radicais son diferentes entre eles) os aminoácidos presentan isomería espacial ou estereoisomería. Cada aminoácido ten dous estereoisómeros, con distinta configuración espacial, D (se o grupo amino se atopa á dereita) e L (se o grupo amino se atopa á esquerda). Na natureza, os aminoácidos teñen **configuración L**. O único aminoácido que non presenta estereoisomería é a glicina porque o seu radical R é o átomo de H e, polo tanto, non presenta C asimétrico.



Dado que o carbono alfa é asimétrico, todos os aminoácidos, excepto a glicina, presentan **actividade óptica**. Se se fai pasar un raio de luz polarizada a través dunha disolución de aminoácidos, estes poden desviar o plano de polarización cara á dereita, dextróxiros (+) ou á esquerda, levóxiros (-). Que sexan dextróxiros ou levóxiros non ten nada que ver co feito de que presenten configuración espacial D ou L.

Propiedades químicas dos aminoácidos:

- **Os aminoácidos presentan comportamento anfótero.** Así cando están en disolución acuosa poden comportarse como ácidos ou como bases dependendo do pH da disolución, debido a que teñen un grupo carboxilo e outro amino.

Cada aminoácido ten un valor de pH concreto no cal se atopa dobremente ionizado, é dicir, en estado **zwitterión**. É un dipolo con carga neutra, pois o grupo carboxilo perde un protón e se carga negativamente e o grupo amino gaña un protón e se carga positivamente. O valor concreto de pH no que o aminoácido está en estado zwitterion é coñecido como **punto isoeléctrico (pI)**.

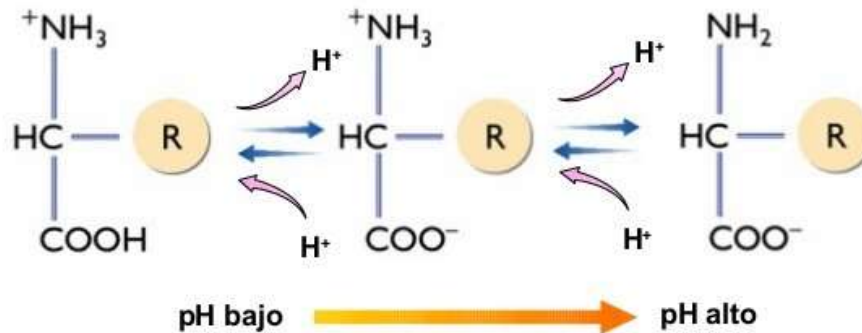
Se o medio acidifica, aumentará a concentración de protóns e diminuirá o pH. O aminoácido é unha substancia tampón que actuará amortecendo o cambio de pH. Polo tanto, o grupo COO^- capta un protón e perde a súa carga negativa. O aminoácido queda cargado positivamente e comportarase como unha base.

Pola contra, se o medio faise básico, diminuirá a concentración de protóns e aumentará o pH. No aminoácido entón o grupo NH_3^+ libera un protón e perde a súa carga positiva, polo tanto, o aminoácido queda cargado negativamente e actuará como ácido.

Los aminoácidos

Comportamiento químico de las aminoácidos

Cuando los aminoácidos se ionizan doblemente, apareciendo una **forma dipolar iónica o zwitterion**.

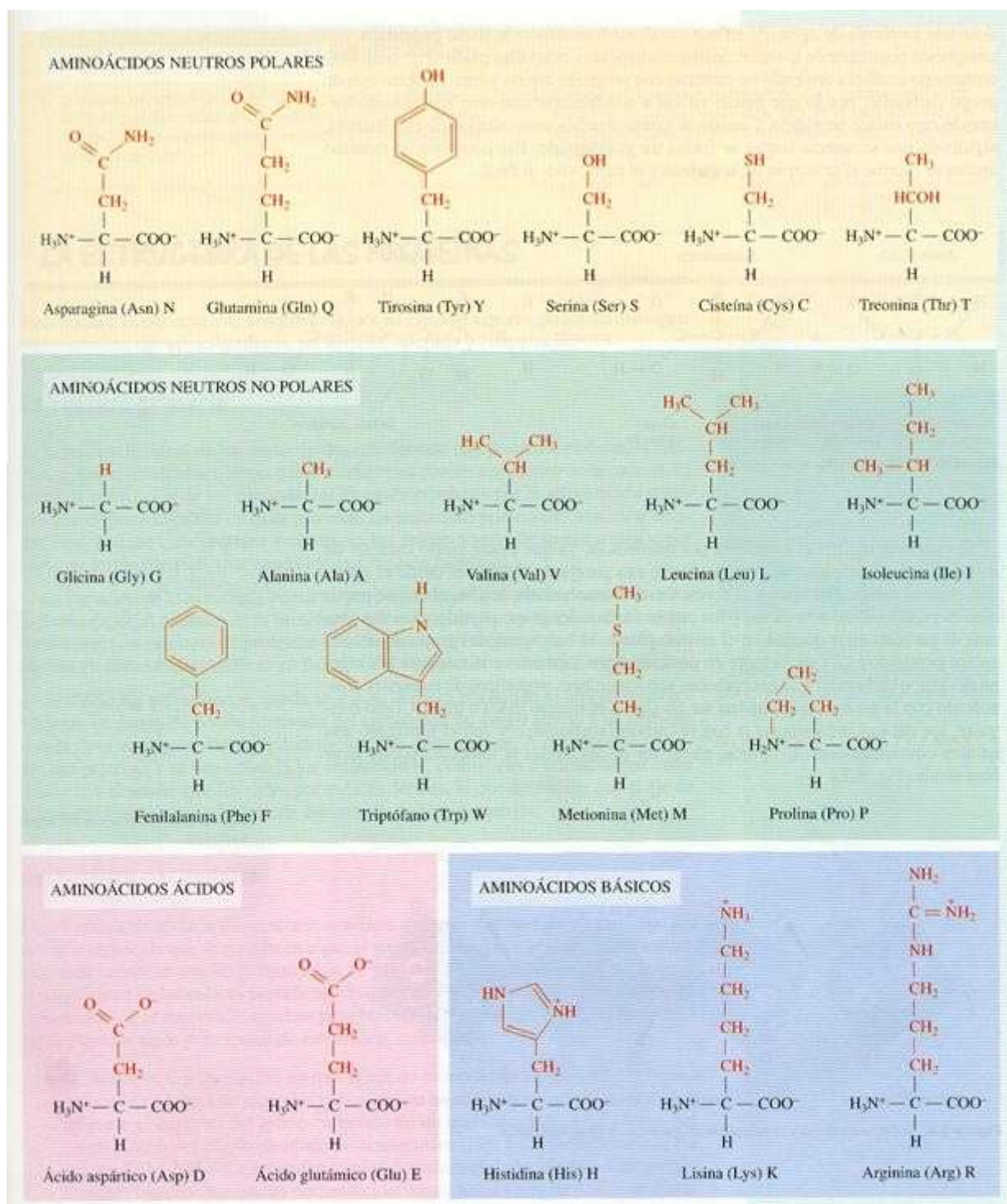


La forma dipolar, en un medio ácido, capta protones y se comporta como una base y en un medio básico libera protones y se comporta como un ácido. Este efecto **anfótero** de los aminoácidos permite la regulación del pH, que lo mantienen constante (efecto **amortiguador** o **tampón**)

2.3 Clasificación dos aminoácidos

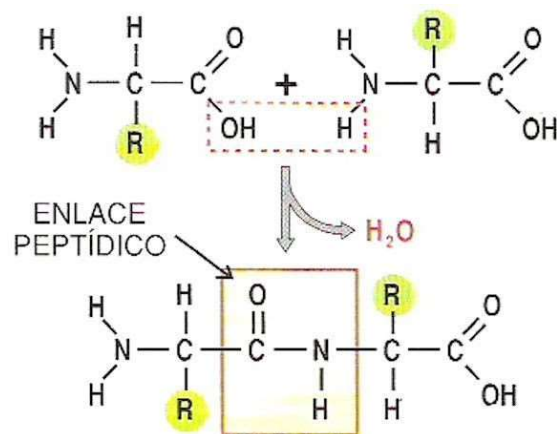
Clasifícanse en función da polaridade da cadea lateral (radical R), é dicir, da súa tendencia a interaccionar coa auga.

- Aminoácidos neutros apolares**, se o R é hidrófobo, o que diminúe a súa solubilidade en auga. Presentan cadeas de natureza alifática (lineal) ou con aneis aromáticos tipo benceno.
- Aminoácidos neutros polares**, se R é hidrófilo, con grupos polares, sen carga ($-\text{OH}$, $-\text{HS}\dots$), o que lles permite formar pontes de hidróxeno coa auga, o que aumenta a súa solubilidade.
- Aminoácidos ácidos (con carga negativa)**. Posúen carga eléctrica negativa porque teñen en R un grupo carboxilo cargado negativamente.
- Aminoácidos básicos (con carga positiva)**. Posúen carga eléctrica positiva porque teñen en R un grupo amino (básico) cargado positivamente.



2.4 Enlace peptídico

Os aminoácidos únense mediante o establecemento dun enlace peptídico entre o grupo carboxilo dun aminoácido e o grupo amino do seguinte aminoácido, con perda dunha molécula de auga. O enlace pódese romper mediante **hidrólise**, é dicir, mediante a adición dunha molécula de auga, xa que a reacción é reversible. As cadeas resultantes desta unión reciben o nome de péptidos ou cadeas peptídicas.



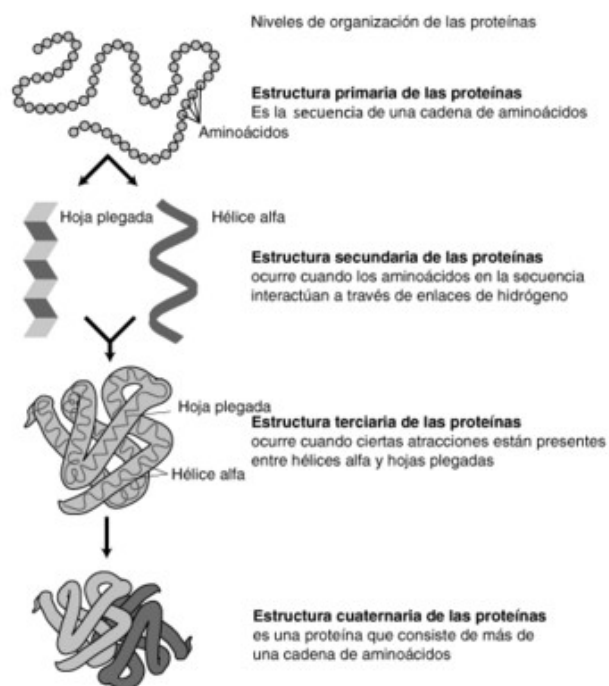
Características do enlace peptídico:

- Os átomos do grupo carboxilo (-CO-) e do grupo amino (-NH-) implicados no enlace sitúanse nun mesmo plano, mantendo unha distancia e un ángulo fixos e constantes.
- Ten carácter parcial de dobre enlace, polo que ten certa rixidez que impide o xiro dos átomos de carbono e nitróxeno ó redor do enlace. Porén, os enlaces N-C_α e C_α-C si teñen capacidade de rotación.
- Como ao establecer cada enlace peptídico libérase unha molécula de auga tamén será posible a reacción contraria: a rotura dese enlace por medio da auga. Os péptidos son polímeros hidrolizables e a súa hidrólise orixina aminoácidos.

Toda cadea peptídica, sexa da lonxitude que sexa, vai ter un grupo amino libre nun extremo (extremo N-inicial) e un grupo carboxilo libre no outro extremo (extremo C-terminal). Por convenio, os aminoácidos dunha cadea peptídica se numeran dende o extremo N-inicial ata o C-terminal.

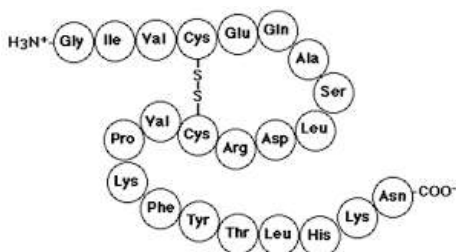
3. ESTRUTURAS DAS PROTEÍNAS

As proteínas posúen unha estrutura tridimensional única que lles confire unha actividade biolóxica específica. Esa estrutura está marcada pola secuencia de aminoácidos que compoñen cada proteína. Coñécense catro niveis estruturais, de complexidade crecente, coñecidos como estrutura **primaria**, **secundaria**, **terciaria** e **cuaternaria**, cada un dos cales se constrúe a partir do anterior. Os enlaces que constitúen a estrutura primaria son covalentes (peptídico), mentres que a maior parte dos enlaces que estabilizan os niveis estruturais superiores son de tipo non covalente.



3.1 Estrutura primaria

A **estrutura primaria** dunha proteína é a secuencia lineal de aminoácidos que forman a cadea, ordenados dende o extremo N-inicial do primeiro aminoácido ata o extremo C-terminal do último. Toda proteína ten logo un grupo amino e un grupo carboxilo libres nos extremos opostos. A secuencia indica os aminoácidos que forman a proteína e a orde en que se atopan unidos. Esta estrutura ven determinada xenéticamente e dela dependen as estruturas de niveis superiores.

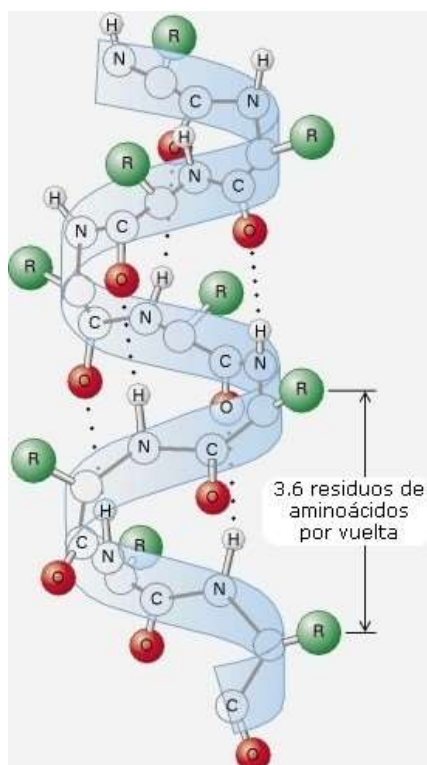


A cadea de aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos reciben o nome de cadea principal ou esqueleto, dela parten as cadeas laterais (radicais) que se dipoñen de forma alterna a un e outro lado da cadea principal. Se se altera a secuencia de aminoácidos da cadea, por adición, eliminación ou cambio dalgún aminoácido, producirase unha nova proteína que pode ter unha estrutura tridimensional diferente e por tanto unha función distinta.

3.2 Estrutura secundaria

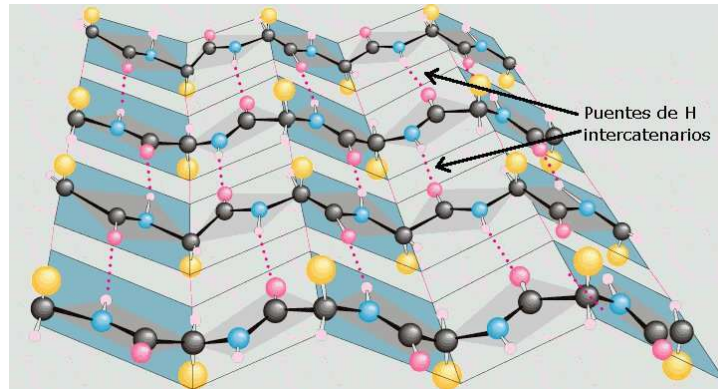
É a disposición que adopta no espazo a cadea de aminoácidos e se produce grazas á capacidade de xiro dos enlaces non peptídicos. Os radicais non actúan pois se sitúan cara o exterior das estruturas. As formas máis frecuentes de estrutura secundaria son a **hélice α** e a **lámina β** .

A **hélice α** orixínase ao enrolarse helicoidalmente a cadea peptídica sobre si mesma, en sentido dextrógiro; cada volta de hélice inclúe 3,6 aminoácidos. A estrutura da hélice mantense grazas a enlaces por pontes de hidróxeno intracatenarios entre grupos NH e CO de enlaces peptídicos de diferentes aminoácidos que quedan enfrontados. Os cadeas laterais (radicais) e os hidróxenos H quedan orientados cara fóra da hélice.



Non todas as proteínas presentan a configuración en hélice α , pois a presenza de determinados aminoácidos desestabiliza a estrutura, xa sexa porque posúen radicais moi voluminosos e próximos entre si, ou porque existen cargas eléctricas do mesmo signo en dous radicais moi próximos e se repelen.

Na **lámina β** a cadea polipeptídica presenta os aminoácidos en zig-zag. Cando a cadea se dobra sobre si mesma establécense unións por pontes de hidróxeno entre tramos adxacentes da mesma cadea, dando lugar a unha lámina moi estable. Os carbonos α quedan nas aristas do pregamento, mentres que as cadeas laterais (R) dos aminoácidos dispóñense alternativamente por riba e por debaixo desta estrutura. Esta estrutura pódese formar tamén unindo cadeas peptídicas diferentes.

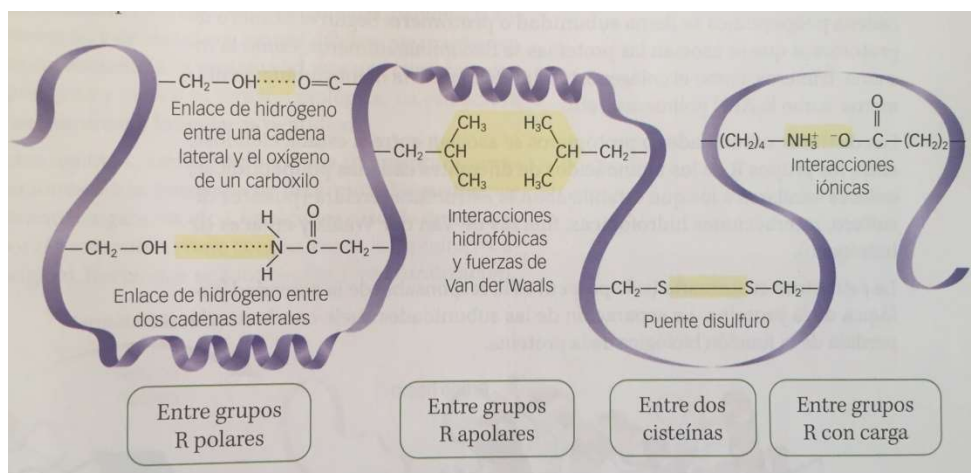


Existe outro modelo de estrutura secundaria que é a **hélice de coláxeno**. Neste modelo, os radicais dos aminoácidos presentan unha estrutura que dificulta a formación de pontes de hidróxeno, polo que non se forma unha hélice α , se non que se forma unha hélice especial, máis estendida, con 3 aminoácidos por volta e con xiro levóxiro. A estabilidade da hélice de coláxeno ven dada pola asociación de tres hélices, que se entrelazan entre si, dando lugar a unha **superhélice** ou unha molécula de coláxeno.



3.3 Estrutura terciaria

É a disposición que adopta a estrutura secundaria no espazo. Os responsables da estrutura terciaria son os radicais R que interaccionan entre si, dando así estabilidade á estrutura mediante o establecemento entre eles de enlaces fortes ou febles. Esta estrutura determina a función biolóxica da proteína. No momento en que se perde, a proteína perde a súa funcionalidade.



Os tipos de enlace que manteñen a estrutura terciaria poden ser de catro tipos:

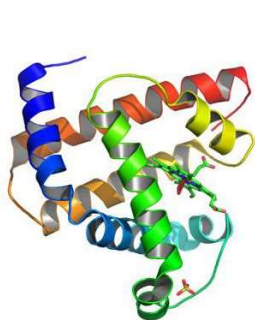
- **Pontes disulfuro** son fortes enlaces covalentes entre dous grupos -SH (cisteína).
- **Enlaces electrostáticos ou interaccións iónicas** entre grupos con carga oposta ($\text{-NH}_3^+ \dots \text{OOC}^-$)
- **Pontes de hidróxeno**
- **Enlaces hidrófobos ou forzas de Van der Waals** son as unións máis débiles e prodúcense entre aminoácidos apolares (entre os radicais aromáticos ou alifáticos).

Nalgúns casos é frecuente a repetición de segmentos con estrutura **hélice α** e a **lámina β** na mesma proteína, denominados dominios estruturais. Nese caso, as proteínas adoptan unha conformación globular.

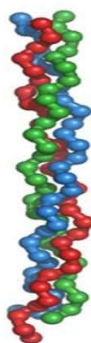
Conformación globular

A cadea polipeptídica reprégase dando formas esféricas ou globulares compactas, que se manteñen grazas ás interaccións entre os grupos radicais R ou cadeas laterais dos aminoácidos. Nela, os grupos apolares dos aminoácidos sitúanse no interior da cadea e os grupos polares no exterior. Esta disposición permite que as proteínas que a representan sexan solubles en auga e en disolucións salinas. A conformación globular é típica das proteínas globulares, coma a hemoglobina.

Proteínas globulares y fibrosas



Mioglobina



Colágeno

Ademais da conformación globular, existe unha **conformación fibrosa**, que estritamente non é unha estrutura terciaria. Prodúcese cando a estrutura secundaria non se reprega e non chega a formar unha estrutura terciaria, se non que forma estruturas alongadas e enroladas en torno a un eixe. Os grupos apolares das cadeas laterais dos aminoácidos están en contacto co exterior, o que fai que sexan insolubles en auga e en disolucións salinas. Este tipo de conformación dá lugar a proteínas con

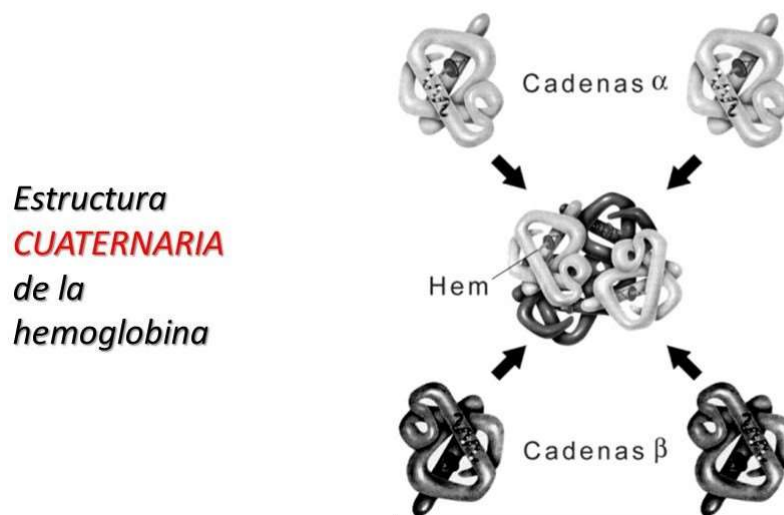
estruturas moi resistentes, ideais para desempeñar funcións estruturais, coma as β -queratinas e a fibroína da seda ou a α queratina do cabelo, plumas e unllas.

3.4 Estrutura cuaternaria

En ocasións existe outro nivel estrutural por riba do anterior. Isto ocorre unicamente cando a proteína está constituída por varias cadeas polipeptídicas, denominadas subunidades proteicas.

A estrutura 4ª é a disposición que adoptan no espazo as subunidades proteicas entre si. As unións entre elas realízanse mediante os mesmos tipos de enlaces que manteñen a estrutura 3ª, establecidos entre as cadeas laterais dos aminoácidos das distintas subunidades. A hemoglobina, as proteínas musculares e as inmunoglobulinas son exemplos de proteínas que presentan estrutura 4ª.

PROTEÍNAS estrutura CUATERNARIA



4. PROPIEDADES DAS PROTEÍNAS

1. Capacidade amortecedora

Están formadas por aminoácidos que debido ao seu comportamento anfótero, neutralizan os cambios de pH, liberando H^+ ou captándoos, é dicir, son disolucións tampóns ou amortecedoras.

2. Solubilidade

A solubilidade débese a que os grupos polares R atópanse localizados na superficie externa das proteínas e establecen enlaces por pontes de hidróxeno coa auga. En xeral, as proteínas fibrosas son insolubles en auga, e as globulares son solubles, pero, debido a súa elevada masa molecular forman dispersións coloidais.

3. Desnaturalización

A desnaturalización dunha proteína refírese á ruptura dos enlaces débiles que mantiñan a súa configuración tridimensional, é dicir, as estruturas cuaternaria, terciaria e secundaria, conservándose só os enlaces máis fortes, que son os enlaces covalentes da estrutura primaria. Os factores da desnaturalización son:

- Cambios de temperatura.
- Variacións de pH
- Presenza de certas substancias.
- Radiación ultravioleta.

O efecto máis visible deste fenómeno é que as proteínas perden a súa actividade biolóxica. En determinadas ocasións, a desnaturalización pode ser reversible e a proteína volve a súa conformación nativa (renaturalización). Isto prodúcese cando os factores son pouco intensos e actúan durante pouco tempo.

4. Especificidade

As proteínas son propias de cada especie de ser vivo e incluso de cada individuo. Non todas as proteínas son iguais entre os membros dunha mesma especie, cada individuo posúe proteínas específicas propias que se poñen de manifesto nos procesos de rexeitamento de órganos transplantados e transfusións sanguíneas. A maior parentesco entre especies, menores son as diferenzas nas súas proteínas; por exemplo a hemoglobina humana é máis parecida á do chimpancé que á do can.

5. FUNCIONES DAS PROTEÍNAS

1. Función de reserva

Teñen esta función a ovoalbúmina do ovo ou a caseína do leite que son unha reserva proteica de aminoácidos para o embrión. O gluten da semente do trigo tamén ten esta función.

2. Función estrutural

Forman parte das membranas celulares, tamén de cilios e flaxelos. Hai proteínas fibrosas como o **coláxeno** dos tendóns e a **queratina** de unllas e pelo que tamén teñen función estrutural.

3. Función de transporte

A **hemoglobina** que transporta O₂ en sangue en vertebrados, a **hemocianina** en invertebrados, a **mioglobina** transporta O₂ en músculos. Os **citocromos** transportan electróns na cadea respiratoria (mitocondrias) e na fase luminosa da fotosíntese (cloroplastos).

4. Función defensiva

Esta función é realizada basicamente polas gamma globulinas ou **inmunoglobulinas** que constitúen os anticorpos.

5. Función enzimática ou catalítica

As enzimas son proteínas con función biocatalizadora, é dicir, regulan as reaccións metabólicas (**amilasa, peptidasa...**)

6. Función homeostática

Axudan a manter o equilibrio do medio interno, regulando a salinidade, o pH e a concentración de glicosa. As proteínas plasmáticas participan regulando o pH grazas ó seu carácter anfótero.

7. Función reguladora ou hormonal

Algúns hormonas teñen natureza proteica como son a **insulina**, o **glicagón**, a **hormona do crecemento**, a **tiroxina**...

8. Función contráctil

A **actina** e a **miosina** asóciase entre si e forman as miofibrilas que permiten a contracción e relaxación das fibras musculares.

6. CLASIFICACIÓN DAS PROTEÍNAS

Dende un punto de vista químico, as proteínas clasifícanse en dous grandes grupos:

a) **Holoproteínas** ou proteínas simples.

Están formadas só por aminoácidos. Poden ser globulares (cun alto grao de pregamento e normalmente solubles) ou filamentosas (con estrutura terciaria menos complexa e insolubles).

Dentro das **globulares** destacan:

- **Albúminas**: realizan funcións de transporte de outras biomoléculas ou de reserva de aminoácidos. Lactoalbúminas, ovoalbúminas e seroalbúminas.
- **Globulinas**
- **Histonas**: asociadas ao ADN para formar a cromatina.

Dentro das **filamentosas** destacan:

- **Queratina**: presente en células da epiderme da pel e en pelo e unllas.
- **Coláxeno**: presente en tecidos conxuntivo, cartilaxinoso e óseo. Posúe unha estrutura característica formada por tres cadeas polipeptídicas distintas enroladas formando unha triple hélice.

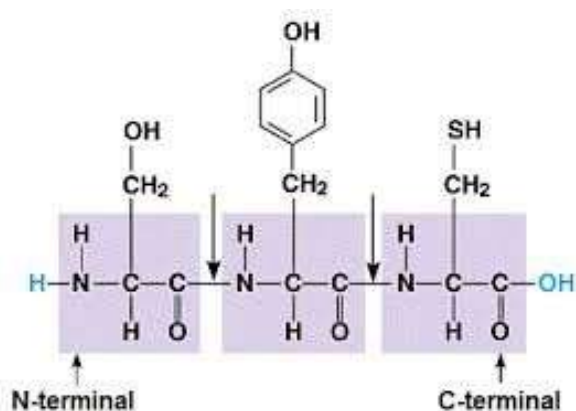
b) **Heteroproteínas** ou proteínas complexas.

Están formadas por unha parte proteica e unha non proteica chamada **grupo prostético**. Según sexa este grupo clasifícanse en:

- **Lipoproteínas**: transportan os lípidos dende o intestino ata o fígado, os músculos e as membranas celulares. As máis coñecidas son as HDL e as LDL.
- **Fosfoproteínas**: o seu grupo prostético é o ácido fosfórico. Son proteínas de alta calidade, por ex. a caseína do leite, a vitelina da xema do ovo.
- **Glicoproteínas**: aparecen nas membranas celulares e tamén destacamos ás inmunoglobulinas con función de anticorpos.
- **Cromoproteínas**: o seu grupo prostético é un pigmento. Destacan a hemoglobina, a mioglobina, os citocromos.

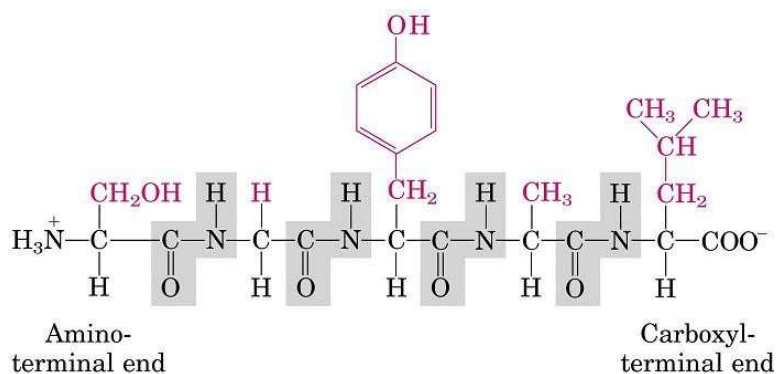
CUESTIÓNS

- 1.- a) Que tipo de biomolécula se representa? b) Que tipo de enlace característico aparece?
c) Que niveis estruturais poden establecer estas moléculas?



2.- Explica esquemáticamente a estrutura secundaria das proteínas. Que tipo de enlaces interveñen para estabilizala? Por que a presenza de aminoácidos con cargas iguais ou radicais moi grandes pode desestabilizar a estrutura secundaria?

- 3.- a) A que tipo de biomoléculas pertence a que aparece na figura? b) Indica os compoñentes moleculares que a forman. c) Explica o tipo de enlace que se establece entre ditos compoñentes. d) Comenta tres funcións celulares destas biomoléculas.



4.- a) En que consiste a desnaturalización dunha proteína e cales son as súas consecuencias biolóxicas? b) Que axentes poden causar a desnaturalización?

5.- Escribe a fórmula xeral dun aminoácido indicando cal é a súa propiedade máis importante e formula o composto resultante da unión de tres aminoácidos. Que tipo de enlace se establece entre cada un deles e como se chama este enlace? Que outros tipos de enlaces manteñen estable as distintas estruturas das cadeas polipeptídicas?

6.- Identifica a biomolécula que aparece na figura e indica as súas características ou propiedades químicas. De que tipo de principios inmediatos forma parte? Se se enlazan dúas destas moléculas, que clase de molécula resultaría? Como se formaría o enlace e que nome recibe?