

PROTEÍNAS

I.- LA CÉLULA Y LA BASE FÍSICO - QUÍMICA DE LA VIDA

11.- COMPONENTES MOLECULARES DE LOS SERES VIVOS

1.1.2.- Las moléculas que componen los seres vivos

- Moléculas orgánicas

- **Proteínas**

- Definición

- Los monómeros de las proteínas: los aminoácidos. Sus propiedades.

- Enlaces peptídicos

- Estructura de las proteínas

- Propiedades de las proteínas:

. Especificidad

. Solubilidad

. Desnaturalización

- Clasificación y funciones biológicas de las proteínas.

INTRODUCCIÓN

Protos (del griego): lo primero, lo más importante.

Son las macromoléculas más abundantes en los seres vivos. Constituyen aproximadamente el 50% del peso seco. Son muy importantes y desempeñan muchas funciones entre la que destaca el ser el vehículo por el cual se **expresa la información genética**, porque al final los ácidos nucleicos (el DNA del núcleo) lo que llevan es la información para la síntesis de proteínas (también llevan la información para la síntesis de otros ácidos nucleicos). **Las p. mediante su acción enzimática controlan todas las reacciones que se dan en un ser vivo.**

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Se han aislado muchas proteínas en forma pura y cristalina. Todas contienen carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno (C, H, N, O) y casi todas contienen azufre (S). Sus **pesos moleculares son muy elevados (macromoléculas)** que oscilan entre 6000 (*insulina*) y 500000 (*hemocianina*), o incluso proteínas de 1000000 de peso molecular. La *distrofina muscular* tiene un Pm de 427 kDa y es una de las proteínas de mayor Pm conocida.

Cuando se hidrolizan las proteínas, se obtiene una serie de compuestos de bajo peso molecular que reciben el nombre de **aminoácidos**.

AMINOÁCIDOS

LOS AMINOÁCIDOS

CLASIFICACIÓN

Se conocen 20 aminoácidos que forman parte de las proteínas de los seres vivos. El primero descubierto fue la **asparagina** en 1806 y el último la **treonina** en 1938. La asparagina se encontró en el espárrago, el **ác. glutámico** en el gluten de trigo, la **tirosina** en el queso (*tyros*=queso en griego). La **glicina** debe su nombre a (*glycos*=dulce)

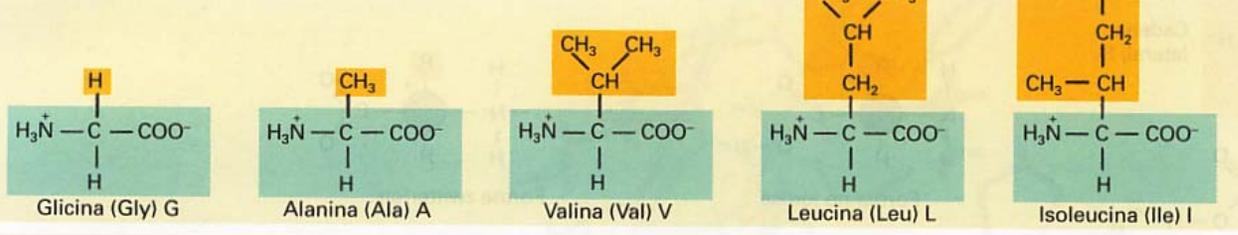
Todos los aminoácidos excepto la **prolina**, poseen un grupo un grupo **amino libre (NH₂)** y un **grupo carboxilo (COOH)** también libre, unidos al **carbono α (centro asimétrico o quiral)**, que es el carbono contiguo al grupo funcional, en este caso al grupo COOH. Estos 2 grupos le permiten actuar a cada aminoácido como una sustancia básica o ácida.

Además, cada aminoácido posee **un grupo R característico**. Los aminoácidos se clasifican atendiendo a este grupo R. Existen 4 grupos principales:

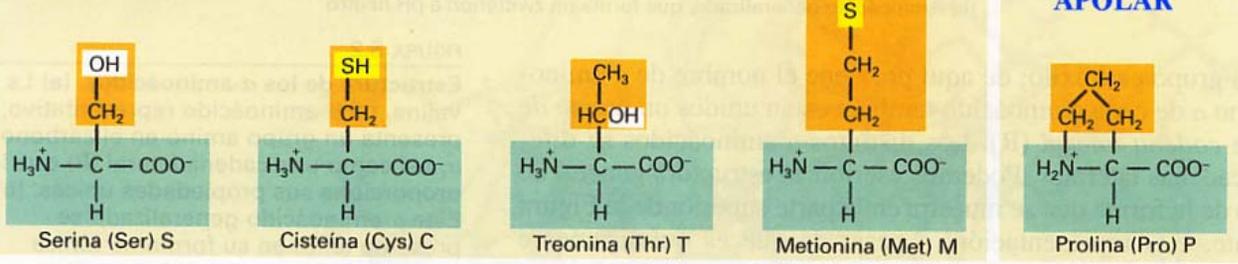
- * **Aminoácidos no polares o hidrófobos**, con el grupo R no soluble en agua Son los **a.a. alifáticos y aromáticos** y la **prolina** que es cíclico).
- * **Aminoácidos polares sin carga** (neutros). Son los **a.a. que poseen cadenas laterales con azufre o grupos OH** y la **asparagina** y la **glutamina**
- * **Aminoácidos polares con carga positiva** (**a.a básicos**)
- * **Aminoácidos polares con carga negativa** (**a.a ácidos**)

Los tres grupos de aminoácidos polares son totalmente solubles en agua.

AMINOÁCIDOS ALIFÁTICOS APOLARES

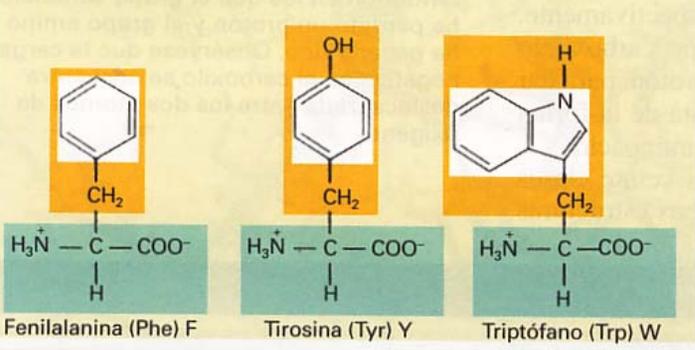


AMINOÁCIDOS CON CADENAS LATERALES QUE CONTIENEN HIDROXILO O AZUFRE POLARES SIN CARGA

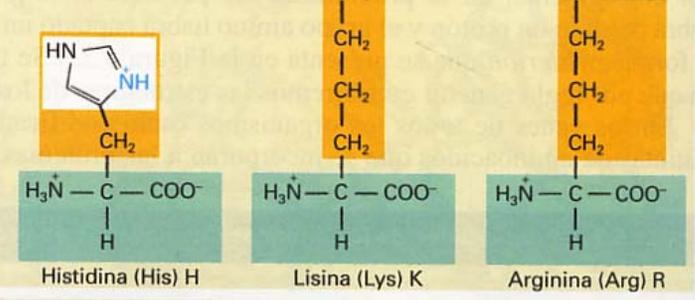


AMINOÁCIDO CÍCLICO APOLAR

AMINOÁCIDOS AROMÁTICOS APOLARES



AMINOÁCIDOS BÁSICOS POLARES CON CARGA POSITIVA



AMINOÁCIDOS ÁCIDOS Y SUS AMIDAS POLARES CON CARGA NEGATIVA

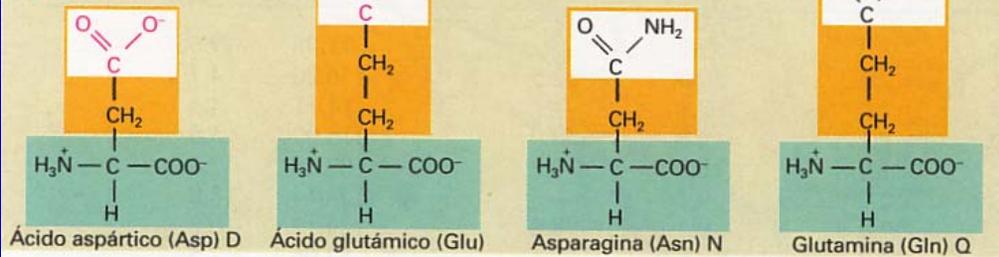
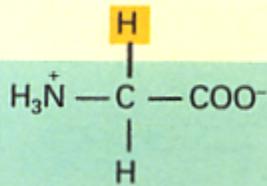


FIGURA 5.3
Aminoácidos que se encuentran en las proteínas. Los 20 α-aminoácidos que se incorporan a las proteínas se encuentran aquí dispuestos en el orden que se comenta en el texto. Debajo de cada aminoácido está su nombre, su abreviatura de tres letras y su abreviatura de una letra.

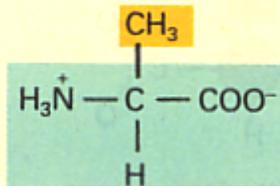
AMINOÁCIDOS APOLARES

Son a.a. Con cadenas hidrocarbonadas, tanto alifáticas, como aromáticas

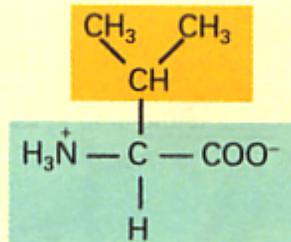
AMINOÁCIDOS ALIFÁTICOS **APOLARES**



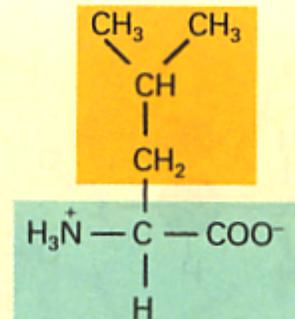
Glicina (Gly) G



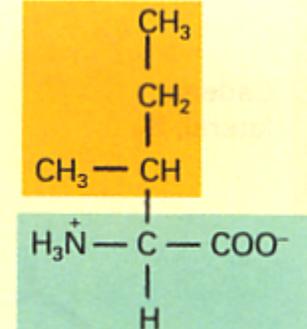
Alanina (Ala) A



Valina (Val) V



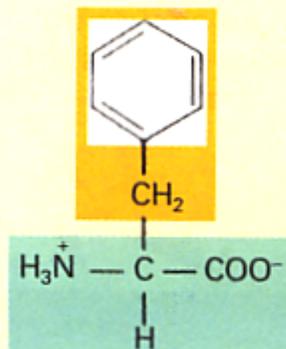
Leucina (Leu) L



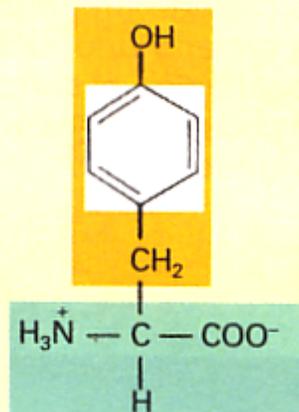
Isoleucina (Ile) I

AMINOÁCIDOS AROMÁTICOS

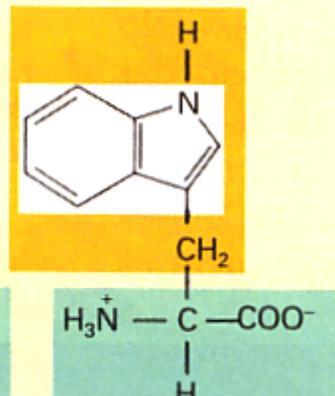
APOLARES



Fenilalanina (Phe) F



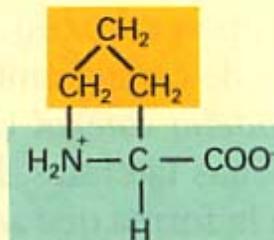
Tirosina (Tyr) Y



Triptófano (Trp) W

AMINOÁCIDO CÍCLICO

APOLAR

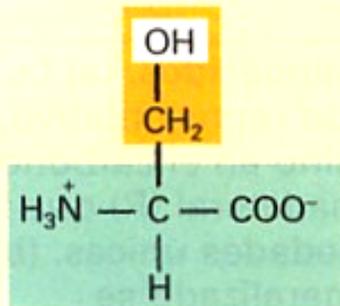


Prolina (Pro) P

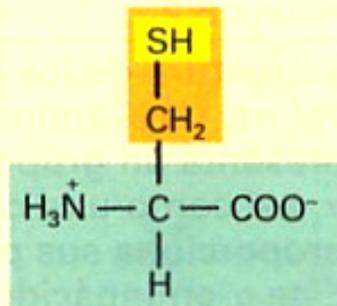
AMINOÁCIDOS POLARES SIN CARGA

AMINOÁCIDOS CON CADENAS LATERALES QUE CONTIENEN HIDROXILO O AZUFRE

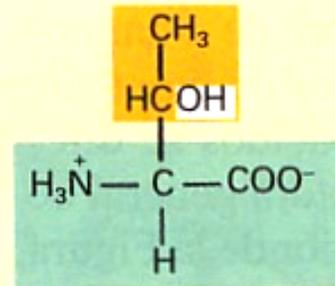
POLARES SIN CARGA



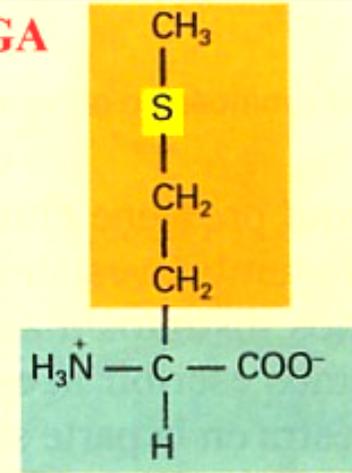
Serina (Ser) S



Cisteína (Cys) C

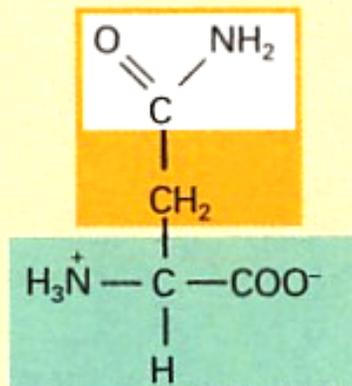


Treonina (Thr) T

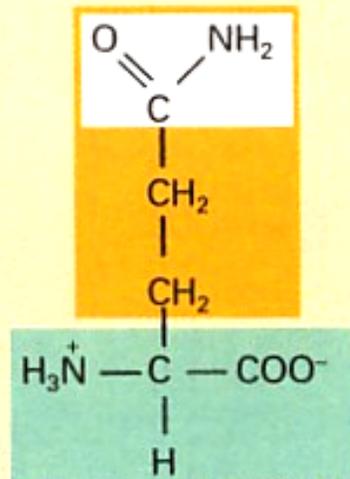


Metionina (Met) M

POLARES SIN CARGA



Asparagina (Asn) N



Glutamina (Gln) Q

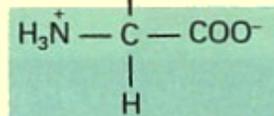
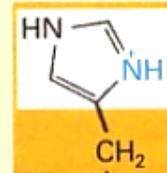
A.a. Con grupos OH o con S

Amidas de los a.a. ácidos

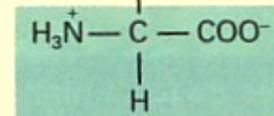
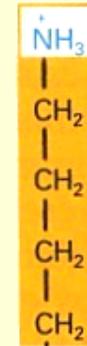
AMINOÁCIDOS POLARES CON CARGA POSITIVA

AMINOÁCIDOS BÁSICOS

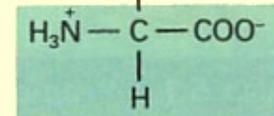
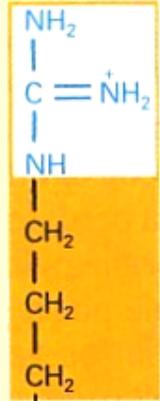
POLARES **CON CARGA** **POSITIVA**



Histidina (His) H



Lisina (Lys) K

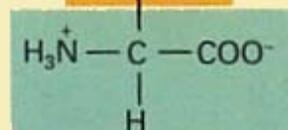
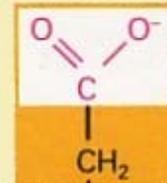


Arginina (Arg) R

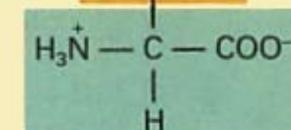
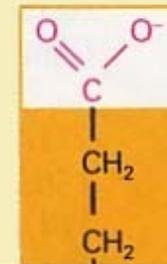
AMINOÁCIDOS POLARES CON CARGA NEGATIVA

AMINOÁCIDOS ÁCIDOS

POLARES CON **CARGA NEGATIVA**



Ácido aspártico (Asp) D

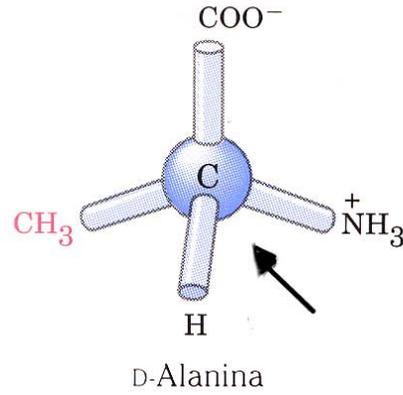
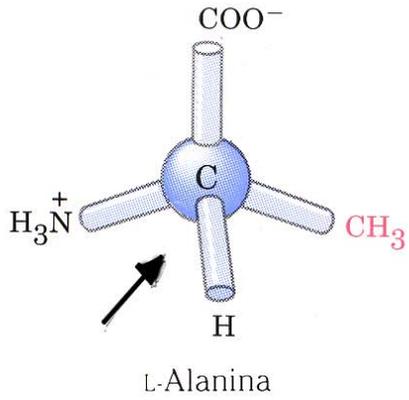


Ácido glutámico (Glu)

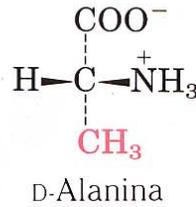
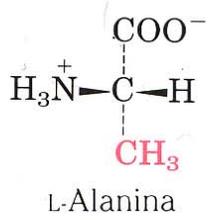
PROPIEDADES DE LOS a.a.:

* En estado puro, los aminoácidos son sólidos blancos y cristalinos, y en mayor o menor medida son solubles en agua (por su bajo Pm). Los apolares son los menos solubles.

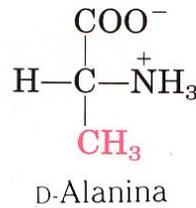
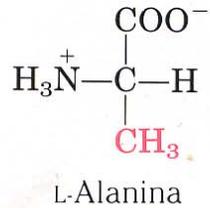
* **Los aminoácidos poseen** (al igual que los monosacáridos) **actividad óptica**. Como hemos dicho en todos los aminoácidos, excepto en la **glicina** (o **glicocola**) el **carbono α es asimétrico o quiral**, porque sus 4 sustituyentes son distintos. Esto origina **dos isómeros ópticos** o esteroisómeros, que son **imágenes especulares**. Estos isómeros desvían el plano de vibración de la luz polarizada el mismo número de grados pero en diferente sentido. Si uno lo desvía hacia la derecha (dextrorrotatorio), el otro lo hace hacia la izquierda (levorrotatorio). Para reconocerlos, si situamos el aminoácido de tal manera que el **grupo carboxilo quede en la parte superior** del papel, llamamos formas D a las que tienen el grupo **NH₂** hacia la derecha y llamamos **formas L** a las que los tienen hacia la izquierda.



(a)



(b)



(c)

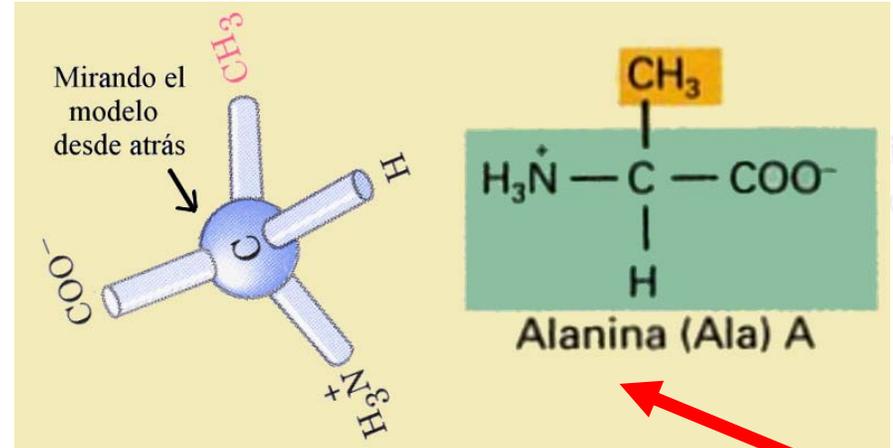
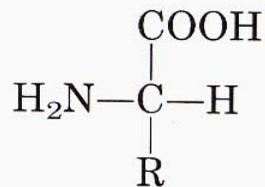


Figura 5-3 (a) Los dos estereoisómeros de la alanina. La L- y la D-alanina son imágenes especulares no superponibles. (b, c) Dos convenciones diferentes para mostrar la configuración en el espacio de los estereoisómeros. En las fórmulas de perspectiva (b) los enlaces con forma de cuña se proyectan fuera del plano del papel; los enlaces a trazos lo hacen por detrás. En las fórmulas de proyección (c) se supone que los enlaces horizontales se proyectan fuera del plano del papel, los enlaces verticales por detrás. No obstante, se utilizan a menudo las fórmulas de proyección de una forma descuidada sin hacer referencia a la configuración estereoquímica.

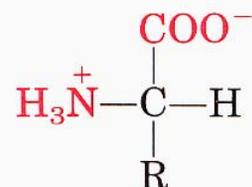
Todos los aminoácidos naturales (los que forman parte de las proteínas) son **formas L**, pero unos son **dextrorrotatorios** (por ejemplo la alanina y la isoleucina) y otros son **levorrotatorios** (por ejemplo la leucina y el triptófano).

*** Propiedades ácido-base:**

Cada a.a. posee al menos un grupo carboxilo y un grupo amino. En disoluciones acuosas, los aminoácidos se pueden encontrar en forma de iones dihíbridos o dipolares (ión dihíbrido = zwitterion):



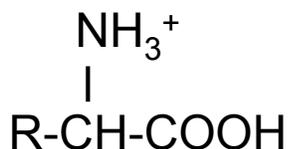
Forma
no iónica



Forma
zwitteriónica

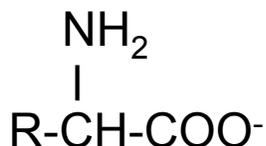
Figura 5-5 Formas no iónica y zwitteriónica de los aminoácidos. Nótese la separación de las cargas + y - en el zwitterion que lo convierte en un dipolo eléctrico. La forma no iónica no se presenta en cantidades significativas en soluciones acuosas. El zwitterion predomina a pH neutro.

Por esta razón, los aminoácidos son **sustancias anfóteras** (o **anfólitos** o **electrolitos anfóteros**) que pueden actuar como ácidos y como bases. Cuando el medio es ácido, es decir, cuando abundan protones en el medio, el a.a. tiende a captarlos y a pasar de la forma básica a la ácida, que es la forma que predomina en este caso:



Esta es la **forma diprótica** (doblemente ácida), tiene dos grupos susceptibles de ionizarse y de ceder protones al medio.

Por el contrario, en un medio básico, en el que faltan los protones, tanto el grupo amino como el grupo ácido, tienden a perder sus protones y el aminoácido pasa a su **forma básica**:



Por esta razón, se puede estudiar la **curva de titulación de un a.a.** La titulación se refiere a la adición o eliminación gradual de protones de un a.a.

Si partimos de **la forma diprótica** (forma doblemente ácida, que predomina a pH muy ácido) de un a.a, podemos ir variando el pH añadiendo bases (grupos OH). Cada molécula de base añadida implica la eliminación neta de un protón de una molécula de un a.a.

Curva de titulación de la glicina, con las formas iónicas predominantes en cada pH:

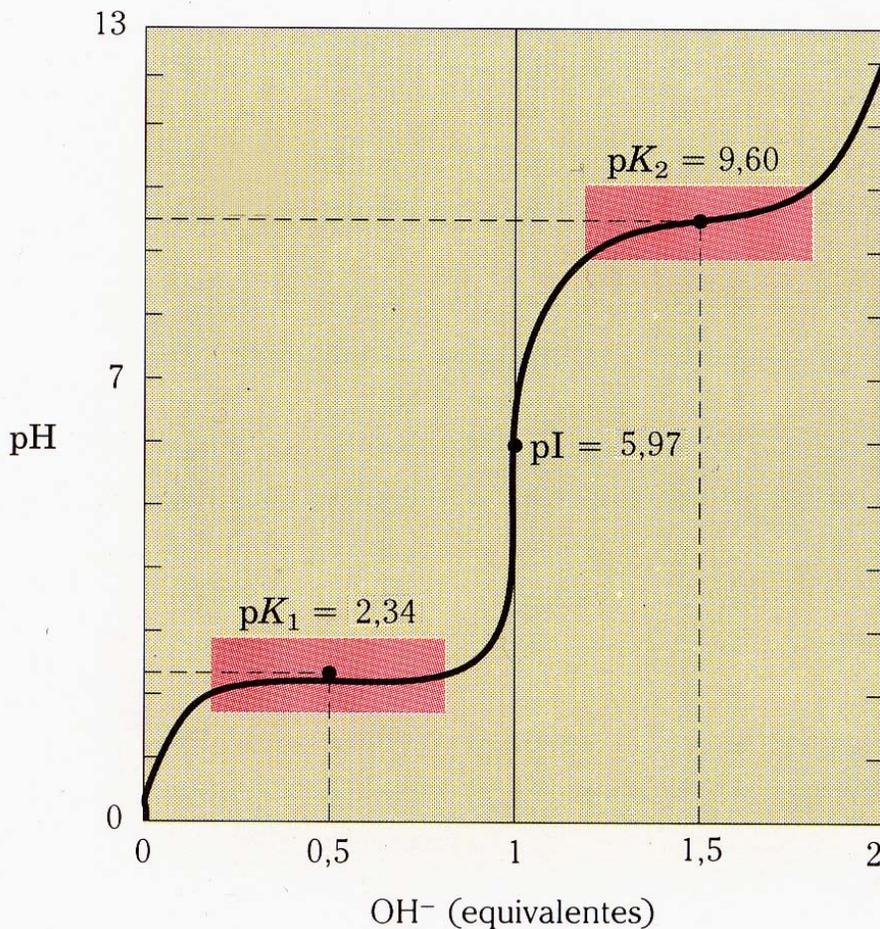
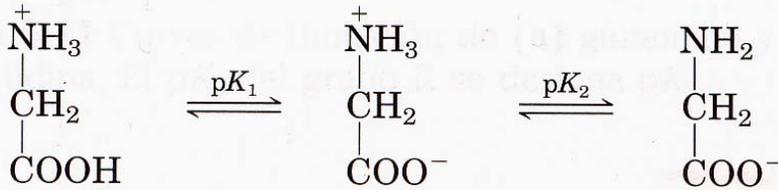


Figura 5-9 Curva de titulación de glicina 0,1 M a 25 °C. Las especies iónicas predominantes en puntos clave de la titulación se muestran encima de la gráfica. Los recuadros sombreados, centrados alrededor de $\text{p}K_1 = 2,34$ y $\text{p}K_2 = 9,60$ indican las regiones de máximo poder tamponante.

pK_1 = valor de pH en el que el grupo COOH pierde un protón.

pK_2 = valor de pH en el que el grupo NH_3^+ pierde un protón.

En estos valores de pH la glicina es un buen tampón (puede amortiguar variaciones del pH). Sin embargo no es un buen tampón al pH del líquido intracelular o de la sangre, que es alrededor de 7,4.

Otra información importante que da la curva de titulación de un a.a. es **la relación entre su carga eléctrica neta y el pH de la solución**. A valores de pH próximos al pK_1 la glicina tiene carga +, a valores de pH próximos a al pK_2 , la glicina tiene carga -. Además, existe un punto llamado **punto isoeléctrico (pI)** o pH isoeléctrico en el cual el a.a tiene carga neta 0.

En el caso de la glicina el **pI es 5,97** y puesto que no tiene grupos R susceptibles de ionizarse este valor es la media aritmética de los pK, es decir, depende solo de los grupos carboxilo y amino. También en este caso la glicina se encuentra en su forma dipolar, totalmente ionizada.

Si por el contrario, los a.a. tienen grupos R ionizables el pI depende también de ese grupo R.

Estas características permiten separar diferentes a.a. de una disolución que contenga una mezcla, en base a la dirección y a la velocidad relativa de desplazamiento cuando se colocan en un campo eléctrico a un pH conocido. Esta técnica recibe el nombre de **electroforesis**. Si el a.a tiene (en un determinado pH) una carga neta negativa se desplazará hacia el polo positivo (ánodo), mientras que si su carga neta es positiva se desplazará hacia el polo negativo (cátodo). Además se desplazarán más despacio los de mayor masa molecular.

PÉPTIDOS

PÉPTIDOS

Son ordenaciones lineales (cadenas o polímeros) de aminoácidos unidas por enlace peptídico. Hablamos de **péptidos** si el **nº de aminoácidos es menor que 100** y de **proteínas** si el **nº de aminoácidos es superior a 100 o tienen masas moleculares mayores de 10000**, aunque en la práctica se tiende a considerar proteína a cualquier molécula constituida por aminoácidos que cumple una función biológica. Por ejemplo, podemos decir que la **insulina** es un polipéptido o también que la insulina es una proteína de bajo peso molecular (51 a.a).

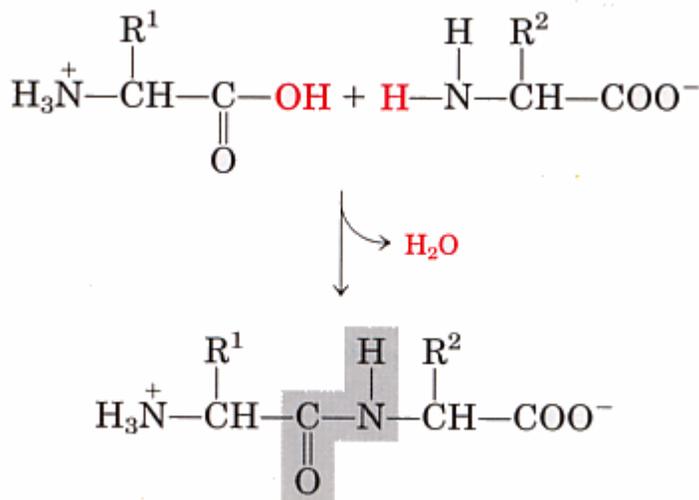
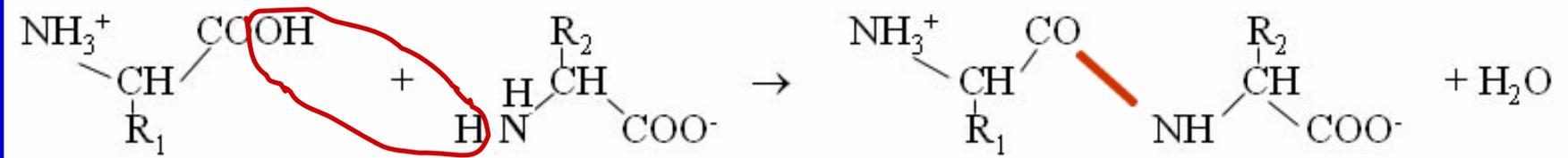


Figura 5-15 Formación de un enlace peptídico (sombreado en gris) en un dipéptido. Es ésta una reacción de condensación. El grupo α -amino del aminoácido 2 actúa como nucleófilo (ver Tabla 3-6) desplazando el grupo hidroxilo del aminoácido 1 (rojo). Los grupos amino son buenos nucleófilos, pero el grupo hidroxilo es un grupo saliente pobre por lo que no es desplazado fácilmente. A pH fisiológico la reacción, tal como se muestra, no tiene lugar de forma apreciable. La formación del enlace peptídico es endergónica con una variación de energía libre de alrededor de +21 kJ/mol.

El hecho de que los aminoácidos puedan actuar como ácido o como base permite que se pueda formar el **enlace peptídico**, ya que reacciona el grupo carboxilo de un aminoácido con el grupo amino del siguiente aminoácido.

Se nombran empezando por el extremo NH₂ y nombrando los restos de los aminoácidos que componen ese péptido.

-Formular:

- NH₂ glicil-alanil-seril-triptófano.

- NH₂ treonil-isoleucil- histidil-arginina.

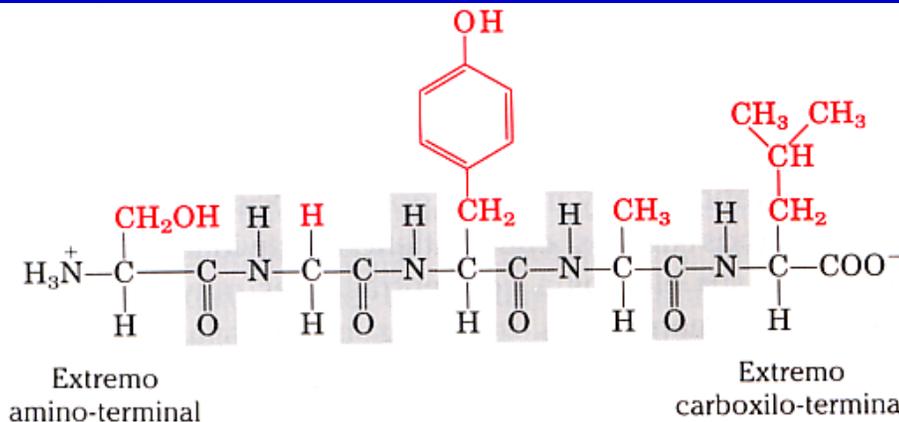


Figura 5-16 Estructura del pentapéptido serilgliciltirosinilalanilleucina, o Ser-Gly-Tyr-Ala-Leu. Los péptidos se nombran empezando por el residuo amino-terminal que, por convención, se sitúa a la izquierda. Los enlaces peptídicos se muestran sombreados en gris y los grupos R en rojo.

CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE PEPTÍDICO

1. Es el **enlace covalente más importante** que une los a.a en péptidos y proteínas. (Los puentes disulfuro, por ej. entre dos cisteínas son también enlaces covalentes).
2. **Es plano**, porque todos los electrones del C, O, H, N e incluso el carbono α adyacente están en un mismo plano. (Fig. 6.5. Estructura de las proteínas).
3. Es un **enlace rígido** que impide que la molécula gire alrededor de él.
4. Cuando se midió el enlace peptídico, se comprobó que tenía **características de doble enlace**, porque se produce un fenómeno de resonancia que hace que el doble enlace del grupo CO se traslade al enlace peptídico. Estos hechos se descubrieron fundamentalmente por análisis de difracción de Rayos X, que a partir de 1939 realizaron **Linus Pauling** (muerto en agosto de 1994) y **R.B. Corey**. Estos autores demostraron que el enlace peptídico C-N es más corto que la mayor parte de los enlaces C-N sencillos (mide 1,32 Å), por lo tanto tiene carácter de doble enlace y es rígido. Esto hace que el enlace peptídico sea **muy estable**, también porque aunque la hidrólisis es una reacción exergónica (exotérmica, libera energía), requiere una alta energía de activación, por lo que **en conjunto es endergónica**.

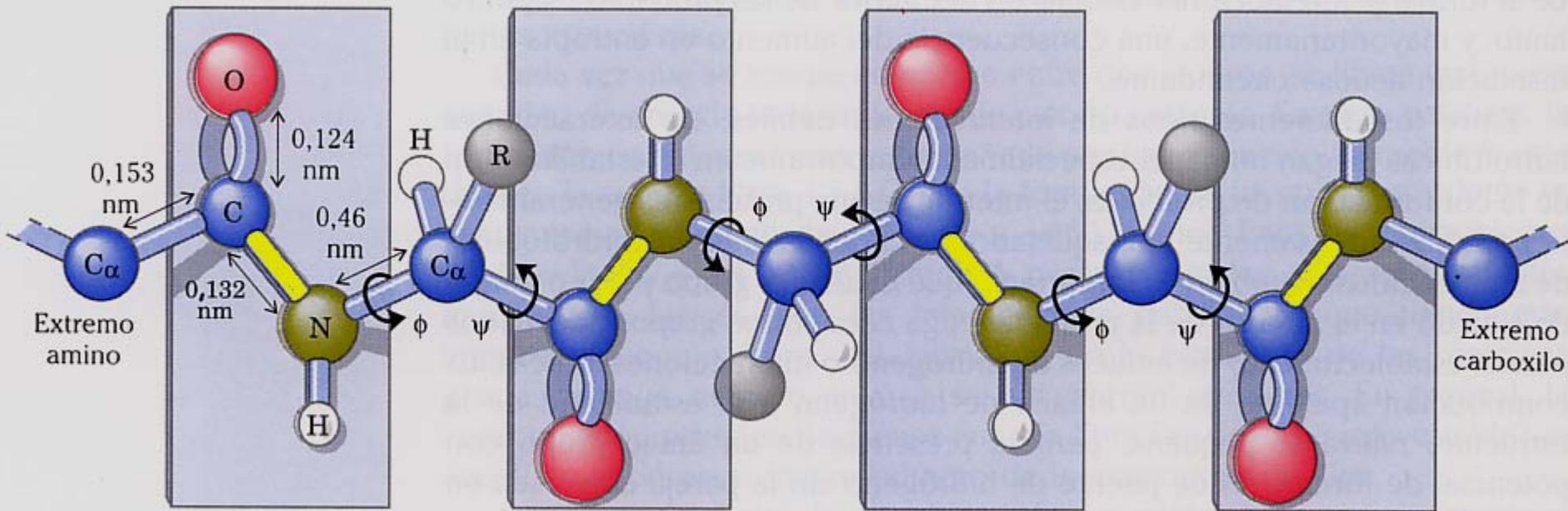


Figura 7-4 El grupo peptídico planar. Cada enlace peptídico tiene carácter parcial de doble enlace debido a la resonancia, y no puede rotar. Los enlaces N-C_α y $\text{C}_\alpha\text{-C}$ pueden rotar, y sus ángulos de enlace se denominan ϕ y ψ , respectivamente.

EJEMPLO DE ALGUNOS PÉPTIDOS CON FUNCIONES PROTEÍNICAS

En la naturaleza existen algunos péptidos con funciones proteínicas específicas.

Por ejemplo:

- * la **insulina***: es una hormona pancreática de naturaleza peptídica (51 a.a). Regula junto con el glucagón (29 a.a.) el metabolismo glucídico.
- * la **oxitocina**: es segregada por la hipófisis. 9 a.a. Es importante para inducir el parto.
- * la **vasopresina**: es una hormona que favorece la retención de agua a nivel renal.
- * otros péptidos importantes son algunos antibióticos como por ejemplo la **penicilina**.
- * **Nutraswett**: edulcorante artificial. es un dipéptido (l. aspartil fenilalanilmetil éster).
- * **Encefalinas**: se unen a receptores de ciertas células del cerebro (a los mismos que se une la morfina y otros analgésicos) e inducen analgesia.

* Existen otras hormonas de naturaleza polipeptídica

PROPIEDADES DE LOS PÉPTIDOS

Los péptidos tienen también propiedades **ácido-base**, ya que tienen un grupo amino y un grupo carboxilo libres. Estos grupos se pueden ionizar, al igual que los grupos R ionizables de algunos a.a. Por lo tanto cada péptido tiene su propia curva de titulación y su pH isoeléctrico característico.

Presentan también **poder rotatorio**, que es aproximadamente la suma de los aminoácidos que los componen, aunque depende también de la conformación en el espacio de ese péptido.

PROTEÍNAS

PROTEÍNAS

Las proteínas son cadenas polipeptídicas de **más de 100 aminoácidos**. Generalmente tienen un gran nº de aminoácidos y un **gran peso molecular**. Son **macromoléculas**. Como sabemos existen 20 aminoácidos principales...

¿Cuántas proteínas distintas se pueden formar con 20 aminoácidos?. Hacerlo con 4, 20 y 500 a.a. Son variaciones con repetición de 20 elementos, tomados de 4 en 4 ó de 20 en 20 ó de 500 en 500. $VR_{20,4} = 20^4$, ó 20^{20} ó 20^{500} .

¿Y con 1000 aminoácidos?

En realidad no se conocen tantas proteínas, pero se ponen de manifiesto las posibilidades del proceso evolutivo. En el hombre se calcula que existen **25000-30000 genes** que codifican un número todavía sin determinar de proteínas.

FUNCIONES DE LAS PROTEÍNAS:

Las proteínas están implicadas en todos los procesos biológicos del interior de la célula. A pesar de ser muy sencillas químicamente, poseen varias funciones que podemos clasificar en 7 funciones principales (ninguna de ellas es energética).

1. Función enzimática. Todas las reacciones que se dan en los seres vivos están **catalizadas** por proteínas enzimáticas. Ellas permiten que se realicen con **gran suavidad, a temperatura relativamente baja**, y con un **rendimiento cercano al 100%**, y además, a diferencia de lo que ocurre con otros tipos de catalizadores, además **se recuperan íntegros** al final de la reacción. En realidad, **un catalizador aumenta la velocidad de reacción**, pero en los seres vivos la velocidad de reacción sin una proteína enzimática sería tan pequeña que la vida no sería posible. Por eso, se puede decir, que las proteínas, cuando actúan como **enzimas hacen posible la vida**. Se conocen alrededor de 1000 enzimas.

2. Función inmunológica (proteínas de defensa). **Anticuerpos**: son agrupaciones grandes y complejas de subunidades proteínicas, y su misión es la defensa del organismo frente a agentes y sustancias extrañas. Son las llamadas **inmunoglobulinas** (Ig) de la sangre. Se producen como respuesta a un **Ag** (toda sustancia capaz de inducir la síntesis de **Ac**, pueden ser de cualquier naturaleza química), y reaccionan específicamente con ellos. Son fabricadas por los **linfocitos B** de los vertebrados (transformados en **células plasmáticas**), pueden reconocer y precipitar o neutralizar **bacterias, virus** o proteínas invasoras de otras especies.

El **fibrinógeno** y la **trombina** son proteínas coaguladoras de la sangre, impiden su pérdida cuando se daña el tejido vascular. Se pueden considerar proteínas de defensa, pero no son anticuerpos.

3. Como elementos estructurales: algunas proteínas mantienen la estructura y arquitectura celular. Por ejemplo, todas las **membranas celulares** son de naturaleza **lipoproteica**. Otro ejemplo es la **queratina**, que es una proteína fibrosa que recubre nuestro cuerpo y forma el pelo.

El **colágeno** y la **elastina** son p. que constituyen el **estroma del tejido conjuntivo** y óseo, en los tendones y cartílagos abunda el colágeno y en los ligamentos la elastina.

Otras **proteínas** forman **cápsides** o cápsulas que encierran el material genético de los **virus**.

La **fibroína** es una proteína constituyente de la **seda** y de las **telarañas**.

La **resilina** se encuentra en la unión de las **alas de los insectos**, tiene unas propiedades elásticas casi perfectas.

4. Como instrumentos de transporte: muchas proteínas transportan moléculas o iones a través de la célula, o a través de la membrana. También pueden transportar sustancias en los líquidos extracelulares (por ejemplo; la **hemoglobina** de la sangre transporta CO_2 y O_2). La hemoglobina es una proteína conjugada que posee un **núcleo prostético** (no proteico), que es el que transporta el O_2 y 4 cadenas polipeptídicas (**globinas**) que transportan el CO_2 .

Otra proteína que cumple la función de **transporte de gases respiratorios** en el músculo, es la **mioglobina**.

Las **proteínas G**, por las que los doctores norteamericanos Alfred G. Gilman (Universidad de Medicina de Texas) y Martin Rodbell (Instituto Nacional de Ciencias de la Salud y del Medio Ambiental de Carolina de Norte) han obtenido el premio Nobel de Medicina en 1994, son **transmisores intramoleculares**. La primera que se descubrió fijaba el **GTP**, de ahí su nombre de proteínas G. Cuando se recibe un mensaje del exterior de la célula (por una hormona, un neurotransmisor etc), se activan las proteínas G que transmiten el mensaje al interior de la célula y forma un complejo proteína G-GTP que afecta a la actividad de varias enzimas. Desde otro punto de vista, la proteína G puede ser considerada también **una proteína reguladora**.

5. Función contráctil: algunas proteínas como la **actina** y la **miosina**, permiten la contracción del músculo cuando interaccionan la una con la otra. Aparecen también en muchas células no musculares.

La **tubulina** y de **dineína** son importantes para el movimiento de cilios y flagelos.

6. Función hormonal: muchas proteínas actúan como reguladores metabólicos coordinando y dirigiendo los procesos químicos de las células. Estas sustancias reciben el nombre de **hormonas**. Las hormonas son biocatalizadores que actúan de una forma más o menos generalizada en todo el organismo a **distancia** del lugar en el que se ha producido, y actuando a muchos niveles del metabolismo celular (por ejemplo: la **insulina**, la **tiroxina**...).

Las hormonas son segregadas por **glándulas endocrinas o glándulas de secreción interna**, que pierden los conductos que las unían con el epitelio a partir del cual se formaron y vierten sus secreciones al líquido extracelular; de ahí pasan a la sangre que las reparte por todo el organismo (se dice que las glándulas endocrinas **vierten a la sangre**).

Ejemplo: La **insulina**, hormona que regula el metabolismo glucídico.

7. Proteínas nutrientes y de reserva. Proteínas de las semillas del trigo (**gluten**), (maíz y arroz son deficitarias en gluten) se requieren para el crecimiento de esas plantas. La **ovoalbúmina** de la clara del huevo, la **caseína** (proteína más importante de la leche). La **ferritina** de algunas **bacterias** y **tejidos animales** que almacena Fe.

ESTRUCTURA DE LAS PROTEÍNAS:

Las proteínas tienen una estructura que viene determinada por la secuencia de aminoácidos que la componen. En la estructura de las proteínas podemos distinguir varios niveles:

- una **estructura primaria**
- " " **secundaria**
- " " **terciaria**
- " " **cuaternaria**: se produce por asociación de varias cadenas polipeptídicas.

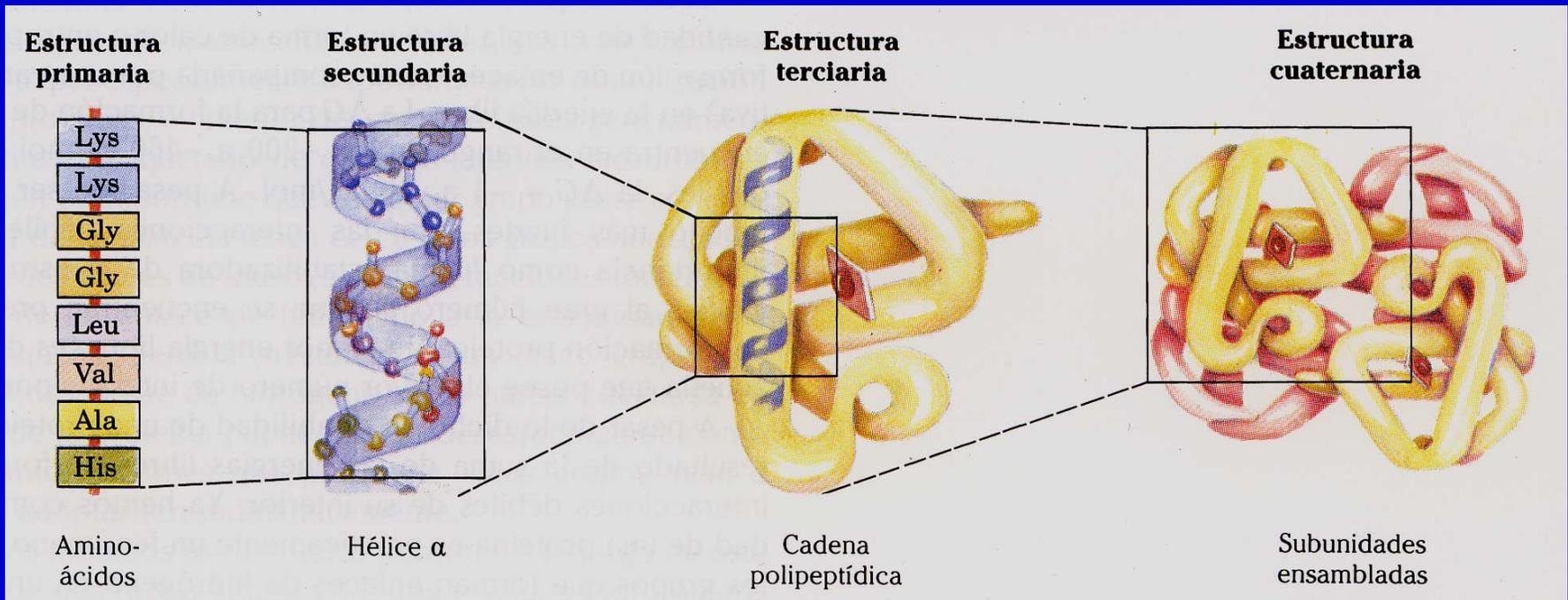
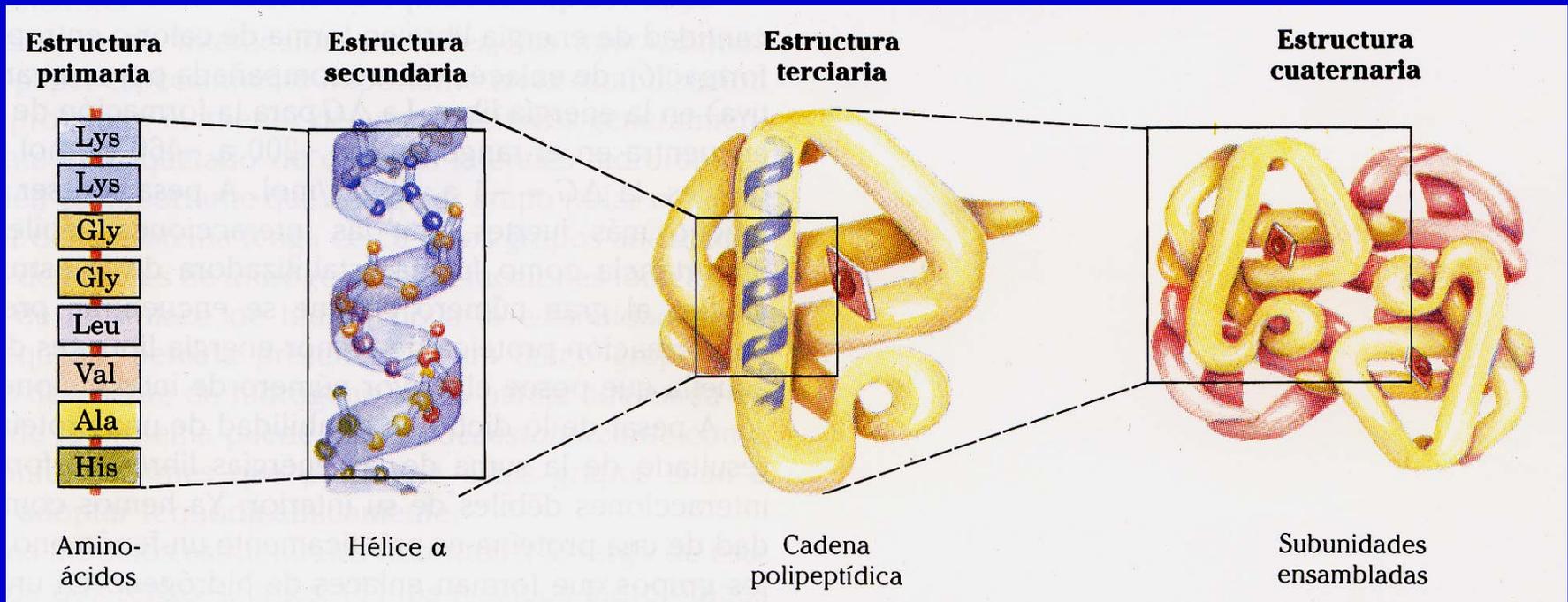


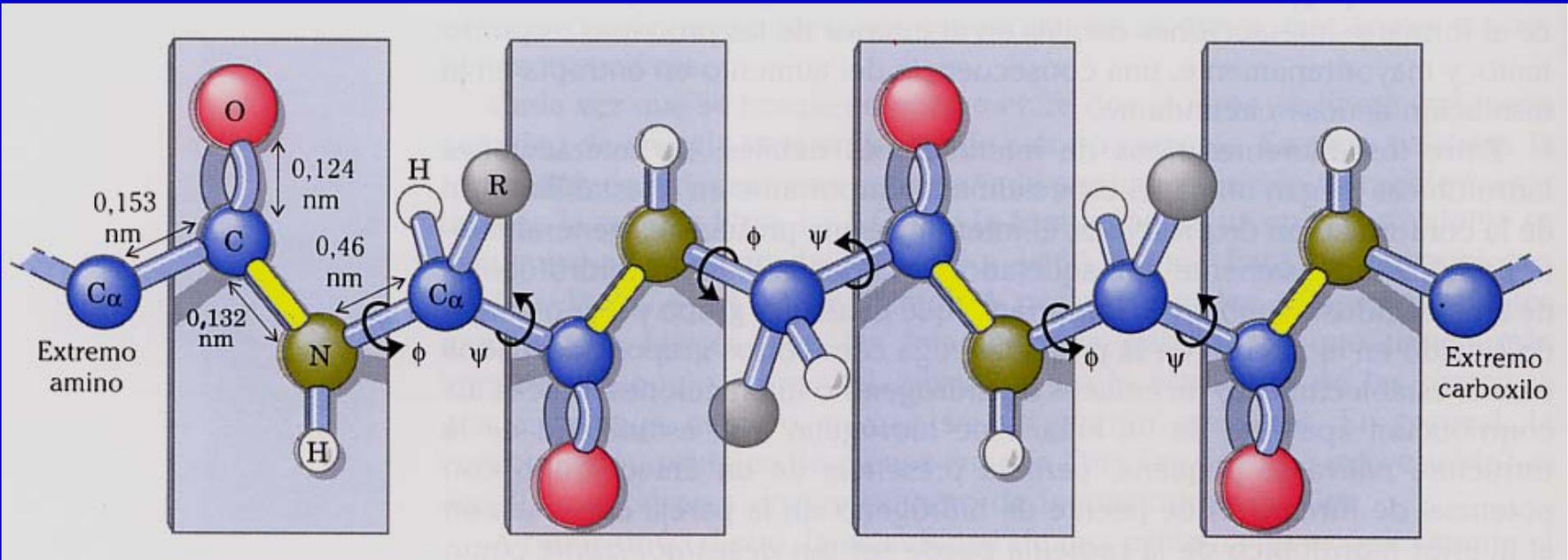
Figura 7-2 Niveles de estructura en proteínas . La estructura primaria comprende la secuencia de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos covalentes e incluye los enlaces disulfuro. El polipéptido resultante puede plegarse en forma de hélice α , una de las clases de estructura secundaria. La hélice forma parte de la estructura terciaria del polipéptido plegado, la cual, por su parte, es una de las subunidades que constituyen la estructura cuaternaria de la proteína multimérica mostrada en este caso: la **hemoglobina**.



Estructura primaria

Se llama así a la **secuencia de los distintos aminoácidos unidos por enlace peptídico**, dentro de la cadena polipeptídica, es decir, qué aminoácidos la componen y en qué orden están colocados. Al producirse un giro hacia la izquierda y hacia la derecha de la cadena por los enlaces no péptidicos se origina una estructura en zig-zag. A partir de esta estructura primaria, la proteína adopta en el espacio la disposición más estable, y se obtiene la estructura secundaria. Todas las proteínas tienen estructuras primaria y secundaria, pero no todas ellas poseen estructura terciaria.

* Formular un fragmento.



Estructura secundaria

Surge de la ordenación de la cadena polipeptídica en el espacio. Esta estructura se mantiene gracias a los puentes de hidrógeno que se establecen entre el O del grupo C=O y el átomo de N del grupo NH de otro a.a..

En las proteínas se reconocen dos tipos de estructura secundaria: la hélice α y la hoja plegada o estructura β .

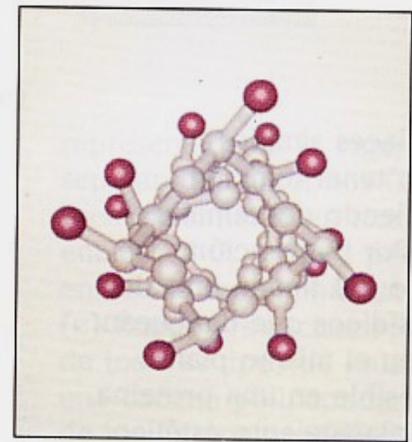
En la hélice α , la cadena polipeptídica se encuentra enrollada hacia la derecha en forma de hélice. Aunque el enlace peptídico es rígido, la cadena polipeptídica puede girar sobre si misma por los enlaces C-N y C-C que si permiten el giro.

Esta ordenación en hélice α se estabiliza gracias a **puentes de hidrógeno intracatenarios**, (dentro de la misma cadena), que se establecen entre un aminoácido y el **cuarto** aminoácido siguiente. (Ver hoja de estructura de las proteínas). Cada vuelta de hélice interesa por lo tanto a **3,6 a.a.** y mide (cada vuelta de hélice) **5,6 Å**, en ella los grupos R se proyectan hacia el exterior y el enrollamiento es más estable hacia la derecha. Esto fué determinado por los experimentos de difracción con Rayos X que realizaron Pauling y Corey.

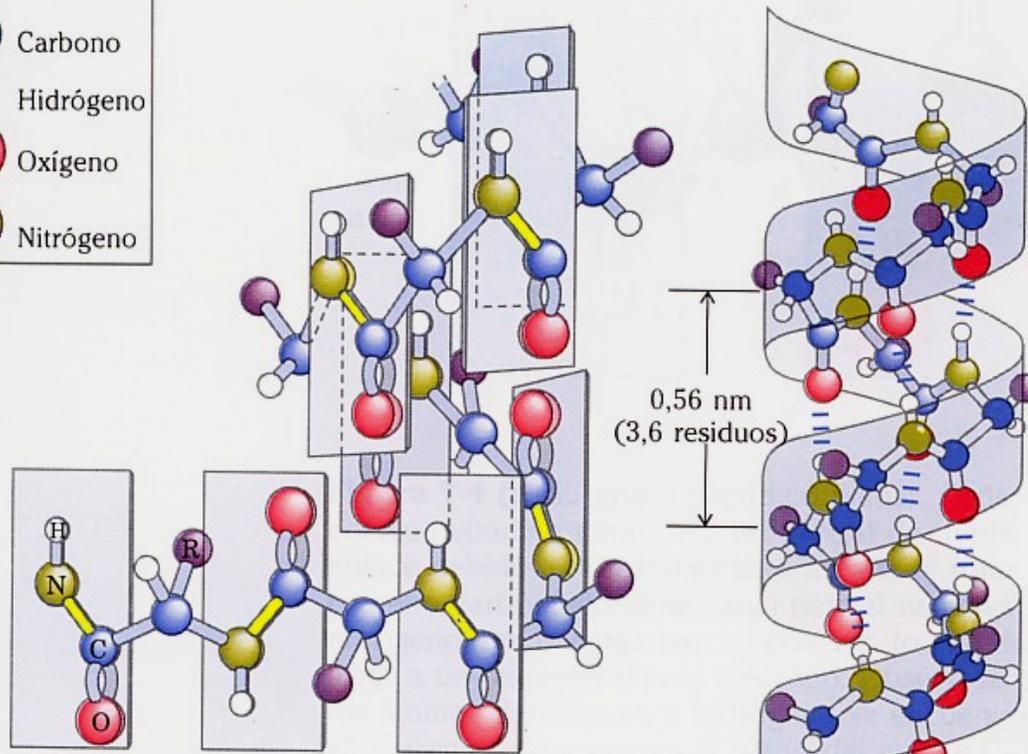
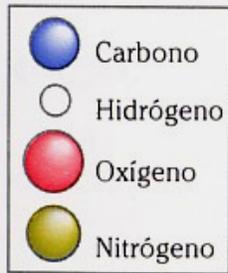
(Ambos fueron Premio Nobel de Química en 1954, más tarde, en 1962 Pauling fué también Premio Nobel de la Paz, muy discutido, por ser considerado antinorteamericano en Norteamérica. Durante más de 25 años estuvo tomando megadosis de Vit. C asegurando que prevenía contra el cáncer. Murió en agosto de 1994 a la edad de 93 años, precisamente de cáncer de pulmón. Aunque se demostró, en un estudio posterior a sus declaraciones, que la Vit. C no prevenía contra el cáncer, el siguió afirmandolo y criticó duramente el escrito).

Por ej, la **queratina** tiene una estructura secundaria en hélice α (forma cabellos, lana, plumas, uñas, pezuñas, garras, cañones de plumas conchas de tortuga y la epidermis de la piel). El **colágeno** también tiene estructura en hélice α .

Figura 7-6 Cuatro modelos de hélice α , mostrando aspectos diferentes de su estructura. **(a)** Formación de una hélice α dextrógira. Los planos de los enlaces peptídicos rígidos son paralelos al eje longitudinal de la hélice. **(b)** Modelo de bolas y varillas de la hélice α dextrógira en el que se muestran los enlaces de hidrógeno intracatenarios. La unidad repetitiva es una vuelta de la hélice, de 3,6 residuos. **(c)** La hélice α vista desde un extremo a lo largo del eje longitudinal. Obsérvense las posiciones de los grupos R, representados por esferas púrpura. **(d)** Un modelo de esferas de van der Waals de la hélice α .

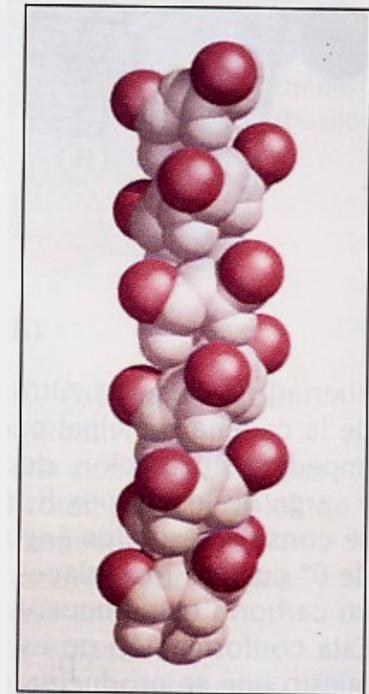


(c)



(a)

(b)



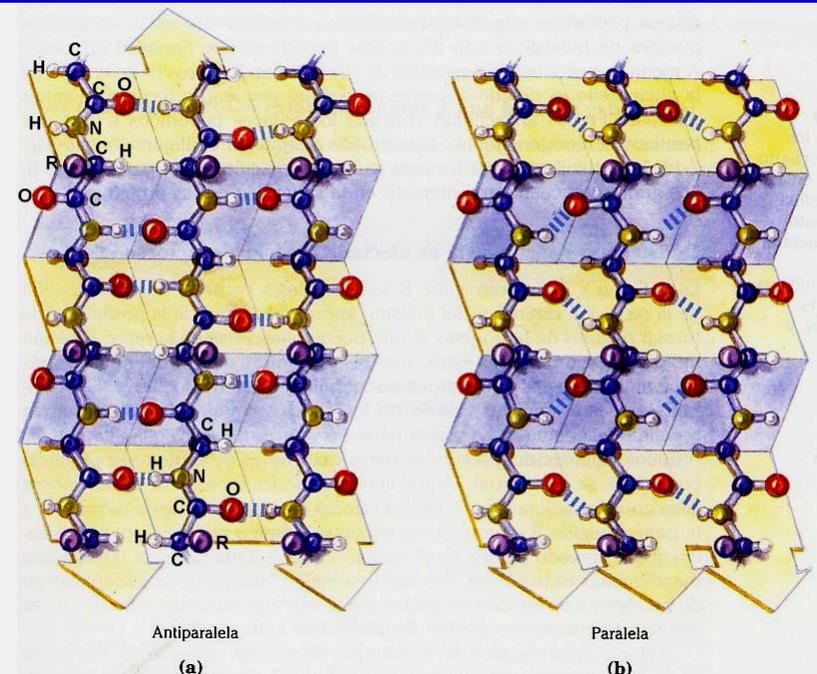
(d)

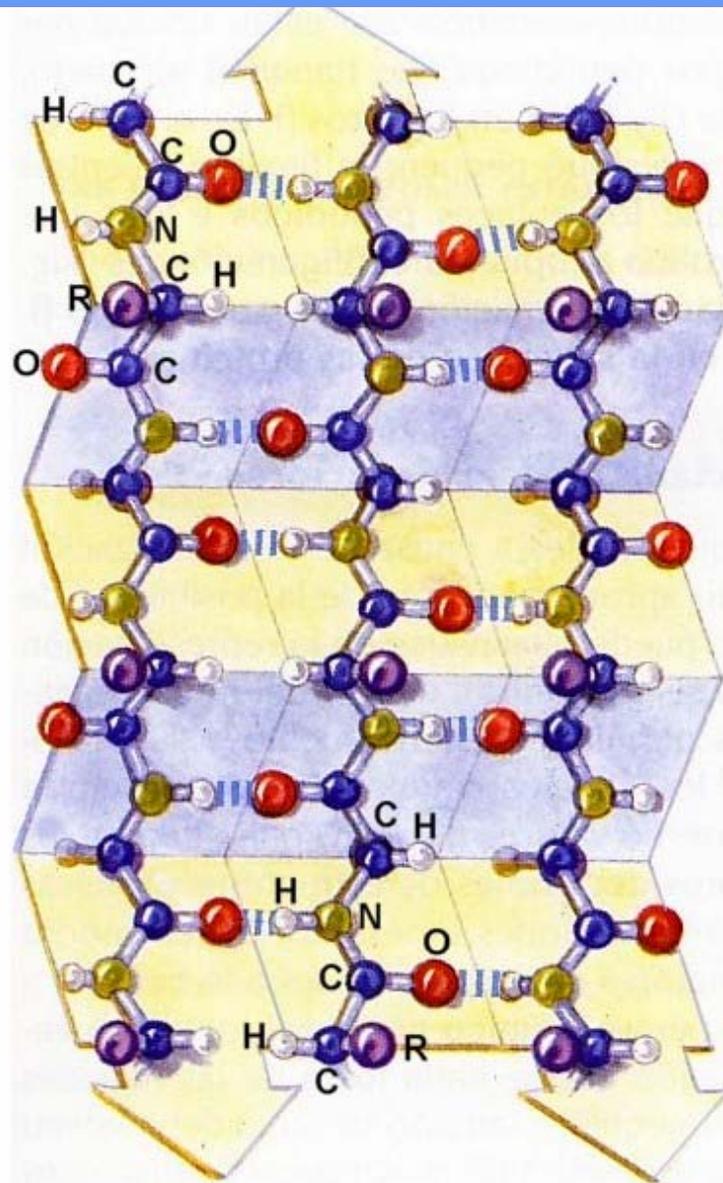
Estructura en hoja plegada o estructura β .

En esta estructura intervienen al menos dos fragmentos de una misma cadena polipeptídica o dos cadenas polipeptídicas distintas. En este caso los **puentes de H_2** entre el grupo C=O y el grupo NH son **intercatenarios**. Solo se da esta estructura si los grupos R son muy pequeños, porque sino interferirían. Las dos estructuras en zig-zag se sitúan una al lado de la otra y se enlazan por puentes de hidrógeno. (Ver hoja de estructura de las proteínas).

Las cadenas polipeptídicas *adyacentes de una hoja β plegada **pueden ser paralelas** (con la misma orientación amino-carboxilo) o **antiparalelas**. El periodo de repetición es más corto en la conformación paralela (6,5 Å) que en la conformación antiparalela (7 Å).

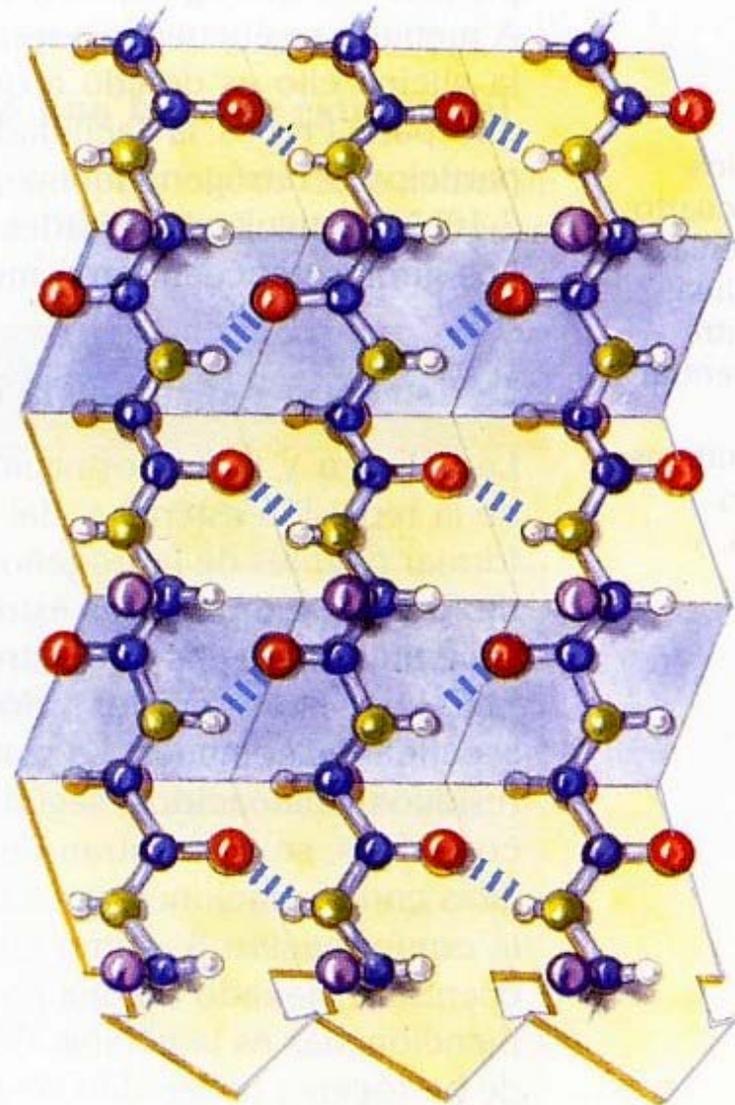
Figura 7-9 La conformación β en cadenas polipeptídicas. En esta ilustración pueden verse los grupos R dirigidos hacia el exterior de la hoja β plegada y se enfatiza el plegamiento de la hoja descrito por los planos de los enlaces peptídicos. También se muestran los enlaces por puente de hidrógeno entre cadenas adyacentes. **(a)** Hojas β antiparalelas, en las que la orientación amino-terminal-carbonilo-terminal de cadenas adyacentes es inversa (ver flechas). **(b)** Hojas β paralelas.





Antiparalela

(a)



Paralela

(b)

La **conformación β** es muy común en proteínas, al igual que la **hélice α** . La presenta la **fibroina** (proteína fibrosa perteneciente al grupo de las β queratinas). La lámina plegada aparece en proteínas fibrosas como la **proteína de la seda=fibroina de la seda**). También presenta esta estructura la proteína de las telas de araña. Ambas reciben el nombre de **β -queratinas**.

La hélice α y la conformación β son las estructuras secundarias más importantes y existen en muchas proteínas, pero también existen otros tipos de estructuras secundarias que aparecen en una única proteína o en un pequeño número de proteínas.

Por ej, es el caso de la **queratina**, que además de ser la **capa externa de la epidermis** forma también el **pelo de los mamíferos**. Es también el caso de la hélice del **colágeno**. Se conocen otros tipos de estructura (terciaria) fibrosa como la del **colágeno**, que es como una hélice pero más abierta que la hélice α .

Todas estas proteínas tienen una **estructura fibrosa**. Para algunos autores es ya un tipo de estructura terciaria.

* Nota: en principio las proteínas fibrosas tienen estructura secundaria y las globulares terciaria, pero como en el caso del colágeno a veces una proteína fibrosa se dice que tiene estructura terciaria.

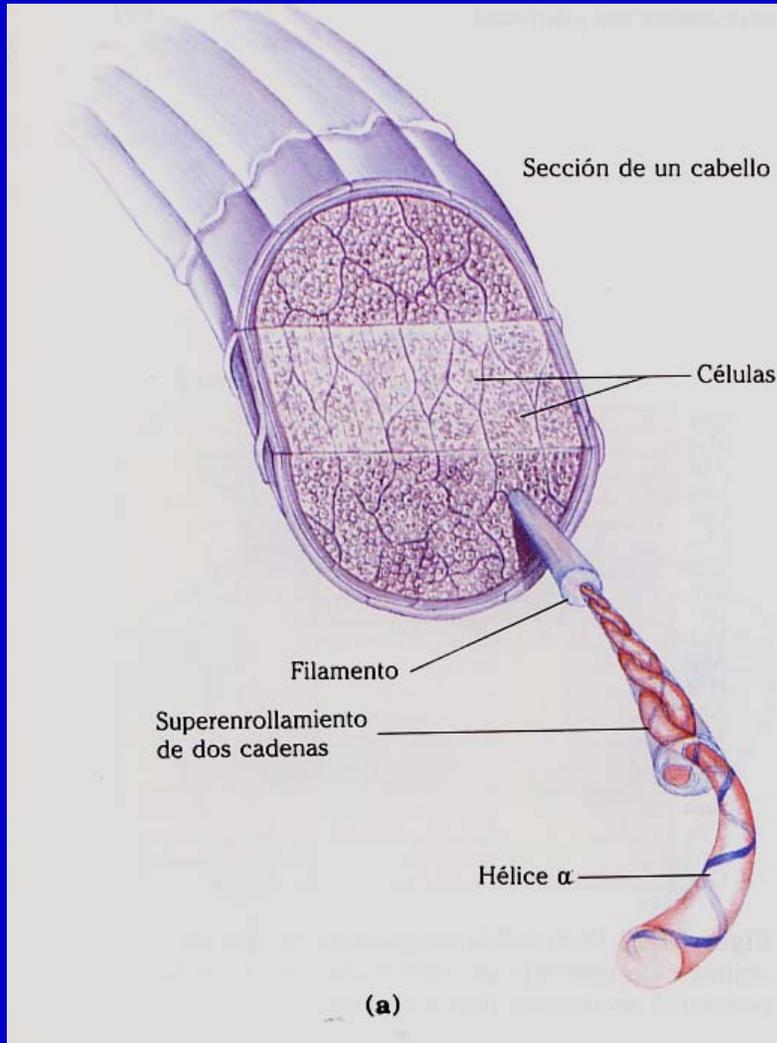
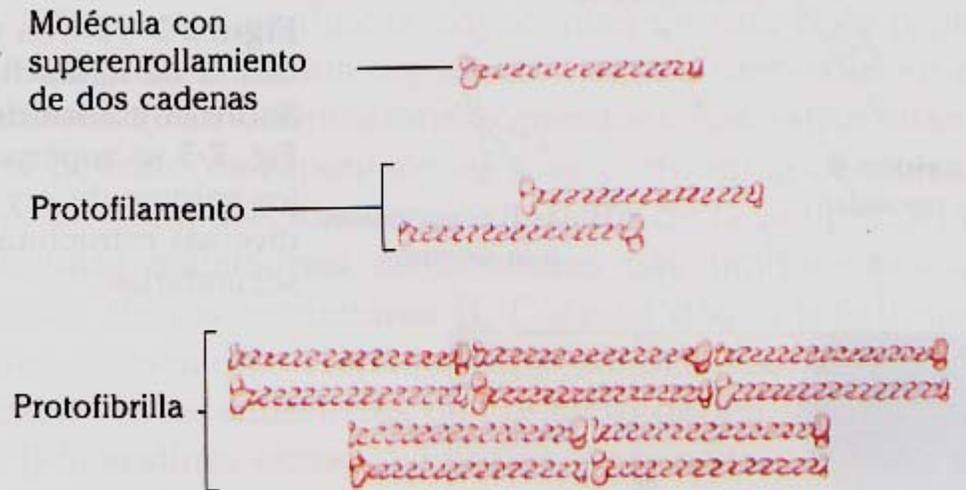
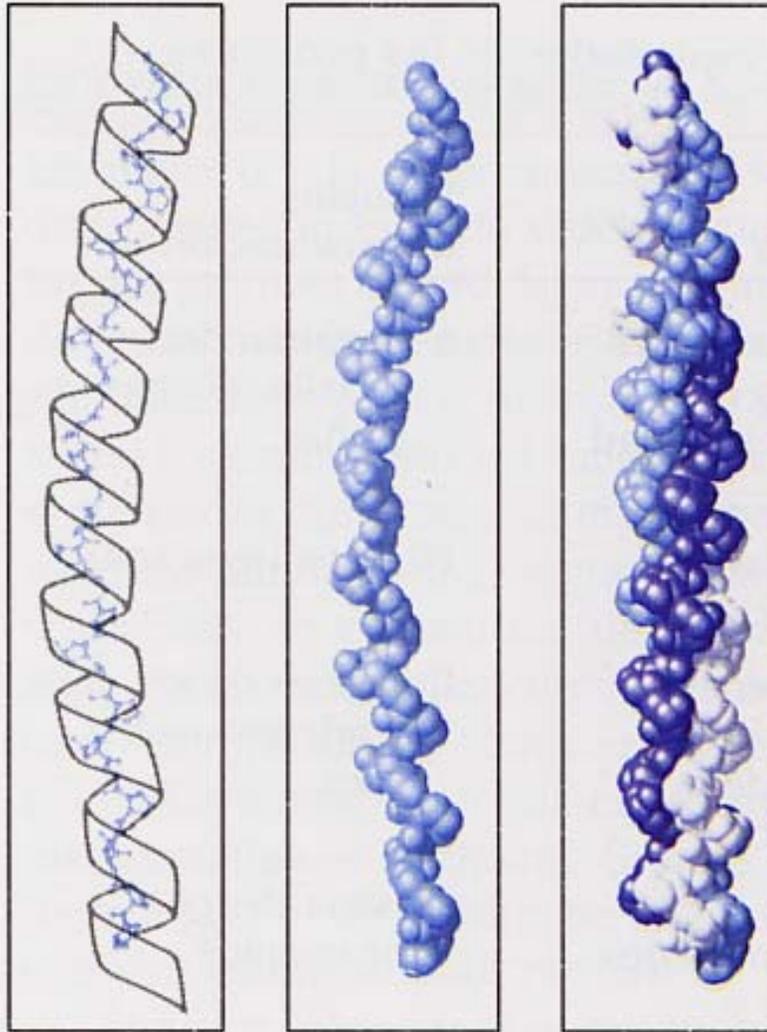


Figura 7-13 (a) La α -queratina del cabello es una hélice α elongada que presenta dominios ligeramente más gruesos cerca de los extremos amino y carboxilo. Las hélices se enrollan entre ellas por parejas y probablemente en sentido levógiro, formando superenrollamientos de dos cadenas. Éstas forman a su vez unas estructuras de orden superior denominadas protofilamentos y protofibrillas, como se muestra en **(b)**. (Son necesarias unas cuatro fibrillas para formar un filamento.) Las hélices superenrolladas de dos en dos cadenas presentes en las diversas estructuras están entrelazadas, pero se desconoce el sentido de este enrollamiento superior así como otros detalles estructurales.



(b)

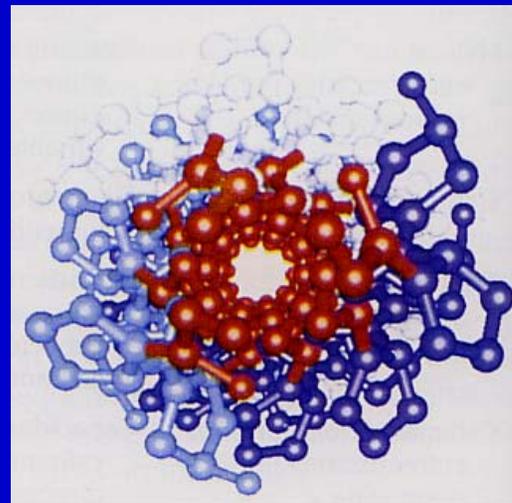


(a)

(b)

(c)

Figura 7-14 Estructura del colágeno. La hélice del colágeno es una estructura secundaria repetitiva que sólo se encuentra en esta proteína. **(a)** La secuencia repetitiva del tripéptido Gly-X-Pro o Gly-X-Hyp adopta una estructura helicoidal levógira con tres residuos por vuelta. La secuencia repetitiva empleada para generar este modelo es Gly-Pro-Hyp. **(b)** Modelo de esferas de la hélice del colágeno mostrada en **(a)**. **(c)** Tres de estas hélices se enrollan entre ellas de forma dextrógira. La molécula de tres cadenas resultante se conoce como tropocolágeno (ver Fig. 7-15). **(d)** La superhélice de tres cadenas del colágeno vista desde un extremo, en una representación de bolas y varillas. La glicina es necesaria en el lugar en que las tres cadenas entran en contacto a causa de su pequeño tamaño.



(d)

NIVELES ESTRUCTURALES ADICIONALES ENTRE LA ESTRUCTURA SECUNDARIA Y TERCIARIA

Los avances en el estudio de las proteínas ha hecho necesaria la definición de **dos niveles estructurales adicionales**, que se encontrarían a medio camino entre la estructura secundaria y terciaria:

* (La estructura tridimensional de una proteína de tamaño grande contiene a menudo **varios tipos diferentes de estructura secundaria**. ← Sustituir esta frase por lo anterior).

Un agrupamiento estable de varios tipos de estructura secundaria se conoce a veces como **estructura supersecundaria**.

Un **dominio** es un nivel de estructuración algo mayor: es una **región compacta**, entre **40 y 400 a.a.** que constituye una unidad estructural particular en una cadena polipeptídica. Por ej. Una cadena polipeptídica que se pliega en forma de **pesa** tendría dos dominios. Una proteína puede tener varios dominios y cada una de ellas tener funciones específicas y separadas.

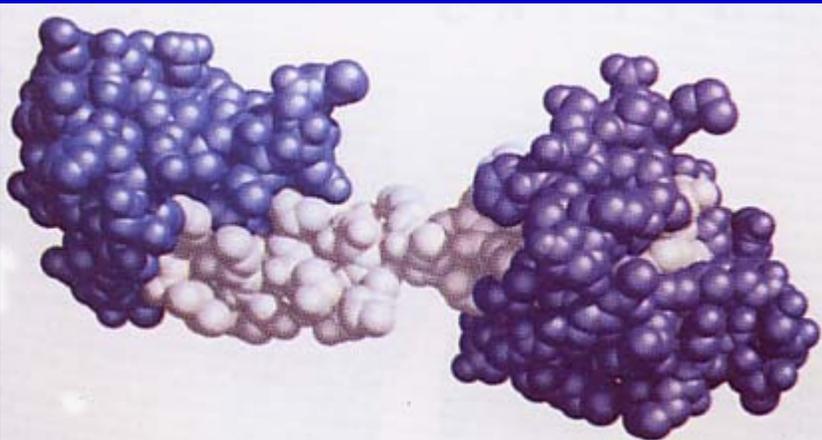


Figura 7-3 Los diferentes dominios estructurales de la troponina C, una proteína fijadora de calcio asociada al músculo. Los dominios fijadores de calcio, indicados en azul y púrpura, se encuentran conectados por una larga hélice α , indicada en blanco.



Linus Pauling
1901-1994



Robert Corey
1897-1971

Estructura terciaria

Surge de la ordenación en el espacio del esqueleto polipeptídico que tiene a su vez una estructura secundaria, es decir, es la **forma global de la proteína** (o del péptido). A veces no está clara la frontera entre la estructura secundaria y la terciaria. Aparece este tipo de estructura en las **proteínas globulares**, de forma compacta y esférica, que suelen presentar varios tipos de estructura secundaria en la misma molécula (las proteínas fibrosas tienen generalmente un solo tipo de estructura secundaria).

Esta estructura terciaria suele aparecer cuando en un determinado esqueleto polipeptídico aparece la **prolina**. La prolina es un aminoácido que tiene el grupo NH bloqueado. Esto hace que la cadena no pueda girar por ese enlace C-N y que se pliegue sobre sí misma, interrumpiendo la hélice. (**También interrumpen** la hélice α la **tirosina**, la **serina** y la **glicina**).

La estructura terciaria se mantiene **por puentes de H** en algunos casos, pero es más frecuente que intervengan otros tipos de enlaces entre a.a. alejados. Por ej, en las proteínas globulares frecuentemente se mantiene por **enlaces hidrofóbicos**, cuando hay a.a con grupos R apolares éstos, juntos con algunos a.a. tienden a disponerse en el interior de la molécula, en el interior de ese globo, mientras que los grupos polares se orientan hacia la superficie.

Otros enlaces que aparecen son los **enlaces polares y electrostáticos** (de carga), e incluso enlaces **covalentes** como ocurre cuando aparecen dos aminoácidos que posean azufre (metionina o cisteína) y se establecen **puentes disulfuro -S-S-**.

Por ejemplo: la **mioglobina**, proteína fijadora de O_2 que se encuentra en células musculares de mamíferos (especialmente de los **buceadores, ballena, foca, marsopa**, los músculos en estas especies son de **color pardo** por la acumulación de esta proteína que les permite permanecer sumergidos largo tiempo). Tiene **una sola cadena polipeptídica** de 153 a.a. y un **solo grupo hemo**, con Fe, que es el que le da el color pardo oscuro. Su **estructura terciaria** presenta **8 segmentos relativamente rectos de helice α** conectados por giros en la cadena.

También presentan estructura terciaria la **lisozima** (enzima de la clara del huevo y de las lágrimas humanas que hidroliza los polisacáridos de las paredes de algunas bacterias), el **citocromo c** (componente de la cadena respiratoria de las mitocondrias) y *la **ribonucleasa pancreática**.

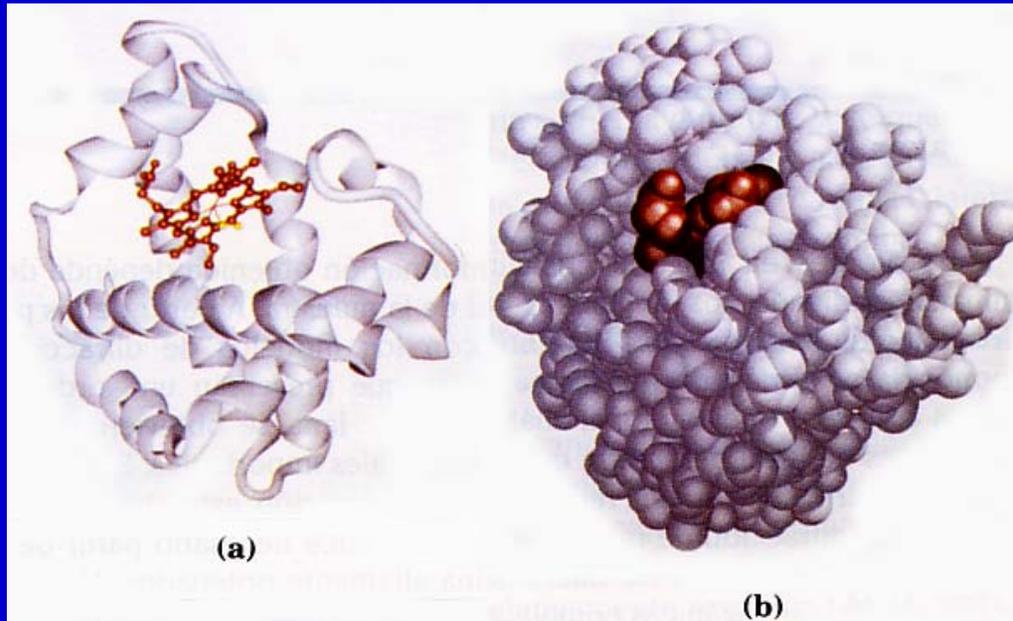
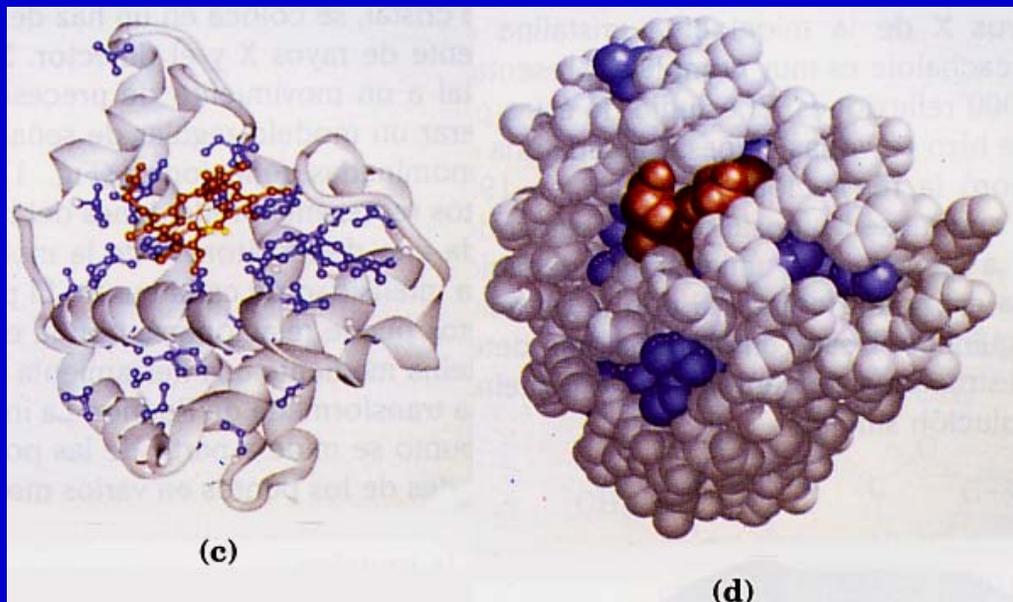


Figura 7-19 Estructura terciaria de la mioglobina de cachalote. La orientación es la misma en todas las figuras; el grupo hemo es el rojo. **(a)** El esqueleto polipeptídico se muestra en una representación de cintas del tipo de Jane Richardson; permite identificar las regiones de estructura secundaria. Las regiones en hélice α de la mioglobina se observan con claridad. No se muestran las cadenas laterales de los aminoácidos. **(b)** Un modelo espacial lleno con el grupo hemo prácticamente enterrado en la molécula. Se incluyen todas las cadenas laterales de los aminoácidos. **(c)** Una representación de cintas que incluye las cadenas laterales de los residuos hidrofóbicos Leu, Ile, Val y Phe (en color púrpura). **(d)** Un modelo espacial lleno con todas las cadenas laterales. La mayor parte de los residuos hidrofóbicos no son visibles.



Estructura cuaternaria

Se refiere a la asociación de **varias cadenas polipeptídicas** iguales o distintas. Un solo polipéptido no podría tener estructura cuaternaria.

Las distintas moléculas proteicas están unidas generalmente por **enlaces débiles**, en general, no covalentes (por ejemplo: enlace **éster**, **atracciones electrostáticas**, **uniones por iones metálicos**, etc...).

Presentan estructura cuaternaria algunas proteínas que pueden ser fibrosas o globulares en su estructura secundaria o terciaria, como por ejemplo el **colágeno** y la **hemoglobina**. Algunas de estas proteínas tienen estructura fibrosa, y la mayoría estructura globular.

A cada cadena polipeptídica de esa proteína se le llama "mero", por lo tanto, las proteínas globulares con estructura cuaternaria se les llama "**oligoméricas**". En ellas cada cadena polipeptídica, con su propia estructura y plegada se acopla con las otras y originan la **conformación nativa** de esa proteína.

La hemoglobina (M_r 64.500) fue la primera proteína oligomérica sometida a análisis por rayos X. Está formada por cuatro cadenas polipeptídicas y cuatro grupos prostéticos hemo, en los que los átomos de hierro se encuentran en el estado ferroso (Fe^{2+}). La parte proteica, denominada globina, está constituida por dos cadenas α (de 141 residuos cada una) y dos cadenas β (de 146 residuos cada una). Obsérvese que α y β no se refieren en este caso a estructuras secundarias.

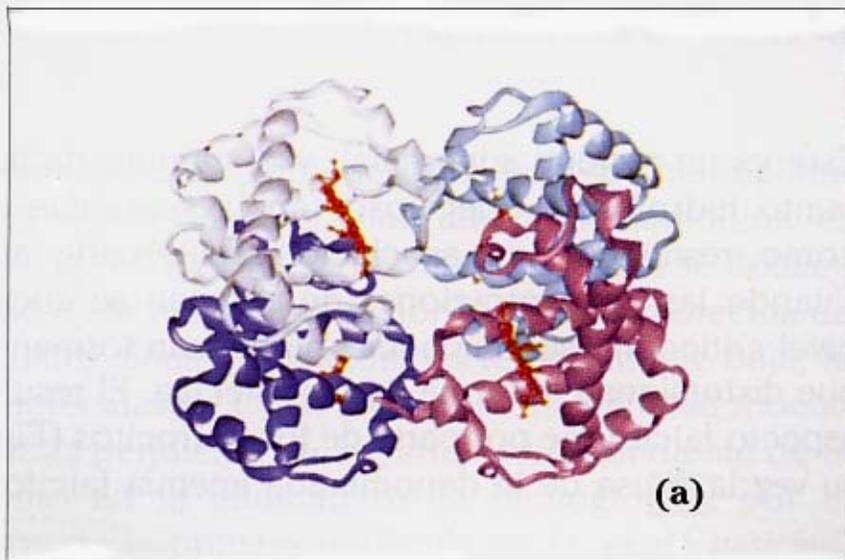


Figura 7-26 La estructura tridimensional (cuaternaria) de la desoxihemoglobina, deducida por análisis de difracción de rayos X, y en la que se muestra el modo de empaquetamiento de las cuatro subunidades. **(a)** Una representación de cintas. **(b)** Un modelo de esferas. Las subunidades α se muestran en blanco y azul claro; las subunidades β se muestran en diferentes tonos de púrpura. Obsérvese que los grupos hemo, en rojo, se encuentran en posiciones relativamente alejadas.

PROPIEDADES DE LAS PROTEÍNAS

Dependen de los radicales que tengan libres y que sobresalgan de la molécula, que puedan por lo tanto tener la posibilidad de interactuar con el entorno.

1. Solubilidad: las proteínas **globulares** poseen un elevado peso molecular, por lo que dan lugar a **disoluciones coloidales**. Generalmente la solubilidad es debida a que ciertos radicales de los aminoácidos se ionizan y establecen relaciones con las moléculas de agua o mediante puentes de hidrógeno. Son disoluciones muy estables.

Las proteínas **fibrosas** **no se disuelven en absoluto** por lo que forman precipitados.

2. Desnaturalización: es la destrucción de la **conformación nativa** de las proteínas. Se llama conformación nativa a la estructura tridimensional más estable que tienen las proteínas en un medio biológico. La desnaturalización de las proteínas provoca la pérdida de sus propiedades (si es un enzima, pierde su actividad catalítica). La recuperación de la conformación nativa recibe el nombre de naturalización, pero no siempre es posible. La causa de la desnaturalización puede ser el aumento de temperatura o la variación intensa de pH con ácidos.

3. Especificidad: los anticuerpos o inmunoglobulinas (Ig) han permitido demostrar que las proteínas son **específicas de cada especie***. Cualquier macromolécula extraña a un organismo es un antígeno (puede ser de cualquier naturaleza química, aunque muchos son de naturaleza proteica). **Un antígeno (Ag)** cuando se introduce en un organismo **da lugar a la síntesis de anticuerpos** específicos que reaccionan con ellos. Se forma un **complejo antígeno-anticuerpo** que constituye la respuesta inmunitaria. Esta propiedad **es exclusiva de los vertebrados**.

(Nota: Para explicar la especificidad utilizamos como antígenos proteínas).

Se ha comprobado que:

- **Proteínas (Ag)** funcionalmente **distintas** de una misma especie conducen a la formación de anticuerpos distintos. Si un conejo es inmunizado frente a la Hb (hemoglobina) de caballo, los anticuerpos originados no precipitan a ninguna otra proteína del caballo, solo a la Hb.

- **Proteínas homólogas** (aquellas que cumplen funciones similares en dos especies distintas), actuando como antígenos, tampoco son idénticas inmunológicamente, es decir, los anticuerpos reaccionan al máximo con aquellas que han inducido su formación. * Calcitoninas

- **Las proteínas homólogas de especies estrechamente relacionadas tienen mayor identidad** que las de especies muy distintas (muy separadas en la evolución). Por ejemplo, los anticuerpos formados frente a la hemoglobina del caballo (en un conejo) reaccionan también con la hemoglobina de especies relacionadas (cebra, vaca etc).

Conclusión: cuanto más estrechamente se hallan relacionadas dos especies, más parecidas serán las secuencias de aminoácidos de sus proteínas homólogas.

4. Comportamiento ácido-base: las proteínas tienen características de ácido-base, porque siempre tienen un **extremo amino** y otro **carboxilo**; y también porque los radicales de muchos aminoácidos son susceptibles de ionizarse según el pH del medio. Esto determina que **muchas proteínas tengan una carga eléctrica neta en un determinado pH** y que puedan ser separadas por su peso molecular y por su carga, al igual que los a.a. y los péptidos, por **electroforesis**.

Se somete a las proteínas a un campo eléctrico en un pH determinado, y las proteínas **emigran hacia el ánodo** (polo positivo) **si tienen carga negativa** o hacia el **cátodo** (polo negativo) **si es positiva**. Además, las de **menor peso molecular** emigran más **rápidamente** y alcanzan distancias más próximas a los polos en un determinado tiempo.

Al igual que los a.a. y los péptidos, cada proteína que tiene carga (la mayoría) posee un **punto isoeléctrico** (o pH isoeléctrico) en el cual la molécula es neutra. Es decir, es un valor de pH del medio que permite que la molécula sea eléctricamente neutra.

CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEINAS

Las proteínas se pueden dividir en dos grandes grupos:

- **Holoproteínas**: son proteínas formadas únicamente por aminoácidos.
- **Heteroproteínas**: son proteínas constituídas por una fracción polipeptídica y una fracción no polipeptídica. Se llaman también proteínas conjugadas.

HOLOPROTEÍNAS

Pueden tener estructura **globular** o **fibrosa**.

Las que tienen estructura globular son solubles en agua, o en disoluciones salinas. Presentan una gran actividad biológica. Son holoproteínas globulares: las **enzimas**, las **hormonas**, **histonas**, **albúminas**, **inmunoglobulinas** (Ig).

- **Histonas** proteínas básicas que se encuentran en el núcleo celular acompañando al DNA, para formar la cromatina y los cromosomas
- **Albúminas**: tienen un peso molecular pequeño (30000-100000), por lo tanto son las más solubles en agua o en disoluciones salinas. Tiene como función principal la de reserva de aminoácidos. Pertenecen a este grupo:

Seroalbúmina: es una proteína del plasma que se encarga del transporte de determinadas sustancias, sobre todo de ácidos grasos.

Ovoalbúmina: es la albúmina del huevo.

Lactoalbúmina: es la albúmina de la leche.

Globinas: son las albúmina de la hemoglobina.

- **Globulinas**: tienen un peso molecular entre 100000 y 1000000. Son únicamente solubles en disoluciones salinas. Pertenecen a este grupo las Ig (**inmunoglobulinas**, es decir, los anticuerpos que se forman en respuesta a un antígeno). Son también globulinas la **ovoglobulina** del huevo y la **lactoglobulina** de la leche.

Las de estructura fibrosa son insolubles en agua, son muy resistentes a las hidrólisis mediante enzimas digestivos y reciben el nombre de **escleroproteínas**. Las escleroproteínas son prácticamente **exclusivas de los animales**. Pertenecen a este grupo:

- **El colágeno**, proteína que forma parte de la matriz intersticial del tejido conjuntivo, cartilaginosa y ósea. También forma parte de los tendones.
- **Queratina**: forma parte de la epidermis de la piel, constituye el pelo, las uñas, los cuernos y las pezuñas de mamíferos. También forma las plumas y cañones de las plumas de las aves y las conchas de tortugas.
- **Elastina**: es una proteína de la matriz intersticial del tejido conjuntivo. También forma parte de los ligamentos y tendones y de los vasos sanguíneos, confiriendo a todas estas estructuras elasticidad.
- **Fibroína**: es constituyente de la seda y tiene una gran resistencia mecánica.

HETEROPROTEÍNAS

Tienen una parte **polipeptídica (apoproteína)** y una parte no polipeptídica llamada **grupo prostético**. Estas proteínas reciben también el nombre de proteínas conjugadas. Los grupos prostéticos pueden ser muy variados, y se usan para clasificar estas proteínas.

- **Glucoproteínas**: el núcleo prostético consiste en uno o varios **glúcidos**, unidos a la parte polipeptídica mediante enlace covalente. Se encuentran muchas en las **membranas celulares**. Algunas son **hormonas** y también son de esta naturaleza las **mucoproteínas**.
- **Lipoproteínas**: contienen **fosfolípidos**, **lípidos neutros** o incluso **ácidos grasos** que se unen a la parte polipeptídica mediante enlaces hidrofóbicos. En el suero (plasma sanguíneo sin fibrinógeno) existen una gran cantidad de lipoproteínas. También están presentes en las **membranas plasmáticas**.
- **Cromoproteínas**: son aquellas proteínas que tienen un **núcleo prostético coloreado**. Son en general pigmentos: **hemoglobina**, **citocromos**, **hemocianina**. etc.
- **Nucleoproteínas**: están formados por una parte proteica más un ácido nucleico. Se encuentran en el núcleo y forman la cromatina o cromosomas. Es otra manera de designar al material hereditario presente en los núcleos de las células eucarióticas.

LAS PROTEÍNAS. PREGUNTAS DE SELECTIVIDAD

Aminoácidos

1. Defina que son los aminoácidos, escriba su fórmula general y clasifíquelos en función de sus radicales. (Junio 2006, Opción A, bloque 1).
2. ¿Por qué se dice que los aminoácidos tienen un carácter anfótero?. Razone la respuesta. (Junio 2007, opción A, bloque 1).

Estructura

3. Las proteínas son moléculas que se forman por la unión de un número variable de aminoácidos: indique y comente brevemente las diferentes estructuras que pueden presentar. (Junio 2000, opción A)
4. Cite y describa los niveles de estructuración de las proteínas. (Junio 2005, opción B)
5. ¿Por qué las proteínas adoptan espontáneamente la configuración más estable? ¿Qué enlaces intervienen en la estabilización de los distintos niveles de complejidad de las proteínas? (Septiembre 2001, opción A). (Septiembre 2005, opción A, bloque 1). ▲▲

Desnaturalización

6. ¿En qué consiste la desnaturalización proteica? ¿A qué enlaces **afecta** este proceso? ¿Cuáles son sus consecuencias biológicas? (Junio 2001, opción B)
7. ¿En qué consiste la desnaturalización de una proteína? ¿Qué enlaces **se ven afectados** por la misma? ¿Cómo afecta este proceso a la funcionalidad de la proteína? (Junio 2003, opción A).
8. ¿En que consiste la desnaturalización proteica?. ¿A qué enlaces **no afecta** este proceso?. ¿Cuáles son sus consecuencias biológicas?. (Septiembre 2005, opción A, bloque 1).
9. Explique en qué consiste la desnaturalización proteica. Indique que tipos de enlaces se **conservan y cuales se ven afectados**. ¿Qué factores provocan la desnaturalización?. (Junio 2006, Opción A, bloque 1).
10. Explique por qué se renaturaliza una proteína al volver a las condiciones del estado nativo. (Junio 2001, opción A)

Funciones

11. Realice una clasificación de las proteínas según su función, incluyendo ejemplos. (Junio 2000, opción B)
12. ¿Por qué se dice que las proteínas son moléculas que contienen información?. (Septiembre 2004, Opción B, bloque 2).
13. Explique brevemente las funciones estructurales, catalíticas, transportadoras y de reconocimiento de las proteínas. (Junio 2005, opción B, bloque 2).
14. Describa cinco funciones desempeñadas por las proteínas en los seres vivos. (Junio 2006, Opción A, bloque 1). (Septiembre 2006, opción A, bloque 2). ▲▲
15. Una de las funciones del Aparato de Golgi es la de transportar compuestos como las proteínas. ¿Por qué las proteínas son moléculas específicas? ¿En que característica de la molécula radica esa especificidad? (Septiembre 2002, opción A). (Septiembre 2003, opción B, en este caso solo las dos últimas líneas de estas preguntas, sin citar al aparato de Golgi). ▲▲

PRÁCTICA N° 4. 2º BACHILLER: PROTEÍNAS

DESNATURALIZACIÓN (COAGULACIÓN), REACCION DE BIURET

REACCION XANTOPROTEICA.

Preparar 6 tubos de ensayo A, B, C, D y F de la siguiente manera:

Tubos A, B, C y E .- 2 cc. de la disolución de la clara de huevo (una clara en 250 cc. de agua y un poco de sal).

Tubos D y F.- 2 cc. de leche.

Proteínas de la leche: caseína (la más importante), lactoalbúmina, lactoglobulina etc.

DESNATURALIZACIÓN (COAGULACIÓN):

Tubos A y B (los dos con clara de huevo)

Las proteínas globulares forman con el agua disoluciones coloidales que pueden precipitar con formación de coágulos al ser calentadas o tratadas con soluciones salinas, ácidas o alcalinas.

1. Añadir al tubo B 2 cc. de HCl.
2. Calentar el tubo A (y el B si no se produce la formación de coágulos).
3. ¿Qué ocurre en los dos tubos?. ¿Por qué?.

REACCION DE BIURET

(Tubos C y D, uno con clara de huevo y el otro con leche).

Esta reacción es positiva para los péptidos y las proteínas, pero no para los a.a. libres porque es debida a la presencia de los **enlaces peptídicos***. Cuando una proteína se pone en contacto con un álcali concentrado (NaOH al 20 %), se forma una sustancia compleja denominada **biuret**, cuya fórmula es **NH₂-CO-NH-CO-NH₂**, que en contacto con una solución de CuSO₄ (al 1 %) da una **coloración violeta** característica.

1. Añadir a los tubos C y D 2 cc de NaOH (al 20 %) y 4 ó 5 gotas de la disolución de CuSO₄ al 1 %**.
2. ¿Qué ocurre en los dos tubos?. ¿Por qué?.
3. ¿Se produciría esta reacción si tuvieramos una disolución de alanina?. ¿Por qué?.

*A pesar de ello esta reacción es negativa en los dipéptidos y positiva en tres aminoácidos (histidina, serina y treonina).

** Es importante echar los reactivos en el orden correcto y aguardar unos segundos después de añadir la sosa cáustica. La NaOH hidroliza las proteínas, rompe los enlaces peptídicos para formar biuret y luego se tiñe con CuSO₄. Si se echa directamente CuSO₄ se observa que las proteínas se desnaturalizan (se ve la coagulación) y luego la sosa hidroliza esos coágulos. Al formarse poco biuret no se ve la tinción o presenta un color azul diferente (más parecido al del propio CuSO₄).

REACCION XANTOPROTEICA

(Tubos E y F, uno con clara de huevo y el otro con leche).

Esta reacción es positiva en aquellas proteínas que poseen a.a. con grupos bencénicos o aromáticos, tales como la tirosina o la fenilalanina. Tales a.a. forman parte de casi todas las proteínas por lo que la reacción es prácticamente universal.

Se forma un compuesto aromático nitrogenado de color amarillo cuando las proteínas son tratadas con HNO_3 concentrado.

1. Añadir a los tubos E y F 2 cc. de HNO_3 .
2. Anotar la coloración. ¿Por qué se produce?.
3. Calentar los tubos E y F.
4. ¿Qué ocurre?. ¿Por qué?.

C: clara de huevo con NaOH y CuSO_4 (tinción del Biuret)

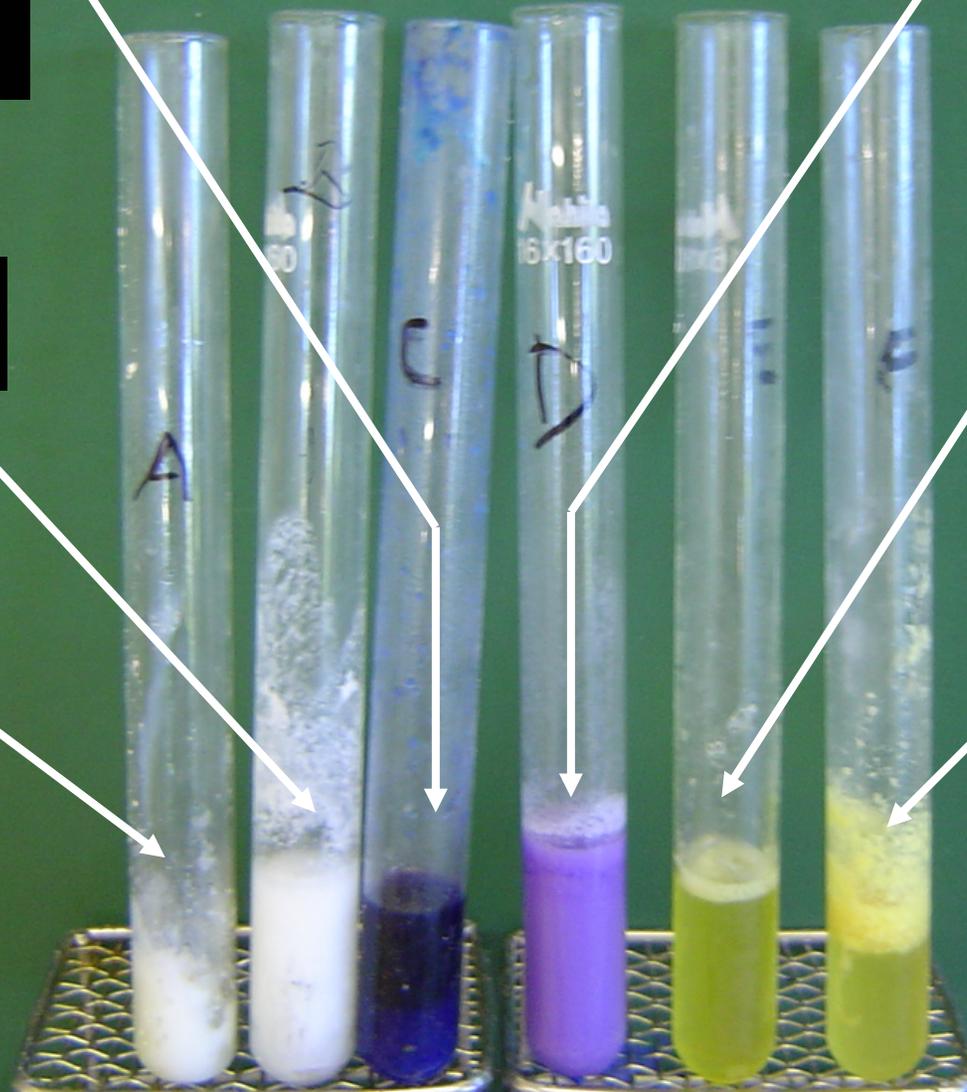
D: leche con NaOH y CuSO_4 (tinción del Biuret)

B: clara de huevo con HCl

E: clara de huevo con HNO_3 (tinción xantoproteica)

A: clara de huevo con calor

F: leche con HNO_3 (tinción xantoproteica)



A

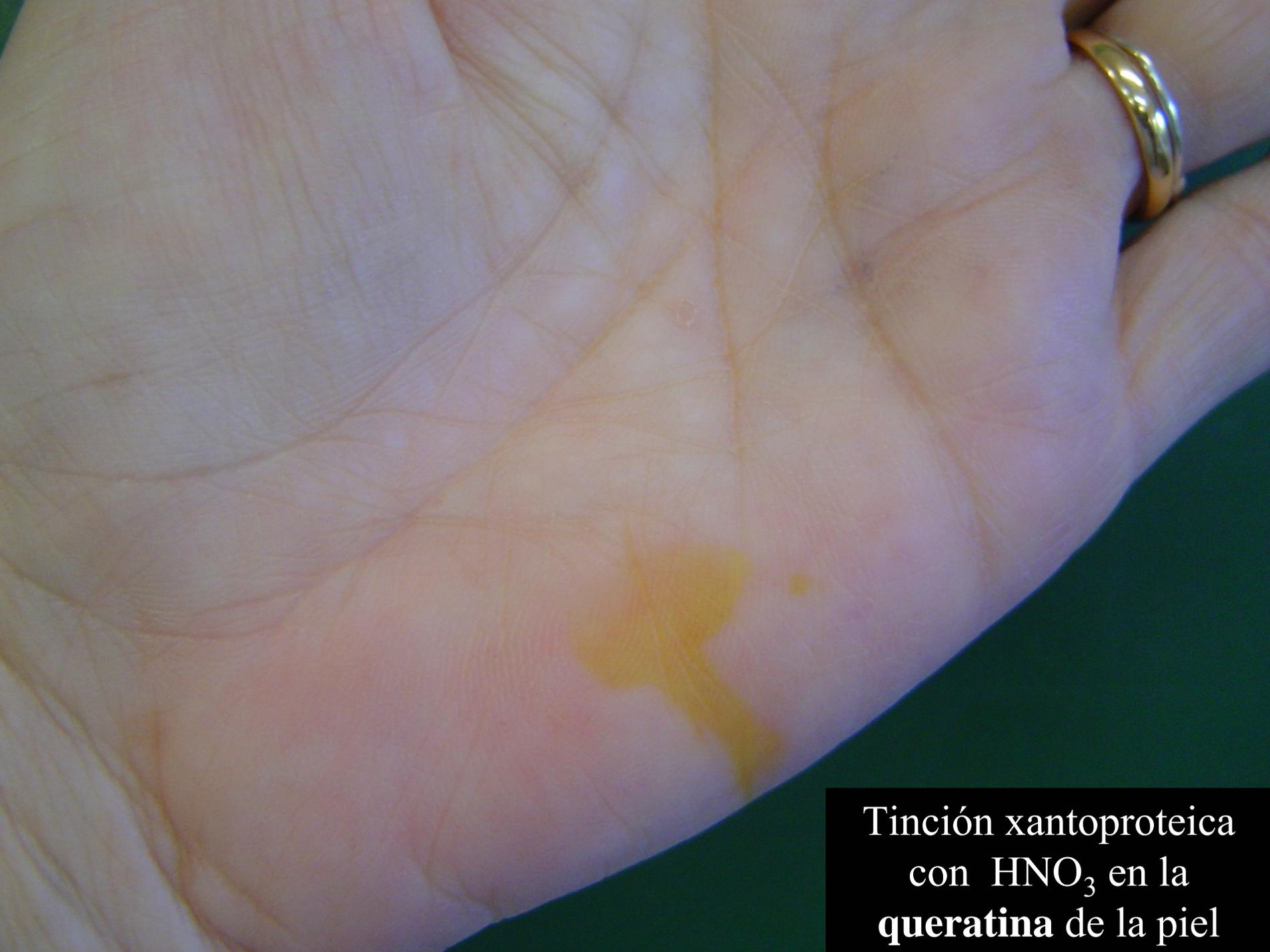
B

C

D

E

F



Tinción xantoproteica
con HNO_3 en la
queratina de la piel