

TEMA 5 LOS BIOCATALIZADORES: Enzimas y vitaminas

- __Concepto de Biocatalizador.
- __Enzimas:
 - __Concepto y estructura
 - __Mecanismos de acción y actividad enzimática.
 - __Regulación de la actividad enzimática: (concentración de sustrato, T^a, pH, inhibidores y cofactores).
- __Las vitaminas: Definición, clasificación (hidrosolubles y liposolubles) y función como coenzimas. Carencias.

ORIENTACIONES UNIDAD 5

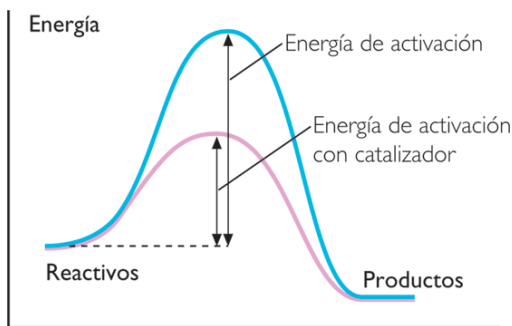
- Conocer el concepto de biocatalizador (**enzimas**, hormonas y vitaminas).
- Describir el papel que desempeñan los cofactores y coenzimas en la actividad enzimática.
- Conocer qué es el centro activo y resaltar su importancia en relación con la especificidad enzimática.
- Conocer y reconocer que la velocidad de una reacción enzimática es función de la cantidad de enzima y de la concentración de sustrato.
 - Interpretar gráficos de actividad enzimática (no es necesario conocer las fórmulas matemáticas que describen la cinética enzimática).
- Conocer el papel de la energía de activación y de la formación del complejo enzima-sustrato en el mecanismo de acción enzimático.
 - Interpretar gráficos de energía de activación.
- Comprender / explicar cómo afectan la temperatura, el pH y los inhibidores a la actividad enzimática. Además, debe ser capaz de definir y describir la inhibición reversible (competitiva y no competitiva) y la irreversible.
- Reconocer la función de algunas **vitaminas** como cofactores enzimáticos y la importancia de su incorporación en la dieta.
 - Conocer que las vitaminas presentan naturaleza hidrosoluble (vitamina C y el grupo B: ácido fólico y B12) o liposoluble (vitaminas A y D).
 - Conocer el papel coenzimático de algunas vitaminas y los efectos de su déficit en la dieta, valorando sus efectos para la salud (escorbuto, espina bífida, anemia perniciosa, ceguera nocturna y raquitismo).
 - Conocer el concepto de nutriente esencial.
- Conocer la relación entre los **bioelementos y biomoléculas y la salud**.
 - Conocer el concepto de enfermedad carencial referido a los bioelementos, los ácidos grasos insaturados y los aminoácidos.
 - Valorar sus consecuencias para la salud.
 - Comprender los riesgos y consecuencias para la salud de una ingesta excesiva de vitaminas.
 - Conocer las consecuencias de una ingesta insuficiente de bioelementos esenciales (ej. calcio, hierro, yodo o flúor) y valorar sus consecuencias para la salud.
 - Valorar las consecuencias para la salud de una ingesta inadecuada de agua (ej. deshidratación).
 - Comprender la relevancia de una ingesta adecuada de glúcidos, lípidos y

proteínas, identificando los riesgos para la salud derivados de su consumo deficiente o excesivo (ej. El exceso de glúcidos con la diabetes tipo II o su déficit con la hipoglucemia; el exceso de lípidos con la aterosclerosis, enfermedades cardiovasculares y obesidad o su déficit con alteraciones neurológicas y disminución de la respuesta inmunitaria; el exceso de proteínas con daño renal o su déficit con la pérdida de masa muscular).

CONCEPTO DE BIOCATALIZADOR

Las reacciones químicas son procesos en los que se produce la transformación de unas sustancias iniciales o reactivos en otras sustancias finales o productos.

Este paso no se verifica directamente, sino que se realiza a través de una etapa intermedia, denominada **etapa de transición o estado activado**. Este es un estado que dura muy poco tiempo, inestable y altamente energético en el que, los reactivos se activan debilitándose alguno de sus enlaces, favoreciendo su ruptura y la formación de otros nuevos. Para que los reactivos alcancen la etapa de transición y la reacción se produzca es necesario suministrarles una cierta cantidad de energía, a esta energía se la denomina **energía de activación**. Esta energía se la podemos suministrar calentándolos a T° elevadas, sometiéndolos a **descargas eléctricas** o mediante **otras fuentes de energía**.



Los **catalizadores** son compuestos químicos de distinta naturaleza que facilitan y aceleran las reacciones químicas porque disminuyen la cantidad de energía de activación que se necesita para que estas ocurran. Los catalizadores **no se consumen en la reacción que catalizan**, actúan únicamente mediante su presencia. Por ello cuando termina la reacción quedan libres y pueden volver a utilizarse de nuevo, por lo que se necesitan en **pequeñas**

cantidades.

Los catalizadores que actúan en los seres vivos se denominan **biocatalizadores** y son imprescindibles para que se produzcan las reacciones adecuadamente por dos razones:

1- En los seres vivos **los reactivos no pueden ser calentados a T° elevadas**, ni se pueden someter a fuertes descargas eléctricas ya que eso destruiría a las propias células.

2- En los seres vivos se producen una **enorme cantidad de reacciones químicas** lo que haría necesario una enorme cantidad de **energía** para que se pudieran llevar a cabo.

Los biocatalizadores son las enzimas, vitaminas y hormonas, aunque las que realmente intervienen como catalizadores son las **enzimas**. Las hormonas coordinan el funcionamiento del cuerpo, y por tanto, las reacciones enzimáticas y las vitaminas son también necesarias para el correcto funcionamiento del cuerpo, incluso muchas vitaminas actúan de cofactores enzimáticos (necesarias para que funcionen enzimas).

En resumen: **un biocatalizador es una sustancia presente en los seres vivos que aumenta la velocidad de una reacción química al hacer que disminuya la energía de activación que necesita dicha reacción química** (todas las reacciones químicas necesitan una energía de activación).

ENZIMAS: DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS (actividad y especificidad enzimática)

Los enzimas son **biocatalizadores** producidos en las células, que **catalizan**, es decir facilitan y aceleran las **reacciones químicas** que tienen lugar en los seres vivos, ya que **disminuyen la energía de activación** que se necesita para que tengan lugar dichas reacciones, permitiendo que se produzcan a velocidades y temperaturas adecuadas.

Características que los distinguen de los demás catalizadores (actividad y especificidad)

Las enzimas cumplen las dos características de todos los catalizadores:

- Son sustancias que, incluso en cantidades muy pequeñas, **aceleran la reacción**. Es decir, no es que se obtenga más producto, sino que gracias a ellas, se consigue la misma cantidad pero en menos tiempo.

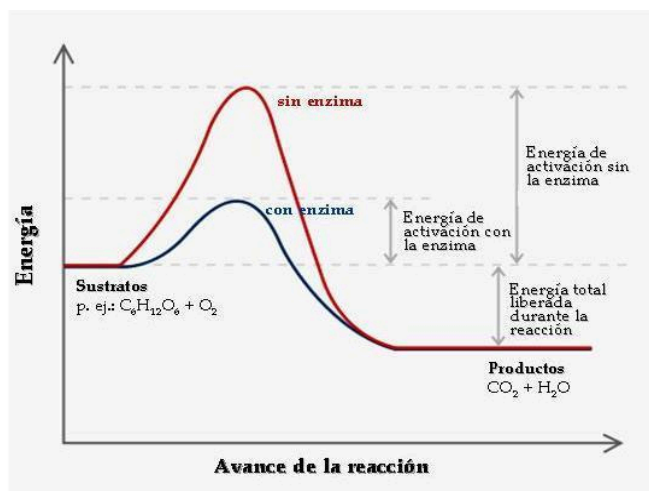
- Actúan mediante su presencia, **no se consumen** en la reacción y al finalizar esta quedan libres pudiendo utilizarse de nuevo, **por eso se necesitan en pequeñas cantidades**.

Además, a diferencia de los catalizadores no biológicos, las enzimas tienen otras características:

- Son **muy específicas**, por lo que actúan en una determinada reacción sin alterar otras.
- Actúan a **temperatura ambiente**, la del ser vivo.
- Son **muy activas**, algunas aumentan la velocidad de la reacción más de un millón de veces, muy superior a los catalizadores no biológicos.
- Presentan un **peso molecular muy elevado**.

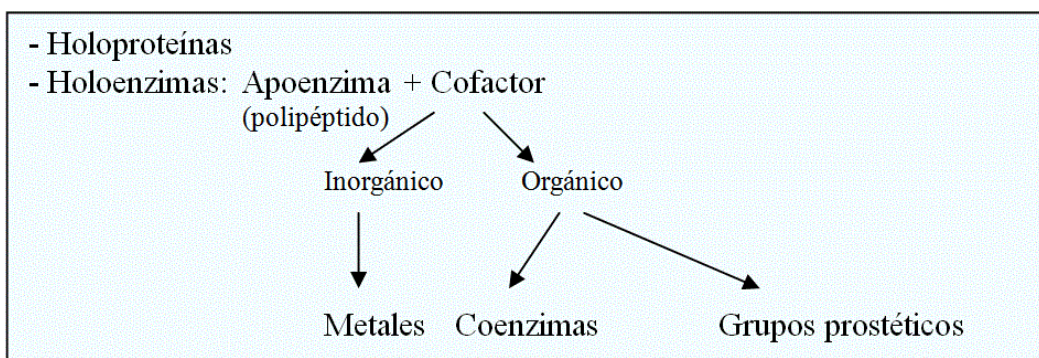
Generalmente las enzimas son proteínas, aunque excepcionalmente **existen algunas moléculas de ARN con función catalítica y se llaman ribozimas**.

Los enzimas suelen nombrarse con el sufijo **-asa**, por ejemplo los siguientes enzimas digestivos: la **lactasa** es el enzima que hidroliza la lactosa, la **amilasa** hidroliza el almidón, la **lipasa** hidroliza las grasas, la **peptidasa** hidroliza las proteínas... pero la enzima gástrica **pepsina** que digiere proteínas no acaba en -asa.



ESTRUCTURA DE LAS ENZIMAS

No todos los **enzimas** están formados únicamente por aminoácidos (holoproteínas), sino que la **mayoría** de ellos **para funcionar necesitan estar unidos a una sustancia no proteica** (son heteroproteínas), esta sustancia se denomina **cofactor**. Estas enzimas reciben el nombre de **holoenzimas** y la **parte proteica se llama apoenzima**.

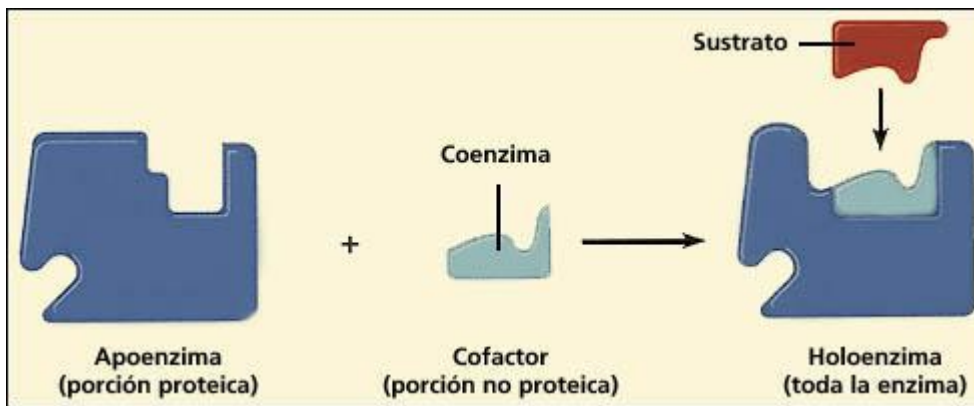


Según la composición y a la vez la estructura, distinguimos dos tipos de enzimas:

- **Enzimas estrictamente proteicos = holoproteínas** (no necesitan nada más, simplemente son una proteína globular).
- **Holoenzimas** constituidas por el **APOENZIMA** (parte proteica) + **COFACTOR/GRUPO PROSTÉTICO** (parte no proteica).

Holoproteínas (enzima sólo Aa)

Holoenzima (enzima completo y activo) = apoenzima (parte proteica) + cofactor (parte no proteica)



Tanto la apoenzima como el cofactor son inactivas por sí mismas, han de estar unidas para que la enzima (holoenzima) sea activa. La apoenzima determina la especificidad de la reacción, es decir determina el sustrato sobre el que puede actuar, mientras que el cofactor presenta los grupos que permiten la transformación del sustrato.

Un mismo cofactor puede ser constituyente de diferentes holoenzimas. (Casi nunca son exclusivas de un solo tipo de apoenzima; y una misma coenzima puede formar parte de enzimas con funciones muy diferentes).

El **cofactor** puede ser de distinta naturaleza: (inorgánicos vs orgánicos)

- Pueden ser **cationes metálicos** como: Fe^{++} , Mg^{2+} , Cu^{2+} etc. Ejemplo la citocromo oxidasa que tiene como cofactor un átomo de hierro y uno de cobre.
- Pueden ser **orgánicos**: Son moléculas orgánicas de bajo peso molecular que son sintetizadas a partir de vitaminas en la mayoría de los casos. En este caso se denominan:
 - **Coenzimas** si **se unen débilmente** y de forma **temporal** al apoenzima, por ejemplo el **NAD⁺**, **FAD**, etc, (que son nucleótidos) o la coenzima A (CoA). Algunos de ellos tienen en su composición una vitamina.
 - **Grupo prostético** si **se unen** mediante enlaces **covalente** y de forma **permanente** al apoenzima, por ejemplo el **grupo hemo** del citocromo c.

OJO!! No confundir coenzima con grupo prostético: ambas ayudan a las enzimas y algunas proteínas a hacer su función, pero los cofactores, al estar unidos mediante enlaces débiles, no están permanente unidos a las enzimas; mientras que los grupos prostéticos siempre permanecen unidos a la proteína por enlaces covalentes.

Ejercicio: ¿Por qué la carencia de vitaminas y minerales no permite el normal funcionamiento del cuerpo?

- **Ribozimas** (un tipo especial de enzimas que no son proteínas sino ARN con capacidad catalítica). Son el tercer tipo de enzima que encontramos.

En la proteína enzimática se pueden distinguir tres tipos de aminoácidos según la función que realicen:

1. **A.a. estructurales** son los que forman parte de la molécula, pero no intervienen en la catálisis.
2. **A.a. de fijación** son los que establecen enlaces débiles con el sustrato. Constituyen el centro de

fijación.

3.A.a. **catalizadores** que son los que se unen al sustrato provisionalmente, pero mediante enlaces covalentes fuertes, de modo que se debilita la estructura del sustrato. Forman el centro catalítico de la enzima.

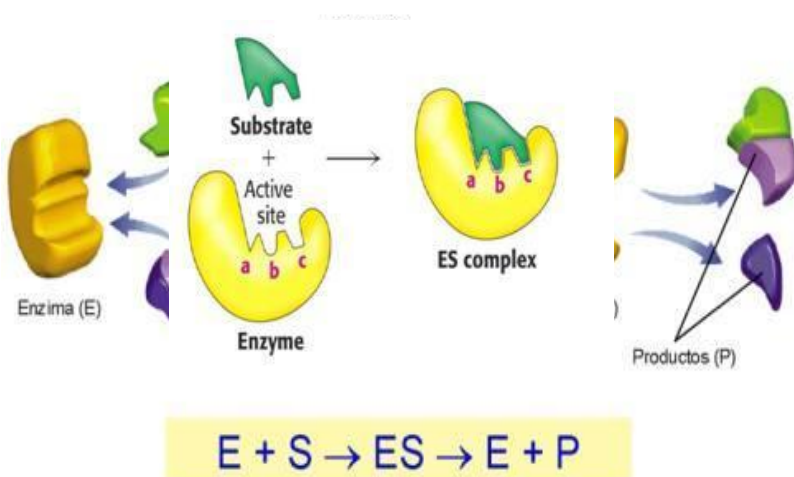
El centro catalítico y el de fijación suelen hallarse próximos y forman el denominado **centro activo**.

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

El mecanismo de acción de la enzima es **unirse a uno o varios sustrato/s** (molécula/s que van a reaccionar) **por** un lugar de la enzima llamado **centro activo** y el sustrato/s se/son **transforman/ados** en **producto/s** (molécula/s que se obtienen tras la reacción).

La unión del sustrato/s con la enzima forma el llamado **complejo enzima-sustrato** (para que se unan los sustratos al centro activo, debe haber un **reconocimiento esteárico**, es decir, relacionado con la forma y el volumen), cuando se produce esta unión se facilita que se debiliten ciertos enlaces para permitir la formación de nuevos enlaces, es decir, **los enzimas inducen modificaciones químicas en los sustratos a los que se une** produciendo ruptura, formación o redistribución de sus enlaces, o bien, introducción o pérdida de un grupo funcional.

Tras estas modificaciones los sustratos se transforman en otras sustancias, los productos. Una vez producida la acción enzimática, el complejo enzima-sustrato (complejo E-S) se desintegra **quedando libre por un lado el enzima**, el cual podrá volver a ser utilizado de nuevo y, **por otro lado el sustrato** pero ya convertido en **producto**.



Con la actividad enzimática (unión de enzima y sustrato/s, formación del complejo enzima-sustrato, modificaciones químicas en el/los sustrato/s y liberación de el/los producto/s) **la enzima acelera la velocidad de la reacción química porque disminuye la energía de activación necesaria para que se produzca la reacción y al finalizar la enzima no se ha alterado o modificado, por lo que puede seguir funcionando continuamente** (por eso se dice que los enzimas son eficientes).

ESPECIFICIDAD ENZIMÁTICA

Una de las características más importantes de los enzimas es su **alta especificidad** sobre la reacción que catalizan. **Cada enzima cataliza un solo tipo de reacción**, y casi siempre actúa sobre un único sustrato o sobre un grupo muy reducido de ellos. Esta especificidad **se debe a la complementariedad** que debe existir **entre el sustrato y el centro activo** del enzima. Para explicar la especificidad enzimática se han propuesto varios modelos:

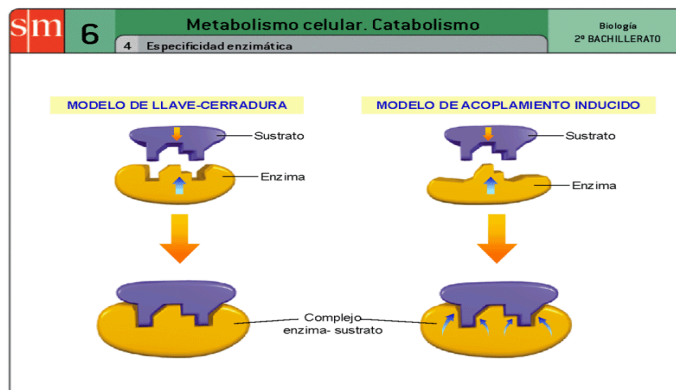
- En 1894, Emil Fischer propuso el **modelo de la llave y la cerradura** para explicar la

especificidad enzimática. Según esta hipótesis la especificidad entre la enzima y el sustrato es como la que existe entre una llave y su cerradura, se pensaba que el **centro activo tenía una forma tridimensional determinada y el sustrato sería complementario a él y encajaría perfectamente.**

- En 1958 Daniel Koshland propuso el **modelo del ajuste inducido** o de la mano y el guante que es la que se acepta en la actualidad.

Dice que **la especificidad radica en los aminoácidos de unión del centro activo**, que son los encargados de establecer enlaces débiles con el sustrato.

Realizada la fijación, el **enzima posee libertad para cambiar su forma y amoldarse al sustrato** de tal manera que el centro activo quede correctamente situado. Esta teoría afirma **que no hay una adaptación predeterminada** como ocurre en el modelo de la llave-cerradura, **sino una adaptación inducida por los aminoácidos de unión.**



- Además del modelo de acoplamiento inducido en el que el sustrato induce el cambio conformacional específico del centro activo del enzima, también se piensa que puede **existir la posibilidad** en algunos casos, de que **tanto el sustrato como la enzima modifiquen su forma para acoplarse (modelo de apretón de manos).**

La especificidad se establece a dos niveles:

- Especificidad de acción:** Es decir un enzima solo puede realizar **un determinado tipo de reacción:** hidrólisis, óxido-reducción, etc.
- Especificidad de sustrato:** Esto significa que cada enzima sólo puede actuar **sobre un sustrato**, o sobre un **reducido** número de sustratos. Esta especificidad puede ser:
 - Absoluta.** El enzima actúa **sobre un único sustrato**. Ej. ureasa actúa sobre la urea y la desdobla en CO_2 y NH_3 .
 - De grupo.** El enzima actúa sobre un grupo de sustratos que presentan un determinado **tipo de enlace**. Ej las descarboxilasas eliminan un grupo CO_2 de los aminoácidos.
 - Estereoquímica.** La enzima actúa sobre un estereoisómero y **no sobre el otro**. Ej. la aspartasa actúa sobre el L-aspartico y no sobre la forma D.

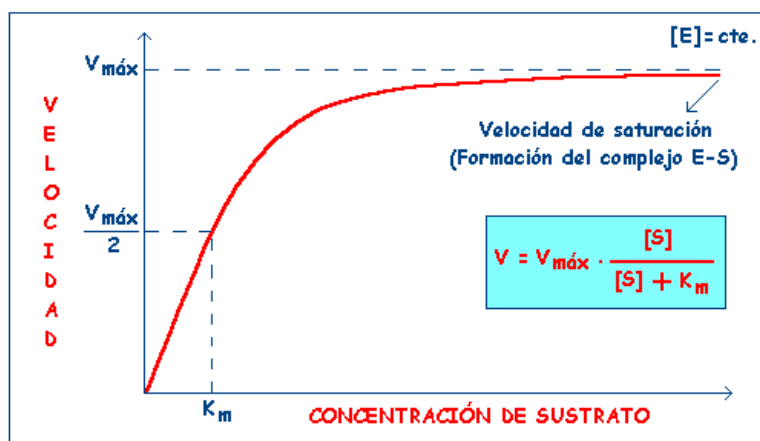
FACTORES QUE REGULAN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

La actividad enzimática depende de la concentración de sustrato/s, la temperatura, pH, inhibidores y cofactores.

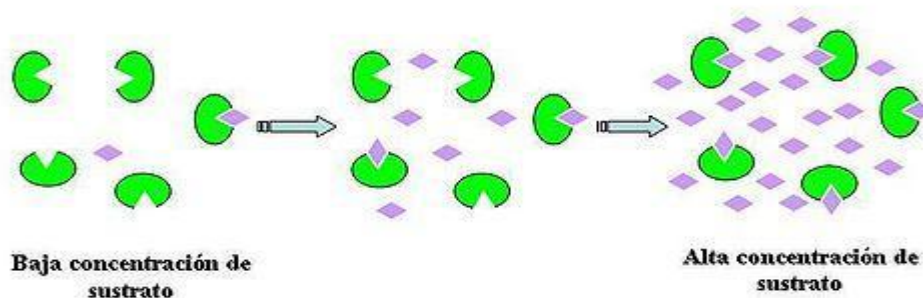
Concentración de sustrato

En toda reacción catalizada por un enzima, si se mantiene constante la concentración del enzima, la **velocidad de la reacción aumenta exponencialmente al incrementarse la concentración del sustrato**, ya que al existir más moléculas de **sustrato es más probable el encuentro con el enzima** y la formación del complejo E-S.

Este aumento de velocidad es rápido para concentraciones bajas de sustrato y, a medida que éste aumenta, se va haciendo más lento hasta que la concentración del sustrato alcanza un cierto valor, a partir del cual, aunque aumente la concentración del



mismo, no aumenta la velocidad de la reacción. Esto es debido a que el **enzima está saturada** por el sustrato; es decir, **todas las moléculas del enzima están unidas al sustrato** formando el complejo E-S (los centros activos de los enzimas están todos ocupados). Cuando ocurre esto, se dice que **la reacción ha alcanzado la velocidad máxima**.



En 1913 Leonor **Michaelis** y a Maud **Menten** estudiaron la variación de la velocidad de una reacción enzimática en función de la concentración del sustrato y propusieron la siguiente ecuación, que es válida para concentraciones de sustrato no saturante.

Ecuación de Michaelis-Menten:
$$V = V_{\max} \cdot \frac{[S]}{K_m + [S]}$$

Donde:

V es la velocidad de la reacción para una determinada concentración de sustrato.

V_{max} es la velocidad máxima de la reacción.

[S] es la concentración del sustrato.

K_m es una constante denominada **constante de Michaelis-Menten**, es característica de cada enzima.

Si en la ecuación hacemos $V = \frac{1}{2} V_{\max}$ y despejamos **K_m** obtenemos lo siguiente:

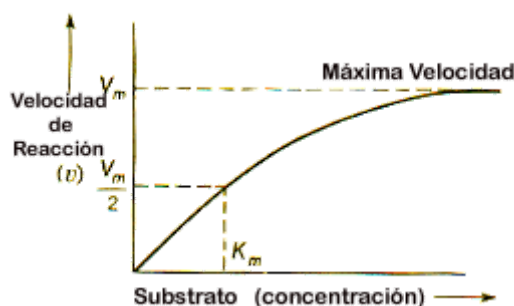
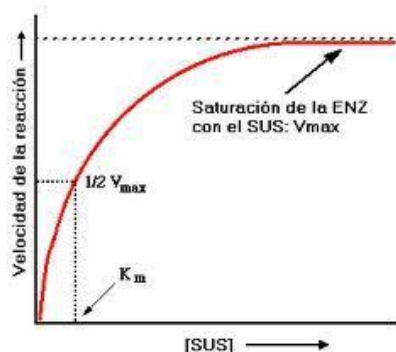
$$V_{\max}/2 = V_{\max} \cdot \frac{[S]}{K_m + [S]} ; \frac{1}{2} = \frac{[S]}{K_m + [S]} ; K_m + [S] = 2[S] ; K_m = [S]$$

K_m. Se puede definir como la **concentración de sustrato** necesario para que la **velocidad** de la reacción sea la **mitad de la velocidad máxima**. Se mide en unidades de concentración.

La **K_m** nos indica la **afinidad** de un enzima por su sustrato:

- Si **K_m es alta** indica que el enzima tiene **poca afinidad** por el sustrato ya que se necesita una concentración de sustrato elevada para alcanzar la mitad de la velocidad máxima.

- Si **K_m es baja** indica que el enzima tiene **mucha afinidad** por el sustrato ya que se necesita una concentración de sustrato baja para alcanzar la mitad de la velocidad máxima.



Estas dos gráficas pertenecen a enzimas distintos **¿cuál de las enzimas tiene mayor afinidad por el sustrato?** (aunque en la concentración del sustrato no aparece las unidades de concentración, suponemos que usen la misma escala)

Temperatura

Al aumentar la T^a aumenta la actividad enzimática. Esto se debe a que al aumentar la T^a aumenta el movimiento de las moléculas y, por tanto aumenta la probabilidad de encuentro entre el S y el E.

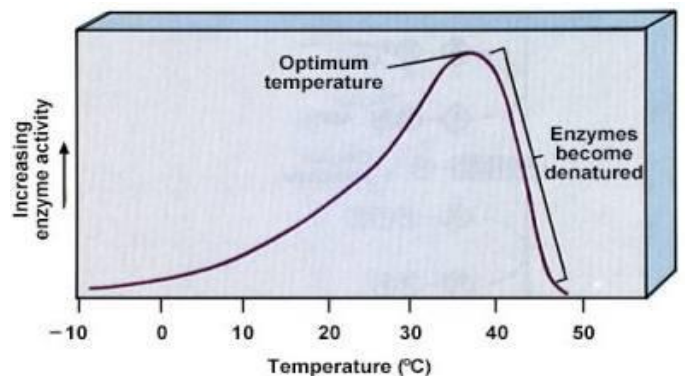
En general por cada 10°C que aumente la temperatura la velocidad de la reacción aumenta de 2 a 4 veces.

Esta regla se cumple hasta que la temperatura alcanza un valor máximo (**T^a óptima**) donde la actividad es máxima.

Si la T^a aumenta **por encima de la T^a óptima, disminuye e incluso cesa la actividad enzimática** debido a que **la enzima se desnaturaliza** (al desnaturalizarse pierde su estructura terciaria o cuaternaria, por lo que pierde su función).

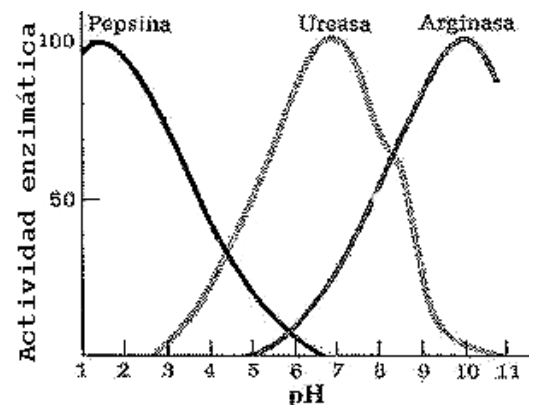
Cada enzima posee una T^a óptima, en las enzimas humanas suele estar alrededor de 37°C .

Los animales poiquiloterms debido a que carecen de mecanismos para regular la T^a corporal, se ven obligados a hibernar en la estación fría pues la actividad de sus enzimas debido a las bajas temperaturas es muy baja.



pH

El pH es otro factor que influye en la actividad enzimática, debido a que el pH influye en la ionización de los grupos funcionales de los aminoácidos que forman la proteína enzimática. **Pequeñas variaciones del pH ocasionan grandes cambios en la actividad de los enzimas, pues se modifican las cargas,** alterando la estructura terciaria o cuaternaria del enzima. Esto explica que si por ejemplo hay un cambio importante del pH de la sangre puede producir la muerte (visto en el tema 1 en la función tamponadora de las sales minerales).



Cada enzima realiza su acción dentro de un determinado intervalo de pH, dentro de este intervalo habrá un **pH óptimo** donde la actividad enzimática será máxima. **Por debajo del pH mínimo o por encima del pH máximo el enzima se inactiva ya que se desnaturaliza.** En la mayoría de las enzimas el pH óptimo está próximo a la neutralidad, aunque hay excepciones como la pepsina del estómago que funciona mejor a pH ácido o la quimotripsina y tripsina del intestino que su pH óptimo es básico.

Inhibidores enzimáticos



Son **sustancias que se unen al enzima y disminuyen o incluso impiden su actividad.** Estas sustancias pueden ser de distintos tipos: **iones, moléculas orgánicas** y a veces el **producto final** de la reacción. A la acción que realizan se la denomina **inhibición.**

La inhibición y los inhibidores pueden ser de dos tipos:

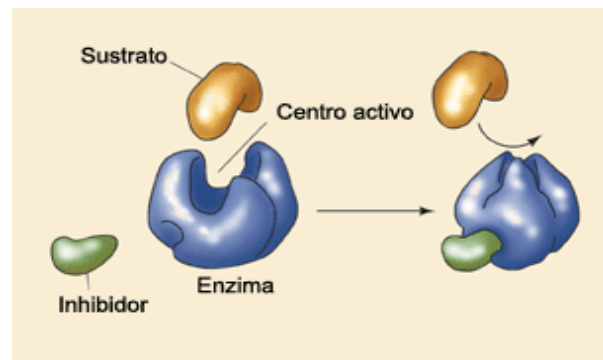
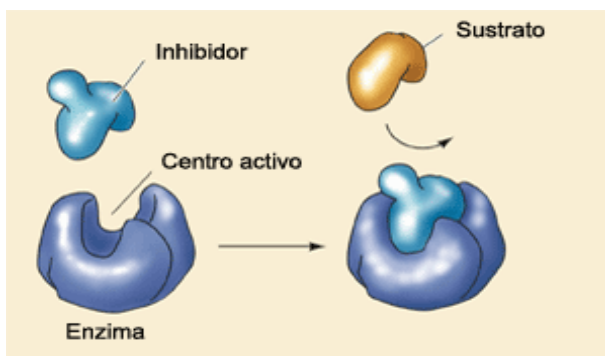
- **Inhibidores irreversibles o Inhibición irreversible**: Cuando el inhibidor impide permanentemente la actividad enzimática, bien porque se une de forma permanente (se une con enlaces covalentes estables con grupos funcionales importantes del centro activo) o bien porque altera su estructura.

A estos inhibidores se les denomina **venenos** y a la inhibición que realizan se la denomina envenenamiento del enzima. Ejemplo de inhibidores irreversibles son: la **penicilina** que inhibe las enzimas que sintetizan la pared bacteriana, **el ión cianuro** actúa sobre la citocromo oxidasa (enzima respiratorio) deteniendo la cadena de transporte de electrones, **pesticidas**, determinados **medicamentos** (además de la penicilina ya vista)...

- **Inhibidores reversibles o Inhibición reversible**: El inhibidor se une al enzima de forma temporal mediante enlaces débiles e impide el normal funcionamiento del mismo, pero no la inutiliza permanentemente, pues cuando se separe del enzima, el enzima podrá seguir funcionando. Puede ser de dos tipos:

- **Competitiva**: El inhibidor es similar al sustrato y se puede unir al centro activo del enzima impidiendo que lo haga el sustrato. Es decir, ambos inhibidor y sustrato **compiten por unirse al centro activo del enzima**. La acción suele anularse aumentando la concentración del sustrato

- **No competitiva**: El inhibidor no compite con el sustrato, puede actuar de 2 formas:
 - **Sobre el enzima**, uniéndose a él en un lugar diferente al centro activo y modificando su estructura, lo que dificulta que el enzima se pueda unir con el sustrato.
 - **Sobre el complejo E-S** uniéndose a él y dificultando su desintegración y por lo tanto la formación de los productos.



¿Cuál de las imágenes corresponde a un inhibidor competitivo y cuál a un inhibidor no competitivo? ¿por qué?

Presencia de activadores enzimáticos

A veces las enzimas están inactivas y necesitan la presencia de una sustancia para activarse. Esta sustancia provoca algún cambio en la estructura de la enzima lo que produce su activación.

Ej. **Enzimas alostéricas**: Poseen diferentes regiones a las que pueden unirse diferentes sustancias (inhibidores o activadores) llamadas ligandos, y por tanto pueden sufrir modulación o regulación de su actividad enzimática.

VITAMINAS: Definición, Clasificación y Función de las vitaminas hidrosolubles como coenzimas

El termino vitamina significa "aminas necesarias para la vida" fue utilizado por primera vez en 1912 por el

bioquímico Funk, debido a que la primera que se describió la B₁ tenía un grupo amino, hoy se sigue utilizando aunque se sabe que no todas tienen grupo amino.

Son **compuestos orgánicos de composición variada**, que son **indispensables** en cantidades muy pequeñas (mg o µg diarios) para el **correcto funcionamiento** del organismo. (Intervienen en procesos metabólicos actuando como coenzimas o como catalizadores).

Son **sintetizadas por vegetales y microorganismos** pero no por los **animales** salvo algunas excepciones (aves sintetizan vitamina C), por ello tenemos que **tomarlas** obligatoriamente **en la dieta**, bien como tales **vitaminas** o **en forma de provitaminas** (sustancias precursoras que en el organismo se transforman en vitaminas), por ejemplo el β-caroteno es un pigmento rojo-anaranjado presente en zanahorias, tomates... que actúa de provitamina, ya que nuestro organismo puede sintetizar vitamina A a partir del β-caroteno.

Algunas actúan como **coenzimas o forman parte de ellas**, y otras intervienen en funciones especializadas. Se destruyen fácilmente por el calor, la luz, las variaciones de pH, el almacenamiento prolongado, etc.

Tanto su déficit como su exceso originan trastornos metabólicos más o menos graves para el organismo. Estas alteraciones pueden ser de tres tipos:

- **Avitaminosis**: Se produce por la **ausencia** total de una vitamina.
- **Hipovitaminosis**: Se origina por el **déficit** de alguna vitamina.

Estas dos alteraciones dan lugar a las llamadas enfermedades carenciales, que pueden resultar mortales.

- **Hipervitaminosis**: Se produce cuando hay **exceso** de alguna vitamina, en el caso de las vitaminas liposolubles A y D puede resultar tóxico por su dificultad para ser eliminadas.

Atendiendo a su **solubilidad** las vitaminas se dividen en dos grupos:

- **Vitaminas liposolubles**: Son de naturaleza **lipídica** (recordar del tema de los lípidos que las vitaminas A, K y E son diterpenos y la vitamina D un esteroide) y por lo tanto no son solubles en agua y sí lo son en disolventes orgánicos.

Se pueden **almacenar junto con las grasas**, por lo que es muy raro la hipovitaminosis, aunque es más probable la hipervitaminosis. Algunas como la A y D si se toman en exceso pueden resultar tóxicas, puesto que al no disolverse en agua no se eliminan por la orina.

No actúan como coenzimas.

Son las vitaminas: **vitamina A o retinol** necesaria para la vista, la **vitamina D o calciferol** necesaria para los huesos, la **vitamina K o filoquinona** necesaria para la coagulación sanguínea y la **vitamina E o tocoferol** que es un potente antioxidante.

- **Vitaminas hidrosolubles**: Son de **naturaleza polar** y por lo tanto **solubles en agua**, lo que permite eliminar el exceso fácilmente por la orina (es muy rara la hipervitaminosis), aunque es necesario ingerirlas diariamente debido a **que no se pueden almacenar fácilmente**, lo que hace más probable la hipovitaminosis.

Son la **vitamina C o ácido ascórbico** y las **vitaminas del complejo B**. Las vitaminas del complejo vitamínico B actúan como coenzimas o forman parte de ellos.

Las vitaminas del complejo B son: la **vitamina B₁** o tiamina, la **vitamina B₂** o riboflavina, la **vitamina B₃** o niacina o nicotinamida, la **vitamina B₅** o ácido pantoténico, la **vitamina B₆** o piridoxina, la **vitamina B₈** o biotina, la **vitamina B₉** o ácido fólico y la **vitamina B₁₂** o cianocobalamina.

	VITAMINAS LIPOSOLUBLES	VITAMINAS HIDROSOLUBLES
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> · Moléculas de tipo lipídico. · Baja densidad. · Insolubles en agua. · Solubles en disolventes orgánicos. · Se almacenan en el hígado y tejido adiposo. · Su exceso causa trastornos. 	<ul style="list-style-type: none"> · Coenzimas o precursores de coenzimas. · Solubles en agua. · Su exceso no causa trastornos porque se pueden eliminar en la orina.
EJEMPLOS	Vitaminas A, D, E y K	Vitaminas del grupo B y vitamina C.

AMPLIACIÓN EBAU

-ENFERMEDADES CARENCIALES- DEBIDAS A LA FALTA O ESCASEZ DE ALGUNA VITAMINA

VITAMINAS HIDROSOLUBLES		VITAMINAS LIPOSOLUBLES	
C	Escorbuto	A	Ceguera nocturna - retraso en crecimiento
Ácido fólico (B9)	Anemia - espina bífida	D	Raquitismo - osteomalacia
B12	Anemia - neuropatías	E	Anemia - neuropatías
B1	Beriberi	K	Deficiente coagulación de la sangre

EJEMPLOS DE VITAMINAS Y SU FUNCIÓN:

LIPOSOLUBLES: Son de naturaleza lipídica y, por tanto, son solubles en disolventes orgánicos. En los animales se encuentran en el tejido adiposo.

- **Vitamina A:** (beta-caroteno) ayuda al mantenimiento del sistema inmune y a la visión. Protege los epitelios y es necesaria para la percepción visual, ya que al actuar como grupo prostético regenera la rodopsina, molécula cuya rotura estimula el nervio óptico.
- **Vitamina D:** ayuda a mantener el equilibrio del calcio y el fósforo en nuestro cuerpo, (regula su absorción) lo que contribuye al mantenimiento de los huesos y a un correcto funcionamiento de los músculos. Su déficit provoca deficiencias en los huesos, como el raquitismo de los niños y la osteomalacia de los adultos. Su exceso provoca calcificaciones en riñón, hígado y corazón. Para su síntesis a partir de la provitamina es necesaria la insolación de la piel.
- **Vitamina K:** es muy importante en la coagulación de la sangre y ayuda a reparar tejidos dañados.
- **Vitamina E.** Actúa como antioxidante al impedir que el oxígeno destruya los enlaces dobles de ácidos grasos insaturados.

HIDROSOLUBLES:

- **Vitamina B2: (riboflavina)** es el precursor del coenzima FAD que participa en reacciones de óxido-reducción en el metabolismo celular.
- **Vitamina B3: (niacina)** es el precursor de los coenzimas NAD y NADP que participan en reacciones de óxido-reducción en el metabolismo celular.
- **Vitamina B5: (ácido pantoténico)** es necesaria para formar el coenzima A (CoA) que es una molécula esencial en el metabolismo celular.
- **Vitamina B9 (ácido fólico):** Es un cofactor de enzimas que intervienen en el metabolismo de aminoácidos y ácidos nucleicos.
- **Vitamina B12:** es necesaria para el funcionamiento correcto del cerebro, del sistema nervioso y para la síntesis y regulación de ADN. Además, es crucial para la correcta formación de sangre y proteínas.

En general, las vitaminas del complejo B actúan en muchas vías metabólicas y en la formación de glóbulos rojos. Su déficit provoca degeneración de las neuronas, debilidad muscular, inapetencia y anemia.

- **Vitamina C:** los humanos, los primates y las cobayas no pueden sintetizar esta vitamina, por lo que deben ingerirla en la dieta. Contribuye al sistema inmune, a retrasar el proceso del envejecimiento y a la curación de heridas.

Interviene en la síntesis del colágeno. Actúa como cofactor en ciertas reacciones de hidroxilación, como en el paso de la prolina a hidroxiprolina. Su déficit provoca el escorbuto, que se manifiesta por hemorragias de las encías y caída de los dientes.

Como las vitaminas del complejo vitamínico B actúan como coenzimas o forman parte de ellos, son muy importantes para el normal funcionamiento del metabolismo.

Destacamos la vitamina B₂ o riboflavina que forma parte del FMN y FAD (ver nota posterior sobre los coenzimas más importantes) y la vitamina B₃ o niacina o nicotinamida que forma parte del NAD y NADP.

Estas 4 coenzimas transfieren hidrógenos, es decir, participan en reacciones de oxidación-reducción. También destacamos la vitamina B₅ o ácido pantoténico que forma parte del coenzima A que transfiere grupos acetil de unos sustratos a otros (se estudiará en el tema del metabolismo como transfiere un grupo acetil al ciclo de Krebs).

Aunque existen muchos tipos de coenzimas los 2 grupos más importantes son:

1) Coenzimas que intervienen en las reacciones de óxidorreducción.

Actúan transfiriendo H⁺ y e⁻ de unos sustratos a otros. Aquí se incluyen:

- **Piridín-nucleótidos.** Tienen en su composición nicotinamida. En este grupo se incluye:
 - **NAD** (nicotinamida-adenina-dinucleótido o nicotín - adenín – dinucleótido)
 - **NADP** (nicotinamida-adenina-dinucleótido-fosfato o nicotín-adenín-dinucleótido– fosfato).

- **Flavin-nucleótidos:** Tienen en su composición riboflavina o **vitamina B₂**. Aquí se incluyen:
 - FMN** (flavín - mono – nucleótido) y **FAD** (flavín - adenín – dinucleótido).

2) Coenzimas que intervienen en reacciones de transferencia de grupos químicos.

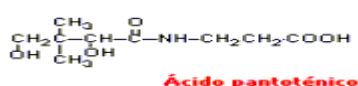
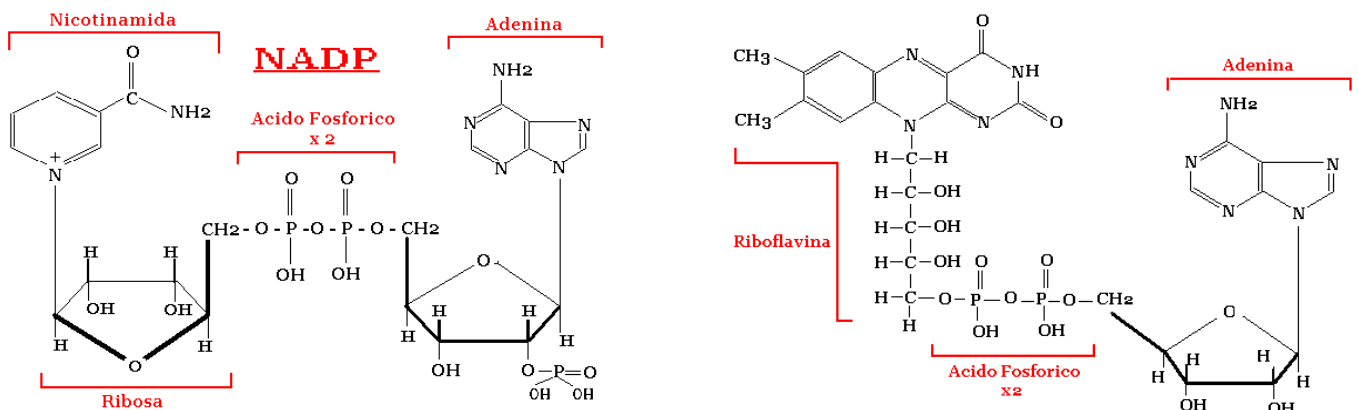
Los más importantes son:

- **Nucleótidos trifosfatos.** El más importante de todos es el **adenosín trifosfato (ATP)** hay otros como **CTP, UTP**, etc.

Estos coenzimas transfieren grupos fosfato, además son importantes por la gran cantidad de energía que acumulan en los enlaces que unen a las moléculas de fosfórico, esta energía se libera cuando estos enlaces se rompen.

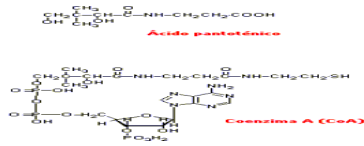
- **Coenzima A (CoA-SH).** Interviene en la transferencia de grupos acetil de unos sustratos a otros. Contiene en su composición ácido pantoténico o vitamina B₅.

Ver los ejemplos de cómo las vitaminas nicotinamida, riboflavina y ácido pantoténico forman parte de coenzimas.



Observa los ejemplos de coenzimas: superior

izquierda **NADP**, superior derecha **FAD** e izquierda **coenzima A**. Cada uno de estos coenzimas están formados por nucleótidos (ver tema siguiente) y en parte por vitaminas.



Nombre	Trastornos por insuficiencia (Hipovitaminosis)	Trastornos por sobredosis (Hipervitaminosis)
Vitamina A	Pérdida de agudeza visual y ceguera nocturna.	Ahogo, caída del pelo, debilidad.
Vitamina D	Raquitismo, Osteomalacia	Trastornos digestivos, con vómitos y diarreas, y calcificaciones de órganos como el riñón, hígado, corazón, etc.
Vitamina E	Bastante rara. Infertilidad en hombres y aborto en mujeres.	Aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares
Vitamina K	Diátesis hemorrágica	Aumenta la coagulación en ciertos casos.
Vitamina C	Escorbuto	Rara. Cálculos renales, litiasis.
Vitaminas grupo B	Pelagra (B3). Beriberi (B1). Deficiencia durante el embarazo: espina bífida (Ácido Fólico o B9). Anemia perniciosa (B12)	Rara. Diferentes efectos.