

Figura 24. Modelo tridimensional de la alanina, uno de los aminoácidos más sencillos, donde el grupo R es un radical CH_3 .

Los aminoácidos son como los ladrillos de una construcción a partir de los cuales se fabrican las proteínas. Aunque existen más de 300 aminoácidos diferentes en la naturaleza, solo 20 forman parte de las proteínas presentes en los seres vivos. Las proteínas son un tipo de macromoléculas con múltiples funciones.

2.1 Definición y funciones de las proteínas

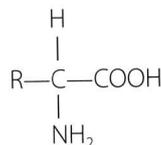
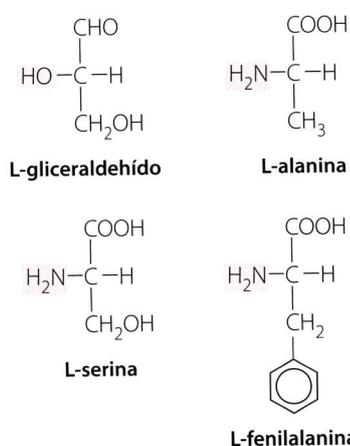
Las **proteínas** son polímeros cuyos monómeros son los aminoácidos. Las propiedades biológicas de proteínas se relacionan con el tipo de aminoácidos constituyentes y el orden en que estos se encuentren acoplados. Estas condiciones determinan la estructura tridimensional de las proteínas, la cual tiene gran importancia biológica.

Las proteínas desempeñan funciones muy variadas en los organismos vivos. Por ejemplo, constituyen el soporte físico del cuerpo, en el metabolismo, sirven como hormonas, portadores de vitaminas, oxígeno y bióxido de carbono y como enzimas. También llevan a cabo actividades de señalización y defensa. Así, la piel y las uñas están hechas de queratina; la seda, de fibroína; los tendones y los cartílagos, de colágeno, para nombrar solo algunos ejemplos de proteínas estructurales. Las hormonas insulina y glucagón son ejemplos de proteínas con función reguladora. Específicamente, estas hormonas se encargan de regular los niveles de glucosa en la sangre. Por último, los anticuerpos son también proteínas encargadas de la defensa del organismo.

2.2 Aminoácidos

2.2.1 Estructura

Los **aminoácidos** constituyen una clase de compuestos orgánicos que contienen simultáneamente los grupos funcionales amino (NH_2) y carboxilo (COOH). Aquellos que forman parte de las proteínas en los seres vivos poseen los grupos COOH y NH_2 unidos al carbono α (el carbono adyacente al carbono carbonilo), por lo que se conocen como α -aminoácidos. La estructura general de un α -aminoácido es:



La composición del grupo R diferencia un aminoácido de otro. Por ejemplo, en la glicina R es un átomo de hidrógeno, mientras que en la alanina es un radical CH_3 (Fig. 24).

A excepción de la glicina, el carbono α de cualquier otro aminoácido es quiral o asimétrico. Por lo tanto, los aminoácidos son ópticamente activos y poseen enantiómeros D y L, de los cuales solo los L-aminoácidos están presentes en los seres vivos (Fig. 25).

Figura 25. Al igual que los azúcares L y D, el nombre de los L-aminoácidos derivan su nombre de su similitud estequiométrica con el L-gliceraldehído.

2.2.2 Nomenclatura

Los aminoácidos son aminas sustituidas. Sin embargo, en la mayoría de los casos y especialmente aquellos de interés bioquímico, se suelen conocer a través de nombres comunes y de abreviaturas derivadas de estos.

2.2.3 Clasificación

Como se mencionó antes, lo que caracteriza a los diferentes aminoácidos es el grupo R unido al carbono α . En este sentido, existen aminoácidos **neutros**, **ácidos** y **básicos**. En los neutros el grupo R carece de carga y las cargas de los grupos NH_2 y COOH disociados se equilibran. En este caso, R puede ser alifático o aromático (Fig. 26A). En los ácidos, R presenta un grupo COOH adicional, por lo que a pH neutro (cerca de 7,3 en el interior de las células) estos aminoácidos se encuentran disociados, como iones carboxilato (Fig. 26B). Por último, los básicos poseen un grupo R capaz de protonarse, por ejemplo, un grupo amino, el cual al pH celular se encuentra en forma de ion amonio (Fig. 26C).

Los veinte aminoácidos que forman parte de las proteínas figuran en la tabla del margen. Son los llamados **aminoácidos proteicos** y son los que, desde el punto de vista bioquímico, tienen mayor interés.

De acuerdo con los requerimientos nutricionales de los organismos, los aminoácidos se clasifican como **esenciales** y **no esenciales**. Los aminoácidos esenciales son aquellos que un organismo no puede sintetizar por sí mismo. Para el ser humano los aminoácidos esenciales son los siguientes: triptófano, lisina, fenilalanina, leucina, isoleucina, valina, treonina y metionina. Obsérvese que todos estos aminoácidos son proteicos, por lo tanto es imprescindible que sean ingeridos con la dieta.

Aminoácidos proteicos	Abreviatura
Alanina	Ala
Arginina	Arg
Asparagina	Asn
Ácido aspártico	Asp
Cisteína	Cys
Fenilalanina	Phe
Glicina	Gly
Ácido glutámico	Glu
Glutamina	Gln
Histidina	His
Isoleucina	Ile
Leucina	Leu
Lisina	Lys
Metionina	Met
Prolina	Pro
Serina	Ser
Tirosina	Tyr
Treonina	Thr
Triptófano	Trp
Valina	Val

A
R
N
D
C
F
G
E
Q
H
H
L
X
M
P
S
Y
T
W
V

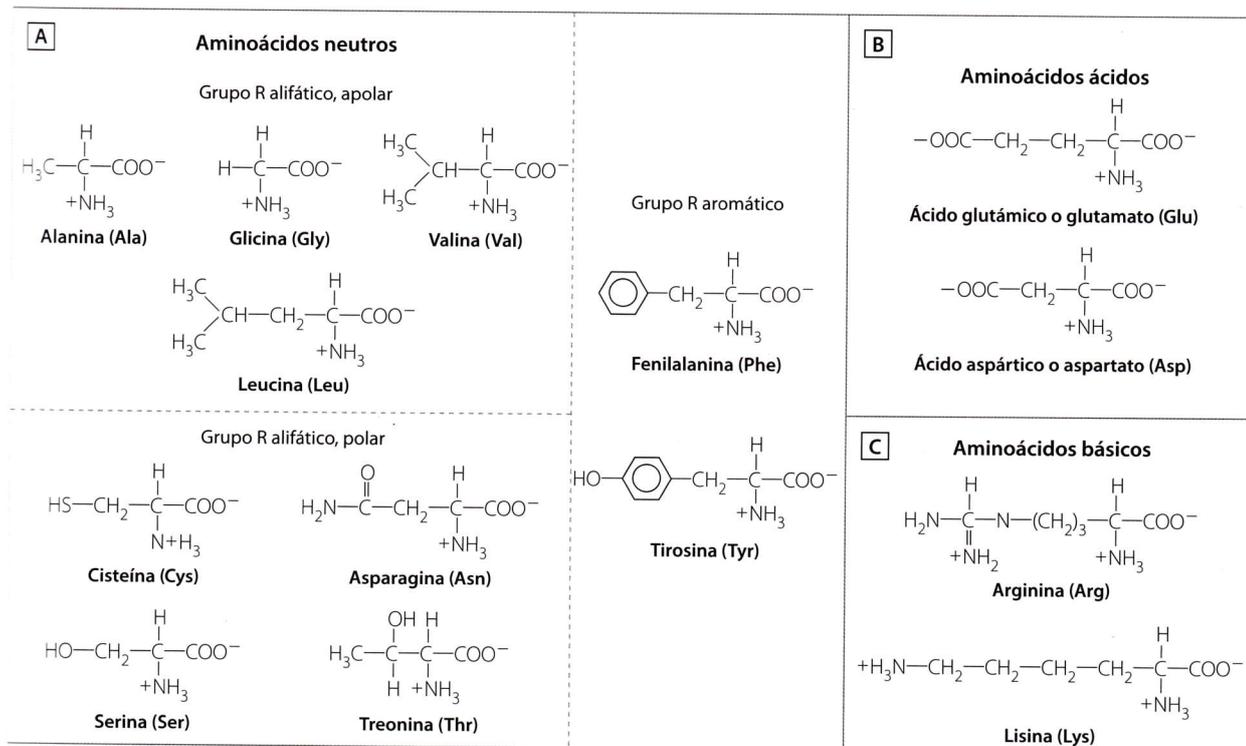


Figura 26. Clasificación de los aminoácidos de acuerdo con el tipo de radical R unido al carbono α . Entre paréntesis se indica la abreviatura internacional del nombre. Las fórmulas muestran los aminoácidos en su forma iónica.

2.2.4 Propiedades

- **Físicas:** retomando la información contenida en la figura 26, los aminoácidos cuyo grupo R es apolar son hidrófobos, es decir, no solubles en agua, mientras que aquellos en los cuales R es polar son hidrófilos y solubles en agua. En general, los aminoácidos son sólidos cristalinos iónicos. Sus puntos de fusión son más altos que los correspondientes a moléculas orgánicas de peso molecular semejante.
- **Químicas:** al poseer en la molécula un grupo carboxilo y un grupo amino, los aminoácidos presentan carácter **anfótero**, es decir, actúan como ácidos y como bases dependiendo del medio donde se encuentren. Si la solución está saturada con iones H^+ (pH bajo), ambos grupos se encuentran protonados (como $COOH$ y NH_3^+ , respectivamente), por lo que el aminoácido tiene una carga positiva.

En medios básicos, el grupo $COOH$ se encuentra disociado, como COO^- y el grupo amino se presenta como NH_2 , por lo que el aminoácido posee carga negativa. En otras palabras, ambos grupos ceden protones a la solución. De acuerdo con lo anterior, en algún valor de pH un aminoácido dado se encuentra en equilibrio, en forma de ion dipolar neutro, con el grupo carboxilo disociado (COO^-) y el grupo amino protonado (NH_3^+). Este valor se conoce como **punto isoelectrico** (Fig. 27). Nota que los aminoácidos presentados en la figura 26 se muestran en su forma dipolar.

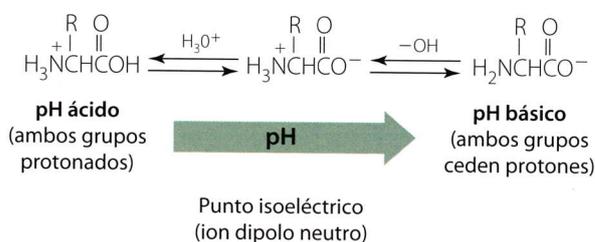


Figura 27. Punto isoelectrico de un aminoácido, en el cual el grupo carboxilo se encuentra disociado (COO^-) y el grupo amino, protonado (NH_3^+), por lo que la molécula no posee carga eléctrica.

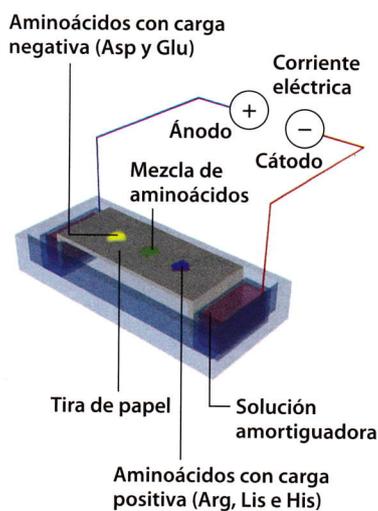
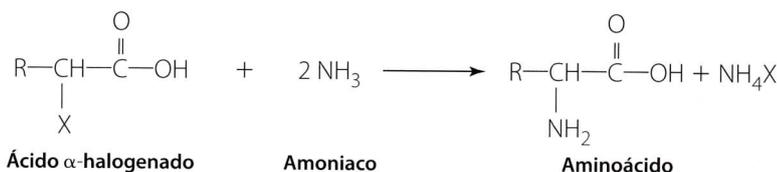


Figura 28. La electroforesis es un método empleado para separar los diferentes aminoácidos de una mezcla según la carga de cada uno a pH neutro.

El punto isoelectrico de cada aminoácido depende de su estructura. Así, los aminoácidos neutros presentan su punto isoelectrico cerca al pH neutro, mientras que los aminoácidos ácidos encuentran el equilibrio a pH más bajo, de manera que se logre inhibir la disociación del grupo $COOH$ adicional. De modo similar, los aminoácidos básicos tienen puntos isoelectricos a pH más alto, para así evitar la protonación del segundo grupo amino (Fig. 28).

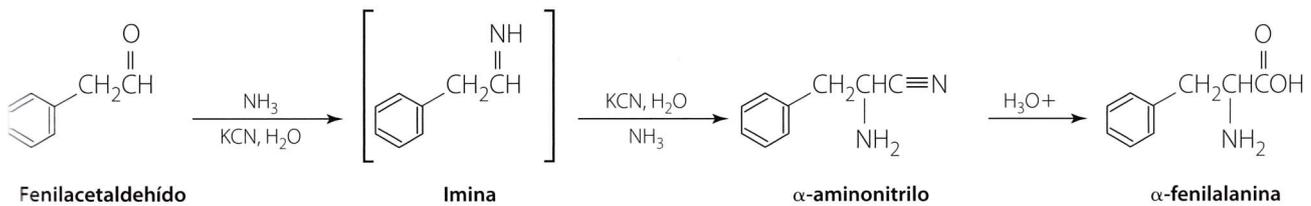
2.2.5 Síntesis de aminoácidos

- **A partir de ácidos α -halogenados:** cuando un ácido α -halogenado se trata con amoníaco se obtiene el aminoácido correspondiente:



El grupo R presente en el ácido se conserva en el aminoácido, por lo que a través de este método es posible sintetizar aminoácidos específicos.

- **Síntesis cianhídrica:** llamada también **método de Strecker**, se fundamenta en la acción del ácido cianhídrico sobre el grupo carbonilo de un aldehído, para formar una cianhidrina, que luego, en presencia de amoníaco, experimenta la sustitución de un grupo OH por un NH₂, dando lugar a un amino-nitrilo. Este compuesto, por hidrólisis, genera el aminoácido. A continuación se muestra la síntesis de fenilalanina, a través de este método:



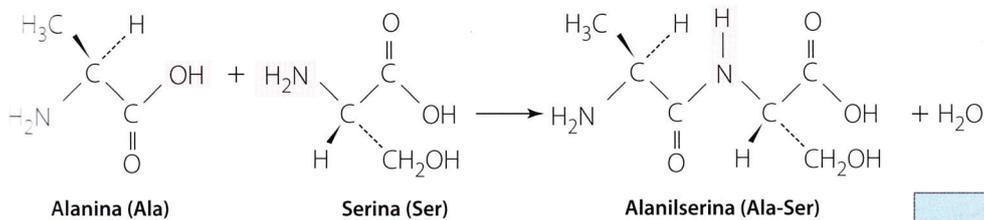
2.3 Proteínas

2.3.1 Generalidades

Las proteínas son polímeros de aminoácidos. Debido a que incluyen, por lo general, muchas unidades, son compuestos de elevado peso molecular. La unión entre aminoácidos ocurre a través de la reacción entre el OH del grupo carboxilo de uno de los aminoácidos y el grupo amino de otro, con pérdida de una molécula de agua, como se muestra a continuación, para alanina y serina:



Figura 29. Entre las proteínas simples se encuentran la ovoalbúmina, presente en la clara de huevo, y la globulina, presente en la yema del huevo.



Este enlace se conoce como **enlace peptídico** y es similar al que da origen a las amidas. Los extremos de este dímero poseen un grupo NH₂ (extremo **N-terminal**) y un grupo COOH (extremo **C-terminal**), susceptibles de reaccionar con otros aminoácidos y, de esta forma, ampliar la cadena peptídica.

2.3.2 Clasificación

De acuerdo con el número de aminoácidos que se encuentren acoplados, las cadenas se denominan **di**, **tri**, **tetra** o **polipéptidos**. Un **péptido** es una proteína relativamente pequeña, de 50 o menos aminoácidos. Cuando la cadena de aminoácidos es mayor se habla de proteínas, en forma general.

Por otro lado, si una proteína se compone únicamente de α-aminoácidos se denomina **simple**, mientras que, si posee otros compuestos orgánicos en su estructura, como glúcidos, lípidos o fosfatos, entre otros, se trata entonces de una proteína **conjugada** (Figs. 29 y 30). Estos grupos no proteicos reciben el nombre de **grupos prostéticos**. Por último, las proteínas se dividen en **fibrosas** y **globulares**, de acuerdo con su forma. Las fibrosas están constituidas por cadenas lineales de polipéptidos, arreglados en filamentos, por lo que suelen ser de consistencia oleosa e insolubles en agua. Estos rasgos hacen que sean materiales muy resistentes, por lo que encontramos proteínas fibrosas en las uñas, los músculos o los tendones. Por su parte, las proteínas globulares son semiesféricas, compactas, poseen cierta movilidad y son solubles en agua, razones por las cuales son, en su mayoría, enzimas.

	Nombre	Función/ Localización
Proteínas fibrosas	Colágenos	Pezuñas de animales y tendones
	Elastinas	Vasos sanguíneos y ligamentos
	Fibrinógenos	Intervienen en la coagulación de la sangre
	Queratinas	Piel, lana, plumas, seda, uñas, etc.
	Miosinas	Músculos
Proteínas globulares	Hemoglobina	Transporte de oxígeno
	Inmunoglobulinas	Respuesta inmune
	Insulina	Regulación del metabolismo de la glucosa

Figura 30. Las proteínas pueden ser fibrosas o globulares.



Figura 31. Reacción de Biuret para identificación de proteínas.

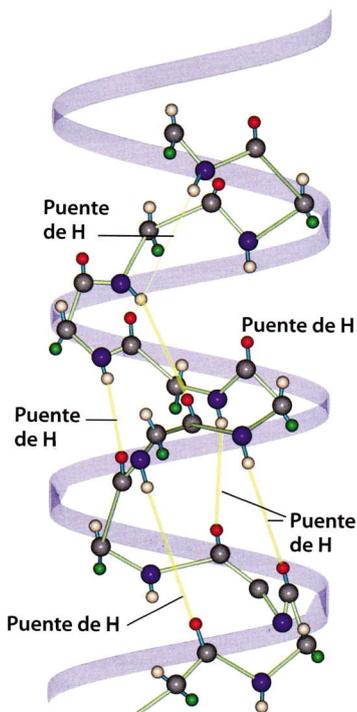


Figura 32. Estructura secundaria tipo hélice α .

2.3.3 Propiedades de las proteínas

- **Desnaturalización:** cuando las proteínas se calientan, se exponen a la acción de radiación ultravioleta o se tratan con soluciones de diferente naturaleza, alcohol, ácidos o bases diluidas, acetona, etc., experimentan cambios muy notables en su solubilidad y en sus propiedades biológicas. En la mayoría de los casos estos cambios son irreversibles. Estudios realizados con rayos X muestran que la desnaturalización de las proteínas origina una disposición más al azar de las moléculas del polímero de proteína.
- **Punto isoeléctrico:** dado que los extremos N-terminal y C-terminal de una proteína conservan la capacidad de ionizarse dependiendo del medio en donde se encuentre dicha proteína, es posible definir el punto isoeléctrico de un polipéptido como el pH al cual los iones positivo y negativo se encuentran en equilibrio. Este valor, al igual que en los aminoácidos, varía de una proteína a otra.
- **Reacciones coloreadas:** existen una serie de pruebas químicas para determinar la presencia de proteínas en una solución o para identificar tipos específicos de aminoácidos en una proteína. Las pruebas más importantes son:
 - **Reacción de Biuret:** al mezclar una solución diluida de sulfato cúprico y urea con una solución de proteína débilmente alcalina aparece un color entre rosado y violeta. Esta prueba es muy general y sirve para detectar la presencia de proteínas y péptidos (**Fig. 31**).
 - **Reacción xantoproteica:** el ácido nítrico concentrado reacciona con los núcleos aromáticos de los aminoácidos, formando compuestos nitrados de color amarillo intenso. Por lo tanto, esta prueba sirve para determinar la presencia de aminoácidos aromáticos (tirosina, triptófano y fenilalanina).
- **Hidrólisis:** los enlaces peptídicos de una proteína cualquiera se pueden romper si se la trata con un ácido fuerte (por ejemplo, HCl o H₂SO₄) a altas temperaturas (110 °C). Si las condiciones son más suaves, se consigue una hidrólisis parcial, en la cual se obtienen segmentos peptídicos más pequeños que los iniciales. En los seres vivos, la hidrólisis de proteínas se realiza enzimáticamente y con una alta selectividad, que permite romper la proteína en puntos específicos. Por ejemplo, la tripsina es una enzima digestiva que rompe las uniones peptídicas solamente entre lisina y arginina.

2.3.4 Estructura de las proteínas

La mayoría de las propiedades biológicas, físicas y químicas de las proteínas, dependen de la forma tridimensional de las moléculas. Los diferentes rasgos de esta forma son la estructura de una proteína.

- **Estructura primaria:** describe la sucesión de aminoácidos que forman la cadena polipeptídica, sin tener en cuenta las interacciones internas entre diferentes aminoácidos de dicha cadena, que puedan ocasionar su plegamiento.
- **Estructura secundaria:** en este nivel de estructura se describe la interacción entre diferentes secciones polares de la cadena peptídica. Generalmente, estas interacciones se dan entre los grupos amino (específicamente residuos NH) y carboxilo (residuos C=O) de diferentes aminoácidos, dando como resultado la formación de puentes de hidrógeno. En algunas proteínas, como las queratinas de lana, pelos y uñas, los puentes de hidrógeno ocurren con una periodicidad tal que se forma una hélice regular,

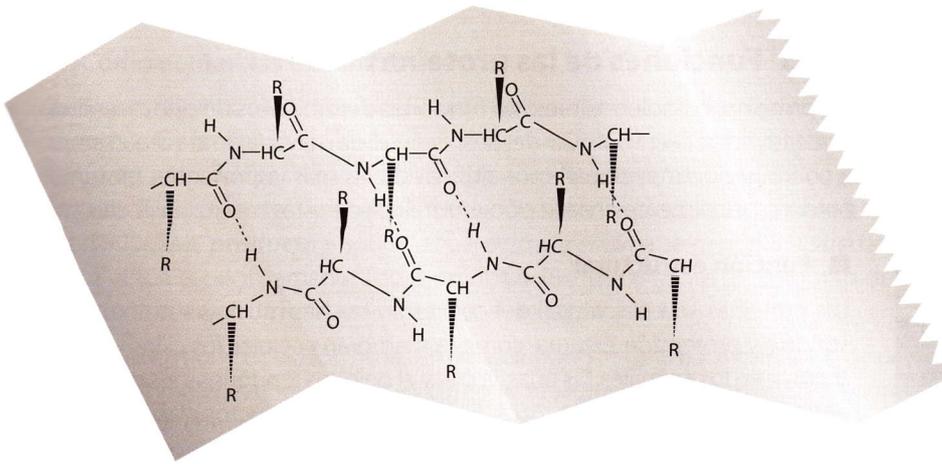


Figura 33. Estructura secundaria tipo lámina β . Típica de proteínas como la fibroína de la seda.

en la cual cada vuelta consta de 3,6 aminoácidos. Esta conformación espacial se conoce como **hélice α** (Fig. 32). Existe además otra conformación, conocida como **lámina β** , en la cual varias cadenas peptídicas se encuentran acopladas paralelamente, a través de puentes de hidrógeno entre grupos $C=O$ y NH de diferentes cadenas (Fig. 33).

- **Estructura terciaria:** describe el plegamiento de estructuras secundarias, como hélices y láminas, sobre sí mismas. Las fuerzas causantes de doblar estas estructuras son: **puentes disulfuro**, formados entre aminoácidos como cisteína y metionina y **fuerzas de repulsión y atracción** entre aminoácidos hidrófobos e hidrófilos con respecto al medio acuoso circundante. De esta forma, los aminoácidos hidrófobos tienden a ubicarse en el interior de las proteínas, lo más alejados posible del agua del medio, mientras que los hidrófilos se ubican en la periferia. El resultado es una estructura tridimensional plegada y enrollada sobre sí misma en patrones complejos (Fig. 34). Las proteínas globulares son ejemplos de este tipo de conformación.
- **Estructura cuaternaria:** se refiere a la forma en que se agrupan varias proteínas (con una estructura terciaria definida) para formar grandes agregados, multiméricos. Las diferentes proteínas se unen a través de enlaces débiles, no covalentes, como puentes de hidrógeno y uniones electrostáticas (Fig. 35).

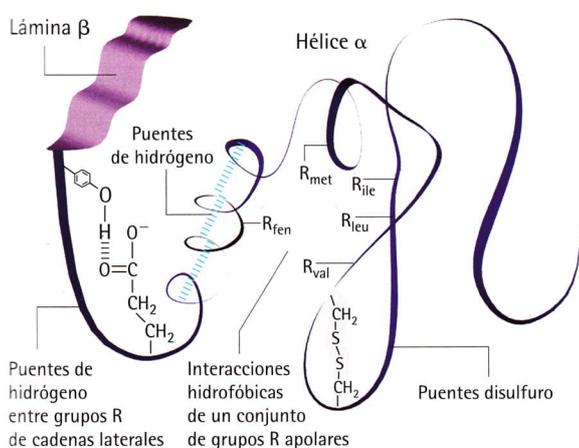


Figura 34. Estructura terciaria hipotética en la cual se encuentran involucradas diferentes fuerzas (puentes de hidrógeno, puentes disulfuro e interacciones hidrofóbicas).

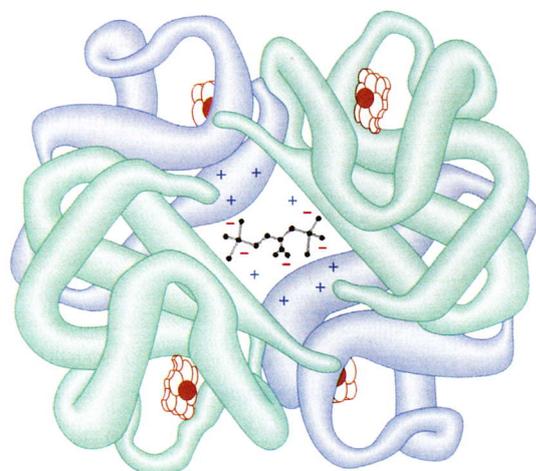


Figura 35. Estructura cuaternaria de la hemoglobina. Esta conformación facilita el transporte de oxígeno por parte de la proteína.

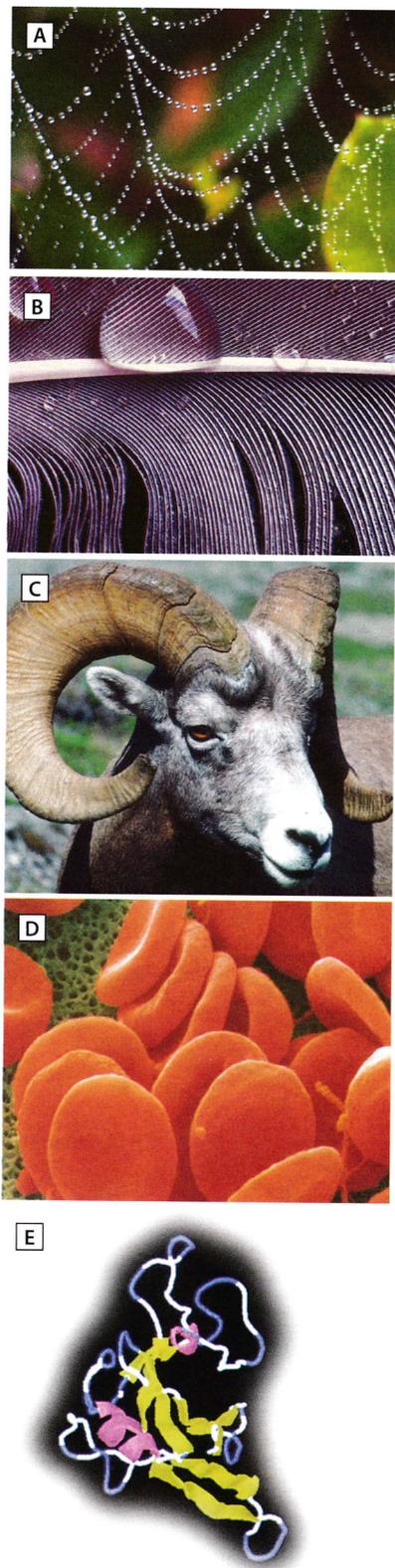


Figura 36. Funciones de las proteínas. Función estructural: telarañas (A), plumas (B) y cuernos (C). Función de transporte (D): la hemoglobina presente en los hematíes transporta el oxígeno hacia todas las células del cuerpo. Función de defensa (E): reacción antígeno-anticuerpo.

2.3.5 Funciones de las proteínas

Las proteínas cumplen numerosas funciones dentro de los organismos vivos, constituyendo cerca del 50% del peso seco de la mayoría de los organismos. A continuación mencionaremos algunas de las más importantes, profundizando especialmente en la acción enzimática de estas macromoléculas.

■ Función estructural

Las proteínas son el material del cual están hechas muchas estructuras de soporte y protección externa, como la membrana celular, los cilios y los flagelos, y, en los animales, las uñas, la piel y el pelo, los tendones y los músculos, entre otras estructuras (Fig. 36 A, B y C). Algunos productos elaborados por los animales, como las telarañas, también tienen naturaleza proteica.

■ Función de transporte

Algunas proteínas transportan sustancias de un lugar a otro dentro del organismo. Por ejemplo, la hemoglobina presente en los glóbulos rojos de la sangre, es la responsable de la fijación y el transporte de oxígeno, desde los pulmones hacia todas las células del cuerpo (Fig. 36D). De manera similar, la mioglobina, en los músculos, almacena el oxígeno necesario para la actividad muscular.

■ Función de defensa

Los **anticuerpos**, que defienden al organismo de agresores externos son proteínas altamente específicas, que solo actúan en contra de determinados patógenos, como si fueran una imagen especular de estos que los neutralizan. Los patógenos o agresores contienen **antígenos**, que son proteínas opuestas a los anticuerpos (Fig. 36E).

■ Función enzimática

Las enzimas son catalizadores biológicos que hacen posible la ocurrencia de reacciones vitales para los organismos, que de otra forma no se producirían o para las cuales serían necesarias temperaturas demasiado altas para permitir la supervivencia de dicho organismo. El papel enzimático de las proteínas es de suma importancia, por lo que se dedicará el siguiente apartado a este tema.

2.3.6 Las enzimas

■ Importancia fisiológica

Cada una de las reacciones químicas que se producen en el interior de las células son catalizadas y reguladas por enzimas específicas. Todas estas reacciones están acopladas de tal manera que, la ocurrencia de una es requisito para el inicio de la siguiente. Por esta razón, las enzimas, además de acelerar la velocidad de las reacciones químicas, regulan los procesos metabólicos. Por ejemplo, si la enzima encargada de adicionar un grupo fosfato a la glucosa llega a faltar, esta reacción no se producirá, es decir, no se formará la glucosa-6-fosfato y, por lo tanto, todas las vías metabólicas derivadas de este paso (glucólisis, glucogénesis, etc.) no ocurrirán.

El papel biológico de las enzimas es esencial para la vida. Las enzimas aceleran de una forma notable reacciones que, en circunstancias normales, son extraordinariamente lentas o, simplemente, no se producen. Pueden llegar a conseguir que una reacción se realice millones de veces más rápido. De ahí que su carencia o su alteración provoque enfermedades metabólicas que, en algunos casos, son realmente graves.

■ ¿Cómo actúan las enzimas?

Muchas reacciones no podrían ocurrir bajo las condiciones de pH y temperatura del cuerpo de la mayoría de los organismos que habitan la Tierra. Las enzimas son las responsables de que dichas reacciones tengan lugar. Para ello, las enzimas actúan como una especie de puente que pone en contacto el o los reactivos y facilita la formación del o los productos. La molécula que se modifica para dar lugar al **producto** y sobre la cual actúa la enzima se denomina **sustrato** de esta. Cada enzima actúa específicamente sobre un único sustrato o sobre un conjunto de sustratos muy similares en cuanto a la forma tridimensional de las moléculas.

Para ilustrar el modo de acción de las enzimas supongamos la transformación de un sustrato para generar dos moléculas (el producto), como se muestra en la figura 37. En un primer paso, la enzima forma un **complejo activado** con el sustrato, de manera que propicia la ruptura de enlaces y por ende la formación de los productos. Al finalizar la reacción, el complejo activado se rompe y la enzima vuelve a su configuración inicial. Como ya se sabe, los catalizadores se caracterizan porque intervienen en las reacciones sin modificarse en sí mismos.

En síntesis, las funciones más importantes de las enzimas durante una reacción son:

- Atraer el sustrato hacia su superficie para favorecer la colisión entre los reactantes.
- Mantener los reactantes en una posición determinada, con la orientación adecuada, para que se puedan formar o romper los enlaces requeridos.

■ Coenzimas y cofactores

Muchas enzimas necesitan una segunda molécula para cumplir su función catalítica, que puede ser de carácter orgánico o inorgánico. En el primer caso se habla de una **coenzima**, mientras que, si la molécula adicional es inorgánica, se trata de un **cofactor**.

Las enzimas sin su correspondiente cofactor o coenzima son inactivas y en este caso se denominan **apoenzimas**. El conjunto formado por la apoenzima y la molécula adicional, se llama **holoenzima**. La holoenzima es la enzima plenamente funcional.

- **Coenzimas:** son compuestos orgánicos de bajo peso molecular, que —por lo general— deben ser obtenidas de fuentes externas al organismo que las requiere, pues este no es capaz de sintetizarlas. Muchas **vitaminas** son coenzimas, y deben ser ingeridas en la dieta en dosis muy pequeñas, pero sin las cuales muchos procesos metabólicos se ven alterados (Fig. 38).

Vitamina	Función de la holoenzima	Síntomas de deficiencia
Hidrosolubles		
Ácido ascórbico (C)	Hidrolasas	Encías sangrantes, hematomas
Tiamina (B ₁)	Reductasas	Fatiga, depresión
Piridoxina (B ₆)	Transaminasas	Anemia, irritabilidad
Niacina	Reductasas	Dermatitis, demencia
Ácido pantoténico	Aciltransferasas	Pérdida de peso, irritabilidad
Biotina (H)	Carboxilasas	Dermatitis, anorexia, depresión
Liposolubles		
A	Sistema visual	Ceguera nocturna, piel reseca
D	Metabolismo del calcio	Raquitismo, osteomalacia
E	Antioxidante	Lisis de los glóbulos rojos
K	Coagulación de la sangre	Hemorragia, retardo en la coagulación de la sangre

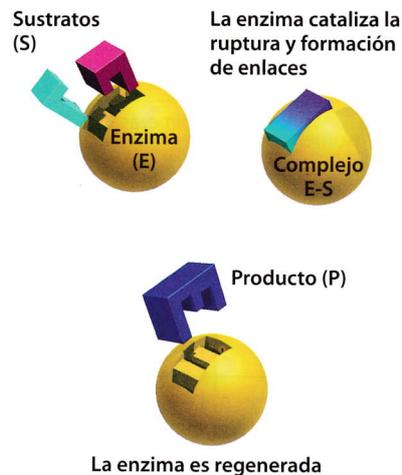


Figura 37. Modo de acción de las enzimas.

Figura 38. Algunas vitaminas, la función que realiza la holoenzima y los síntomas de su deficiencia.

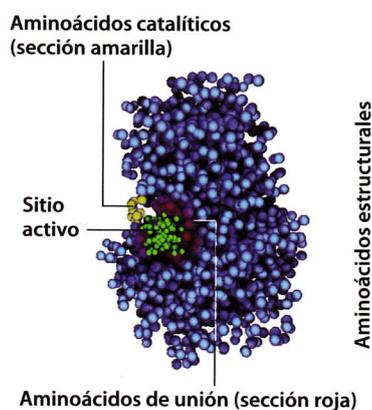


Figura 39. La estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las enzimas determina la posición de ciertos aminoácidos en determinados lugares.

- **Cofactores:** entre los más importantes están los iones Zn^{2+} , Co^{3+} , K^+ , Fe^{2+} , Mg^{2+} y Mn^{2+} . Estos elementos deben ser ingeridos diariamente en dosis muy bajas, por lo que se conocen como **oligoelementos**. Entre las reacciones que necesitan coenzimas o cofactores están las oxidorreducciones, las reacciones de transferencia de grupo y las reacciones que forman enlaces covalentes. Por el contrario, las reacciones líticas, es decir, que involucran ruptura de moléculas, como la hidrólisis de proteínas y polisacáridos, son catalizadas por enzimas que no necesitan componentes adicionales.

■ **Conformación de las enzimas**

Para que una enzima pueda ejercer su acción catalítica debe poseer una **conformación tridimensional** determinada. Cuando se pierde dicha conformación, ya sea por cambios en la temperatura y el pH del medio o por la presencia de iones u otros reactivos, la enzima pierde su capacidad catalítica. La **desnaturalización** de las proteínas implica la pérdida de la conformación espacial de las mismas, y por lo tanto, de su capacidad funcional.

Las enzimas, como toda proteína, están formadas por gran cantidad de aminoácidos, con una estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria definida, que determina la forma de la molécula. En el caso de las enzimas, podemos identificar tres tipos de aminoácidos:

- **Aminoácidos estructurales:** constituyen el armazón básico o esqueleto de la molécula.
- **Aminoácidos de unión o fijación:** participan en la formación del complejo enzima-sustrato o complejo activado. Conforman una sección de la enzima conocida como **sitio activo**, lugar donde ocurre el reconocimiento del sustrato por parte de la enzima y las reacciones químicas que modifican dicho sustrato para formar los productos.
- **Aminoácidos catalíticos:** participan directamente en la transformación química del sustrato (**Fig. 39**).

Figura 40. El cuadro presenta algunas enzimas, el tipo de reacción que catalizan y el nombre que reciben.

Clase de enzima	Subclase	Reacción catalizada
Hidrolasas	Lipasas	Hidrólisis de un grupo éster
	Proteasas	Hidrólisis de un grupo amida
Isomerasas	Epimerasas	Isomerización de un centro estereogénico
Ligasas	Carboxilasas	Adición de CO_2
	Sintetasas	Formación de un nuevo enlace
Liasas	Descarboxilasas	Pérdida de CO_2
	Deshidrasas	Pérdida de agua
Oxidorreductasas	Deshidrogenasas	Formación de doble enlace por eliminación de H_2
	Oxidasas	Oxidación
	Reductasas	Reducción
Transferasas	Cinasas	Transferencia de un grupo fosfato
	Transaminasas	Transferencia de un grupo amino

■ **Nomenclatura y clasificación**

Hace poco menos de un siglo, solo se conocían algunas enzimas, muchas de las cuales catalizaban la hidrólisis de enlaces covalentes. Estas enzimas se identificaban por la adición del sufijo **-asa** al nombre de la sustancia o sustrato que hidrolizaban. Con este criterio, por ejemplo, las **lipasas** hidrolizaban las grasas y las **proteasas**, hidrolizaban los enlaces peptídicos en las proteínas.

Aunque todavía hoy se usan algunos de estos términos para referirse a las enzimas, los estudios han demostrado que las enzimas catalizan reacciones diferentes en el mismo sustrato, por ejemplo, la oxidación o reducción de la función alcohol de un azúcar, y aunque el sufijo **-asa** se continúa usando, en la actualidad los nombres de las enzimas se refieren al tipo de reacción catalizada, más que al sustrato. Por ejemplo, las **deshidrogenasas** catalizan la eliminación de hidrógeno y las **transferasas** catalizan reacciones que implican la transferencia de grupos químicos específicos entre dos moléculas (**Fig. 40**).

2.3.7 Síntesis de proteínas

La síntesis biológica de proteínas es un complejo mecanismo en el que interviene el material genético de las células y en el que participan diversas enzimas cuya misión es construir otras proteínas.

El material genético se encuentra en el **núcleo** celular (excepto en las bacterias y otros organismos muy sencillos, que son anucleados). En el núcleo se encuentran los **cromosomas**, formados básicamente por **ácidos nucleicos** asociados a algunas proteínas. El estudio de los ácidos nucleicos se realizará en la siguiente unidad, pero baste ahora con mencionar que la información genética se encuentra codificada en estos compuestos —específicamente en el **ácido desoxirribonucleico** o **ADN**— de tal manera que la maquinaria encargada de la síntesis de proteínas en las células decodifica o descifra este lenguaje cada vez que una nueva proteína va a ser fabricada.

La transferencia de información desde el ADN hasta esta maquinaria de síntesis se lleva a cabo gracias a la acción de otro ácido nucleico, el **ARN** o **ácido ribonucleico**.

Dos tipos de ARN intervienen en la síntesis de proteínas: el **ARN mensajero** (ARN_m) y el **ARN de transferencia** (ARN_t). El primero se encarga de copiar la información que está en el ADN de los cromosomas y transportarla fuera del núcleo hasta la maquinaria de síntesis. El ARN_t, por su parte, traduce el mensaje al lenguaje de los aminoácidos, de modo que transfiere uno a uno, y en el orden correcto, los aminoácidos que deben ser ensamblados para formar la proteína deseada. En la figura 41 se esquematizan las diferentes partes de la célula que intervienen en la síntesis de proteínas. La síntesis propiamente dicha se lleva a cabo en los **ribosomas**, orgánulos celulares compuestos por proteínas y ácidos nucleicos. Los ribosomas presentan una forma más o menos globular, con múltiples salientes y depresiones, similares a los sitios activos de las enzimas.

El proceso de síntesis de proteínas se puede resumir en tres etapas:

- **Iniciación:** el primer paso en la síntesis de proteínas es el ensamble del ARN_m a un ribosoma (Fig. 42A). Luego, una molécula de ARN_t que es complementaria con una sección específica del ARN_m se une a este y traduce la primera parte del mensaje: el nombre del primer aminoácido que debe ser colocado.

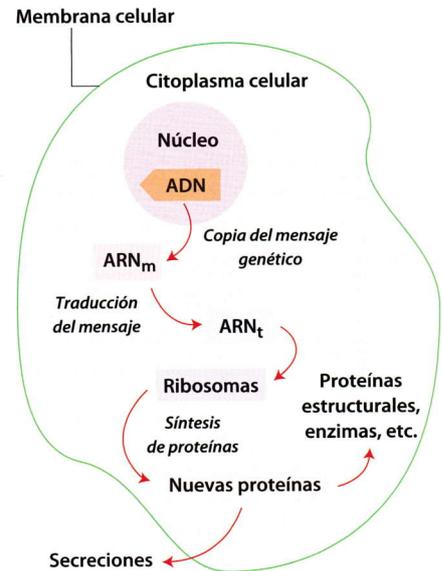


Figura 41. Esquema del proceso de síntesis de proteínas en una célula.

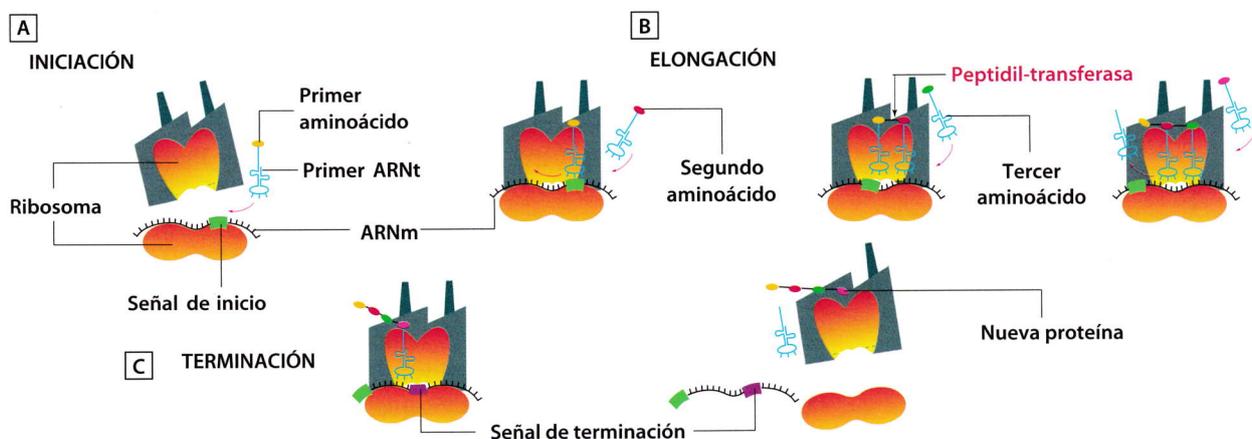


Figura 42. Proceso de síntesis de proteínas en el citoplasma celular.

- **Elongación:** a continuación, un segundo ARNt se acopla con la siguiente sección del ARNm y transporta el segundo aminoácido, que es unido al primero a través de un enlace peptídico, gracias a la acción de una enzima, conocida como **peptidil-transferasa** (Fig. 42B). Este paso se repite tantas veces como aminoácidos haya en la proteína que se esté fabricando.
- **Terminación:** la elongación se detiene cuando se llega a una sección del ARNm en la cual se lee la orden de detener el proceso, por lo que los ARNt cesan de transportar aminoácidos y el nuevo polipéptido es liberado al citoplasma celular (Fig. 42C).

2.3.8 Metabolismo de los aminoácidos y las proteínas

Muchos de los alimentos que se consumen a diario son ricos en proteínas. Para poder utilizar estas macromoléculas, es necesario romper los enlaces peptídicos que unen los diferentes aminoácidos. De esta forma, es posible posteriormente que la célula utilice los aminoácidos separados para diferentes propósitos.

Es importante recordar que, para la mayoría de los mamíferos, existen diez aminoácidos esenciales, los cuales deben ser adquiridos de fuentes externas, pues el organismo no puede sintetizarlos por sí mismo.

La primera fase del proceso de degradación de las proteínas se realiza de forma extracelular, en el aparato digestivo. Las proteínas presentes en los alimentos comienzan a ser digeridas en el estómago. La pared gástrica secreta una enzima, la **pepsina**, cuya función es catalizar la hidrólisis de los enlaces peptídicos de las proteínas, que tiene como objeto obtener péptidos más pequeños. El interior del estómago, en condiciones habituales, tiene un pH extraordinariamente ácido, que oscila entre 1,6 y 1,8. Estas condiciones son las ideales para la acción de la pepsina, cuyo pH óptimo de actuación está entre 1,5 y 2.

Del estómago, los alimentos parcialmente digeridos —que conforman una masa llamada **quimo**— pasan al intestino delgado. Allí, una serie de enzimas, como la tripsina, la quimotripsina y varias peptidasas, catalizan la ruptura de enlaces entre pares de aminoácidos específicos, con lo cual se van liberando paulatinamente cada uno de los aminoácidos presentes en las proteínas ingeridas.

Los aminoácidos se absorben directamente hacia el torrente circulatorio a través de la mucosa intestinal, mediante un proceso activo que requiere energía y la acción enzimática. Cada grupo de aminoácidos (ácidos, básicos y neutros) es absorbido a través de mecanismos específicos, con velocidades de absorción diferentes.

Los aminoácidos llegan finalmente a las células, donde pueden seguir distintas rutas metabólicas. Las rutas anabólicas más importantes son las de síntesis de nuevas proteínas. En menor medida, el nitrógeno presente en los aminoácidos es utilizado para sintetizar otros compuestos, como hormonas, neurotransmisores o ácidos nucleicos (Fig. 43).

A diferencia de los glúcidos, los aminoácidos no se almacenan en el cuerpo, para ser utilizados posteriormente. Tampoco siguen degradándose, pues los productos nitrogenados derivados de su destrucción son tóxicos para la célula. Por ello, aquellos aminoácidos que no son requeridos por las células se excretan inmediatamente. La principal ruta catabólica para degradar aminoácidos es la síntesis de urea, que es expulsada a través de la orina.



Figura 43. Esquema resumen del metabolismo de aminoácidos y proteínas.