

# LES PROTEÏNES



# Les proteïnes 1

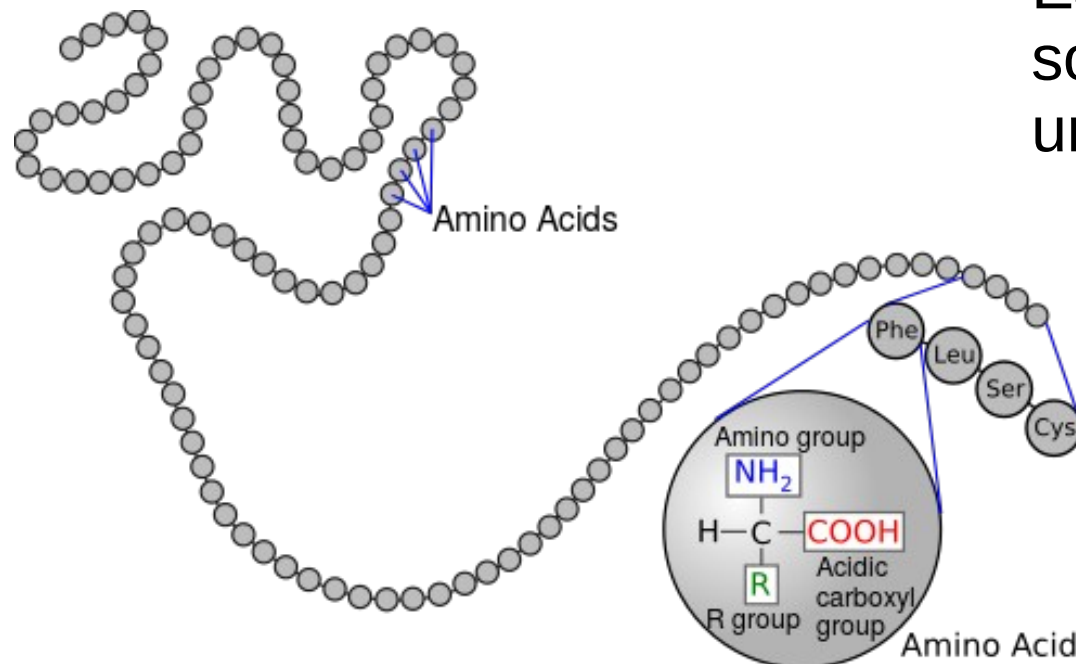
- **Els aminoàcids. Propietats i classificació.**
- **Pèptids. L'enllaç peptídic.**
- Les proteïnes. Estructures.
- Les proteïnes. Propietats, funcions i classificació.

# Què són les proteïnes?

Les proteïnes són biomolècules formades bàsicament per **C, O, H i N** i sovint contenen **S**. Algunes, a més, altres elements.

Constitueixen aproximadament el 50% del pes sec de la cèl·lula i són les molècules fonamentals en l'organització i funcionament cel·lular, no només per la seva abundància, sinó per la gran varietat de funcions que realitzen.

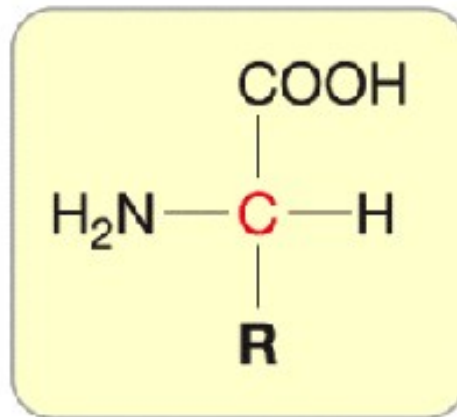
Estructuralment les **proteïnes** són polímers formats per la unió d'**aminoàcids** (monòmers).

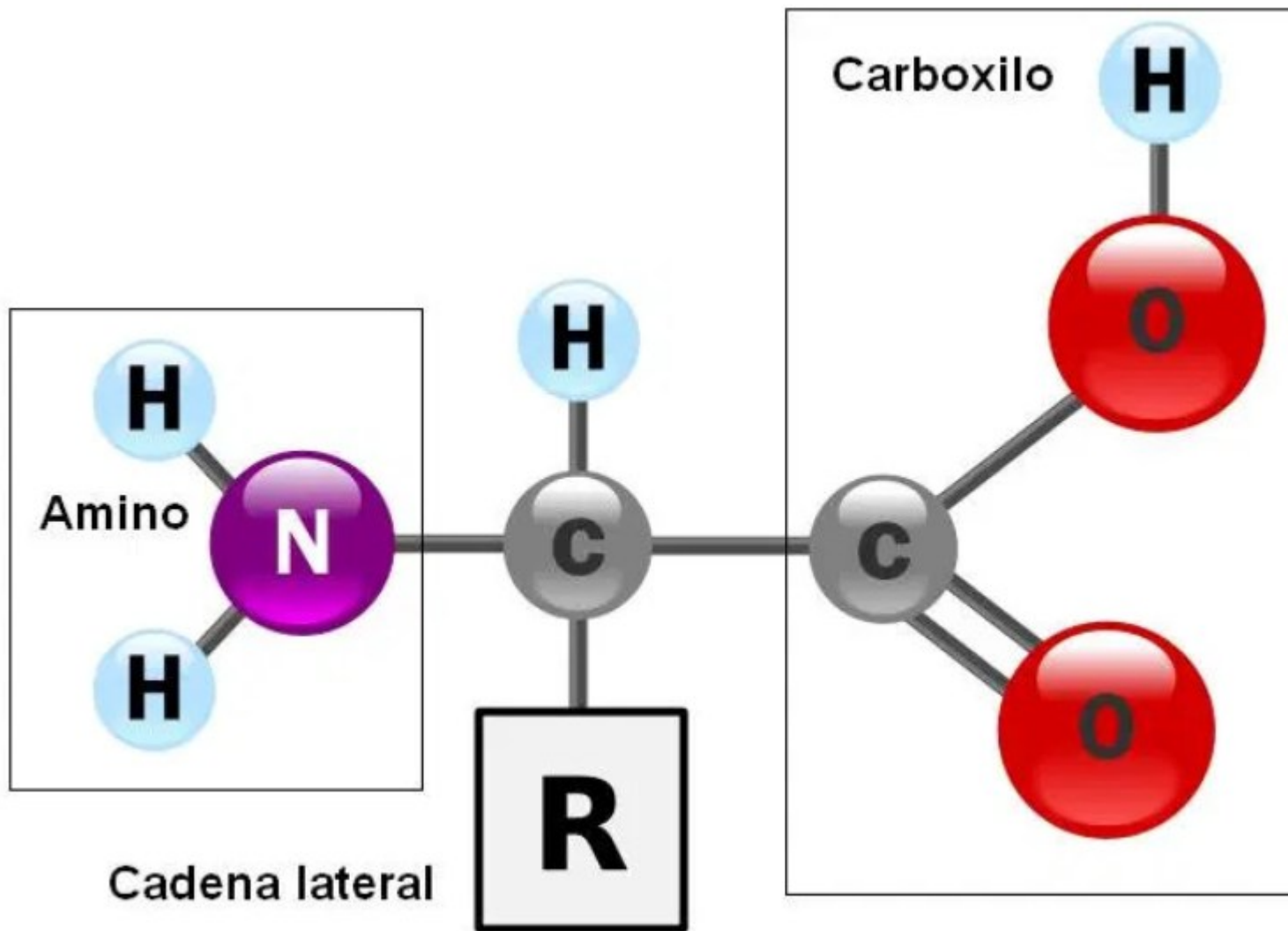


# Els aminoàcids

Els aminoàcids són compostos orgànics de baix pes molecular formats per:

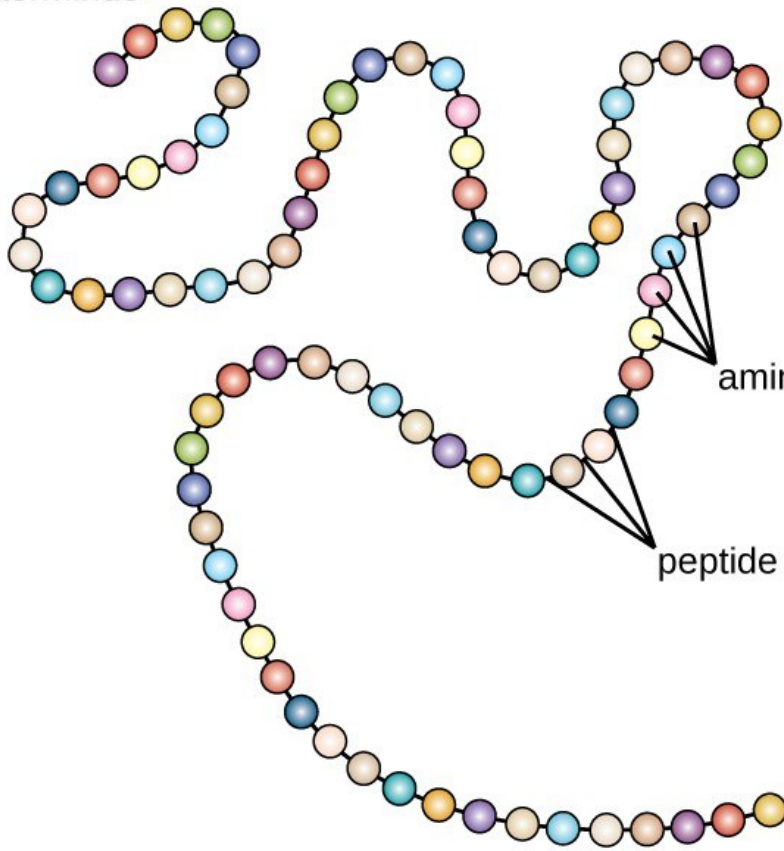
- Un àtom de C central (**C $\alpha$** ).
- Un grup carboxil o àcid (**COOH**).
- Un grup amino (**NH<sub>2</sub>**).
- Un àtom d'**H**.
- Un **radical variable**. Segons aquest, hi ha 20 aminoàcids.





Aminoàcid. Model de boles.

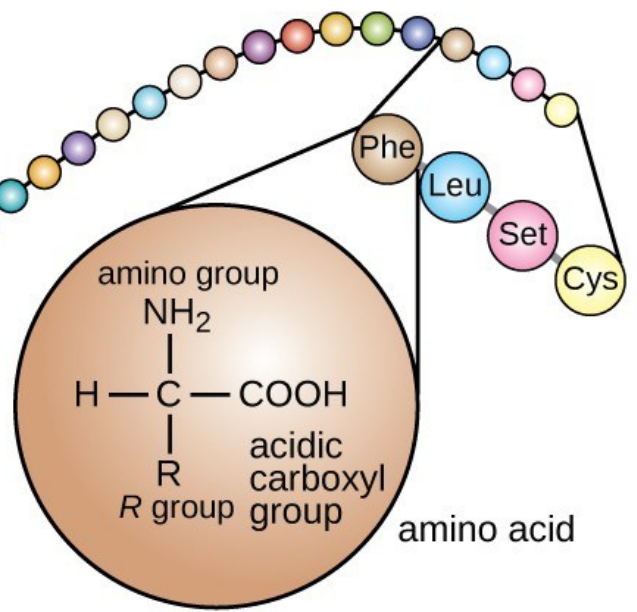
free amino group,  
N-terminus



amino acids

peptide bonds

free carboxyl group,  
C-terminus



amino acid

Les proteïnes són cadenes d'aminoàcids formades per la combinació de només 20 **aminoàcids**.



Hi ha 20 aminoàcids diferents formant part de les proteïnes.

Les cèl·lules animals no són capaces de sintetitzar els vint tipus d'aminoàcids. Els que no poden sintetitzar s'anomenen **aminoàcids essencials** i han de ser ingerits en la dieta. Per a l'espècie humana són essencials vuit aminoàcids: treonina, metionina, lisina, valina, triptòfan, leucina, isoleucina i fenilalanina. A més, pot afegir-se la histidina com a essencial durant el creixement, però no per l'adult.



# Propietats físiques dels aminoàcids

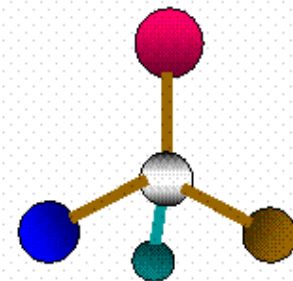
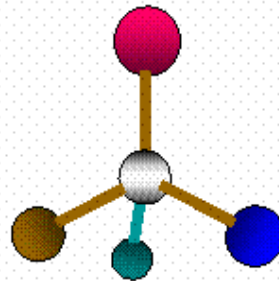
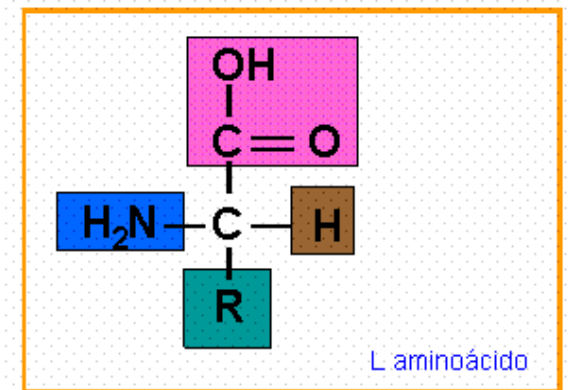
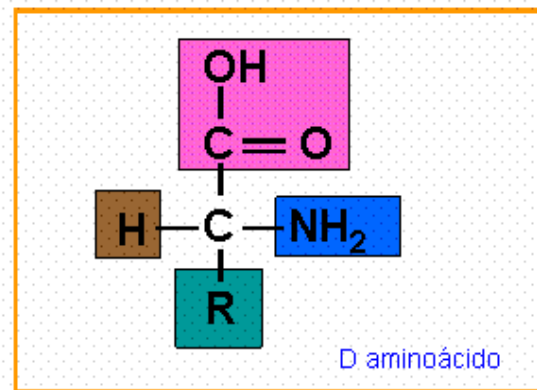
- Sòlids, cristal·lins, solubles en aigua, punt de fusió elevat.
- Tots, menys la glicina, tenen al menys un **C $\alpha$**  asimètric: a causa d'això els aminoàcids presenten **activitat òptica**. Hi ha aminoàcids dextrogirs i aminoàcids levogirs.
- Els quatre grups substituents de l'àtom de carboni poden ocupar dos posicions diferents a l'espai donant lloc a 2 **esteroisòmers** o **isòmers espacials**:

## Isòmer D:

grup -NH<sub>2</sub> a la dreta.

## Isòmer L:

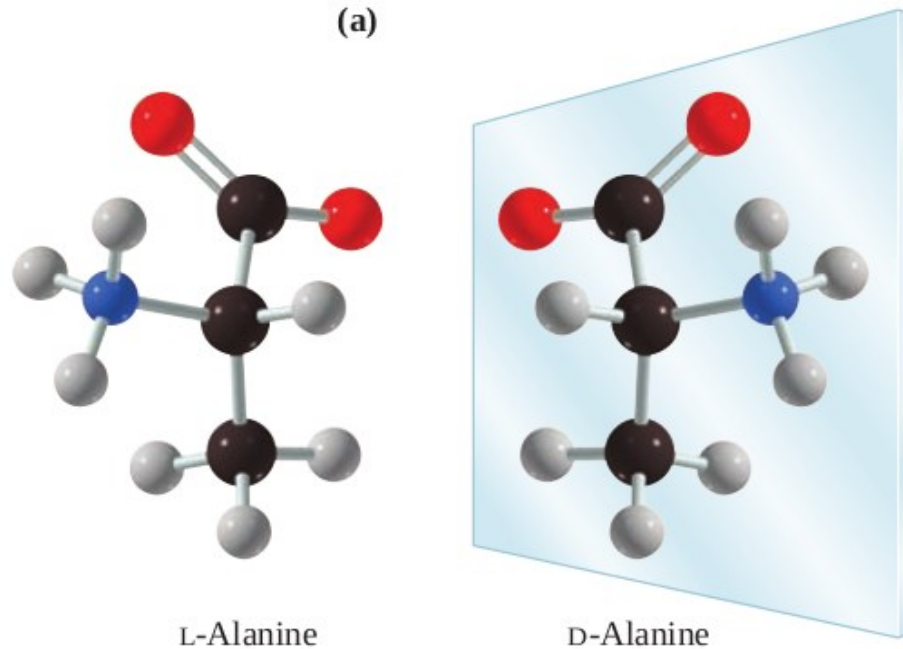
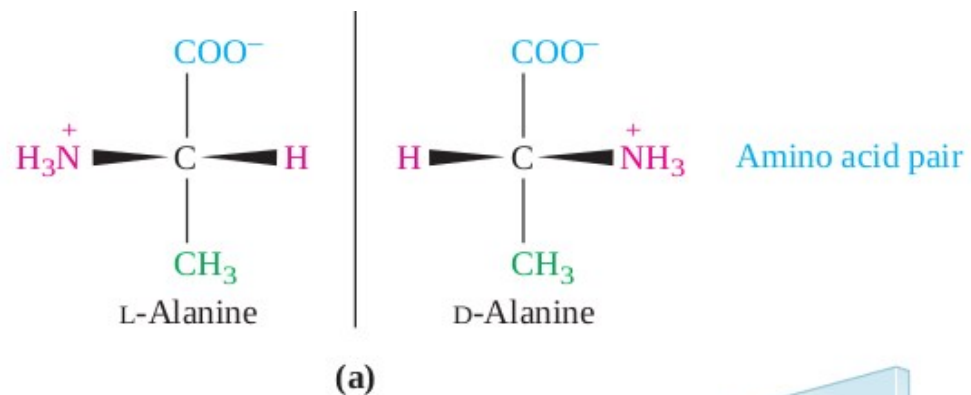
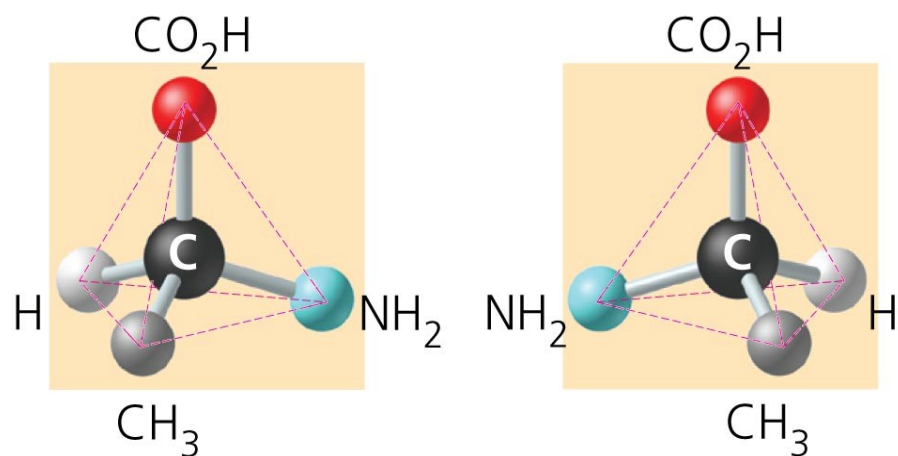
grup -NH<sub>2</sub> a l'esquerra.

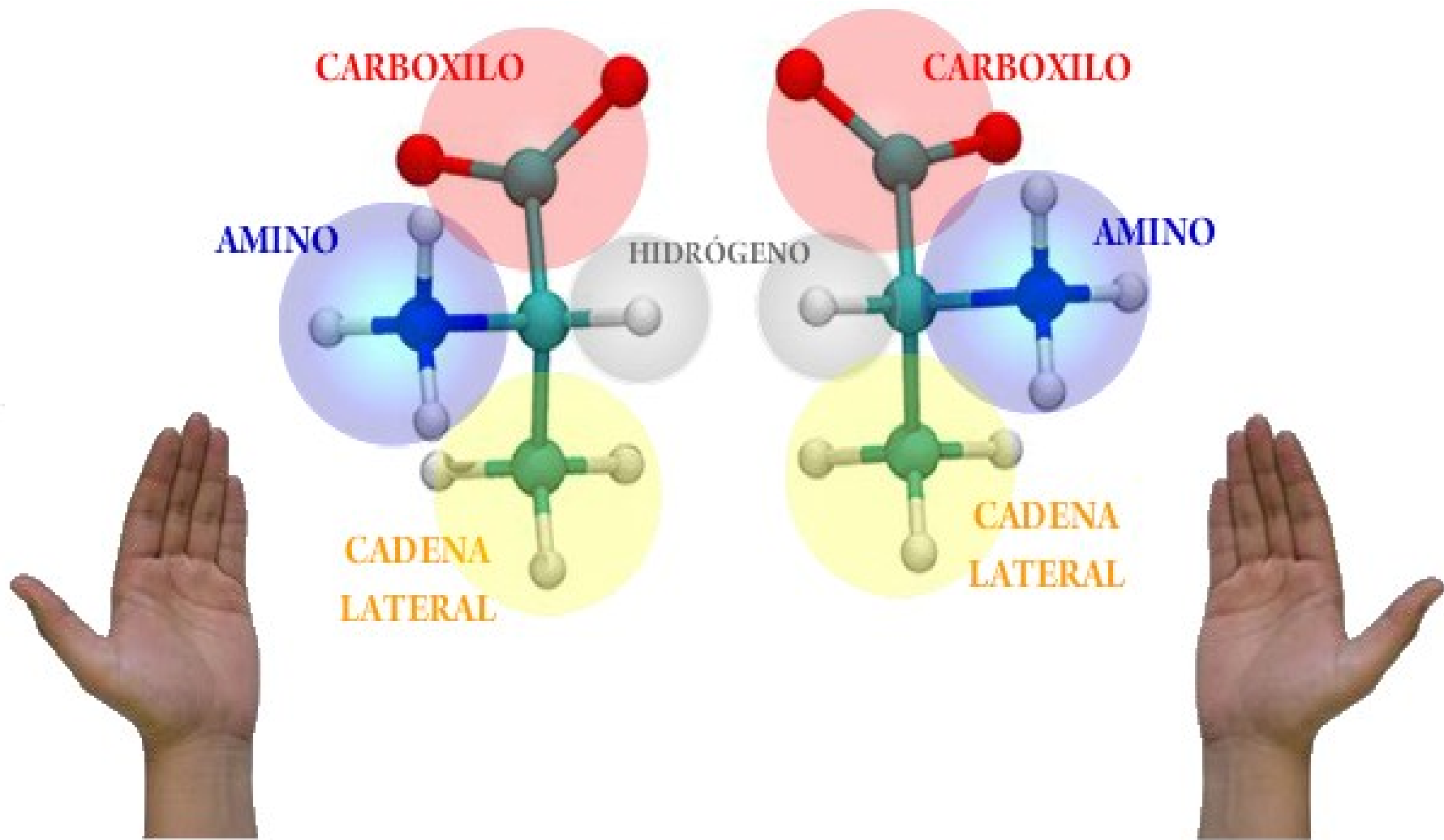


**Només les formes L  
formen part de les  
proteïnes !!**



Els estereoisòmers D i L d'un aminoàcid són **imatges especulars** o **enantiòmers** entre si.

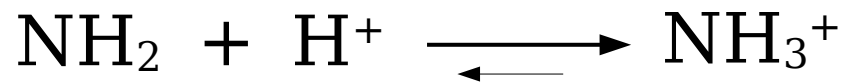
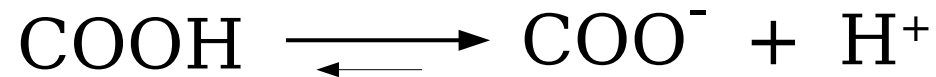




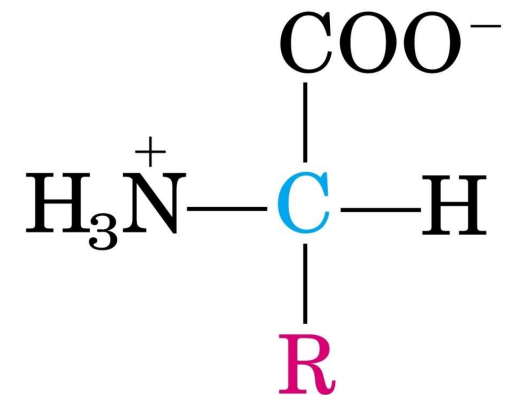
## Propietats químiques dels aminoàcids

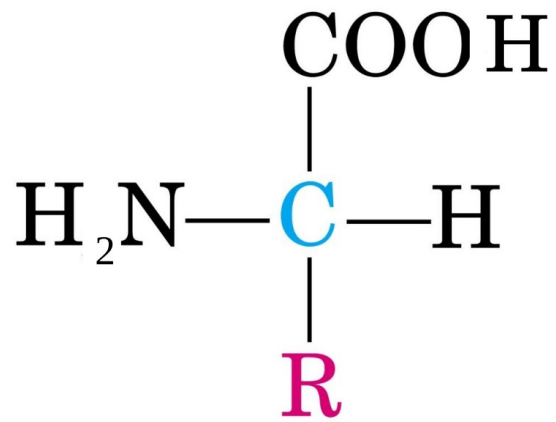
En dissolució aquosa els aminoàcids mostren un **comportament amfòter**: poden comportar-se com un àcid i cedir  $H^+$  o com una base i captar  $H^+$  segons el pH del medi en el que es trobin.

A pH neutre, el grup carboxil ( $COOH$ ) es comporta com un àcid, cedint protons al medi i el grup amino ( $NH_2$ ) es comporta com una base, captant protons del medi.

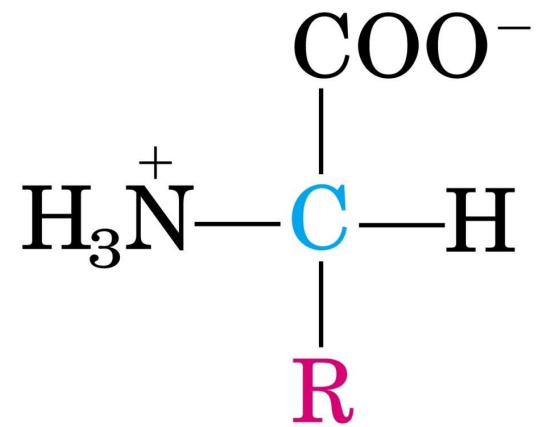


Aquesta és la causa per la qual els aminoàcids, a pH fisiològic (7,4), es troben majoritàriament en forma d'**ió dipolar neutra**.





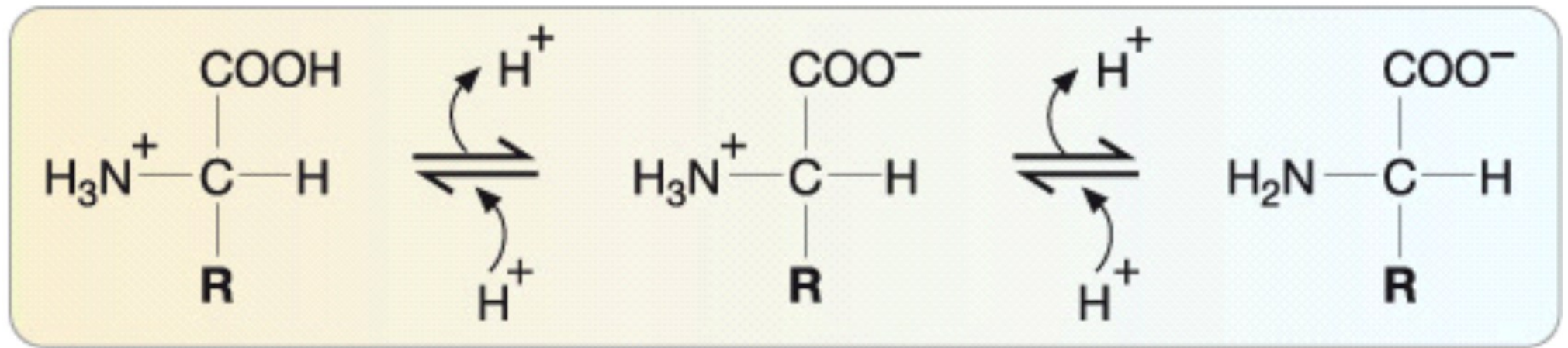
Forma no dissociada de l'aminoàcid.



Forma dissociada de l'aminoàcid  
(forma ionitzada predominant a pH neutre)

En medi aquós els aminoàcids es troben ionitzats: es poden trobar carregats positivament, negativament o en forma neutra. Depèn del pH del medi predominaran més unes formes o unes altres.

**Si canvia el pH del medi, canvia la càrrega de l'aminoàcid.**



Forma catiònica (+) de l'aminoàcid.

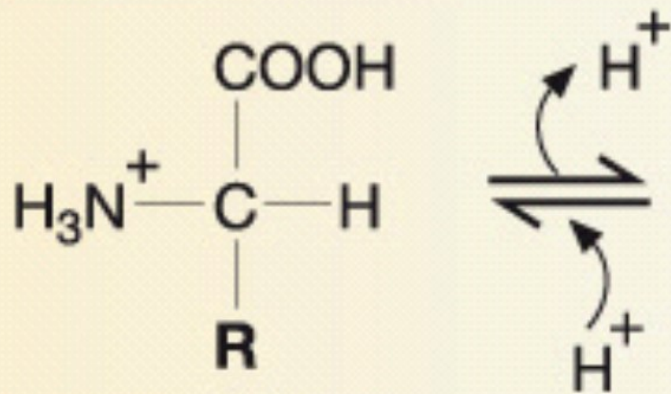
**pH molt àcid**

Zwitterió  
Forma dipolar neutra.

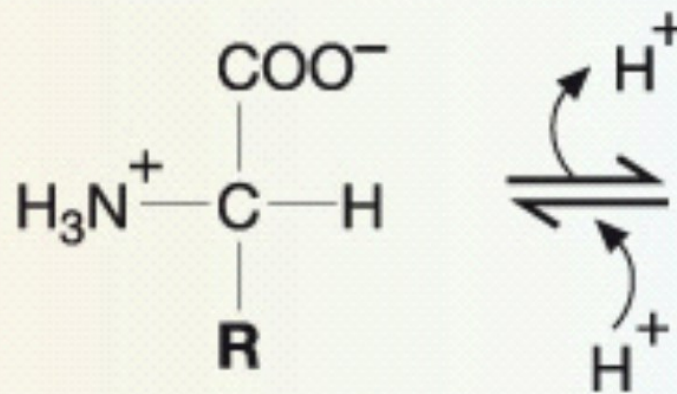
**pH neutre**

Forma aniònica (-) de l'aminoàcid.

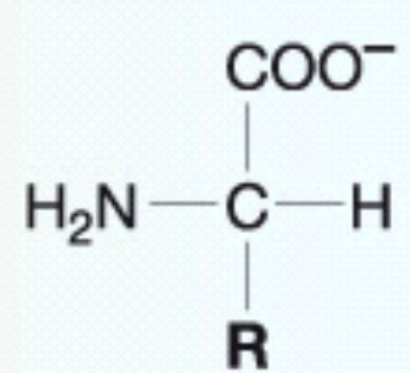
**pH molt bàsic**



Forma catiònica (+).  
Forma predominant a **pH molt àcid**



Zwitterió  
Forma dipolar neutra  
**pH neutre**



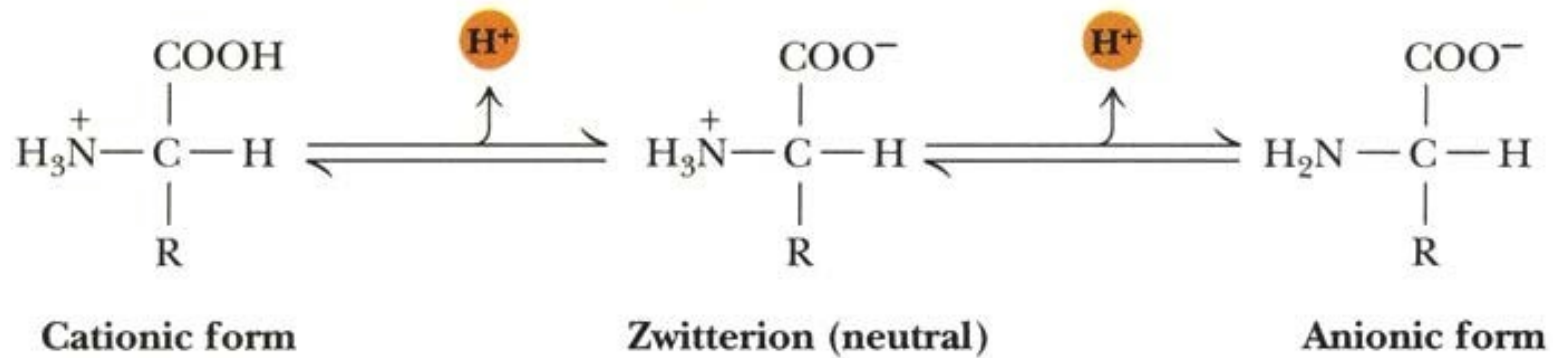
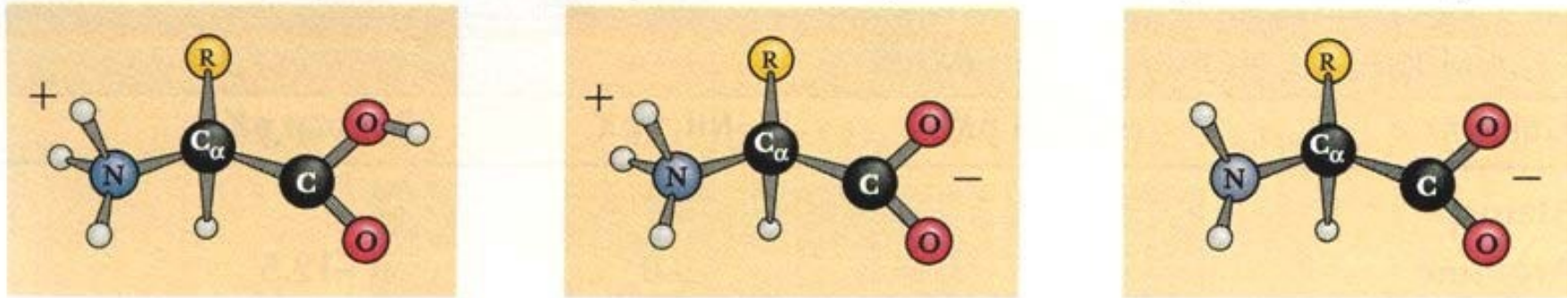
Forma aniònica (-).  
Forma predominant a **pH molt bàsic**

Si canvia el pH del medi, canvia la càrrega de l'aminoàcid.

El fet que els grup amino i carboxil siguin ionitzables fa que un mateix aminoàcid tingui carrega negativa, positiva o neutra segons sigui el pH del medi.

- Quan al medi abunden els  $H^+$  (pH àcid), l'aminoàcid tendeix a captar-los, comportant-se com una base, i queda carregat positivament.
- Quan al medi manquen  $H^+$  (pH bàsic) l'aminoàcid tendeix a alliberar-ne, comportant-se com un àcid, i queda carregat negativament.

Existeix un valor de pH en el que l'aminoàcid es troba en forma de ió dipolar neutra. La càrrega elèctrica neta de la molècula és 0. Aquest pH s'anomena **punt isoelèctric** i és característic de cada aminoàcid.

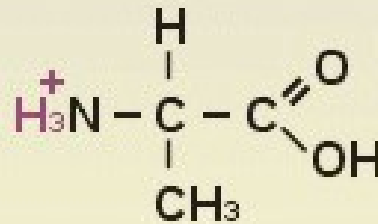


El **punt isoelèctric** d'un aminoàcid és el valor de pH en el qual l'aminoàcid presenta una càrrega elèctrica neta igual a 0.



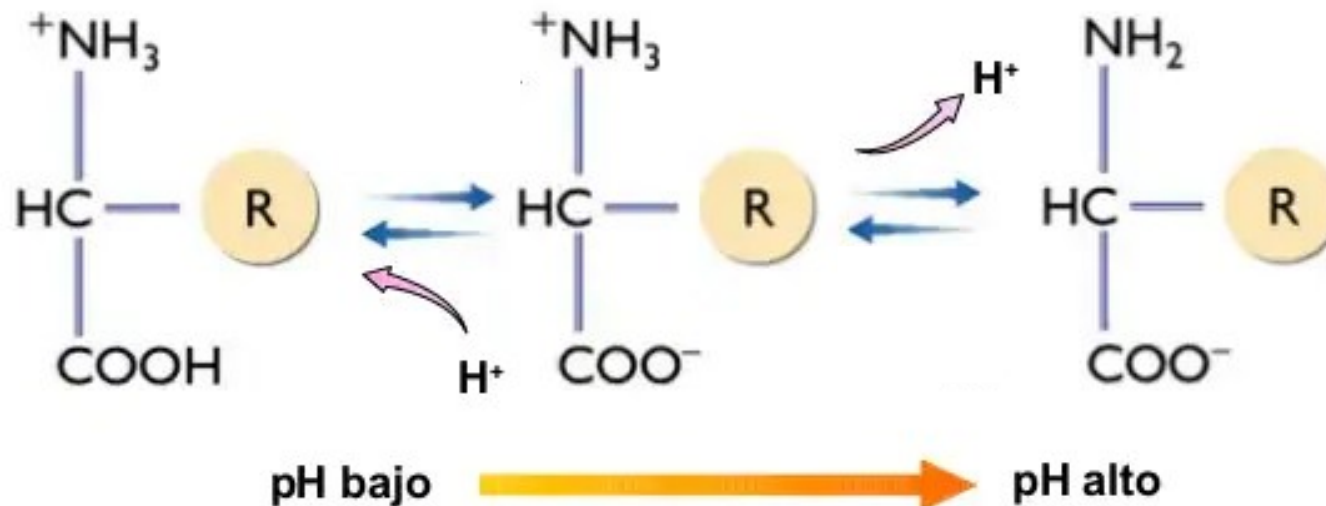
# Punto isoeléctrico

pH= 1

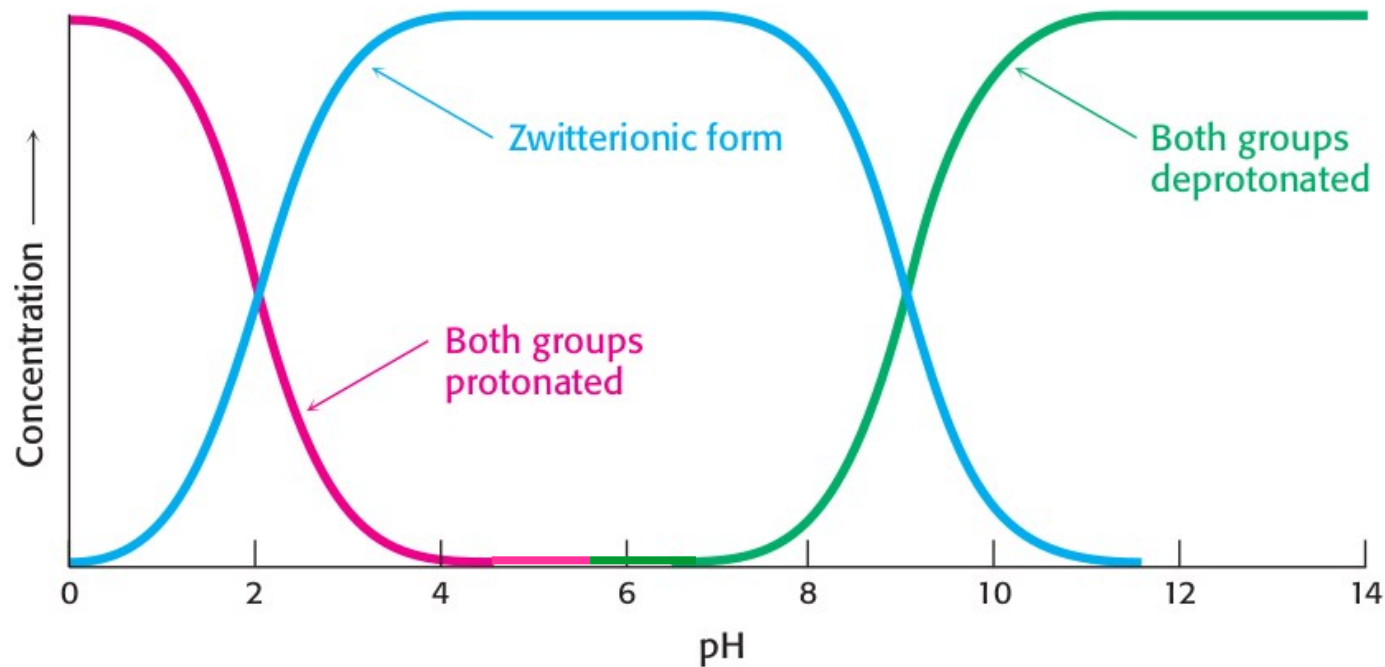
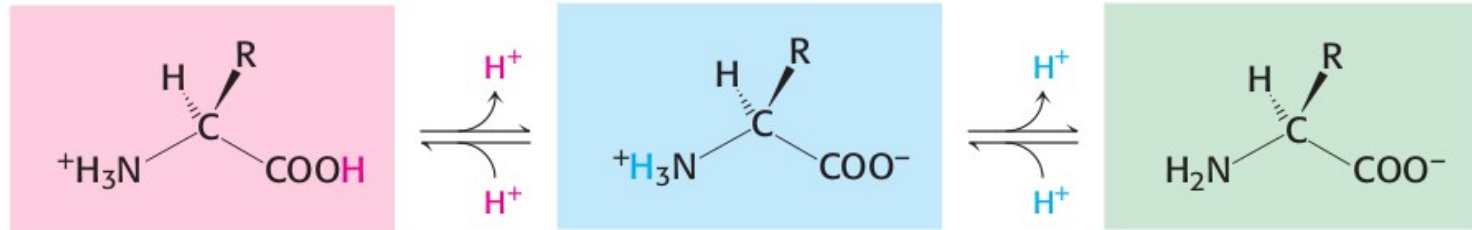


Clica al damunt de la imatge per veure-la en moviment

Gràcies al seu caracter àcid-bàsic, **els aminoàcids mantenen constant el pH del medi: tenen un efecte amortidor o tampó.**



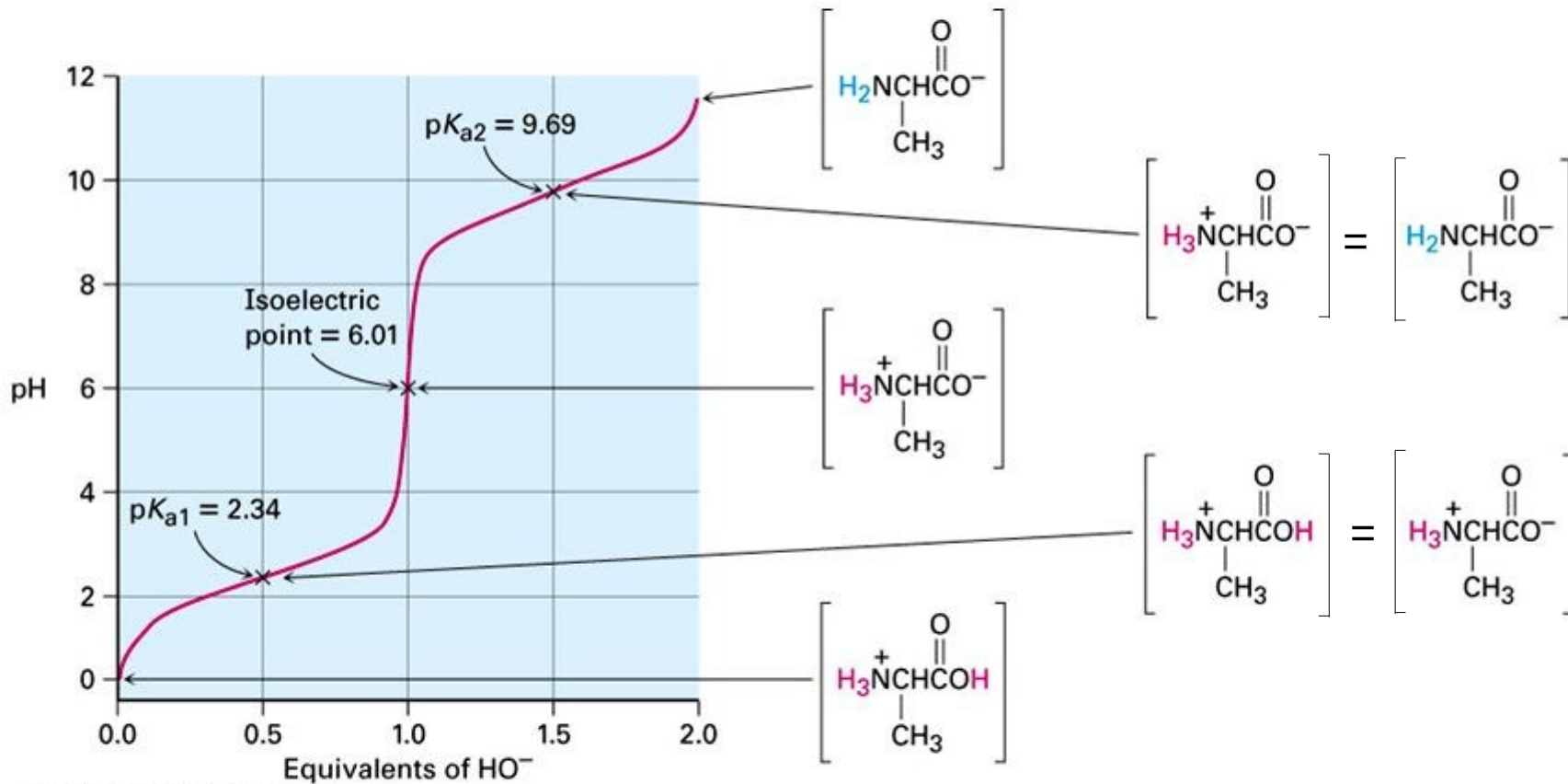
La forma dipolar, en un medi àcid, capta protons i es comporta com una base i en un medi bàsic, allibera protons i es comporta com un àcid. D'aquesta manera regulen el pH del medi i el mantenen constant.



**Estat d'ionització dels aminoàcids en funció del pH. La forma ionitzada predominant canvia en funció del pH. El zwitteriò és la forma que predomina al voltant del pH fisiològic (7,4).**

En una dissolució molt àcida, el grup amino està protonat ( $\text{NH}_3^+$ ) i el grup carboxil no està dissociat ( $\text{COOH}$ ). Quan el pH s'eleva, el grup carboxil és el primer en cedir un protó. La forma dipolar predomina fins a pH molt bàsics en que el grup amino protonat perd el protó.

# Curva de titulación de la alanina



© 2007 Thomson Higher Education

Corba de valoració de l'aminoàcid alanina. S'indiquen les formes iòniques predominants per a cada valor de pH. En el punt isoelèctric el 100% de l'aminoàcid es troba amb càrrega neta 0.

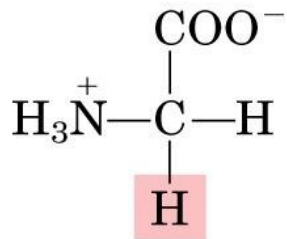
# Classificació dels aminoàcids

Segons la polaritat dels grup R i la càrrega elèctrica, els aminoàcids és classifiquen en:

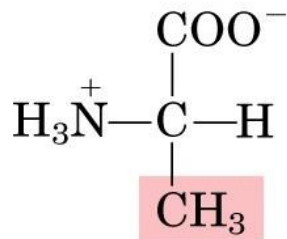
- No polars o hidrofòbics.
- Polars sense càrrega.
- Polars amb càrrega negativa o àcids.
- Polars amb càrrega positiva o bàsics.

## Aminoàcids amb grups R no polars o hidrofòbics

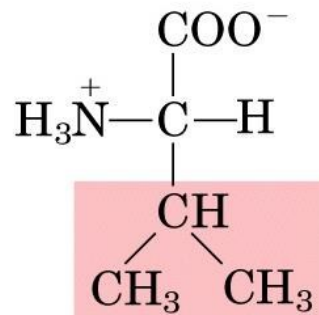
- Els seus radicals R són una **cadena hidrocarbonada**. Són neutres i insolubles en aigua.
- Normalment es troben a la part més interna de les proteïnes globulars, interaccionant entre ells i allunyats del medi aquós en el que es troba immersa la proteïna.
- Són glicina, alanina, valina, prolina, triptòfan, leucina, metionina, isoleucina i fenilalanina.



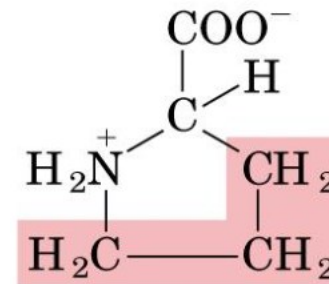
Glicina (Gly)



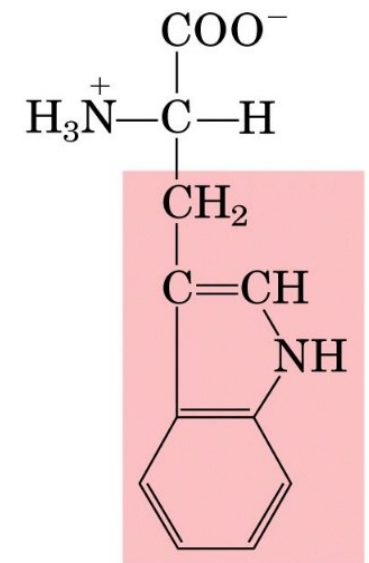
Alanina (Ala)



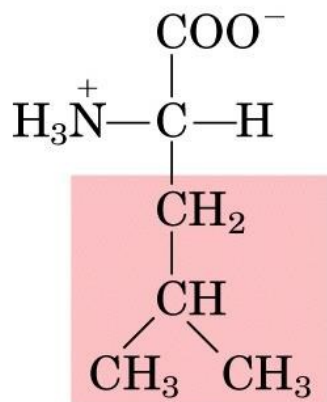
Valina (Val)



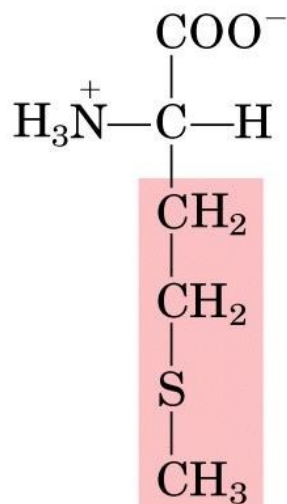
Prolina (Pro)



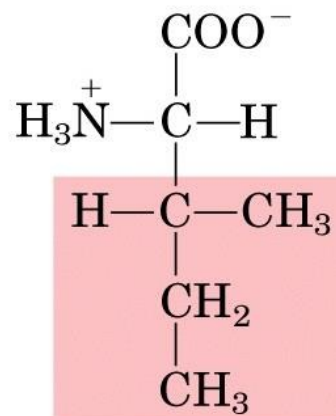
Triptòfan (Trp)



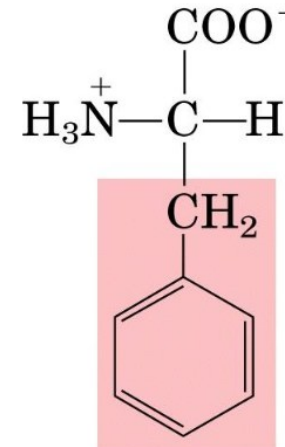
Leucina (Leu)



Metionina (Met)



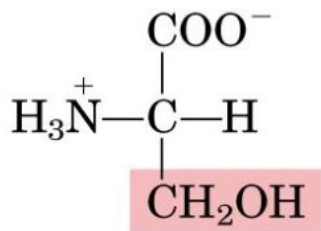
Isoleucina (Ile)



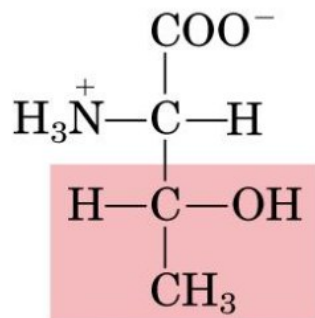
Fenilalanina (Phe)

## Aminoàcids amb grups R polars sense càrrega

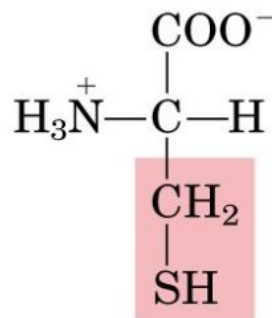
- El radical R és una cadena **hidrocarbonada curta amb grups polars** (grups hidroxil, sulfhidril i amida) que formen enllaços d'hidrogen amb l'aigua. Són solubles en aigua. A pH 7 el radical no es troba dissociat, per tant són electricament neutres.
- Són serina, treonina, cisteïna, tirosina, asparagina i glutamina.



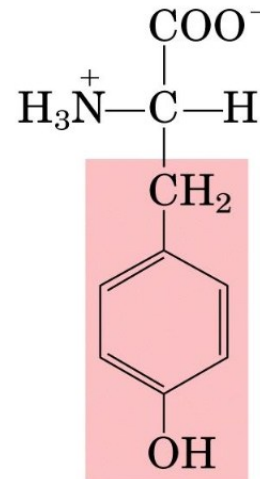
Serina  
(Ser)



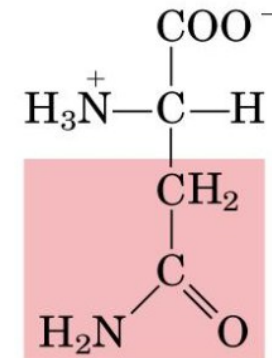
Treonina  
(Thr)



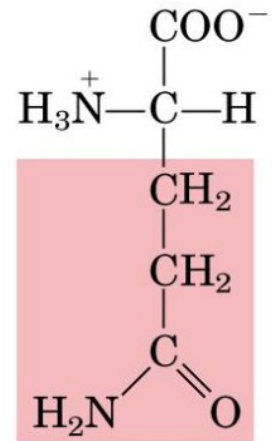
Cisteïna  
(Cys)



Tirosina  
(Tyr)



Asparagina  
(Asn)

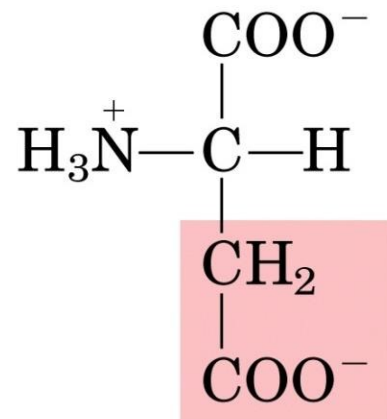


Glutamina  
(Gln)

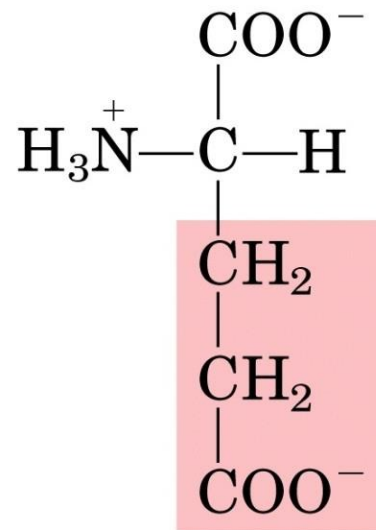


## Aminoàcids amb grups R polars amb càrrega negativa o àcids

- El radical R presenta un grup **carboxil (COOH)**. A pH neutre o bàsic mostren càrrega neta negativa.
- Són l'àcid aspàrtic (asp) i l'àcid glutàmic (glu).

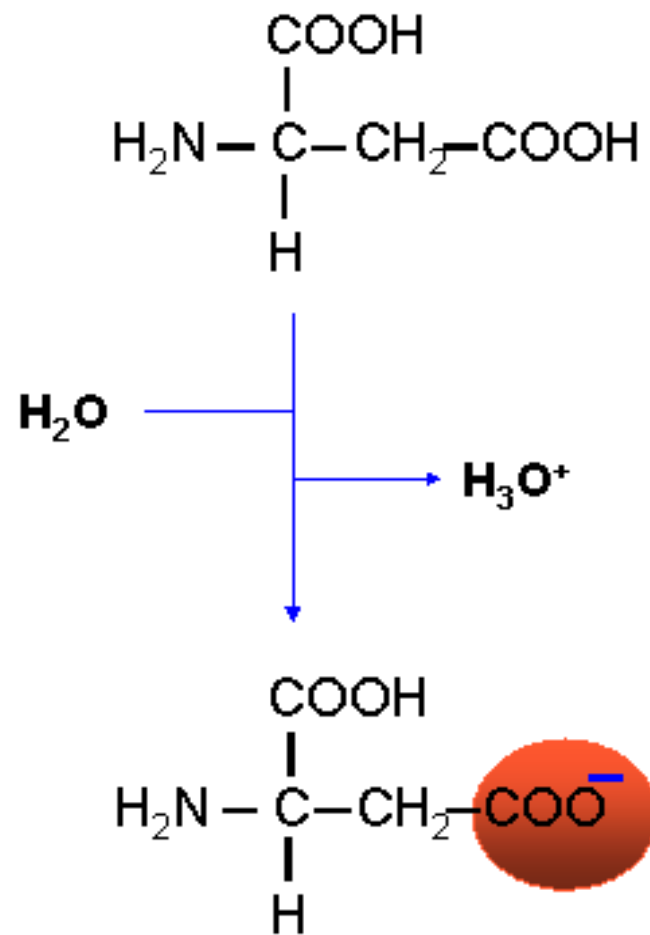


Àcid aspàrtic  
(Asp)



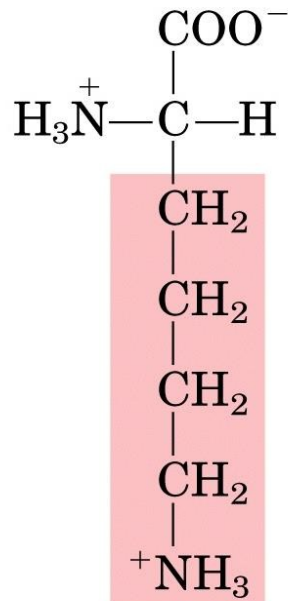
Àcid glutàmic  
(Glu)

Los aminoácidos polares ácidos, aminoácidos del grupo III, tienen el resto R ionizado, cargado con una carga negativa, cuando están en medio neutro o básico. Esto aporta cargas negativas a las proteínas en las que se encuentran.

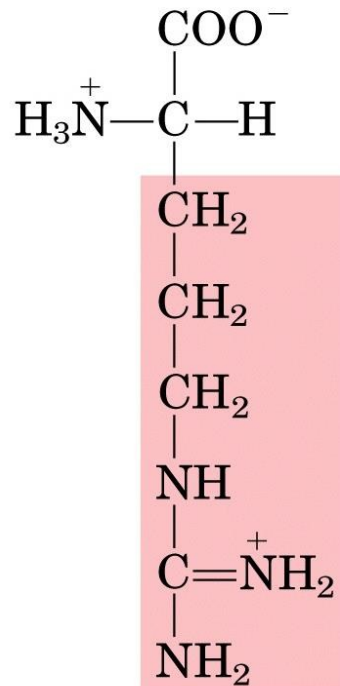


## Aminoàcids amb grups R polars amb càrrega positiva o bàsics

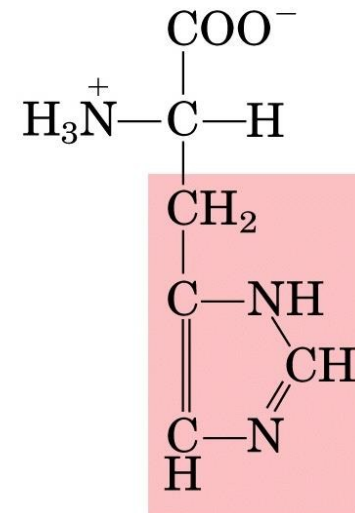
- El radical R presenta un **grup amino (NH<sub>2</sub>)**. A pH neutre o àcid mostren càrrega neta positiva.
- Són lisina, arginina i histidina.



Lisina  
(Lys)

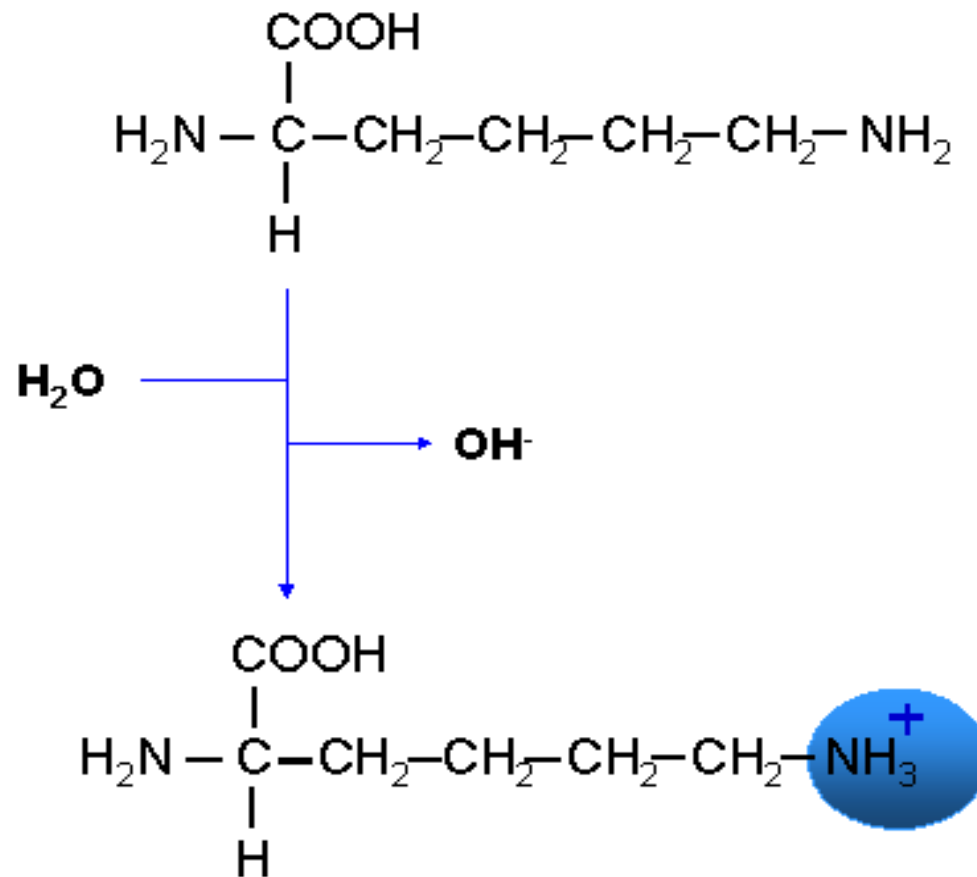


Arginina  
(Arg)



Histidina  
(His)

Los aminoácidos polares básicos, aminoácidos del grupo IV, tienen el resto R ionizado, cargado con una carga positiva, cuando están en medio neutro o ácido. Esto aporta cargas positivas a las proteínas en las que se encuentran.



# Els pèptids i l'enllaç peptídic

Els pèptids són compostos formats per dos o més aminoàcids units per *enllaç peptídic*.

**Dipèptid:** dos aminoàcids.

**Tripèptid:** tres aminoàcids.

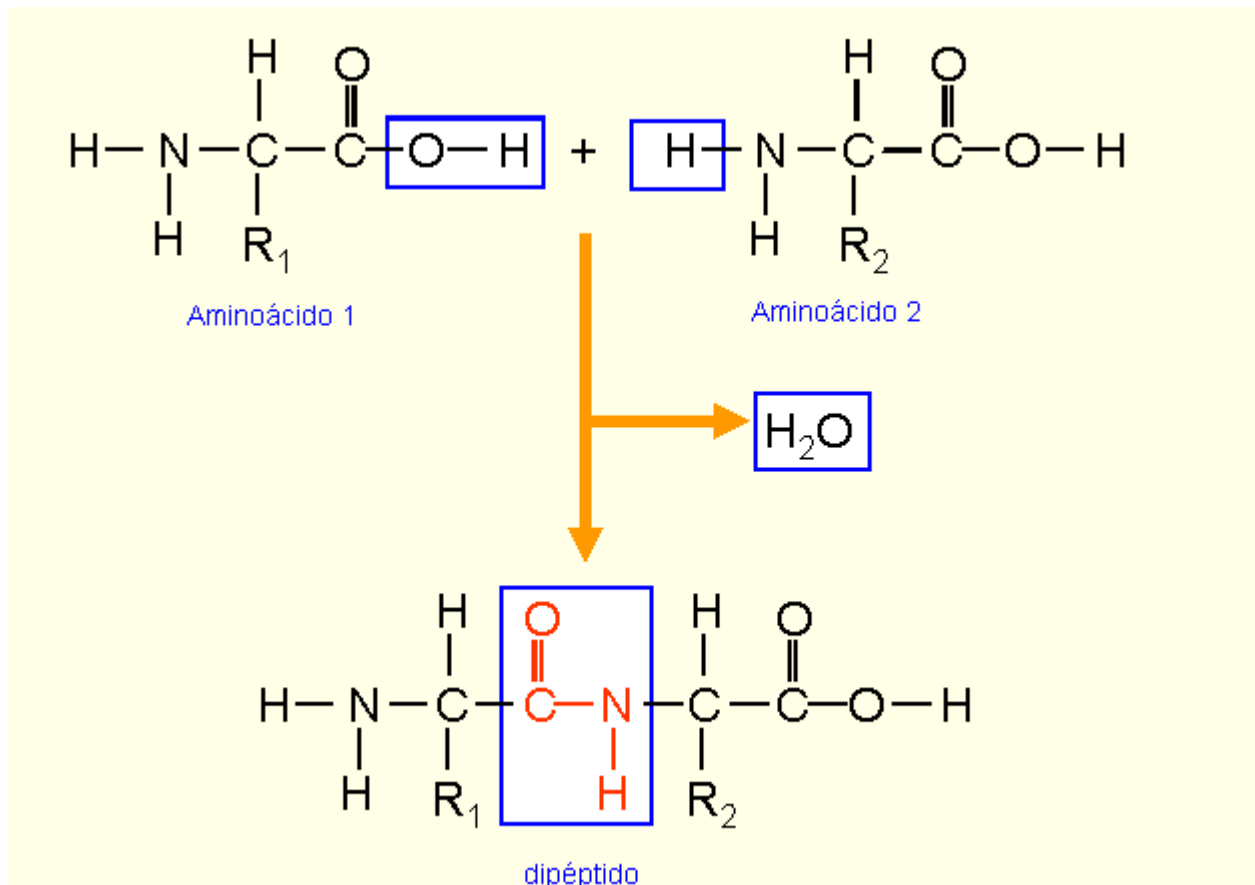
**Tetrapèptid:** quatre aminoàcids.

...

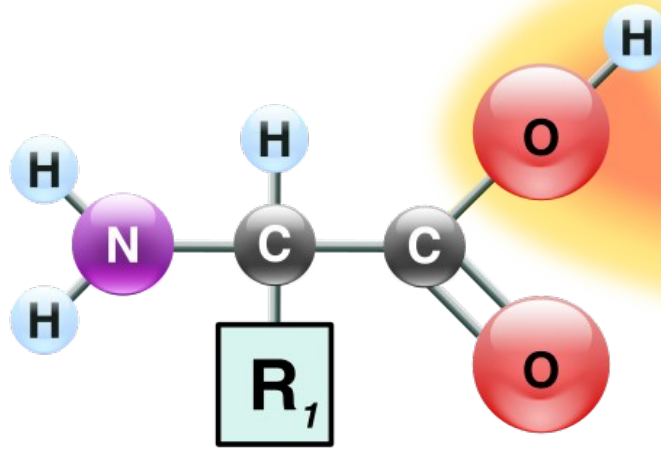
**Oligopèptid:** pèptid de menys de 10 aminoàcids.

**Polipèptid:** pèptid amb més de 10 aminoàcids.

**L'enllaç peptídic** és un enllaç covalent que s'estableix entre el grup carboxil  $-\text{COOH}$  del primer aminoàcid i el grup amino  $-\text{NH}_2$  del següent. Es desprén una molècula d'aigua. És un *enllaç tipus amida*.



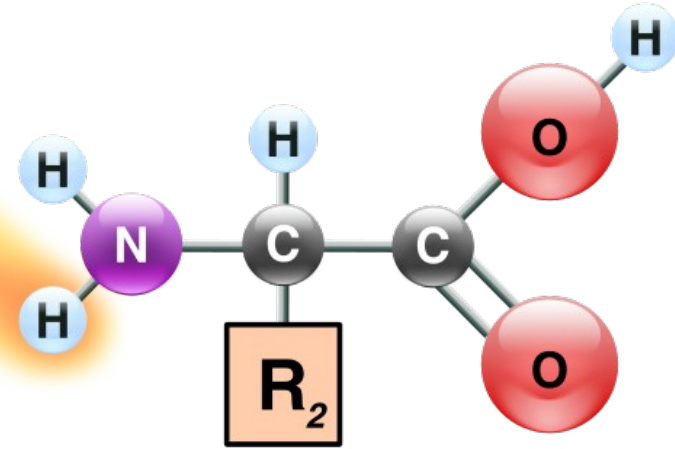
**Amino acid (1)**



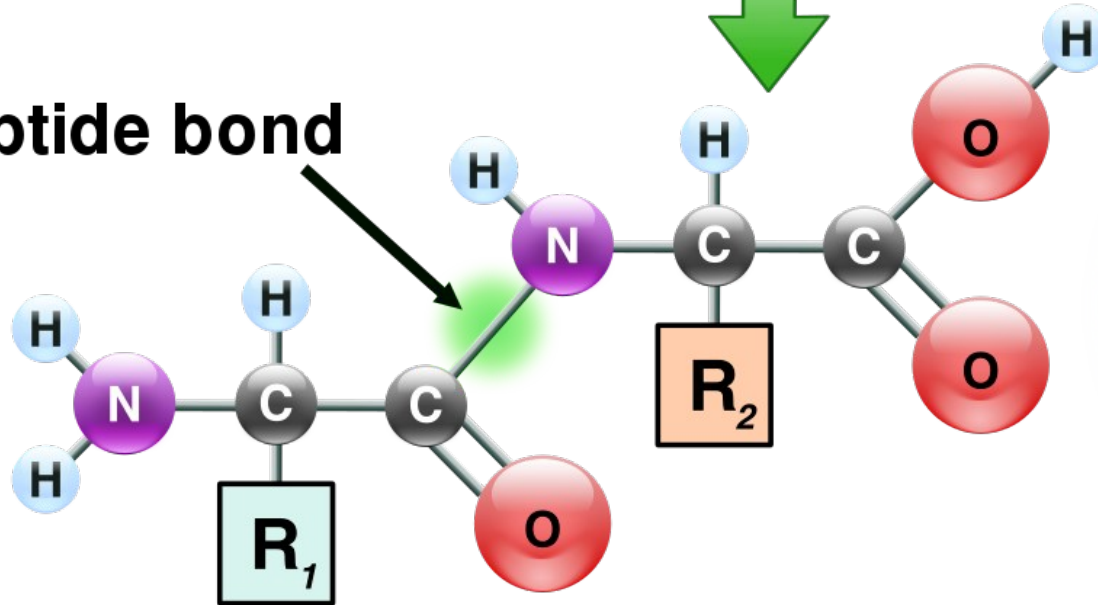
*N-terminus*

*C-terminus*

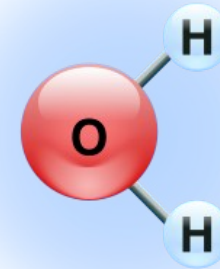
**Amino acid (2)**



**Peptide bond**



**Dipeptide**



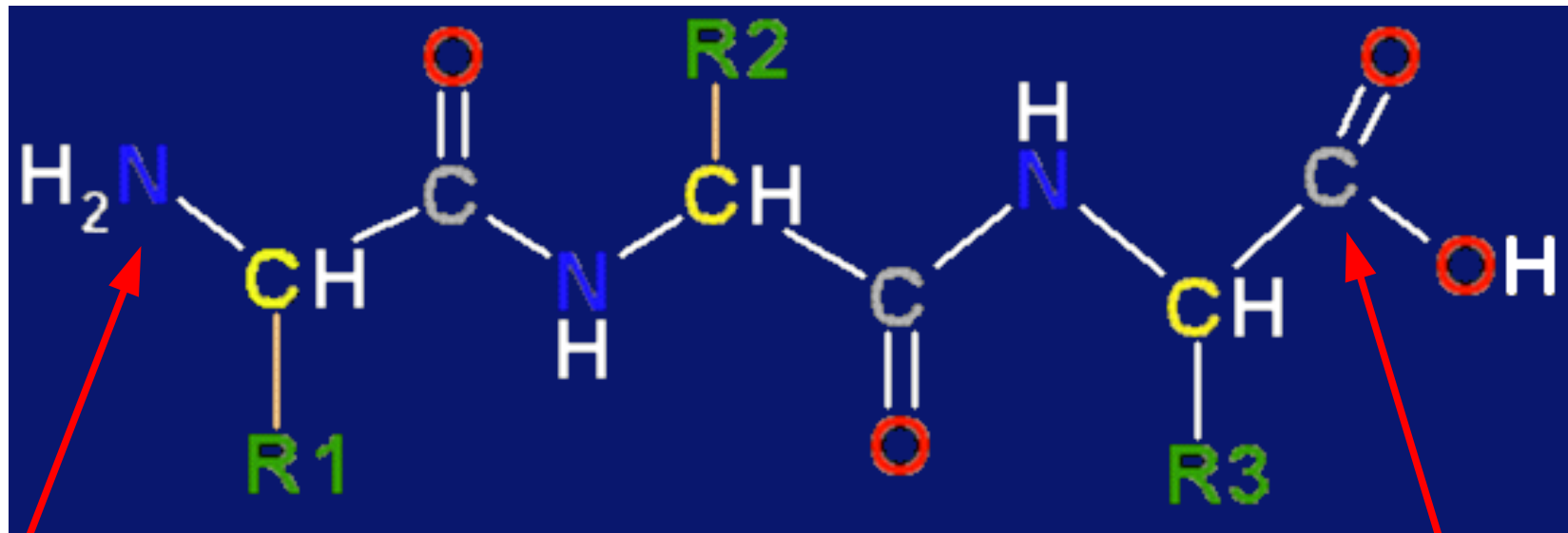
**Water**



# Formación del enlace peptídico

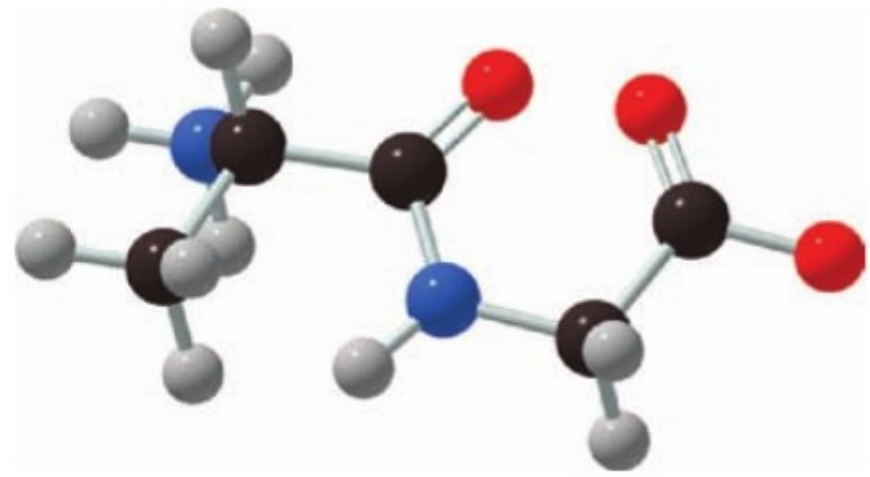
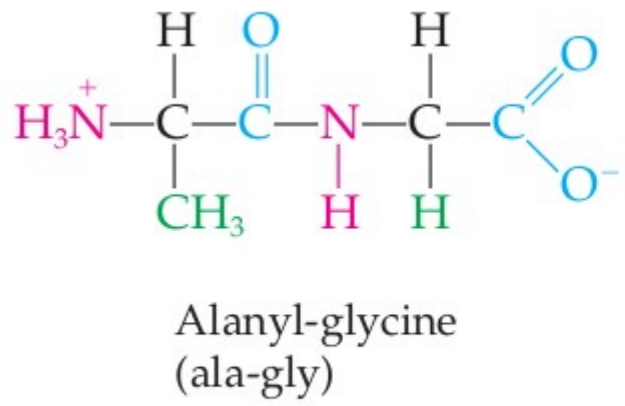
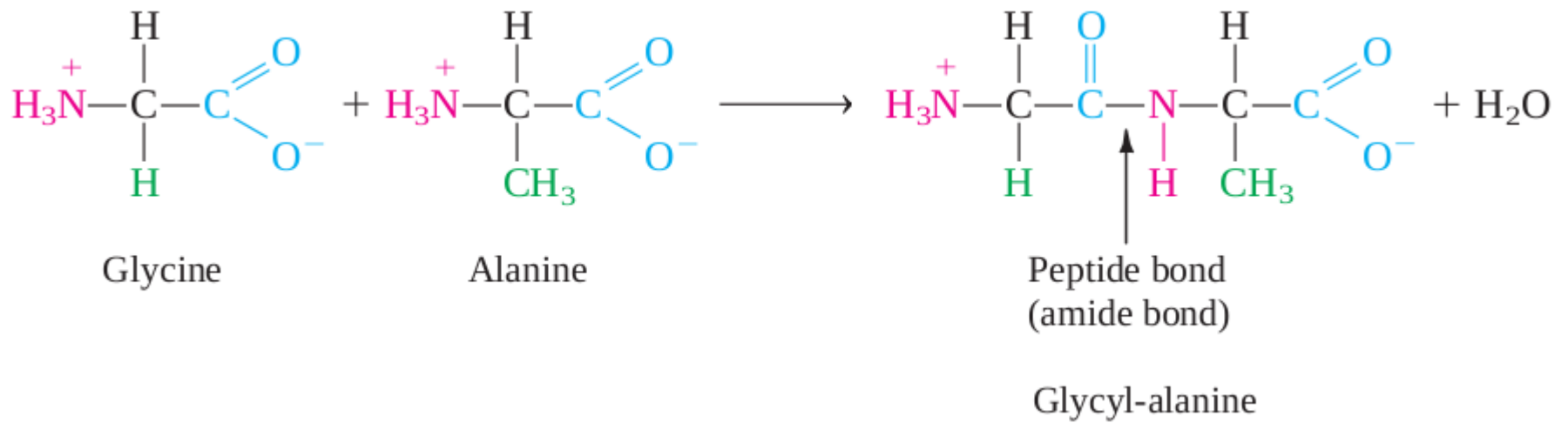
Clica al damunt de la imatge per veure-la en moviment

Independentment de la longitud de la cadena peptídica sempre hi haurà un grup  $\text{NH}_2$  lliure, **extrem amino terminal** (o N-terminal) i un grup  $\text{COOH}$  lliure, **extrem carboxil** (o C-terminal).



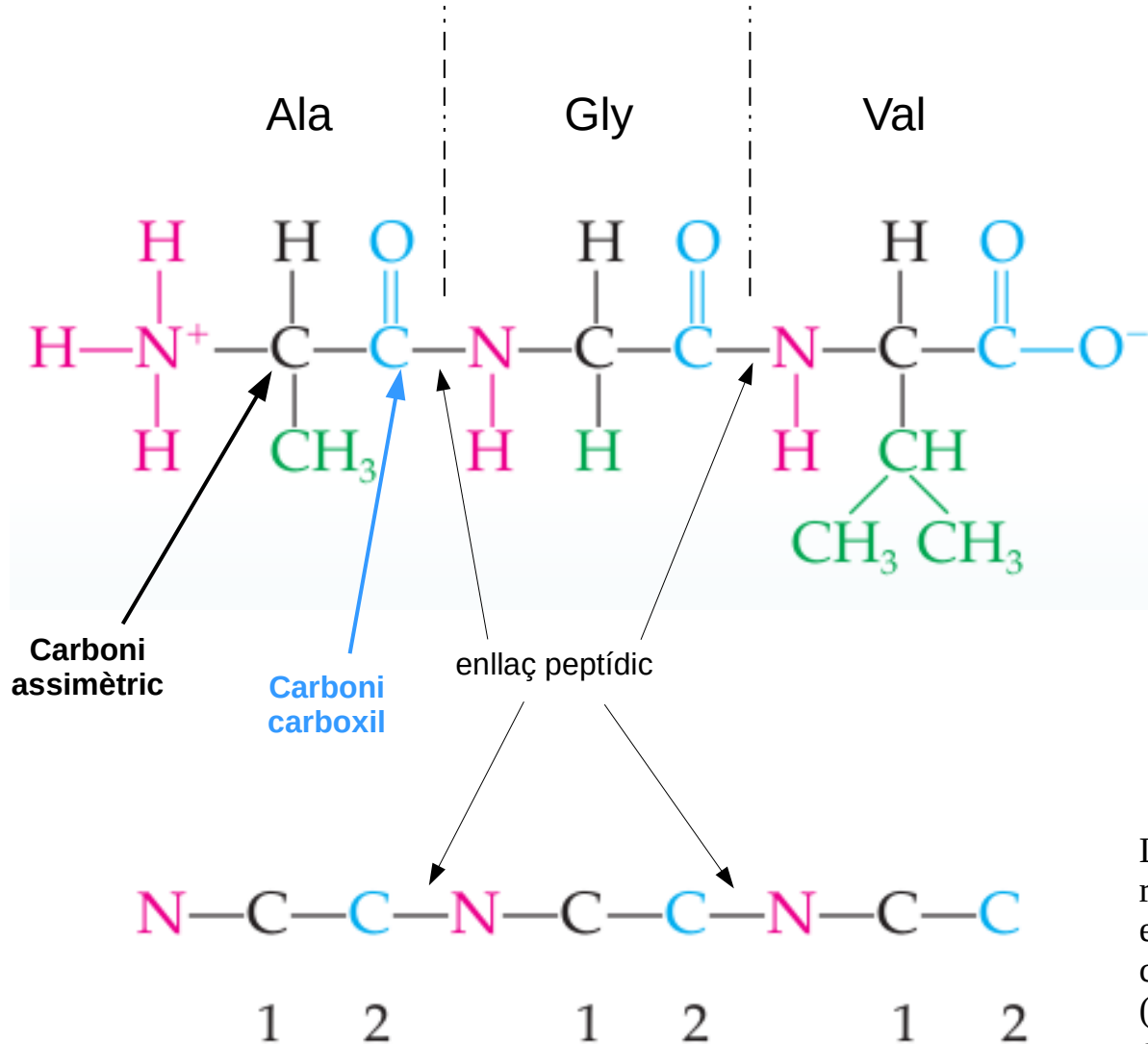
Grup N-terminal

Grup C-terminal



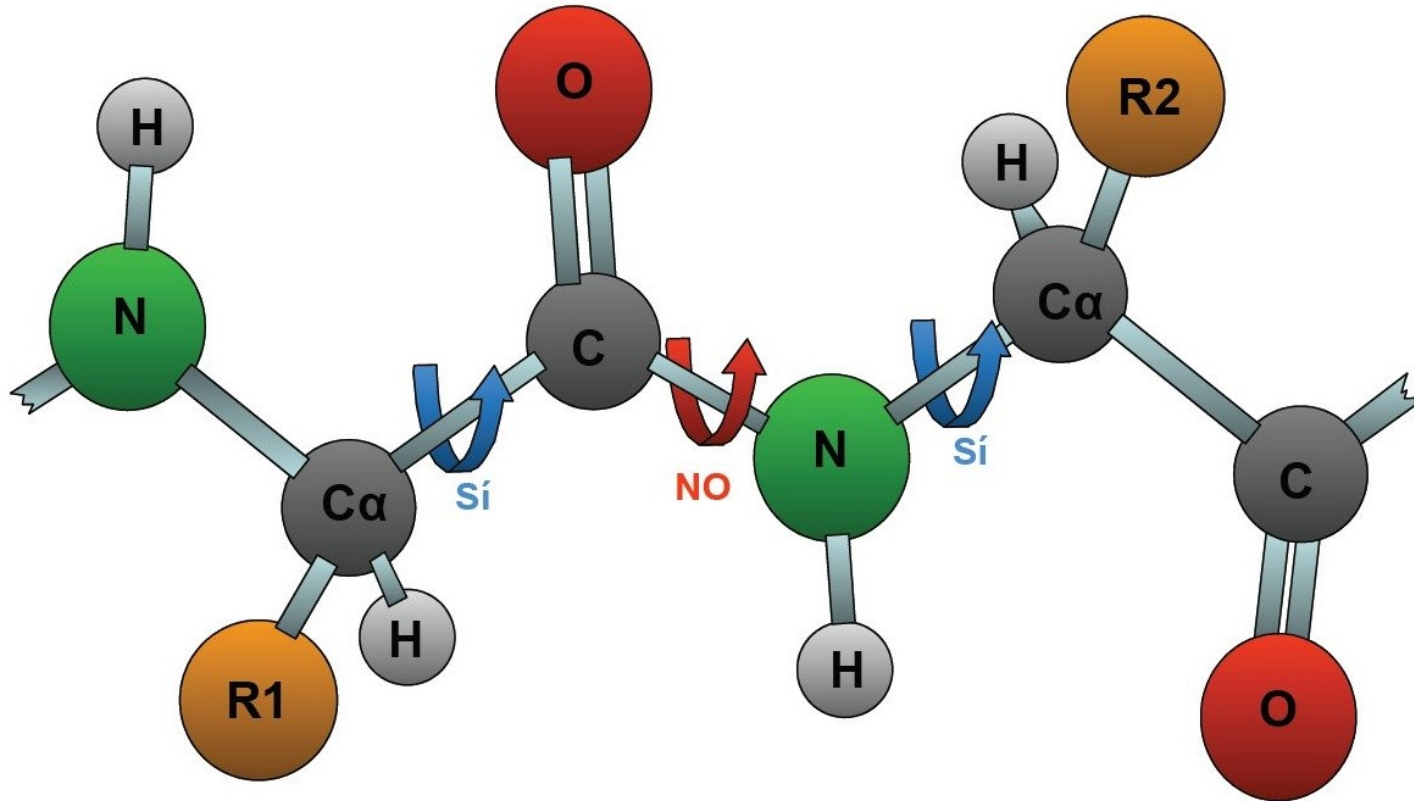
Alanyl-glycine

# Estructura del tripèptid alanina-glicina-valina



L'esquelet d'un pèptid sempre és la repetició d'una mateixa seqüència en la que N és el grup amino, el carboni 1 és el carboni asimètric (C<sub>α</sub>) i el carboni 2 és el grup carboxil. El C<sub>α</sub> sempre està unit a un àtom d'H i a la cadena lateral del grup R que és característica de cada aminoàcid.

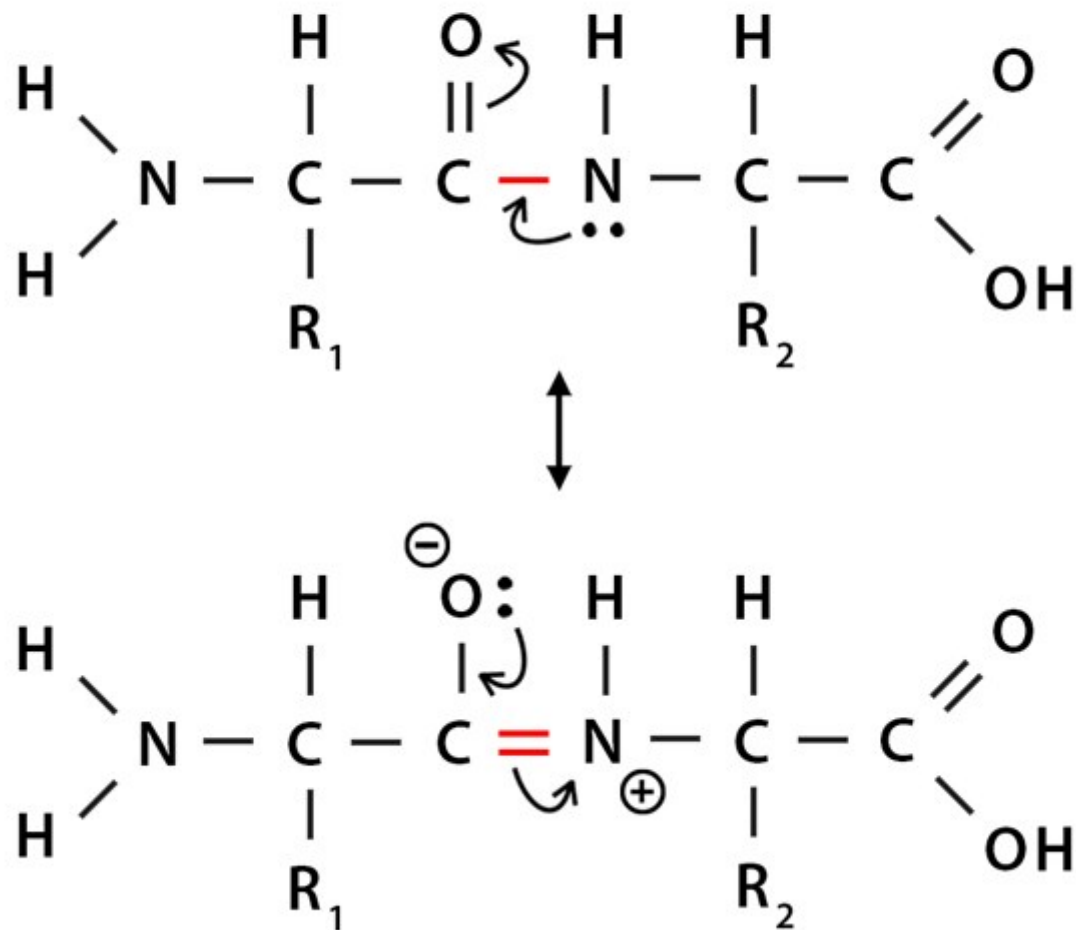
L'enllaç peptídic té un comportament similar al d'un doble enllaç, és a dir, presenta una certa rigidesa que impedeix el gir dels àtoms que el formen.



Hi ha rotació lliure en dos dels tres enllaços simples de l'esquelet peptídic, la qual cosa limita el nombre de possibles conformacions de qualsevol pèptid. Una segona conseqüència de que l'enllaç peptídic sigui rígid és que els grups R d'aminoàcids adjacents es troben en costats oposats de la cadena peptídica.

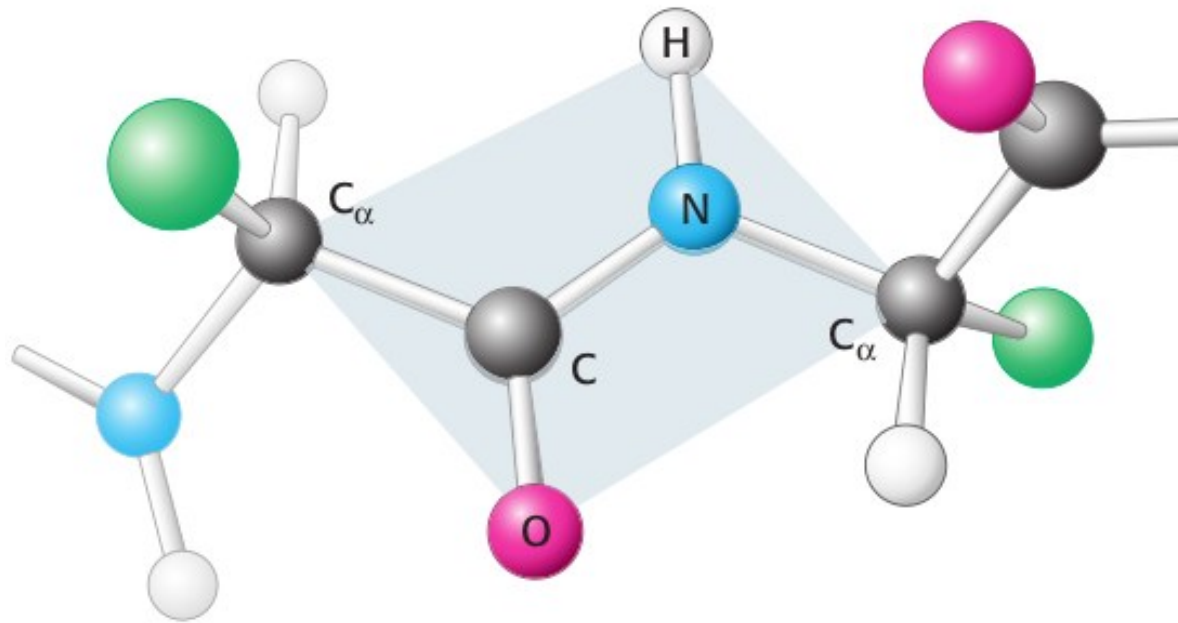
# Peptide Bond Resonance Structure

## Dipeptide



ChemistryLearner.com

La ressonància és la causa de que l'enllaç peptídic tingui cert caracter de doble enllaç.

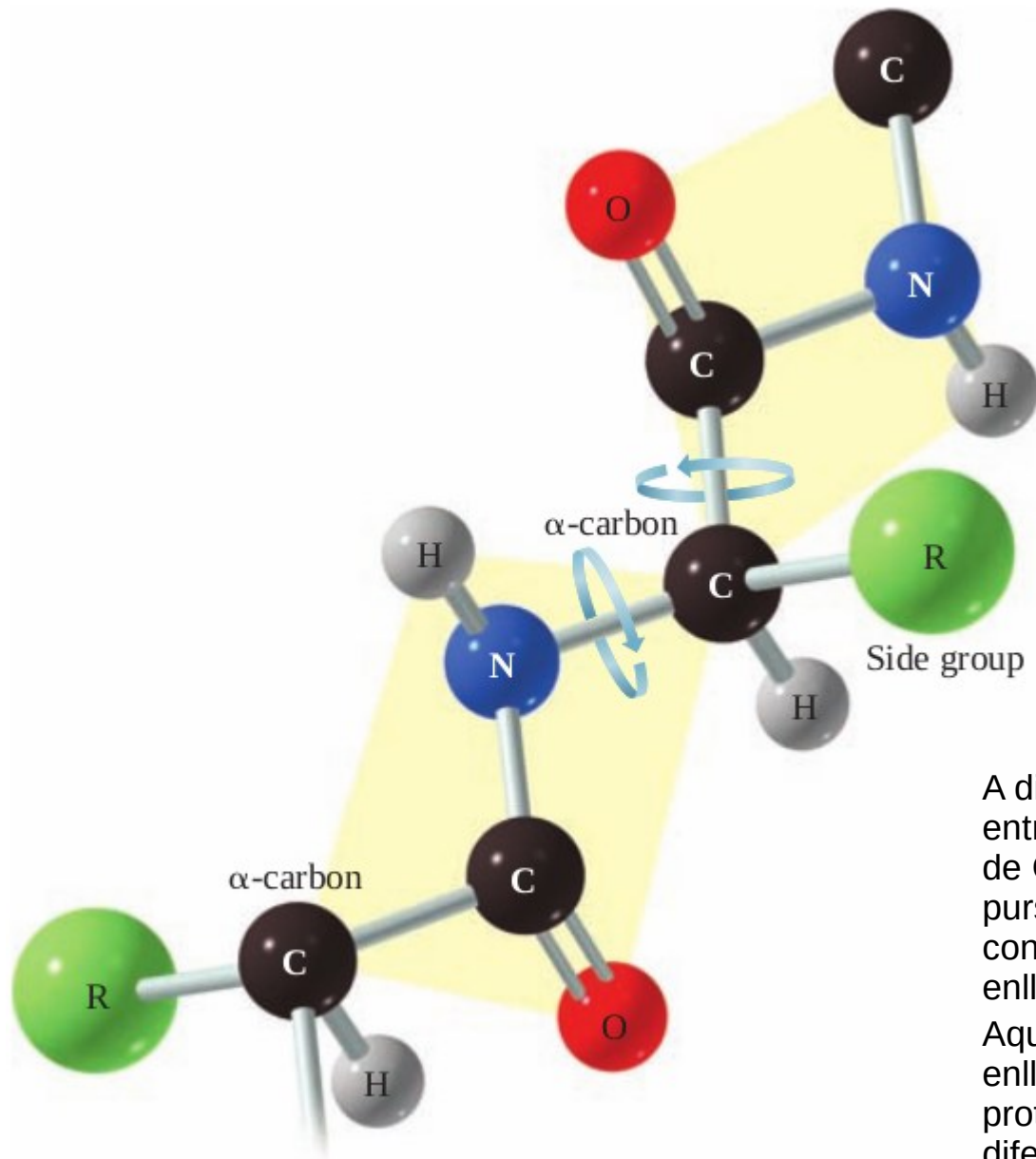


## L'enllaç peptídic és un enllaç pla i rígid.

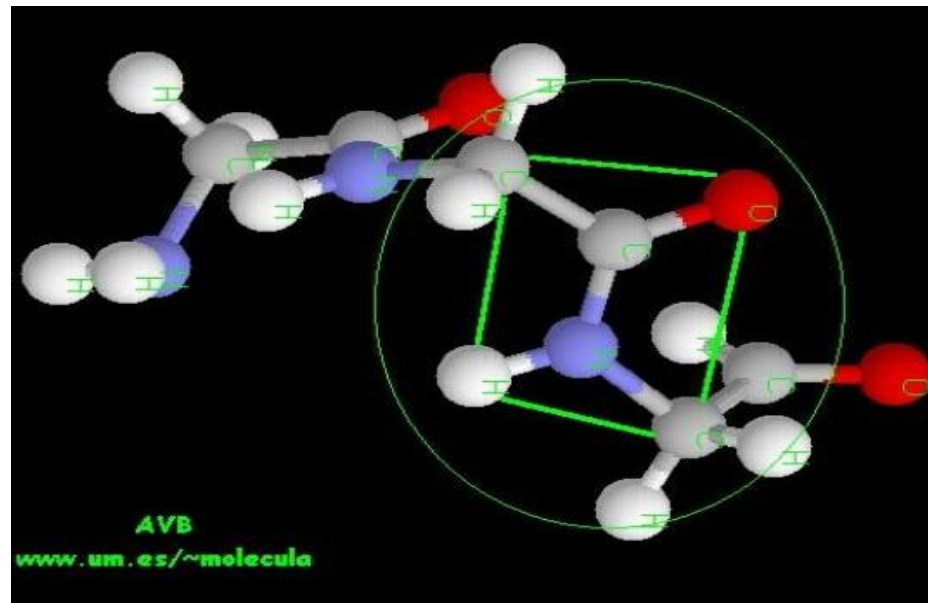
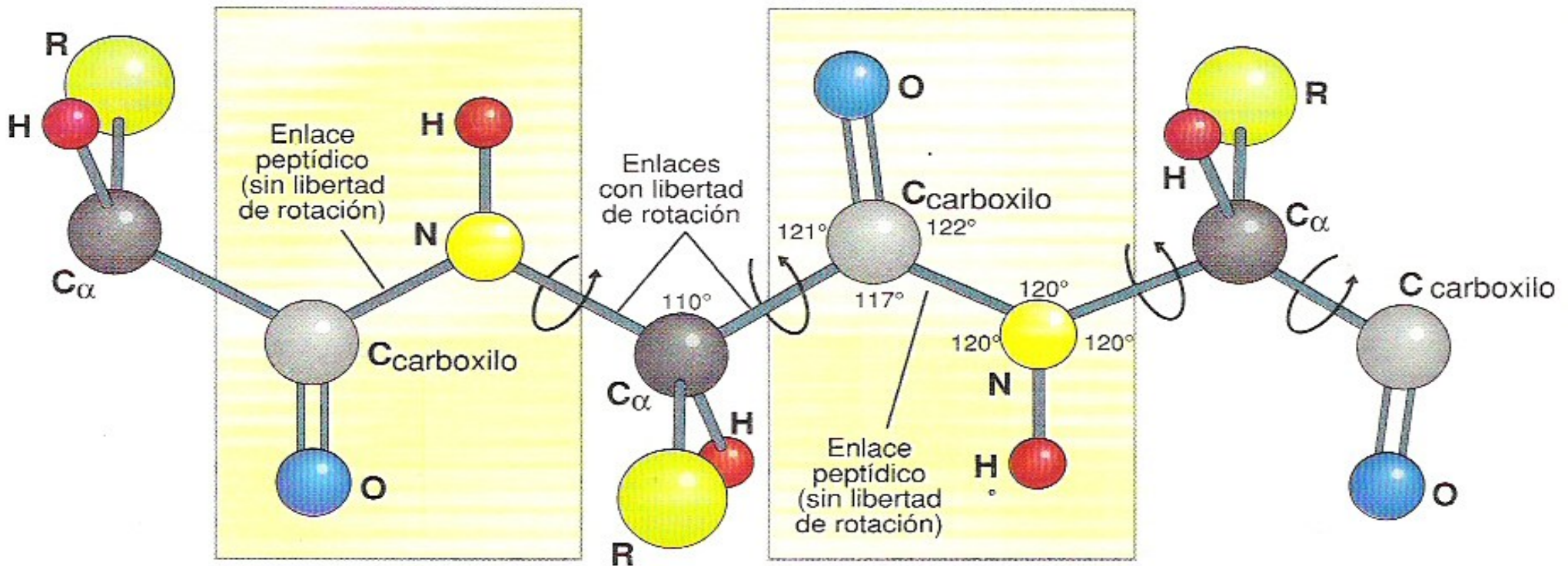
L'enllaç peptídic té un comportament similar al d'un doble enllaç, és a dir, presenta una certa rigidesa que immobilitza en un pla els àtoms que el formen i no poden girar lliurement.

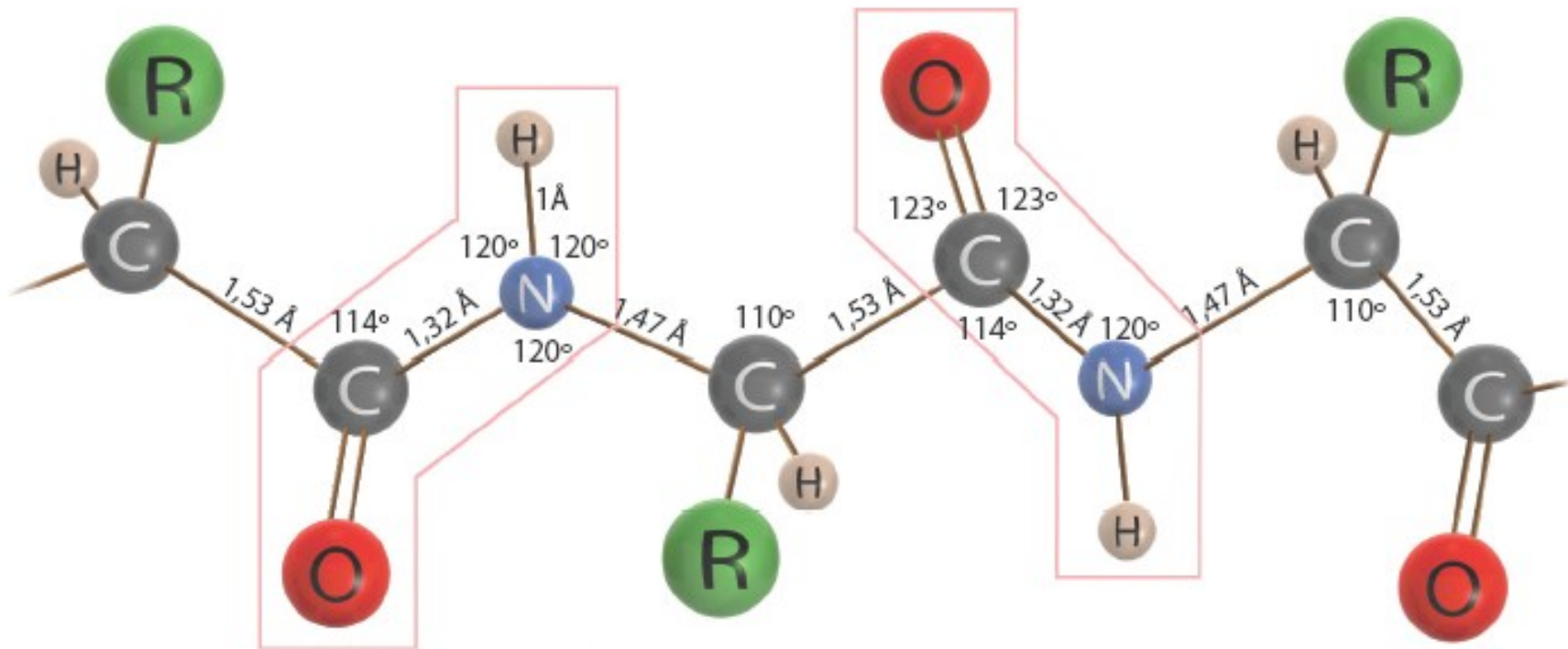
L'enllaç peptídic és, per tant, un enllaç pla i rígid i imposa una sèrie de restriccions que afectaran la conformació que adoptarà cada proteïna.



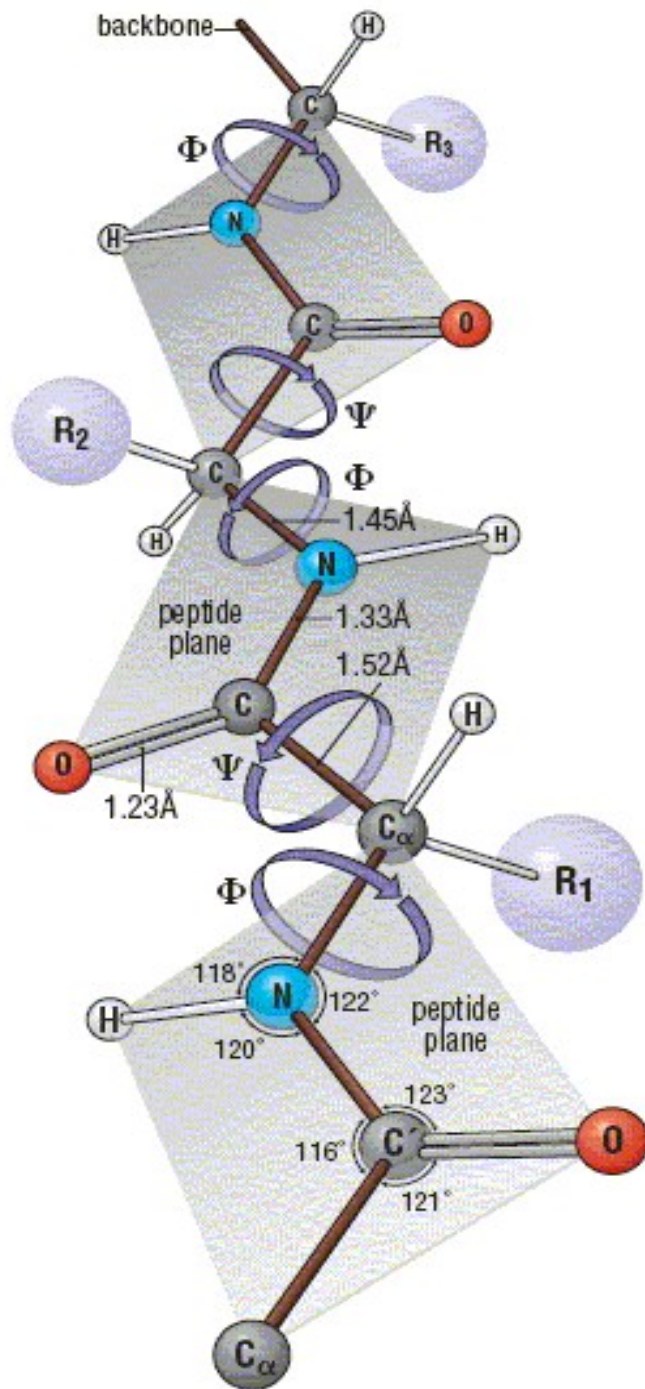


A diferencia de l'enllaç peptídic, els enllaços entre el grup amino i l'àtom de C $\alpha$  i entre l'àtom de C $\alpha$  i el grup carbonil, són enllaços simples purs. Dues unitats peptídiques rígides contigües poden girar al voltant d'aquests enllaços, adoptant diferents orientacions. Aquesta llibertat de rotació al voltant de dos enllaços de cada aminoàcid permet que les proteïnes es puguin plegar de moltes formes diferents.





L'enllaç peptídic és més curt que els altres dos enllaços



Només els enllaços simples dels àtoms **C $\alpha$ -N** i **C $\alpha$ -C** presenten llibertat de gir. Al girar, gira tot el pla.

S'observa com una cadena peptídica està formada per una serie de plans separats pels grups CHR.