

# 3. LAS PROTEÍNAS

## 3.1. Introducción

Las proteínas son moléculas de gran tamaño constituidas por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Algunas poseen además azufre y fósforo y, en menor proporción, hierro, cobre y magnesio.

Estas sustancias desempeñan funciones fundamentales en el organismo, como la regulación de procesos bioquímicos (forman parte de hormonas, vitaminas y enzimas), defensa (formación de anticuerpos), transporte (por ejemplo, transporte de oxígeno en la sangre por medio de la hemoglobina), aporte energético (4 kcal/g de proteína), catálisis (aceleran la velocidad de las reacciones químicas), contracción muscular (a través de la miosina y la actina), estructura y sostén del organismo (tejido conjuntivo).

## 3.2. Estructura química

Las proteínas están formadas por cientos o miles de aminoácidos, que son moléculas más simples y se caracterizan por tener un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH<sub>2</sub>) unidos al mismo carbono.

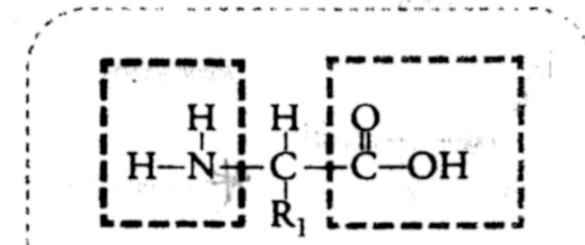
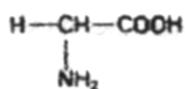


Figura 1. Estructura general de un aminoácido

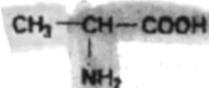
Poseen además una cadena lateral (R<sub>1</sub>), que es diferente para cada aminoácido (hay 20 tipos de cadenas laterales y por lo tanto, 20 aminoácidos distintos). Dependiendo de las características del grupo R<sub>1</sub>, los aminoácidos se dividen en: no polares, polares y con carga eléctrica (ácidos y básicos).

**NO POLARES**

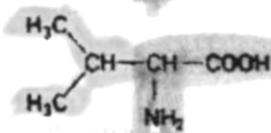
Glicina (Gly)



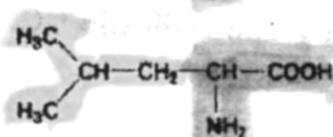
Alanina (Ala)



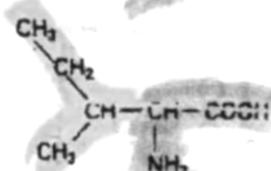
Valina (Val)



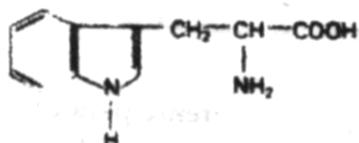
Leucina (Leu)



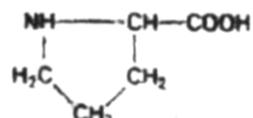
Isoleucina (Ile)



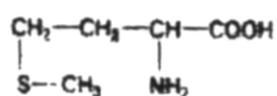
Triptófano (Trp)



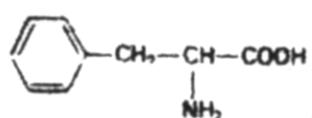
Prolina (Pro)



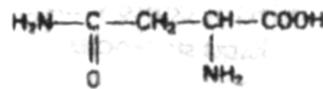
Metionina (Met)



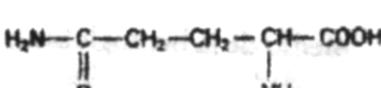
Fenilalanina (Fen)

**POLARES**

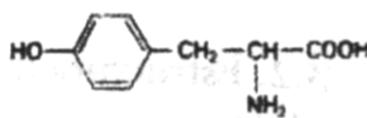
Asparagina (Asn)



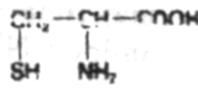
Glutamina (Gln)



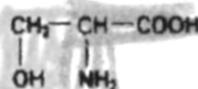
Tirosina (Tyr)



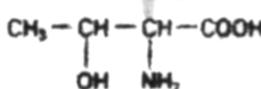
Cisteína (Cys)



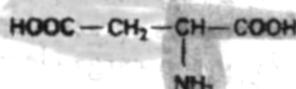
Serina (Ser)



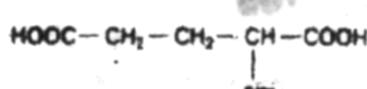
Treonina (Thr)

**CON CARGA ELÉCTRICA****Acídes**

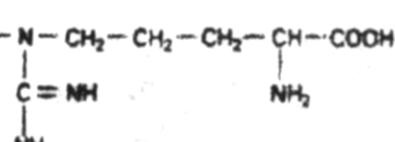
Ácido aspártico (Asp)



Ácido glutámico (Glu)

**Básicos**

Arginina (Arg)



Lisina (Lys)

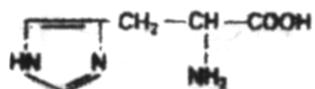
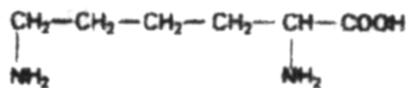


Figura 2. Estructura química de los 20 aminoácidos.

Los aminoácidos se unen entre sí a través de enlaces peptídicos que son enlaces covalentes entre el grupo  $-\text{COOH}$  de un aminoácido y el grupo  $-\text{NH}_2$  de otro.

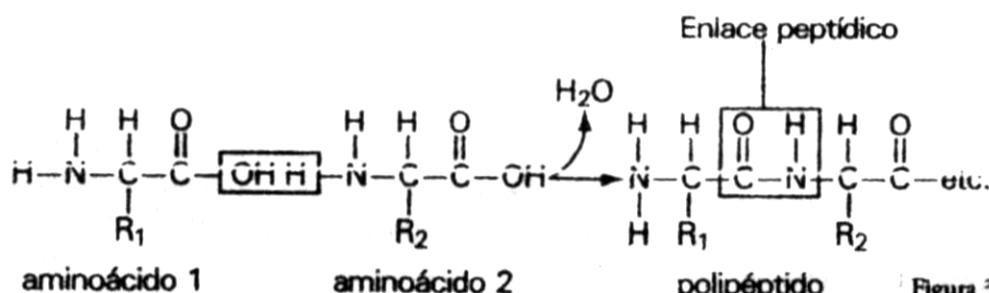


Figura 3. Enlace peptídico.

La forma que adoptan las proteínas en el espacio depende de la secuencia de aminoácidos (tipos de aminoácidos presentes y orden en el que se unen) y de las condiciones externas, como el pH, la concentración de sales y la temperatura, entre otros. La estructura nativa de una proteína (estructura que no fue modificada por ningún agente externo) puede presentar cuatro niveles de organización, aunque el cuarto nivel no siempre existe:

**3.2.1. Estructura primaria:**  
es la secuencia de aminoácidos unidos por enlace peptídico. (Figura 4a).

**3.2.2. Estructura secundaria:**  
es el plegamiento regular y periódico que adoptan las proteínas. Hay dos tipos principales: hélice alfa y hoja plegada. Dentro de una misma proteína, se pueden encontrar zonas con distintas estructuras secundarias y otras zonas sin una estructura definida (Figura 4b).

**3.2.3. Estructura terciaria:**  
es la organización que adquiere la proteína en el espacio cuando interaccionan distintos tramos de la cadena polipeptídica, los cuales pueden tener una estructura secundaria definida o no. Dentro de este tipo de estructuras se encuentran las proteínas globulares y las fibrilares. (Figura 4c).

**3.2.4. Estructura cuaternaria:**  
en este tipo de estructuras hay más de una cadena polipeptídica y cada una forma una subunidad de la proteína. Ejemplo de proteínas con estructura cuaternaria son la hemoglobina

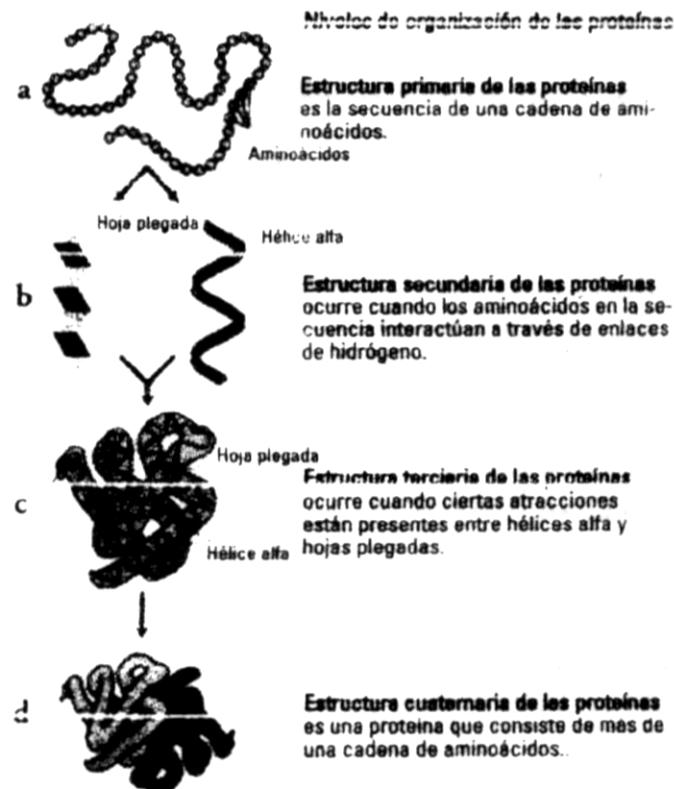


Figura 4. Estructuras: primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria.

(pigmento de la sangre), la miosina (una de las proteínas contráctiles del músculo) y la caseína (proteína de la leche) (Figura 4d).

Estas estructuras se estabilizan por diferentes interacciones intermoleculares, tales como puente disulfuro (uniones covalentes entre grupos -SH de algunos aminoácidos), puente de hidrógeno (entre el oxígeno de un C=O de un enlace peptídico y el hidrógeno de un NH de otro enlace), interacciones **electrostáticas** (pueden ser atractivas entre grupos con distinta carga o repulsiva entre grupos con igual carga), interacciones hidrófobas (entre cadenas laterales alifáticas o aromáticos) y fuerzas de Van der Waals (entre grupos con dipolos permanentes o inducidos, como el enlace peptídico y el grupo alcohol de la serina). (Ver capítulo “La Química en los Alimentos”).

### 3.2.5. Desnaturalización

Durante la preparación de alimentos, el cambio de temperatura, el amasado, el batido, el aumento de acidez o el agregado de sales, pueden modificar estas estructuras provocando la desnaturalización de la proteína, es decir, la pérdida de las estructuras secundaria, terciaria o cuaternaria, sin pérdida de la estructura primaria (sin ruptura de la cadena).

Muchas veces la desnaturalización es reversible y la proteína vuelve a su forma nativa, es decir adopta la misma forma que tenía antes de desnaturalizarse. En cambio, otras veces, el proceso es irreversible.

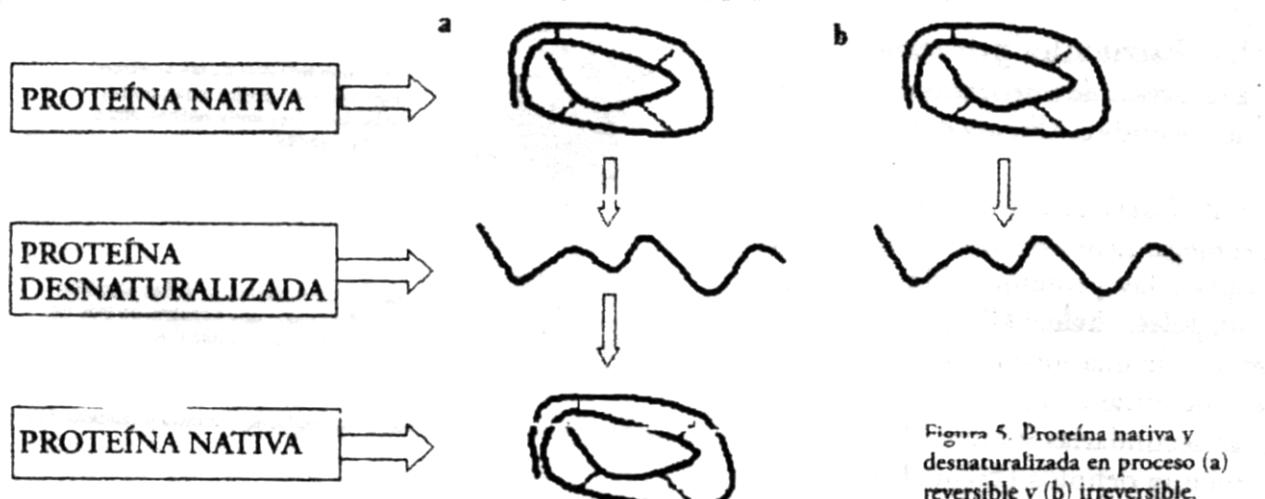


Figura 5. Proteína nativa y desnaturalizada en proceso (a) reversible y (b) irreversible.



Harina y masa, desnaturalización por trabajo mecánico (amasado)



Clara de huevo y merengue, desnaturalización por batido



Huevo crudo y huevo frito, desnaturalización por acción del calor

Figura 6. Algunos ejemplos de desnaturalización.

# 5. LAS ENZIMAS

## 5.1. Introducción

Las enzimas son proteínas globulares que actúan como catalizadores biológicos, es decir, incrementan la velocidad de una reacción bioquímica. No se consumen durante la misma y, en general, presentan un alto grado de especificidad: *cada enzima cataliza un único tipo de reacción química*, o en el caso de ciertas enzimas, reacciones muy semejantes.

La mayoría de las reacciones en organismos vivos no ocurrirían a velocidad apreciable sin catálisis. Las enzimas incrementan la velocidad de las reacciones bioquímicas entre  $10^8$  y  $10^{20}$  veces, comparado con la velocidad a la que ocurriría la reacción espontáneamente.

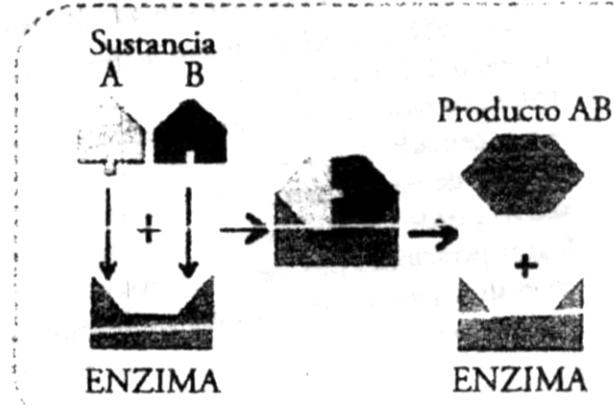
En una reacción catalizada enzimáticamente, la enzima se combina temporalmente con el reactivo o el sustrato (S), formando un *complejo enzima-sustrato* (E-S). Entonces, a medida que la reacción avanza, el producto (P) se libera y la enzima (E) vuelve a su estado original:



La enzima es, generalmente, más grande que el sustrato y la combinación de la enzima y el sustrato depende, normalmente, de fuerzas débiles, tales como puentes de hidrógeno, fuerzas de van der Waals e interacciones hidrófobicas para unir la enzima con el sustrato. La pequeña parte de la enzima a la que se une el sustrato se conoce como el *sitio activo* de la enzima.

En forma general, cada molécula de enzima es capaz de transformar, en cada segundo, de 100 a 1000 moléculas de sustrato en producto. El número de estas moléculas transformadas en producto por molécula de enzima en cada segundo, se conoce como *número de recambio*.

Algunas enzimas se asocian con estructuras de carácter no proteico, denominadas *cofatores*, que son necesarias para su funcionamiento. Entre ellos encontramos iones metálicos como el  $Zn^{2+}$  o el  $Fe^{2+}$ , y también moléculas orgánicas que se denominan *coenzimas*.



## 5.2. Nomenclatura

En general, se han nombrado a las enzimas de manera empírica y poco sistemática, ya sea, tomando como base el sustrato sobre el que actúa y colocando la terminación -asa (por ejemplo proteasa, que es una enzima que hidroliza proteínas destruyendo en enlace peptídico entre dos aminoácidos) o haciendo alusión a la reacción química genérica que cataliza (reductasa, hidrolasa, que aceleran reacciones de reducción química e hidrólisis, respectivamente).

### 5.3. Modelo de la acción de las enzimas.

La forma en que se une la enzima con el sustrato para catalizar las distintas reacciones ha sido explicada por distintos modelos. Entre ellos mencionaremos los dos siguientes:

#### 5.3.1. El modelo de la "Llave-cerradura"

La alta especificidad de las enzimas condujo a Emil Fisher en 1894 a deducir que ambas moléculas (enzima y sustrato) se complementan geométricamente, y sus formas moleculares encajan, exactamente, una con otra. Esto se conoce, comúnmente, como el modelo de "llave-cerradura", en el que la enzima es una especie de cerradura y el sustrato una llave que encaja de forma perfecta en la cerradura. Sin embargo, si bien este modelo explica la especificidad de las enzimas (una enzima para cada sustrato y para cada reacción en condiciones definidas de temperatura, fuerza iónica y pH), falla al explicar la estabilización del estado de transición (E-S) que las enzimas logran.

#### 5.3.2. El modelo del encaje inducido

En 1958 Daniel Koshland sugiere una modificación al modelo de la llave-cerradura. Postula que las enzimas son estructuras bastante flexibles y, entonces, el sitio activo puede ser reformado por la interacción con el sustrato. Como resultado de esto, la estructura proteica que compone el sitio activo puede ser modificada en su estructura espacial, para lograr posiciones precisas que permitan a la enzima encajar en el sitio activo y llevar a cabo su función catalítica.

De acuerdo con el Dr.

JURAC (Journal of the International Union of Pure and Applied Chemistry) y el Dr. J. B. G. (Journal of the International Union of Pure and Applied Chemistry) y posteriormente en la revista JURAM (Journal of the International Union of Pure and Applied Chemistry and Molecular Biology), se publicó en 1958.

Este modelo se ha sido modificado y actualizado por la Dr. D. Koshland (Cincinatti), y se ha publicado en la revista JURAM (Journal of the International Union of Pure and Applied Chemistry and Molecular Biology), en 1963.



Figura 1. Modelo de llave-cerradura.

(a)



Enzima



(b)



Enzima



Figura 2. Modelo del encaje inducido.



### 3.1. Propiedades de los péptidos

Los dípeptidos y tripeptidos se asemejan en sus propiedades a los aminoácidos, pero a medida que la cadena es más larga adquieren propiedades diferentes.

Los polipéptidos son sustancias generalmente inodoras y poco solubles en solventes orgánicos. En un medio alcalino se comportan como ácidos y en un medio ácido como bases, de modo similar a lo señalado en el caso de los aminoácidos. Los polipéptidos de baja masa molecular dializan a través de membranas de celofá, mientras que los de elevada masa molecular no lo hacen.

### 3.2. ¿Cuál es la importancia de los péptidos?

Los péptidos son sustancias muy difundidas en los seres vivos y algunos de ellos desempeñan importantes funciones biológicas.

Los dipeptidos **carnosina** ( $\beta$ -*alanil*lhistidina) y **anserina** ( $\beta$ -*alanil*lglutidina) se encuentran en los músculos de los animales. El triptófido **glutatina** ( $\gamma$ -glutamilcisteínilglicina) se halla en casi todos los tejidos vegetales y animales e interviene en los procesos de óxido-reducción. Entre los polipéptidos merecen destacarse las hormonas del lóbulo interior de la hipófisis, **vasopresina** y **ocitocina**, que regulan las contracciones del útero durante el parto y la presión arterial, respectivamente; la **secretina**, producida por la mucosa intestinal, estimula la secreción pancreática; la **hormona adrenocorticotrópica (ACTH)** cuya acción principal es regular las funciones de la corona suprarrenal, y algunos antibióticos producidos por bacterias (**gramicidina**, **polimixina**, etcétera).

### 4. DE IMPORTANCIA PRIMORDIAL: LAS PROTEÍNAS

Desde el punto de vista científico, un organismo es una fábrica de productos químicos. Respira oxígeno, bebe agua, ingiere alimentos y transforma todo eso en las materias que hacen posible la vida. De todo de esta dinámica las proteínas protagonizan la mayoría de las decenas de miles de tareas que se requieren para mantener el cuerpo con vida: son su armazón estructural y aceleran una cantidad elevada de reacciones químicas que deben producirse en un ambiente muy suave, sin altas temperaturas, sin reactivos químicos agresivos ni presiones elevadas y



Alimentos con alto contenido de proteínas.

variables del medio que las rodea y a las distintas necesidades momentáneas del organismo. Por lo tanto, se puede afirmar que las **proteínas son sustancias orgánicas esenciales para la vida de los organismos**.

La palabra **proteína** deriva del griego **proteus**, que significa **fundamental**, la base o **el primero**, es decir, de **importancia fundamental**. Esta denominación fue dada en 1838 porque se supuso que desempeñaban un papel primordial en los seres vivos y esta presunción fue ampliamente confirmada por las investigaciones posteriores. Entre las proteinas más conocidas, se pueden mencionar

la **albúmina de huevo**, la **mitoglobina de los musculos**, la **cisteína de la leche**, la **seroalbúmina** y las **globulinas** de la sangre, la **glutamina** y la **gluterina** que forman el **gluten** de la harina de trigo.

Las proteinas son **macromoléculas** constituidas por **carbono**, **hidrógeno**, **oxígeno** y **nitrógeno**, frecuentemente por **azufre** y en algunos casos **fósforo**.

Las **masas moleculares de las proteinas son muy elevadas**, habiéndose señalado que sus valores oscilan entre 10.000 (citocromo c) y 40.000.000 dalton (virus). Como consecuencia del tamaño de las moléculas forman soluciones coloidales. Cuando las proteinas se hidrolizan van originando sucesivamente compuestos de masa menor, tales como **proteosas**, **peptonas**, **polipéptidos** hasta obtener como productos finales los **aminoácidos**.

Diversas investigaciones han permitido establecer que las **proteinas son polímeros constituidos por un elevado número de alfa-aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos**. En suma, se puede establecer que:

**Las proteinas son biopolímeros esenciales para la vida celular es superior a 10.000 dalton.**

Las proteinas son compuestos que se desnaturalizan por la acción del calor, alcohol, ácidos, electricidad, etcétera. Cuando se desnaturalizan se vuelven insolubles en agua y precipitan.

Las plantas y las bacterias elaboran sus propias proteinas a partir de los nitratos del suelo. Los animales, en cambio, ingieren proteinas contenidas en los alimentos y las descomponen en sus aminoácidos constituyentes, con los cuales sintetizan sus proteinas.

En los seres humanos intervienen aproximadamente **veinticinco aminoácidos** diferentes en la formación de las **proteinas**. Con estas veinticinco unidades se constituyen complicadas estructuras, pues los aminoácidos se repiten y combinan de muy diversas formas y en distintas cantidades. El número de combinaciones posibles es tal que el número de proteinas llega a ser superior a la cantidad de células del cuerpo humano. Cada **especie animal o vegetal** tiene sus proteinas específicas (propias de la especie) que no se encuentran en otras. Esas proteinas se reproducen en todos los individuos de la misma especie, pues su formación está dirigida por el **código genético** impreso en el **ADN** (ácido desoxirribonucleico).

#### 4.1. Importancia biológica de las proteinas

La significación biológica de las proteinas es tan preponderante que se puede afirmar que las características más importantes de los seres vivos dependen de las proteinas que las constituyen.

Debido a su gran heterogeneidad estructural, las proteinas desempeñan una gran variedad y multiplicidad de funciones, tales como:

• **Funció estructural:** Las células poseen un citosqueleto de naturaleza proteica que constituye un armazón alrededor del cual se organizan todos sus



La clara de los huevos tiene un alto contenido de albúmina (ovoalbúmina).

Composición centesimal media de las proteinas

Fórmula	Mol.
Carbono	63,0
Hidrógeno	7,0
(Hidrógeno)	22,8
Nitrógeno	16,0
Azufre	1,1
Fósforo	0,4

Masas moleculares de algunas proteinas

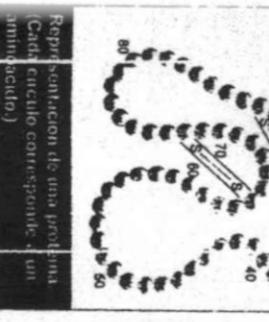
Fórmula	Mol.
Citocromo c	15.600
Lepeína	35.500
Lactoglobulina	41.500
Citoglobulina	43.000
Oxalobalbina	44.000
Hemoglobina	63.000
Triglobulina	675.000
He modianina	6.680.000
Virus del tabaco	20.000.000

componentes y que tienen un gran importancia como catalizadores intracelulares o la división celular. Por lo tanto, se puede señalar que las proteínas determinan la forma y la estructura de las células.

• **Función enzimática:** La gran mayoría de las reacciones químicas que suceden en las células se activan por la presencia de proteínas, denominadas **enzimas**, que actúan como catalizadores.

• **Función de defensa:** En los vertebrados superiores, las proteínas, llamadas **anticuerpos** o *imunglobulinas*, se encargan de reconocer moléculas u organismos extraños, tales como bacterias y virus, y se unen a ellos para facilitar su destrucción por las células del sistema inmunitario.

• **Función de transporte:** En los seres vivos son esenciales los fenómenos de transporte, ya sea para llevar oxígeno o lípidos a través de la sangre o bien para transportar moléculas polares a través de las membranas plasmáticas; este transporte siempre es realizado por proteínas. Por ejemplo, la *hemoglobina* es la proteína de la sangre que transporta el oxígeno y el dióxido de carbono.



Representación de una proteína.  
(Cada círculo corresponde a un aminoácido.)

• **Función de movimiento:** Todas las funciones de motilidad de los seres vivos están relacionadas con las proteínas. Así, la contracción del músculo resulta de la interacción entre dos proteínas, la actina y la miosina.

• **Función hormonal:** Las hormonas son sustancias producidas y secretadas por las células que ejercen su acción sobre otras células dotadas de receptores adecuados. Algunas hormonas son de naturaleza proteica, como por ejemplo, la *insulina* y el *glucagón*, que regulan los niveles de glucosa en sangre; la *somatotropina* o *hormona del crecimiento* o la *calcitonina* que regulan el metabolismo del calcio.

• **Función de coagulación sanguínea:** El *factor X* es una proteína que potencia la coagulación de la sangre que fluye en las heridas.

• **Función de reconocimiento de señales químicas:** La superficie de las células alberga una gran cantidad de proteínas encargadas del reconocimiento de señales químicas de muy diversos tipos (de receptores hormonales, de los transmisores de señales, de virus, de bacterias, etc.).

• **Función de reserva:** La *ovoalbúmina* de la yema de huevo, la *lecitina* de la leche, la *glicógeno* del grano de trigo y la *huevo* de la célula constiuyen una reserva de aminoácidos para el futuro desarrollo del embrión y aseguran la supervivencia de un nuevo ser. Muchas proteínas cumplen, a la vez, más de una de las funciones enumeradas. Así, las proteínas de la membrana celular tienen tanto función estructural como enzimática; la ferritina es una proteína que transporta y, a la vez, almacená el hierro; la miofisina interviene en la contracción muscular; pero también funciona como una enzima capaz de hidrolizar el ATP, etcétera.

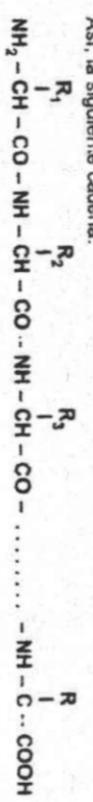
#### 4.2. ¿Cómo es la estructura de las proteínas?

Los aminoácidos que constituyen las proteínas tienen una distribución y un ordenamiento muy variable en cada una de ellas, por lo cual se afirma que las proteínas tienen una estructura muy compleja. Las diferentes cargas eléctricas que tienen los radicales de los aminoácidos y la rigidez que presenta el enlace

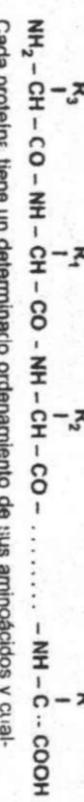
permiten organizarlas de formaciones de las proteínas y la estructura resultante es responsable de general propiedades y funciones que son características para los seres vivos. El estudio de la estructura de una proteína se suele realizar en cuatro niveles de complejidad: denominados **estructura primaria**, **secundaria**, **terciaria** y **cuaternaria**, respectivamente.

##### 4.2.1. Estructura primaria

La estructura primaria de una proteína indica cuáles son los aminoácidos que la forman y en qué orden (secuencia) se encuentran en la cadena peptídica. Así, la siguiente cadena:



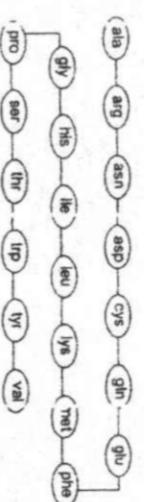
es diferente a esta otra:



Cada proteína tiene un determinado ordenamiento de sus aminoácidos y cada quer cambio en el orden hace variar su naturaleza y su función.

En las proteínas la secuencia de los aminoácidos está determinada por el código genético impreso en el ADN (ácido desoxirribonucleico) nuclear. El primer aminoácido tiene siempre libre el grupo amino, por lo que se le da el nombre de *aminoácido N-terminal*. El último aminoácido siempre tiene libre el grupo carboxilo, por lo que se denomina *aminoácido C-terminal*. A modo de ejemplo:

Estructura primaria



Estructura primaria de una proteína.

Las cadenas proteínicas más cortas tienen entre 25 y 100 aminoácidos, como ocurre en el caso de algunas hormonas o de algunas proteínas pequeñas (*feorredoxina*); las más grandes están compuestas por unos 100 a 500 aminoácidos y las más largas llegan a tener hasta 3.000 monómeros.

##### 4.2.2. Estructura secundaria de las proteínas

La estructura secundaria de las proteínas estudia de qué manera se dispone la cadena polipeptídica en el espacio. Los átomos de los enlaces peptídicos más próximos entre sí forman uniónes puente de hidrógeno, las cuales originan plegamientos en las cadenas polipeptídicas.

A pesar de que cada proteína tiene una conformación propia diferente de las demás, existen algunas plegamientos que se repiten en sus moléculas. Entre estos plegamientos, los más comunes son la *alfa-hélice* y la *hoja plegada* (*lámina beta*).