

## Estructura y funciones de las proteínas

Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes en los animales y desempeñan funciones importantes tanto en la estructura como en el funcionamiento de las células. Químicamente se consideran biopolímeros de los  $\alpha$ -aminoácidos y pueden presentar masas moleculares de hasta 40 millones de unidades.

### FUNCIONES DE LAS PROTEÍNAS

Las propiedades físicas y químicas de una proteína están determinadas por los aminoácidos que la constituyen, y debido a la diversidad de composición dada por la gran cantidad de combinaciones posibles de aminoácidos, poseen una sorprendente variedad de propiedades estructurales y catalíticas.

Las proteínas pueden clasificarse según su función. Las principales clases y algunos ejemplos se resumen en la siguiente tabla:

Clase de proteína	Función	Ejemplos
Estructural	Proporciona componentes estructurales.	El <i>colágeno</i> conforma tendones y cartílagos. La <i>queratina</i> conforma el pelo, la piel, las uñas, etc.
Contráctil	Permite el movimiento de los músculos.	La <i>miosina</i> y la <i>actina</i> contraen las fibras musculares.
De transporte	Transporta sustancias esenciales por el organismo.	La <i>hemoglobina</i> transporta oxígeno. Las <i>lipoproteínas</i> transportan lípidos.
De almacenamiento	Almacena nutrientes.	La <i>caseína</i> almacena proteína en la leche. La <i>ferritina</i> contiene hierro y se almacena en el bazo y el hígado.
Hormonal	Regula el metabolismo corporal y el sistema nervioso.	La <i>insulina</i> regula el nivel de glucosa en la sangre. La <i>hormona del crecimiento</i> regula el crecimiento corporal.
Enzima	Cataliza reacciones bioquímicas en las células.	La <i>sacarasa</i> cataliza la hidrólisis de la sacarosa. La <i>tripsina</i> cataliza la hidrólisis de proteínas.
De protección	Reconoce y destruye sustancias extrañas.	Las <i>inmunoglobulinas</i> estimulan las respuestas inmunitarias.

### NIVELES ESTRUCTURALES DE LAS PROTEÍNAS

Las proteínas se describen con cuatro niveles en su estructura. La **estructura primaria** de una proteína es la secuencia de aminoácidos en la cadena, y la posición de todos los puentes disulfuro (formados por la unión de los grupos sulfhidrilo de dos cisteínas). Las **estructuras secundarias** son conformaciones regulares asumidas por los segmentos del esqueleto de la proteína cuando éste se dobla. La **estructura terciaria** es la forma tridimensional de todo el polipéptido. Si una proteína tiene más de una cadena de polipéptido, también tiene estructura cuaternaria. La **estructura cuaternaria** es la forma en que se ordenan entre sí las cadenas individuales de polipéptido, una con respecto a la otra.

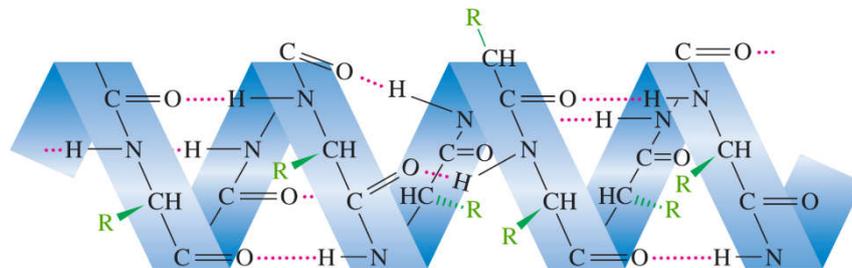
## Estructura primaria

La **estructura primaria** de una proteína es la secuencia particular de aminoácidos que se mantiene unida mediante enlaces peptídicos. La primera proteína de la que se determinó su estructura fue la insulina, lo que logró Frederick Sanger en 1953. Desde esa época los científicos han determinado las secuencias de aminoácidos de miles de proteínas. Las cadenas de polipéptidos se mantienen unidas mediante *enlaces* por puente *disulfuro* formados por los grupos sulfhidrilo de los aminoácidos cisteína en cada una de las cadenas.

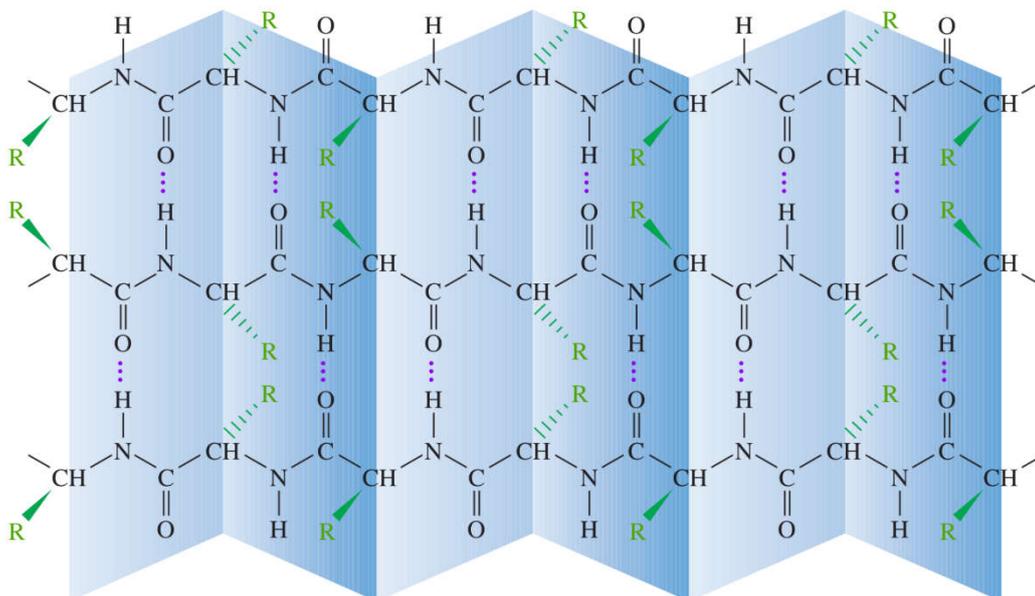
## Estructura secundaria

La **estructura secundaria** de una proteína describe el tipo de estructura que forma cuando los aminoácidos forman enlaces por puente de hidrógeno dentro de una sola cadena polipeptídica o entre cadenas polipeptídicas. Los dos tipos más comunes de estructuras secundarias son *hélice alfa* y *hoja plegada beta*.

- En una **hélice alfa** se forman enlaces por puente de hidrógeno entre los átomos de hidrógeno de los grupos N - H en los enlaces amida, y los átomos de oxígeno en los grupos C = O de los enlaces amida que están a cuatro aminoácidos de distancia en el siguiente giro de la hélice alfa. Todos los grupos R de los diferentes aminoácidos en el polipéptido se extienden hacia el exterior de la hélice. La formación de muchos enlaces por puente de hidrógeno a lo largo de la cadena polipeptídica otorga la característica forma de sacacorchos o enrollada de una hélice alfa.



- En una **hoja plegada beta** las cadenas polipeptídicas se mantienen unidas lado a lado mediante enlaces por puente de hidrógeno, que se forman entre los átomos de oxígeno del grupo carbonilo (C = O) en una sección de la cadena polipeptídica, y los átomos de hidrógeno en los grupos N - H de los enlaces amida en una sección cercana de la cadena polipeptídica. Una hoja plegada beta puede formarse entre cadenas polipeptídicas adyacentes o en el interior de la misma cadena polipeptídica cuando la estructura rígida del aminoácido prolina produce un pliegue en la cadena polipeptídica.



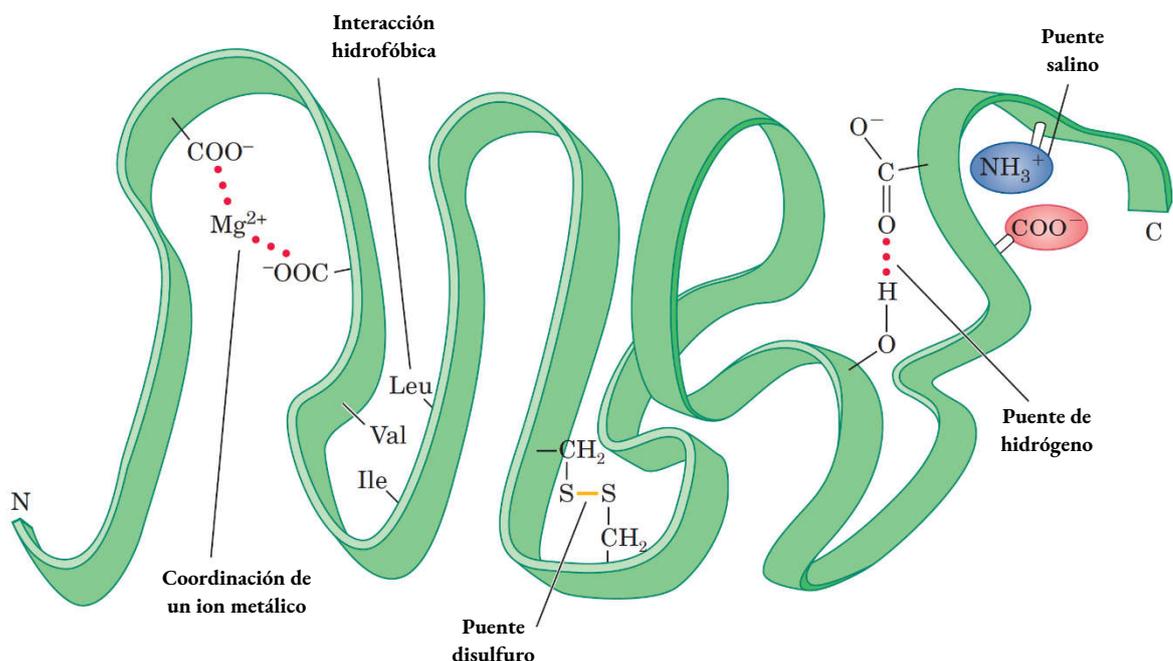
La tendencia a formar varios tipos de estructuras secundarias depende de los aminoácidos de un segmento particular de la cadena polipeptídica. En general, las hojas plegadas beta contienen principalmente aminoácidos con grupos R pequeños como glicina, valina, alanina y serina, que se extienden arriba y abajo de la hoja plegada beta. Las regiones de hélice alfa en una proteína tienen mayor cantidad de aminoácidos con grupos R grandes como histidina, leucina y metionina.

### Estructura terciaria

La **estructura terciaria** de una proteína comprende atracciones y repulsiones entre los grupos R de los aminoácidos en la cadena polipeptídica. A medida que se producen interacciones entre diferentes partes de la cadena peptídica, segmentos de la cadena giran y se doblan hasta que la proteína adquiere una forma tridimensional específica.

A continuación se detallan las interacciones estabilizadoras de las estructuras terciarias:

- **Interacciones hidrofóbicas** Son interacciones entre aminoácidos que tienen grupos R no polares. Dentro de una proteína, los aminoácidos con grupos R no polares se alejan del ambiente acuoso, lo que forma un centro hidrofóbico en el interior de la proteína.
- **Puentes salinos.** Son enlaces iónicos entre los grupos R ionizados de aminoácidos básicos y ácidos. Por ejemplo, el grupo R ionizado de arginina, que tiene una carga positiva, puede formar un puente salino (enlace iónico) con el grupo R en el ácido aspártico, que tiene una carga negativa.
- **Enlaces por puente de hidrógeno.** Se forman entre el H de un grupo R polar y el O o N de un segundo aminoácido polar. Por ejemplo, un enlace por puente de hidrógeno puede ocurrir entre los grupos -OH de dos serinas o entre el -OH de serina y el -NH<sub>2</sub> en el grupo R de glutamina.
- **Enlaces por puente disulfuro (-S - S-).** Son enlaces covalentes que se forman entre los grupos -SH de dos cisteínas en la cadena polipeptídica. En algunas proteínas puede haber varios enlaces por puente disulfuro entre los grupos R de cisteínas en la cadena polipeptídica.
- **Coordinación de un ion metálico.** Dos cadenas laterales ionizadas con la misma carga normalmente se repelerían una a la otra, pero también pueden unirse a través de un ion metálico. Por ejemplo, dos cadenas laterales de ácido glutámico podrían ser atraídas a la vez por un ion magnesio (Mg<sup>2+</sup>), formando un puente. Esta es una de las razones por las que el cuerpo humano requiere ciertos minerales traza.



Un grupo de proteínas conocidas como **proteínas globulares** tiene formas esféricas compactas porque secciones de la cadena polipeptídica se pliegan unas sobre otras debido a las diversas interacciones entre los grupos R. Las proteínas globulares son las que realizan el trabajo de las células: funciones como síntesis, transporte y metabolismo. La mioglobina es una proteína globular que almacena oxígeno en el músculo esquelético. Se encuentran altas concentraciones de mioglobina en los músculos de mamíferos marinos, como focas y ballenas, que permanecen bajo el agua durante largo tiempo. La mioglobina contiene 153 aminoácidos en una sola cadena polipeptídica con aproximadamente tres cuartos de la cadena en la estructura secundaria de hélice  $\alpha$ . La cadena polipeptídica, incluidas sus regiones helicoidales, forma una estructura terciaria compacta al plegarse sobre sí misma. En el interior de la estructura terciaria, el oxígeno ( $O_2$ ) se enlaza a un grupo hemo, que es un gran compuesto orgánico con un ion hierro en el centro.

Las **proteínas fibrosas** son proteínas que consisten en formas largas y delgadas parecidas a fibras. En general, forman parte de la estructura de células y tejidos. Dos tipos de proteína fibrosa son las queratinas  $\alpha$  y  $\beta$ . Las queratinas  $\alpha$  son las proteínas que constituyen pelo, lana, piel y uñas. En el pelo, tres hélices  $\alpha$  se enredan juntas como una trenza para formar una fibrilla. En el interior de la fibrilla, las hélices  $\alpha$  se mantienen unidas mediante enlaces por puente disulfuro (-S-S-) entre los grupos R de los muchos aminoácidos cisteína en el pelo. Varias fibrillas se enrollan para formar una hebra de pelo. Las queratinas  $\beta$  son el tipo de proteínas que se encuentran en las plumas de las aves y las escamas de los reptiles. En las queratinas  $\beta$ , las proteínas consisten en grandes cantidades de estructura hoja plegada  $\beta$ .

### **Estructura cuaternaria**

Si bien muchas proteínas son biológicamente activas como estructuras terciarias, algunas de ellas necesitan dos o más estructuras terciarias para ser biológicamente activas. Cuando varias cadenas polipeptídicas llamadas *subunidades* se enlazan para formar un complejo más grande, se les conoce como **estructura cuaternaria**. La hemoglobina, una proteína globular que transporta oxígeno en la sangre, consta de cuatro cadenas de polipéptido: dos cadenas  $\alpha$  con 141 aminoácidos, y dos cadenas  $\beta$  con 146 aminoácidos. Aunque las cadenas  $\alpha$  y las cadenas  $\beta$  tienen diferentes secuencias de aminoácidos, ambas forman estructuras terciarias similares con formas similares. En la estructura cuaternaria, las subunidades se mantienen unidas mediante las mismas interacciones que estabilizan sus estructuras terciarias, como los enlaces por puente de hidrógeno y los puentes salinos entre los grupos R, enlaces por puente disulfuro e interacciones hidrofóbicas. Cada subunidad de hemoglobina es una proteína globular con un grupo hemo incrustado, que contiene un átomo de hierro que puede unirse a una molécula de oxígeno. En la molécula de hemoglobina en adultos debe haber cuatro subunidades, dos de  $\alpha$  y dos de  $\beta$ , para que la hemoglobina funcione de manera adecuada como un portador de oxígeno. Por tanto, la estructura cuaternaria completa de la hemoglobina puede unirse y transportar hasta cuatro moléculas de oxígeno. Hemoglobina y mioglobina tienen funciones biológicas similares. La hemoglobina transporta oxígeno en la sangre, en tanto que la mioglobina transporta oxígeno en los músculos. La mioglobina, una cadena polipeptídica sencilla, con una masa molar de 17000, tiene aproximadamente un cuarto de la masa molar de la hemoglobina (67000). La estructura terciaria de la mioglobina polipeptídica sencilla es casi idéntica a la estructura terciaria de cada una de las subunidades de hemoglobina. La mioglobina almacena sólo una molécula de oxígeno, de la misma manera como cada subunidad de hemoglobina transporta una molécula de oxígeno. La semejanza en sus estructuras terciarias permite que cada proteína se enlace y libere oxígeno en forma similar.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Bettelheim, F. (2010). *Introduction to organic and biochemistry*. Belmont, CA: Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Timberlake, K. (2013). *Química general, orgánica y biológica: estructuras de la vida*. México: Pearson Educación.
- Wade, L. (2012). *Química orgánica*. México: Pearson.
- Yurkanis Bruice, P. (2008). *Química orgánica*. México: Pearson Educación.