



Proteínas y aminoácidos. Propiedades físico-químicas y funcionales.

Apellidos, nombre	Cardona Serrate, Fernando (fcardona@tal.upv.es)
Departamento	Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	E.T.S. de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se aborda de manera resumida la clasificación de las proteínas en lo referente a su composición, número de subunidades, forma y función. Posteriormente se estudiarán en detalle sus propiedades físico-químicas y funcionales.

2 Objetivos

Tras leer este documento con detenimiento el alumno será capaz de:

- Clasificar adecuadamente las proteínas de acuerdo a diversos criterios.
- Explicar las propiedades físico-químicas y funcionales de proteínas y aminoácidos.
- Utilizar los conocimientos adquiridos para relacionarlos con la industria alimentaria y la biotecnología.

3 Introducción

Los **aminoácidos** son los componentes estructurales unitarios que se combinan para formar las proteínas. Aunque existen más de 100 aminoácidos, los más abundantes y los que forman parte de los seres vivos son solamente 20. Están codificados por los ácidos nucleicos en grupos de tres nucleótidos (tripleto o **codón**), lo que se denomina **código genético**, aunque existen varios codones para codificar el mismo aminoácido (degeneración del código genético). Son **anfóteros**, es decir pueden comportarse como ácido y como base en solución acuosa, y son solubles en agua. En lo referente a la nutrición, existen aminoácidos **esenciales** (deben ingerirse en la dieta porque no pueden sintetizarse), **no esenciales** (pueden sintetizarse por el organismo) y **condicionales** (esenciales en determinadas situaciones).

Las **proteínas** son macromoléculas poliméricas formadas por aminoácidos. Se sintetizan en los **ribosomas** por **traducción** de las moléculas de ácido ribonucleico (ARN) mensajero (ARNm), utilizando el código genético y ARN de transferencia (ARNt). El ensamblaje de los aminoácidos para formar las proteínas se realiza mediante **enlace peptídico**, por lo que la cadena polipeptídica se sintetiza ensamblando aminoácidos en el extremo con el grupo carboxilo libre (C-terminal) de la cadena de aminoácidos, quedando el extremo N-terminal con el grupo amino libre. Según el número de aminoácidos, las cadenas de aminoácidos pueden clasificarse en **oligopéptidos** (menos de 10 aminoácidos), **polipéptidos** (entre 10 y 100) y **proteínas** (más de 100).

Las proteínas son las moléculas más abundantes de la célula, con estructuras y tamaños muy variables, y pueden desempeñar una o varias funciones. Las proteínas son **esenciales** para la vida, entre otras por su **función plástica**, ya que constituyen el 80 % del contenido no acuoso de la célula y el 50% de los tejidos, pero también por sus funciones **biorreguladoras** (enzimas y hormonas) y de **defensa** (anticuerpos). El **crecimiento**, la **reparación** y el **mantenimiento del organismo** dependen de las funciones de las proteínas. Se clasifican de acuerdo a criterios de localización, función, composición o elementos estructurales, por lo que no existe un sistema único de clasificación.

4 Desarrollo

En este apartado se desarrollará primero la clasificación de aminoácidos y proteínas atendiendo a diversos criterios, y posteriormente sus necesidades nutricionales, relacionándolos finalmente con la industria alimentaria y biotecnológica.

4.1 Clasificación de las proteínas

4.1.1 En función de su composición

El **grupo proteico** de las proteínas está formado por aminoácidos, que a su vez están formados por C, H, O, N y S. Sin embargo, también pueden tener otros elementos como P, Fe, Mg, Cu o Zn. Además de a otros compuestos inorgánicos e iones (**cofactores**), pueden estar unidas fuertemente a componentes orgánicos no proteicos que hacen posibles sus funciones, lo que se denomina **grupo prostético**. Las que contienen grupos prostéticos se llaman proteínas conjugadas o **heteroproteínas**, y las que solo contienen grupo proteico **holoproteínas** o proteínas simples.

Algunos ejemplos de **heteroproteínas** son las **fosfoproteínas**, que poseen al menos un grupo fosfato unido; las **cromoproteínas**, en las que el grupo prostético es un pigmento; las **metaloproteínas**, conjugadas con un ion metálico; las **lipoproteínas** unidas a lípidos, las **glicoproteínas** unidas a carbohidratos y las **nucleoproteínas** unidas a ácidos nucleicos.

4.1.2 En función del número de subunidades que las forman

Muchas proteínas están formadas por una sola cadena polipeptídica, por lo que se les llama proteínas **monoméricas**, como por ejemplo la mioglobina. Por otro lado, las proteínas **oligoméricas** están formadas por más de una cadena, que puede ser la misma cadena polipeptídica repetida (homoligómeros) o una cadena diferente (heteroligómeros), y a cada cadena polipeptídica se le llama **subunidad**. Un ejemplo de proteína oligomérica es la hemoglobina, formada por 4 subunidades.

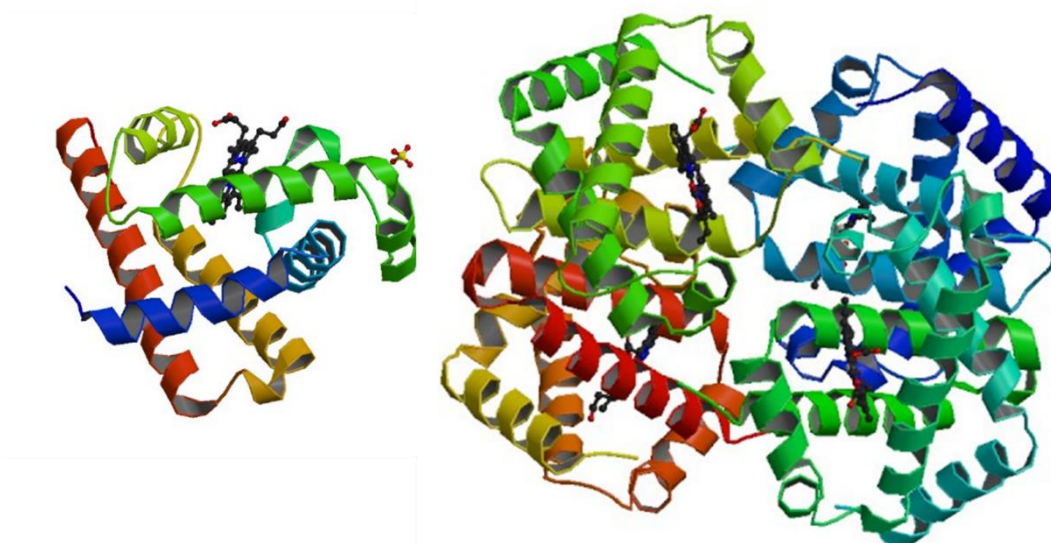
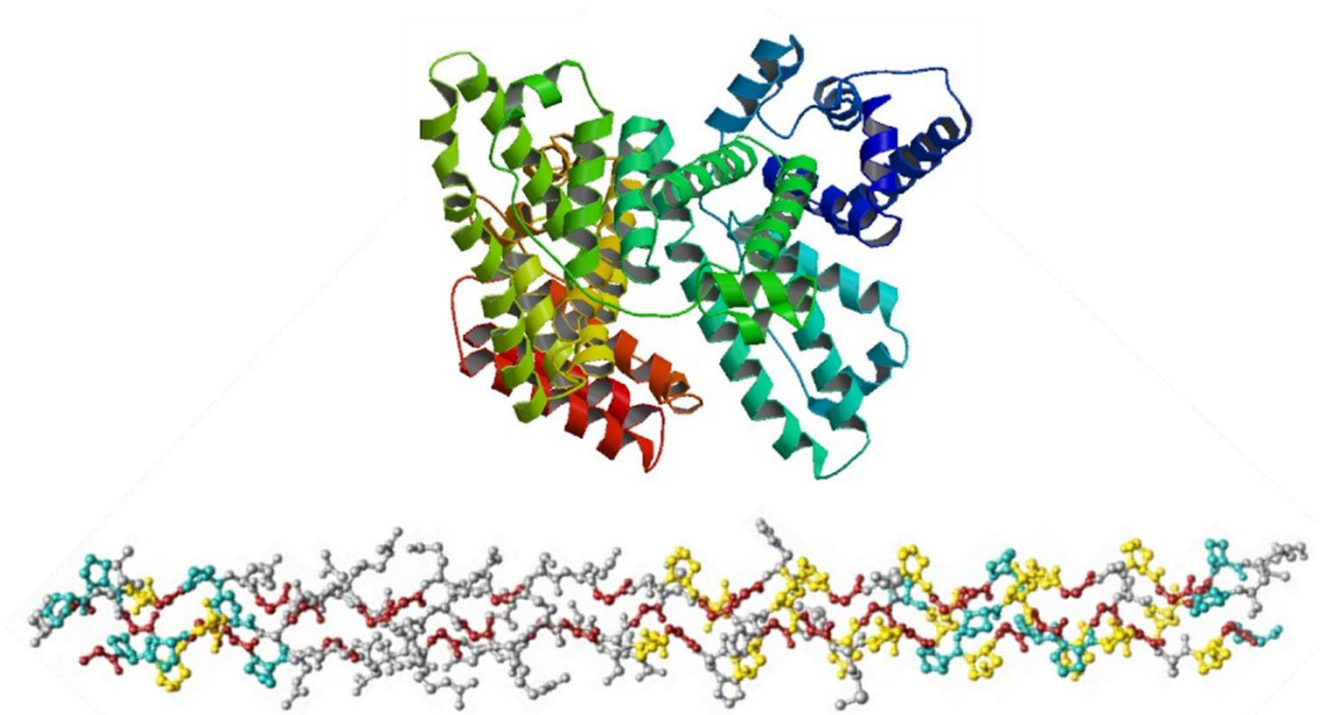


Figura 1. Comparación de la mioglobina (izquierda, monomérica, PDB ID: 1yoi) y la hemoglobina (derecha, oligomérica, PDB ID: 2hhe). Fuente: RCS Protein DataBank

4.1.3 En función de su forma o conformación

En función de su forma las proteínas se clasifican en **globulares**, que son normalmente solubles en agua y con funciones biorreguladoras (enzimas y hormonas, por ejemplo), y **fibrilares**, fibrosas o escleroporteínas, normalmente insolubles en agua y con funciones estructurales, como por ejemplo el colágeno y la queratina. Estas propiedades (conformación y solubilidad), están relacionadas con su estructura terciaria (véase apartado 5).



.Figura 2. Conformación globular de la seroalbúmina humana (arriba, PDB ID: 1ao6) y fibrilar del colágeno (abajo, PDB ID: 3dmw). Fuente: RCSB Protein DataBank.

4.2 Propiedades físico-químicas de aminoácidos y proteínas.

4.2.1 Aminoácidos

4.2.1.1 Características químicas de los aminoácidos

Los aminoácidos son moléculas de bajo peso molecular formados por C, H, O, N y S, y los que forman parte de las proteínas son α -aminoácidos, es decir, el grupo **amino** (-NH₂) y el **carboxilo** (-COOH), están unidos al **carbono central o C α** . (Figura 1). Pueden tener otros grupos sustituyentes en las **cadena laterales o radicales** (R), que van a determinar sus características físico-químicas, es decir su carácter hidrófobo o hidrófilo, polar o apolar, y

ácido o básico. La R puede ser desde un solo H hasta una cadena carbonada compleja con grupos funcionales.

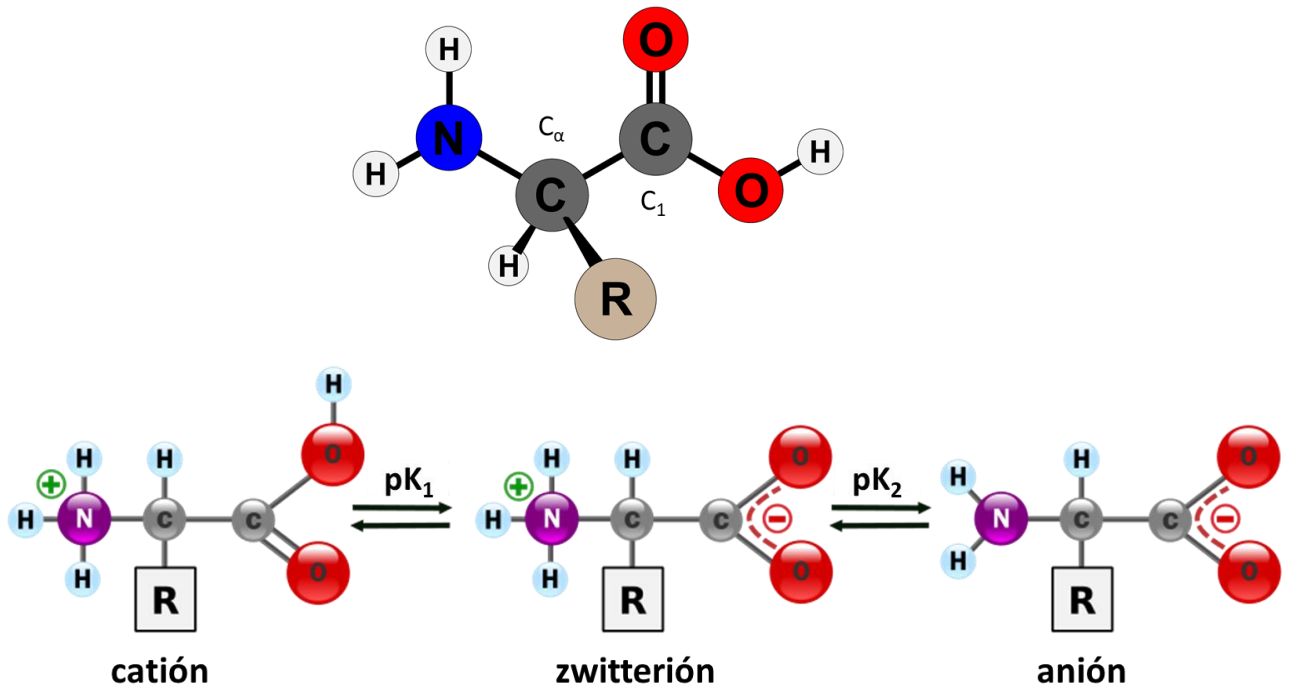


Figura 3. Estructura de un aminoácido (arriba). Aminoácido como anión, zwitterión y catión (abajo). Modificado de Wikimedia Commons.

Los aminoácidos son **moléculas anfóteras**, es decir, en disolución acuosa pueden comportarse como ácidos y como bases. En general a **pH ácido** los aminoácidos se encuentran mayoritariamente en forma de **catión** (protonado), y a **pH básico** se encuentran en forma de **anión** (desprotonado). Cuando el pH es igual al **punto isoelectrico** (semisuma de los pK de protonación y desprotonación, pK_1 y pK_2 en la Figura 2), el grupo carboxilo se desprotona formándose el anión carboxilo ($-\text{COO}^-$), y el grupo amino se protona ($-\text{NH}_3^+$), formándose el catión amonio. Esta forma dipolar neutra (carga formal cero) se conoce como **zwitterión** (Figura 3).

Diecinueve de los veinte α -aminoácidos que forman parte de las proteínas son **aminas primarias** con diferente R, y únicamente la **prolina** es una **amina secundaria**, en la que los átomos de N y C_α forman un anillo (Figura 3).

Los aminoácidos se nombran de dos formas, con un **código de tres letras** o de **una letra** (Figura 4). Químicamente se clasifican **según la polaridad o carga de su R** en:

- Neutros **polares** o hidrófilos (R polar): serina (Ser, S), treonina (Thr, T), glutamina (Gln, Q), asparagina (Asn, N), tirosina (Tyr, Y), cisteína (Cys, C) y glicina (Gly, G).
- Neutros **no polares** o hidrófobos (R apolar): alanina (Ala, A), valina (Val, V), leucina (Leu, L), isoleucina (Ile, I), metionina (Met, M), prolina (Pro, P), fenilalanina (Phe, F), y triptófano (Trp, W).
- Ácidos o con **carga negativa** o ácidos (**R con grupo $-\text{COOH}$**): ácido aspártico (Asp, D) y ácido glutámico (Glu, E).

- Básicos o con **carga positiva** o básicos (**R con grupo $-NH_2$**): lisina (Lys, K), arginina (Arg, R) e histidina (His, H).
La asparragina y la glutamina son las amidas de los ácidos aspártico y glutámico, respectivamente.

$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Arginina (Arg / R)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Glutamina (Gln / Q)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>Fenilalanina (Phe / F)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Tirosina (Tyr / Y)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2 \end{array}$ <p>Triptófano (Trp, W)</p>	<p>■ Aminoácidos no polares o hidrofóbicos</p>
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ (\text{CH}_2)_4 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Lisina (Lys / K)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \end{array}$ <p>Glicina (Gly / G)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Alanina (Ala / A)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_4\text{H}_3\text{N}_2 \end{array}$ <p>Histidina (His / H)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Serina (Ser / S)</p>	<p>■ Aminoácidos polares sin carga</p>
$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{COO}^- \end{array}$ <p>Prolina (Pro / P)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ <p>Ácido glutámico (Glu / E)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ <p>Ácido aspártico (Asp / D)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Treonina (Thr / T)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$ <p>Cisteína (Cys / C)</p>	<p>■ Aminoácidos con carga negativa</p>
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Metionina (Met / M)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Leucina (Leu / L)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Asparagina (Asn / N)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{HC}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Isoleucina (Ile / I)</p>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{C} - \text{C} \\ \quad \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Valina (Val / V)</p>	<p>■ Aminoácidos con carga positiva</p>

Figura 4. Estructura, nomenclatura y clasificación de los aminoácidos. Fuente: Wikimedia Commons.

4.2.1.2 Características físicas de los aminoácidos

Todos los aminoácidos excepto la glicina tienen C_α es asimétrico (Figura 3), es decir, presenta sustituyentes diferentes en sus cuatro enlaces. Esto implica que tienen **estereoisomería**, es decir, dos conformaciones espaciales o estereoisómeros. Esto da lugar a las formas L o D de los aminoácidos, según el grupo $-\text{NH}_2$ quede a izquierda (L) o derecha (D) del C_α , y el grupo $-\text{COOH}$ en posición opuesta (Figura 5).

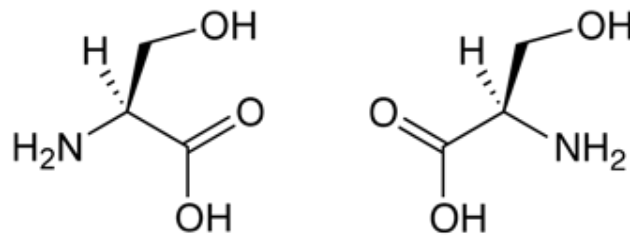


Figura 5. Enantiómeros L y D-Serina. Fuente: Wikimedia Commons.

Los aminoácidos también tienen actividad óptica, es decir, desvían el plano de la luz polarizada hacia la derecha (dextrógiros) o izquierda (levógiros). No hay que confundir este concepto con el de aminoácidos D o L, ya que no están relacionados entre sí.

4.2.2 Características físico-químicas de las proteínas

Las propiedades físico-químicas de una proteína dependen de los R de las cadenas laterales de los aminoácidos expuestos en su superficie. Pueden destacarse cuatro:

- **Solubilidad.** El grado de solubilidad de las proteínas varía en función de pH, concentración salina, temperatura, etc. En general las proteínas globulares son solubles en agua, ya que los R de superficie de la proteína establecen enlaces por puente de hidrógeno con el agua. Como las proteínas son en general grandes forman dispersiones coloidales, es decir, no forman disoluciones propiamente dichas.
- **Desnaturalización.** La desnaturalización proteica consiste en la pérdida de estructura nativa, que es la funcional, adoptando una configuración diferente, y por tanto perdiendo su función biológica. En la desnaturalización se alteran los enlaces que estabilizan las estructuras secundarias, terciaria y cuaternaria. Entre los factores que pueden provocar la desnaturalización se encuentran las variaciones de presión y temperatura, determinadas radiaciones electromagnéticas (agentes físicos) y las variaciones de pH, así como los cambios en concentración salina o determinadas sustancias químicas (agentes caotrópicos). La desnaturalización puede ser reversible, si al desaparecer el factor desnaturalizante la proteína recupera su conformación nativa, o irreversible, cuando no es capaz de recuperarla incluso eliminando el factor desnaturalizante.
- **Capacidad amortiguadora del pH**

Debido al carácter anfótero de los aminoácidos, las proteínas se pueden comportar como ácidos o como bases liberando o captando protones del medio. De esta forma pueden neutralizar las variaciones del pH que se produzcan en el medio acuoso donde se encuentren (capacidad tamponadora).

- **Impedimentos estéricos.** Debido a la organización planar rígida del enlace peptídico, el armazón de un péptido está constituido por una serie de planos sucesivos. Sin embargo, el resto de los enlaces (N-C y C-C) son enlaces sencillos verdaderos, por lo que los planos del enlace peptídico están separados por grupos metileno sustituidos en los que sí puede haber giro (Figura 6). Tampoco todos los giros son posibles, lo que impone restricciones importantes al número posible de conformaciones que puede adoptar una proteína. Si denominamos Φ (phi) al valor del ángulo que puede adoptar el enlace N-C, y Ψ (psi) al del enlace C-C, solo existirán unos

valores permitidos para Φ y Ψ , que dependerá en gran medida del tamaño y características de los grupos R sucesivos. El diagrama de Ramachandran permite visualizar todas las combinaciones posibles de ángulos Ψ contra Φ en los aminoácidos de un polipéptido que contribuyen a la conformación de la estructura de las proteínas.

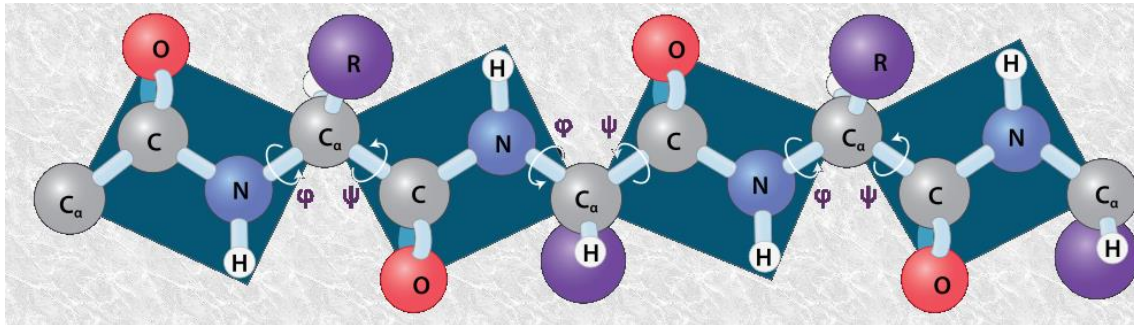


Figura 6. Carácter planar del enlace peptídico entre dos aminoácidos.

Modificado de Wikimedia Commons.

4.2.3 Funciones de los aminoácidos

Los **aminoácidos** son los constituyentes estructurales de las proteínas, y esa es su principal función en el organismo. Sin embargo, los **aminoácidos libres** tienen múltiples funciones reguladoras relacionadas con la salud y la enfermedad. En general, estas funciones no proteicas de los aminoácidos cumplen funciones importantes en el mantenimiento de **funciones inmunes y otras funciones protectoras, digestivas, cognitivas y neuromusculares**. Por ejemplo, la glicina tiene funciones antiinflamatorias, inmunomoduladoras y citoprotectoras. La cisteína tiene un papel en la regulación de la síntesis de glutatión y por lo tanto en la protección contra el daño oxidativo. La arginina es precursora del óxido nítrico, con funciones vasodilatadoras, además de estimular la liberación de algunas hormonas como la insulina y la hormona del crecimiento. También vale la pena señalar que **estas funciones** son ejercidas principalmente por **aminoácidos no esenciales**, por lo que la vía de **síntesis de novo** y la cantidad aportada en la **dieta** de estos aminoácidos o sus precursores son importantes en la modulación de estas condiciones fisiológicas y fisiopatológicas.

Además, también tienen **propiedades como nutrientes**, ya que, en períodos de ayuno, el esqueleto carbonado de los aminoácidos puede catabolizarse como fuente de energía, para producir piruvato o intermediarios del ciclo de Krebs (aminoácidos **glucogénicos**), acetil-CoA o acetoacetyl-CoA que pueden dar ácidos grasos o cuerpos cetónicos (aminoácidos **cetogénicos**), o ambos tipos de compuestos (aminoácidos glucogénicos y cetogénicos).

4.2.4 Funciones de las proteínas

Las **proteínas** pueden tener funciones **estructurales; enzimáticas, de transporte, contráctiles o de movimiento**, con **función homeostática, hormonal o señalizadora o inmunológica**.

- La **función estructural** la desarrollan, por ejemplo, las proteínas de membrana, las del citoesqueleto celular, las histonas que mantienen el empaquetamiento del ADN, el colágeno de los tejidos animales, la elastina del tejido conjuntivo elástico, la queratina de pelo y uñas.
- La **función enzimática** de las proteínas es muy amplia y variada, ya que prácticamente todos los enzimas son proteínas, aunque existen algunas moléculas de ARN con actividad enzimática.



- La **función de transporte** se da nivel de membrana celular, a lo largo de la célula (a través del citoesqueleto), hacia dentro o fuera de la célula (internalización o secreción, a través de las proteínas formadoras de vesículas), o a diferentes partes del organismo (a través del torrente sanguíneo, como hace la seroalbúmina, por ejemplo).
- Las **funciones contráctiles o de movimiento** las realizan fundamentalmente las proteínas del citoesqueleto (movimiento), y la actina y miosina responsables de la contracción muscular.
- La **función homeostática** consiste en mantener los niveles del organismo constantes para determinados metabolitos o valores, como, por ejemplo, agua, temperatura, sales, pH. Por ejemplo, la seroalbúmina mantiene constantes los niveles de presión osmótica en la sangre compensando la concentración de otros solutos, y por lo tanto la presión sobre los vasos sanguíneos.
- La **función hormonal y señalizadora** es también importante, ya que muchas hormonas y neurotransmisores son proteínas o aminoácidos, o derivados de ellos. Algunos ejemplos son la insulina o el glutamato.
- La **función inmunológica** la realizan los anticuerpos, que son las proteínas encargadas de unirse a los antígenos para desencadenar la respuesta inmune.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto la clasificación de las proteínas atendiendo a distintos criterios. Posteriormente se ha profundizado en sus características físico-químicas, atendiendo especialmente a la relación entre ellas y con su función. Por último, se ha estudiado la función de aminoácidos y proteínas, tanto las que poseen en común como las que realizan de forma independiente.

6 Bibliografía

6.1 Referencias de fuentes electrónicas:

- Wikimedia Commons. <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Images>
- Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/>
- Protein DataBank. <https://www.rcsb.org/>
- BioRom. <https://www.sebbm.es/BioROM/contenido/proteinas3d/tema/propiedades.html>

6.2 Referencias de libros:

Técnicas básicas de microbiología y bioquímica. Rubio Granero, C.; García García, A.; Cardona Serrate, F. Ed. Síntesis. 2017. ISBN: 9788490774779