

## Tema 4.- BIOMOLÉCULAS ORGÁNICAS (III): PROTEÍNAS Y VITAMINAS

### 1.- Introducción:

Las proteínas son macromoléculas con una propiedad que las distingue del resto de biomoléculas, pues son capaces de presentar actividad vital propia.

No son energéticas, sino que aportan básicamente materia a los seres vivos, materia que se renovará periódicamente dependiendo de la proteína en cuestión.

Son muy abundantes, concretamente son el 50% del peso seco de una célula

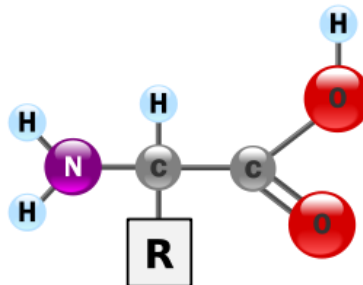
Químicamente, son polímeros de unas unidades elementales llamadas *aminoácidos* (aa).

### 2.- Los aminoácidos: (pág. 58-59)

La hidrólisis de una proteína produce unos compuestos más sencillos llamados *péptidos*. Si dicha hidrólisis persiste, se obtienen como producto final los aa.

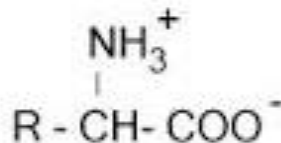
Químicamente, un aa consta de:

- Un C. central llamado  $C\alpha$
- Un grupo amino ( $-NH_2$ )
- Un grupo ácido o carboxilo ( $-COOH$ )
- Una cadena lateral  $R$  variable para cada aa distinto.



En la Naturaleza existen 20 aa distintos, de los cuales 8 son imprescindibles en la dieta, pues no podemos sintetizarlos. Se llaman *aa esenciales*. Abundan en alimentos de origen animal (leche, pescado, huevos, carne)

Los aa en disolución tienden a ionizarse de forma que su grupo  $COOH$  actúa como ácido (libera protones  $H^+$ ) y su grupo  $NH_2$  actúa como base (capta  $H^+$ ). Se define un modelo neutro llamado *modelo de Zwitterion*.



## 2.1.- Capacidad tamponadora de los aa:

Los aa son capaces de neutralizar (*tamponar*) los medios biológicos. Esto significa que ante cambios bruscos de pH actúan como ácidos o como bases para restaurar un pH=7. Por esta propiedad también se dice que los aa son compuestos *anfóteros*.

De hecho, se consideran tres situaciones: (pág 58)

- A pH=7 (medio neutro) los aa actúan como neutros.



- A pH < 7 (medio ácido) encontramos un medio con exceso de H<sup>+</sup>. Para neutralizarlo, los aa se comportan captando ese exceso, es decir, actuando como bases



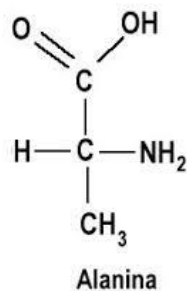
- A pH > 7 (medio básico) encontramos un medio con defecto de H<sup>+</sup>, con tendencia a capturarlos. Para neutralizarlo, los aa ceden H<sup>+</sup> al medio, es decir, se comportan como ácidos



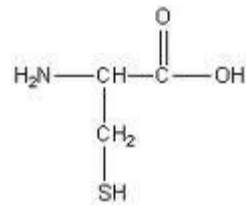
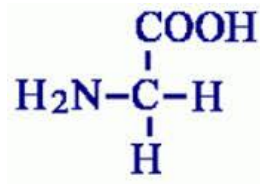
## 2.2.- Clasificación de los aa:

Recordemos que existen 20 aa distintos entre los posibles para formar una proteína. Se dividen en 4 grupos

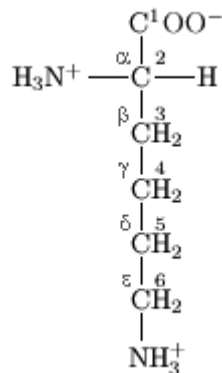
- a) **aa con grupo R apolar (hidrófobo):** Son 8 aa que se caracterizan por tener un grupo R en forma de cadena hidrocarbonada lineal o cíclica. Por ejemplo la *alanina* (Ala)



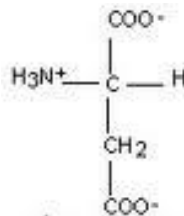
- b) **aa con grupo R polar sin carga (neutros):** Son 7 aa que se caracterizan por tener un grupo R polar. Por ejemplo la *glicocola* (Gly) o la *cisteína* (Cys)



- c) **aa con grupo R polar con carga + (básicos):** Son 3 aa que se caracterizan por tener un grupo R con al menos un grupo  $\text{NH}_3^+$ . Por ejemplo la *lisina* (Lys)

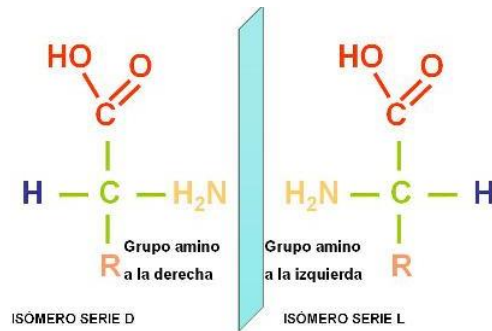


- d) **aa con grupo R polar con carga - (ácidos):** Son 2 aa que se caracterizan por tener un grupo R con al menos un grupo  $\text{COO}^-$ . Por ejemplo el *ácido aspártico* (Asp)

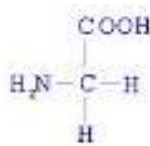


### 2.3.- Isomería de los aa (pág 58):

Todos los aa presentan un  $\text{C}_\alpha$ , que excepto en la gly, es asimétrico. Por ello, se dan dos posibilidades de configuración o *isómeros espaciales*: D y L. En este caso todas las formas D son *dextrógiras* (+) y las L, *levógiras* (-). Las formas D presentan el grupo  $\text{NH}_2$  a la derecha, mientras que las L, lo tienen a la izquierda. Son más abundantes las formas L.



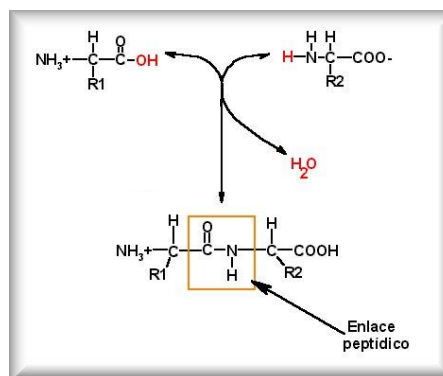
La glicocola, por tanto no presenta esta propiedad, su Ca no es asimétrico (repite un sustituyente)



#### 2.4.- Enlace peptídico: (pág 61):

Es el enlace básico y fundamental de toda proteína, ya que es el que une a los aa entre sí. Se produce por reacción del grupo ácido de un aa con el grupo amino del siguiente, liberándose una molécula de agua.

La unión de dos aa forma un *dipéptido*, la de tres, un *tripéptido*, etc.. Más de 50 se considera un *polipéptido*, siendo una proteína, aquella macromolécula formada por una o varias cadenas polipeptídicas con pm > 5.000 u.m.a.



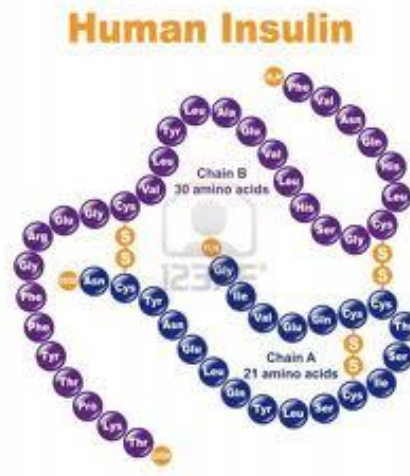
#### 3.- Estructura de las proteínas (pág 63).-

Las largas cadenas de aa que forman una proteína no suelen ser precisamente lineales, ya que se enrollan, pliegan y asocian unas con otras dándose finalmente estructuras en 3 dimensiones. Para alcanzar el estado final, la llamada *conformación nativa*, toda proteína puede atravesar cuatro fases de desarrollo.

### 3.1.- Estructura primaria:

Es el inicio en la construcción de una proteína. Consiste en una secuenciación lineal (determinada genéticamente) de sus  $n$  aa mediante enlaces peptídicos. Si bien la mayor parte de las proteínas alcanza las etapas posteriores, algunas como la *insulina* se definen en este estado sin más.

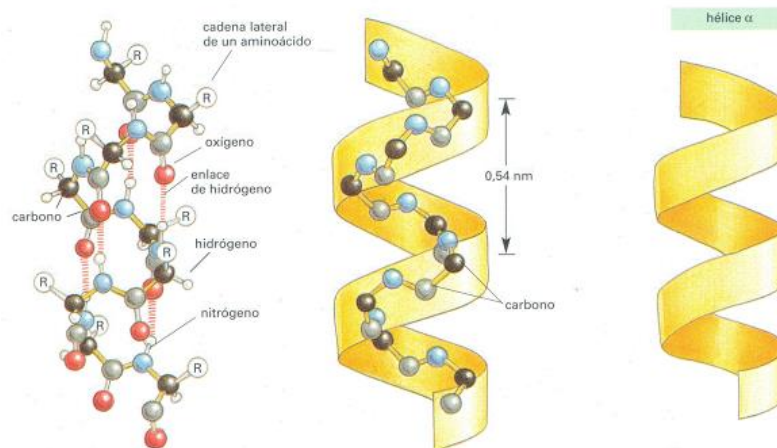
Esta etapa es clave, pues en ella se establece la secuencia de los aa que forman la proteína (cada proteína tiene una secuencia combinada de miles de aa exclusiva). Se deduce que un simple error genético que altere esta secuencia puede dañar fatalmente a la proteína final. La *anemia falciforme*, por ejemplo, es un defecto en la retención de  $O_2$  por parte de la hemoglobina, en este caso defectuosa por sufrir un cambio en su secuencia correcta al sustituir un aa por otro distinto. El origen es una mutación genética en el ADN.



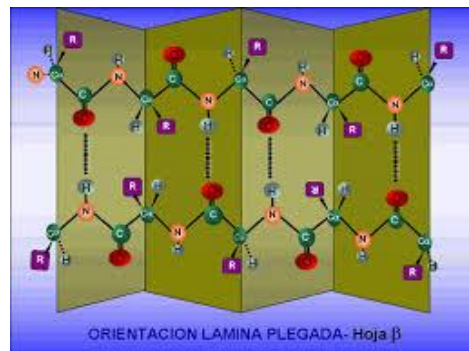
### 3.2.- Estructura secundaria:

Las cadenas lineales de estructura primaria pueden enrollarse entre sí o plegarse por rotaciones de los enlaces que afectan a los  $C\alpha$ , dando etapas de desarrollo más complejas. Así tenemos dos tipos de estructura secundaria:

- a)  $\alpha$ -hélice: la cadena lineal forma una hélice por enrollamiento, estabilizada no solo por enlaces peptídicos sino por puentes de H establecidos cada 4 vueltas de hélice.



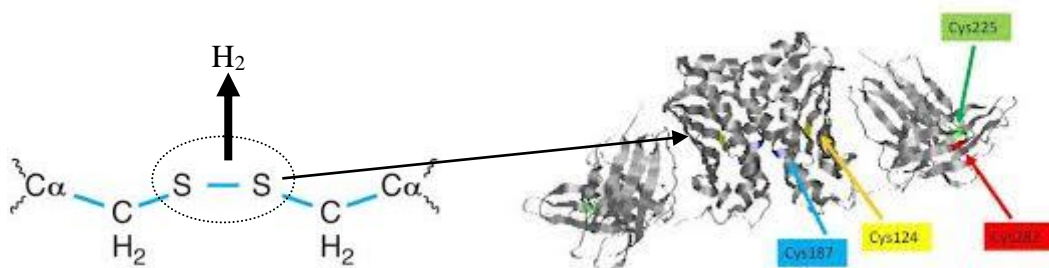
- b) **Lámina  $\beta$** : Consiste en un plegamiento de la cadena lineal, enlazándose con otras dispuestas paralelamente mediante puentes de H. El aspecto general de esta estructura es el de una lámina plegada



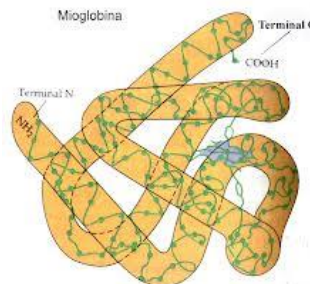
### 3.3.- Estructura terciaria:

Es un grado más de complejidad donde las estructuras secundarias continúan su replegamiento, adquiriendo ya un estado complejo tridimensional llamado *conformación*. Esta estructura, por ser más compleja, añade a los enlaces peptídicos y de H, nuevos enlaces que la mantengan estable:

- *Interacciones electrostáticas*, producidas entre grupos  $\text{NH}_3^+$  y  $\text{COO}^-$  de 2 aa que quedarán enfrentados
- *Interacciones hidrofóbicas*, entre grupos R hidrófobos o apolares que estén enfrentados
- *Puentes disulfuro*, por enfrentamiento de dos cys, reaccionando sus grupos *tiol* (-SH) con liberación de  $\text{H}_2$

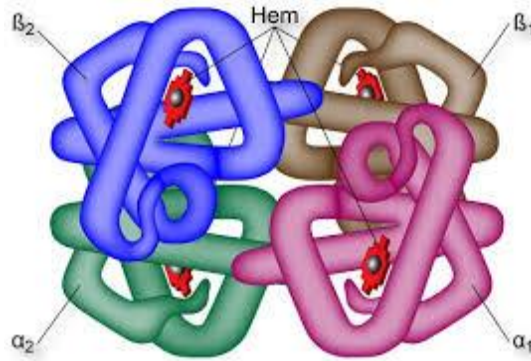


En la estructura terciaria, las proteínas adquieren *funcionalidad activa* (fotosíntesis, transporte, defensa, contracción...etc). A este nivel existen 2 tipos de conformación: *globular* (esférica, soluble y dinámica, como la *mioglobina*) y *fibrosa* (sin replegamientos, alargada, insoluble y estructural como la *fibroína* o la *queratina*)



### 3.4.- Estructura cuaternaria:

Las proteínas adquieren su máximo desarrollo cuando se asocian varias estructuras terciarias.. Cada unidad terciaria que se asocia se llama *protómero*, y el conjunto final se llama *oligómero*. Así por ejemplo, la hemoglobina es un *tetrámero* globular.



## 4.- Propiedades de las proteínas:

### 4.1.- Especificidad:

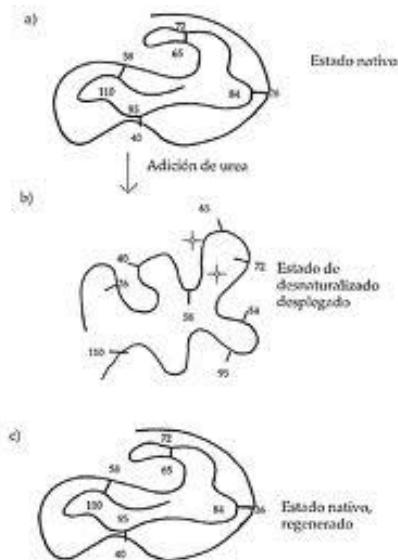
Si dos proteínas son distintas entre sí por su número, secuencia y composición de aa y si además una proteína consta de cientos de miles de aa a escoger entre 20 posibles, se deduce que el número de proteínas específicas a formar es incalculable. Esto genera la llamada *diversidad* proteica, donde cada especie e incluso cada individuo puede presentar proteínas propias y exclusivas (específicas). Por ejemplo, ciertos anticuerpos pueden ser únicos para un individuo (de ahí los “rechazos” ante ciertos trasplantes).

### 4.2.- Solubilidad:

Las proteínas, por su tamaño y complejidad forman soluciones coloidales, siendo más solubles a mayor temperatura y concentración salina. Exceptuaríamos a las proteínas fibrosas como la *queratina* (pág. 65), que son totalmente insolubles.

### 4.3.- Desnaturalización (pág. 64):

Es la pérdida de actividad temporal o definitiva de una proteína. Se produce por cambios bruscos de pH, temperatura, radiaciones, sustancias químicas... Si el proceso es definitivo se habla de *desnaturalización fuerte*. Por ejemplo, el vinagre (ácido fuerte) desnaturaliza las proteínas de la leche y las “corta” definitivamente. En caso de *desnaturalización débil*, la proteína se puede *renaturalizar*.



## 5.- Clasificación funcional de las proteínas:

### 5.1.- Proteínas transportadoras

Transportan moléculas, átomos, electrones, etc... específicas en los organismos. Por ejemplo:

- *Hemoglobina*: transporte de gases en la sangre de vertebrados
- *Mioglobina*: transporte de gases en el músculo
- *Hemocianina*: transporte de gases en la sangre de invertebrados
- *Citocromos*: Transporte de  $e^-$
- *Lipoproteínas*: Transporte de lípidos en sangre
- *Permeasas*: Proteínas de membrana que transportan moléculas entre ambos lados

### 5.2.- Proteínas fotosintéticas:

Por ejemplo la *clorofila*

### 5.3.- Proteínas hormonales:

- *Insulina* y *glucagón*: ambas regulan el nivel de glucosa en sangre (pág. 66)
- *Somatotropina*: Hormona del crecimiento

### 5.4.- Proteínas de reserva:

Almacenan *aa*. Destacan:

- *Lactoalbúmina* y *caseína*: de la leche
- *Ovoalbúmina*: del huevo (pág. 65)



### **5.5.- Proteínas homeostáticas:**

Mantienen el equilibrio interno. Incluye muchas proteínas, dado el carácter anfótero de los *aa*.

### **5.6.- Proteínas defensivas:**

- *Anticuerpos* o *inmunoglobulinas*
- *Fibrinógeno*: Proteína de la coagulación
- *Mucinas*: Glucoproteínas del mucus

### **5.7.- Proteínas contráctiles:**

- *Actina* y *miosina* del músculo (pág. 66)

### **5.8.- Proteínas estructurales o fibrosas:**

- *Colágeno*, *elastina* y *queratina* (piel, pelo, uñas..)
- *Histonas*, estructura de la cromatina
- *Glucoproteínas* de membrana

### **5.9.- Proteínas catalizadoras (enzimas)**

## **6.- Clasificación estructural de las proteínas:**

Básicamente se conocen dos grandes grupos, *holoproteínas* y *heteroproteínas*

### **6.1.- Holoproteínas.-**

Formadas exclusivamente por *aa*. A su vez distinguimos las *globulares* y las *fibrosas*.

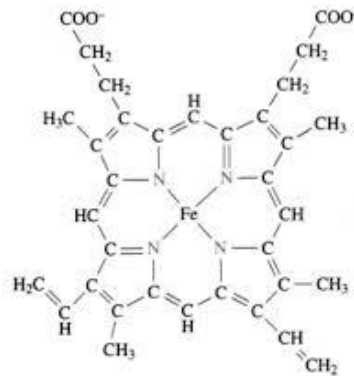
Como holoproteínas globulares destacamos las *albúminas* (*ovoalbúmina*, *lactoalbúmina*, *seroalbúmina*), las *globulinas* o las *histonas* (pág. 67). Son solubles y tienen actividad funcional.

Entre las fibrosas (insolubles y sin funcionalidad activa) destacan el *colágeno*, la *queratina*, la *actina* y la *miosina* del músculo

### **6.2.- Heteroproteínas.-**

Presentan *aa* y una parte no proteica llamada *grupo prostético* (G.P.). Así tenemos:

- *Glucoproteínas*: (G.P: glúcidos): *Fibrinógeno, mucinas, glucoproteínas* de membrana, *péptidoglucano*
- *Lipoproteínas*: (G.P: lípidos): *LDL, HDL, Quilomicrones*
- *Fosfoproteínas* (G.P: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>): *Caseína, Vitelina* (huevo)
- *Nucleoproteínas* (G.P: ADN): *Cromatina*
- *Cromoproteínas* (G.P: pigmentos): A su vez el pigmento puede contener o no una sustancia llamada *porfirina* que se asocia con un metal. Así, tenemos
  - o *cromoproteínas porfirínicas* como la *hemoglobina* y la *mioglobina* (músculo) donde la porfirina se asocia con Fe formando un grupo químico llamado “*hemo*” (pag. 68) .En los *citocromos*, también interviene el Fe. En la *clorofila*, el Mg
  - o *cromoproteínas no porfirínicas*, como la *hemocianina*, donde solo interviene el Cu como G.P.



**GRUPO HEMO**

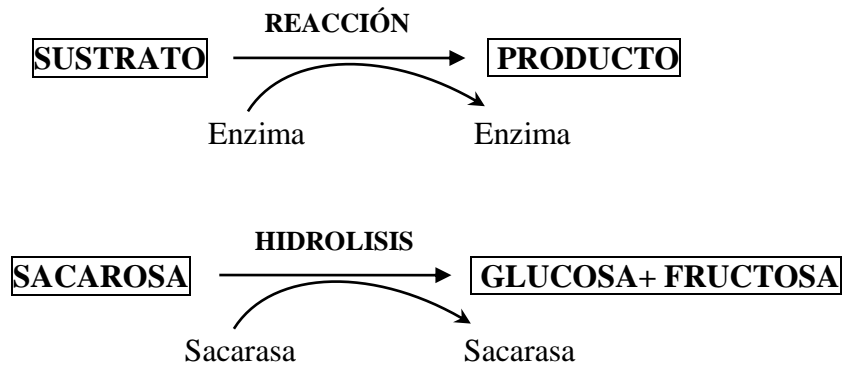
## 7.- Enzimas.-

### **7.1.- Concepto de enzima y de biocatalizador:**

Las reacciones metabólicas son típicas de los seres vivos y requieren producirse a altas velocidades. Para ello, es necesario que actúen las llamadas *enzimas* (*biocatalizadores*) que producen el efecto de aceleración o *catálisis* de la reacción.

Básicamente, una reacción enzimática consiste en la transformación de un componente llamado *sustrato* S en otro final llamado *producto* P, interviniendo la enzima en una mayor velocidad de la reacción, pero sin formar nunca parte de ella.

Las enzimas actúan siempre en bajas concentraciones, aunque siempre tienen una gran actividad catalítica. Suelen ser muy específicas de sus sustratos. Son proteínas, que como tal son sensibles al pH y a la temperatura. Se nombran con el sufijo *-asa* y un prefijo alusivo al sustrato (“*sacarasa*”) o a la reacción que cataliza (“*reductasa*”). A veces, ciertas enzimas tienen nombres particulares: *pepsina, lisozima*..



La catálisis enzimática consiste en disminuir la llamada *energía de activación*  $E_a$  de una reacción. Este valor es la energía que se necesita para alcanzar un estado energético que se llama “*estado activado*”, el necesario para que la reacción comience. Las enzimas consiguen que este nivel se alcance mucho más rápido (pág. 71)



## 7.2.- Estructura de las enzimas.-

Existen enzimas 100% proteicas, es decir, holoproteínas como por ejemplo la *ARN polimerasa*. Sin embargo la mayoría tienen una parte proteica (*apoenzima*) y otra no proteica que puede ser un ión metálico ( $Fe^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ). Se llaman *cofactores*. Si se trata de una molécula orgánica se habla de *coenzimas* ( $NAD^+$ ,  $FAD^+$ )

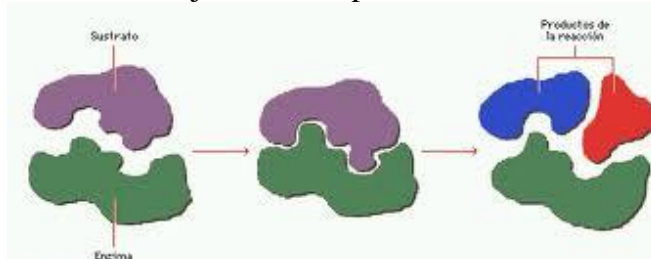
- La *apoenzima* es una estructura globular de aa donde destaca una pequeña región con una secuencia específica llamada *centro activo* o *catalítico*. Esta secuencia es la responsable de la fijación específica de una enzima a su sustrato (pag. 71) o a un cierto tipo de reacción. Conviene decir que existen enzimas mucho más específicas que otras, así una *oxidasa* (en general) tiene mayor margen de actuar que la *B-galactoxidasa*
- Los *cofactores* y las *coenzimas* son los responsables del funcionamiento propiamente dicho de la enzima, ya que aporta los grupos químicos funcionales que se necesitan para la catálisis.

En el transcurso de una reacción enzimática siempre se producen tres etapas definidas:

1º: Se une la enzima al sustrato, de forma específica. Se admiten 2 modelos (“llave-cerradura” de Fisher o de “mano-guante” (ajuste inducido) de Koshland) (pag. 72)

2º: Se forma un complejo inestable llamado “*complejo enzima-sustrato*”

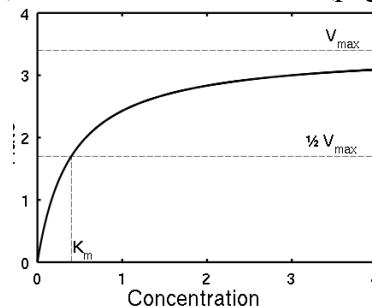
3º: Se libera la enzima inalterada junto con el producto



Las coenzimas suelen contener entre su composición a ciertas sustancias orgánicas, muchas de ellas son precisamente llamadas *vitaminas*. La vitamina C, por ejemplo, es coenzima de *reductasas*

### 7.3.- Factores que regulan la actividad enzimática.-

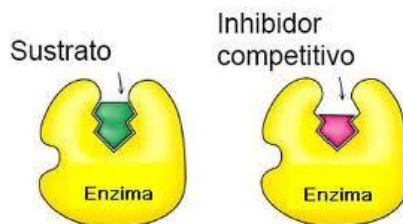
- a) **Concentración de sustrato:** La actividad enzimática aumenta si aumenta la concentración de sustrato. En un principio este aumento es exponencial, si bien tiende a estabilizarse a medida que la enzima se satura de sustrato, que es cuando se alcanza la velocidad máxima ( $V_{max}$ ) con un valor constante (pag. 74)



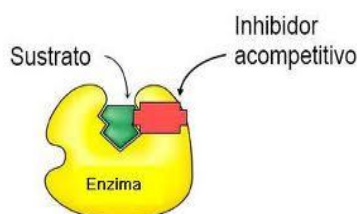
- b) **pH:** Todas las enzimas requieren un pH óptimo, que no siempre es neutro. A veces como sucede con las enzimas del jugo gástrico como la *pepsina*, se requieren pH ácidos. A la inversa, la tripsina del jugo pancreático actúa a pH básico. Una variación brusca de pH puede llegar a desnaturalizar las enzimas. (pag. 75)
- c) **Temperatura:** La temperatura (pag. 75) favorece la actividad enzimática pero a valores superiores a 40° disminuye, tal que se puede afectar la estructura terciaria (desnaturalización fuerte)
- d) **Efecto de los inhibidores:** Los *inhibidores* (pag.75) son sustancias químicas que pueden anular reversible o irreversiblemente la actividad de una enzima. Se consideran dos casos:

- **Inhibición competitiva:** el inhibidor, por ejemplo un veneno (caso del cianuro con las enzimas respiratorias), compete con el sustrato para unirse al centro activo de

la propia enzima, impidiendo la reacción enzimática. Se da un complejo "enzima- inhibidor" que solo se podría evitar si se aumenta la concentración de sustrato



- *Inhibición no competitiva*: en este caso, el inhibidor no compite con el sustrato porque se une a la enzima en otro lugar distinto al centro activo. Se forma un complejo "enzima-sustrato-inhibidor" totalmente inactivo que podría evitarse aumentando la concentración de enzima



## 8.- Vitaminas.-

Son sustancias orgánicas de composición variable, esenciales en la dieta, dado que no son sintetizables por la mayoría de los animales. Su papel básico es coenzimático y su carencia o deficiencia (*avitaminosis*) así como su exceso (*hipervitaminosis*) puede generar estados de enfermedad.

El consumo vitamínico depende de la edad (debe ser mayor en edades jóvenes) y del tipo de dieta (p.e. una dieta rica en hidratos de carbono exige un mayor consumo de ciertas vitaminas). La mayor parte se consumen en forma de *provitamina* inactiva, que requiere una activación posterior en el organismo.

### 8.1.- Vitaminas liposolubles:

Así llamadas por ser lipídicas. Destacamos la A, D, E y K

- Vitamina A:** También llamada *antixerofálmica*. Químicamente es un terpeno llamado *retinol*, aunque se consume como *provitamina* ( $\beta$ -caroteno) abundante en muchos vegetales frescos (zanahorias, tomate, lechuga..). Interviene en procesos relacionados con la vista, contracción muscular, crecimiento...y por tanto su falta afecta a estos procesos. Son especialmente conocidas ciertas enfermedades visuales como la *xeroftalmía* que es una desecación de la córnea del ojo, o la *hemeralopía* (ceguera nocturna)
- Vitamina D:** También llamada *antiraquítica*. Es un esteroide llamado *calciferol* que se consume como una provitamina llamada *ergosterol* que se activa ante la incidencia de

rayos UVA. Abundante en leche, huevos o aceites de hígado e interviene en la fijación de  $\text{Ca}^{++}$  en los huesos. Por eso su carencia origina enfermedades óseas como el *raquitismo* o la *osteomalacia*

- c) **Vitamina E:** O *antiestérol*. Es un terpeno llamado *tocopherol*, abundante en cereales, arroz y aceites vegetales. Su carencia origina trastornos musculares, digestivos, circulatorios y reproductores.
- d) **Vitamina K:** También llamada antihemorrágica. Es un terpeno llamado *naftoquinona*, abundante en tomates y yema de huevo. Interviene en la coagulación sanguínea, activando la síntesis de *fibrina* a partir del fibrinógeno del plasma.

## 8.2.- Vitaminas hidrosolubles:

Químicamente no son lipídicas, y por ello son solubles en agua. Destacan la *vitamina C*, el *complejo vitamínico B* y la *vitamina H*.

- a) **Vitamina C:** También llamada antiescorbútica. Es un derivado de la glucosa llamado *ácido ascórbico* que aparece en cítricos (naranja, limón, pomelo). Es coenzima de reductasas y estimula nuestras defensas (sistema inmune), el sistema hormonal y la síntesis de colágeno. Su carencia produce enfermedades esqueléticas (*enfermedad de Barlow*) y de tipo circulatorio, con fuertes hemorragias (*escorbuto*)
- b) **Complejo vitamínico B:** Es un conjunto de 25 a 30 vitaminas. Destacan:
  - **Vitamina B1 (tiamina):** Es un nucleótido cuya forma activa se llama *pirofosfato de tiamina (TTP)*. Ya que se consume en su forma inactiva o *tiamina*. Está en cereales, arroz y legumbres. Es coenzima de carboxilasas. Su carencia produce trastornos musculares, cardíacos y en especial, nerviosos. Destaca el *beri-beri* y la *polineuritis* (aves)
  - **Vitamina B2 (riboflavina):** Muy abundante en leche, cereales y verduras. Forma parte de las coenzimas  $\text{FAD}^+$  y  $\text{FMN}^+$ . (*flavín-nucleótidos*). Son coenzimas de óxido-reductasas y su carencia origina lesiones en las mucosas y dermatitis.
  - **Vitamina B3 (Nicotinamida):** Abunda en cereales, pescados y frutos secos. Coenzima de óxido-reductasas ( $\text{NAD}^+$  y  $\text{NADP}^+$  llamados *piridín-nucleótidos*). Su carencia produce trastornos musculares y enfermedades nerviosas. También produce la *pelagra* o “*mal de la rosa*”, asociada a demencia, dermatitis, diarreas..
  - **Vitamina B12 (cobalamina):** Interviene en la síntesis de glóbulos rojos (*eritropoyesis*) luego su falta provoca anemias, trastornos en la menstruación, nervios... Aparece en pescados, vísceras... Es coenzima de transferasas.
- c) **Vitamina H:** También llamada *biotina*. Es coenzima de carboxilasas. Su falta produce dermatitis, trastornos musculares... Aparece en yema de huevo

## CUESTIONES PROPUESTAS SELECTIVIDAD

### 1. - Aminoácidos:

- a) Estructura general de un aminoácido. Concepto de aminoácido esencial
- b) Explicar la formación de un enlace peptídico. ¿Cuántos enlaces de este tipo presenta un tripéptido?

### 2. - Aminoácidos:

- a) Estructura general de un aminoácido.
- b) Carácter tamponador

### 3. - Aminoácidos:

- a) Isomería espacial y óptica
- b) Clasificación de los aminoácidos y ejemplos

### 4. - Proteínas:

- a) Concepto de holoproteína. Citar 2 ejemplos, indicando su importancia biológica
- b) Concepto de heteroproteína. Funciones biológicas de la hemoglobina y la caseína
- c) Clasificación de las heteroproteínas

### 5. - En relación con las proteínas:

- a) Explique su estructura primaria y secundaria
- b) Explique la desnaturalización y renaturalización proteica, así como 2 factores que puedan causar desnaturalización.

### 6. - Con referencia a las proteínas:

- a) Defina estructura terciaria y cuaternaria de una proteína
- b) Diga cuatro funciones de las proteínas indicando un ejemplo en cada caso

**7.- Las proteínas son macromoléculas esenciales en los seres vivos**

- a) Explique los distintos tipos de estructuras que existen en las proteínas
- b) Suponga que dispone de albúmina de huevo en un tubo de ensayo. Diseñe cuatro experiencias físicas o químicas que alteren la conformación nativa de esa proteína y explique el porqué de la alteración en cada caso.

**8.- Desnaturalización de las proteínas. Contestar, razonando, a las siguientes cuestiones:**

- a) Concepto
- b) ¿Qué factores desnaturalizan a las proteínas?
- c) ¿Qué tipos de enlaces se rompen durante el proceso?
- d) ¿Puede ser reversible?

**9.- Enzimas:**

- a) Concepto de enzima
- b) Concepto de catálisis
- c) Concepto de apoenzima
- d) Concepto de coenzima

**10.- Enzimas:**

- a) Concepto de biocatalizador
- b) Influencia del sustrato y de los inhibidores en la actividad enzimática

**11.- Vitaminas hidrosolubles:**

- a) Concepto. Explicar 3 ejemplos que formen parte de coenzimas
- b) Papel coenzimático

**12.- Vitaminas liposolubles:**

- a) Concepto.
- b) Explicar 3 ejemplos: composición, carencias y alimentos que la presentan



**13.- Con relación a enzimas y vitaminas:**

- a) Explique los siguientes términos: enzima, cofactor, coenzima y vitamina
- b) Cite 2 vitaminas, indicando en cada caso una anomalía carencial, e indique si son liposolubles o hidrosolubles.