

TEMA 8 METABOLISMO

ÍNDICE de CONTENIDOS

1. Metabolismo
2. Enzimas
3. Vitaminas



José Manuel Huertas Suárez

CRITERIOS de EVALUACIÓN

B.1.6. Comprender la función biocatalizadora de las enzimas valorando su importancia biológica.

B.1.7. Señalar la importancia de las vitaminas para el mantenimiento de la vida.

Metabolismo

"Conjunto de reacciones bioquímicas que ocurren dentro de la célula"

Catabolismo

"Conjunto de reacciones bioquímicas que degradan macromoléculas"

Anabolismo

"Conjunto de reacciones bioquímicas que generan macromoléculas"

Enzimas

"Biomoléculas de naturaleza proteína y/o nucleica que provocan reacciones bioquímicas"

Metabolismo
del griego, cambio del griego, cualidad

El **metabolismo** [metabole = cambio, ismo = cualidad] es la cualidad que tiene los organismos de cambiar químicamente la naturaleza de ciertas sustancias

Catabolismo
del griego, destruir del griego, arrojar

El **catabolismo** [catabole = destruir/demoler e ismo = cualidad] es un proceso metabólico que destruye moléculas complejas para formar una molécula sencilla

Anabolismo
del griego, sobre del griego, arrojar

El **anabolismo** [ana = sobre, bole = arrojar e ismo = cualidad] es un proceso metabólico que arroja una molécula sencilla sobre otra sencilla para formar una molécula compleja

Enzima
del griego, dentro del griego, levadura o fermento

El **enzima** [en = dentro e zima = fermento] es una biomolécula orgánica que provoca reacciones bioquímicas y no se consume; es decir, la enzima sirve de fermento para generar reacciones químicas. Ojo la enzima no reacciona ni se consume.

La célula es un conjunto altamente organizado de macromoléculas y orgánulos capaces de realizar todas las actividades asociadas a la vida (nutrición, relación y reproducción). Mediante la función de nutrición la célula toma materia y energía del exterior, y la transforma en: (1) materiales celulares y (2) energía para realizar trabajos de diversa índole. Pues bien, en este tema vamos a ver cómo la célula transforma unos componentes en otros y cómo obtiene energía al hacerlo.

Nutrición celular y metabolismo

La nutrición celular es el proceso biológico de intercambio y de la transformación de materia y energía. Para un mejor estudio y comprensión se divide este proceso en tres grandes procesos biológicos: ingestión, metabolismo y excreción

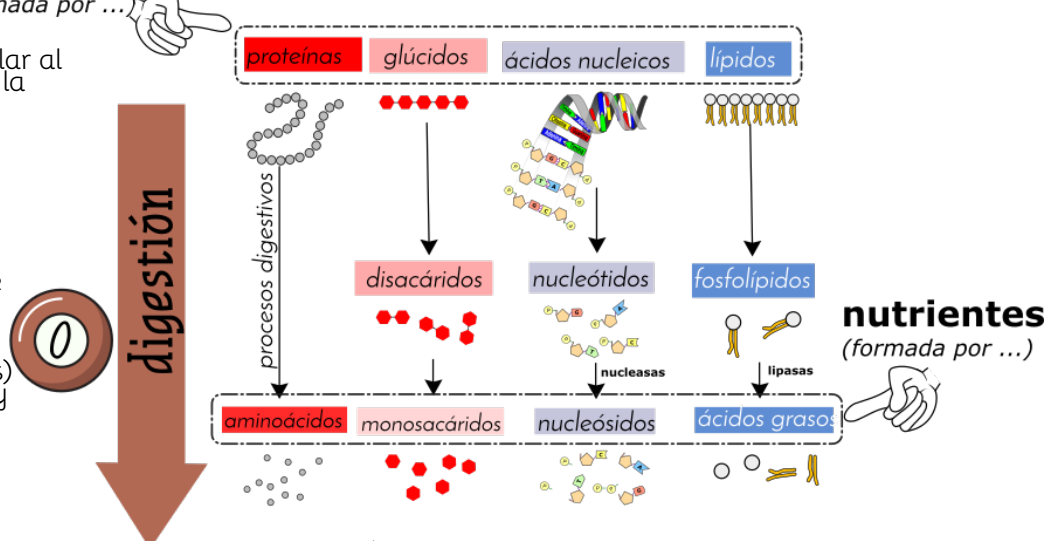
comida

(formada por ...)

• **Ingestión** o incorporación de nutrientes del medio extracelular al medio intracelular a través de la membrana plasmática.

• **Metabolismo** [del griego "metabole-" = cambio y "-ismo" = cualidad; es decir la cualidad que tienen los seres vivos para cambiar unas sustancias por otras] es el conjunto de reacciones bioquímicas encadenadas que ocurren dentro de una célula donde unas biomoléculas (reactivos) se transforman en otras biomoléculas (productos) con el fin de obtener materia y energía. Esto permite que la célula pueda realizar las tres funciones vitales: nutrición, reproducción y relación.

• **Excreción** es la expulsión al medio externo los productos de desecho generados por la célula.



De los tres procesos antes descritos, vamos a estudiar solo el metabolismo.



José Manuel Huertas Suárez

email: maestrodennaturales@gmail.com | web: <https://maestrodennaturales.webadores/>

1 Metabolismo

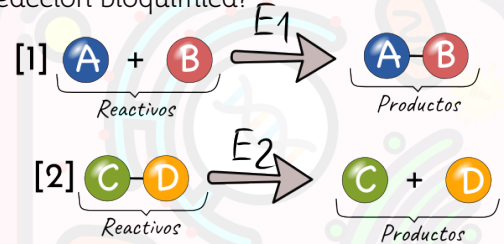
(*) Una reacción química es un proceso de transformación de unas sustancias llamadas reactivos en otras sustancias llamadas productos. Este proceso se expresa en forma de ecuación química (descripción simbólica) $A+B \rightarrow A-B$



El metabolismo es el conjunto de reacciones bioquímicas reguladas por enzimas que ocurren dentro de una célula y que conducen a la transformación de unas biomoléculas (reactivos) en otras biomoléculas (productos) con el fin de obtener materia y energía. Pero, ¿qué es una reacción bioquímica?

Una reacción bioquímica es una reacción química* donde unas sustancias llamadas reactivos se transforman (= cambios en la estructura molecular y/o enlaces químicos) en otras sustancias llamadas productos.

No olvides que todas las reacciones están reguladas por enzimas (E1, E2, ...). Las reacciones químicas se representan gráficamente mediante ecuaciones químicas del siguiente modo:



Metabolismo, conjunto de reacciones bioquímicas reguladas por enzimas que ocurren dentro de la célula

1.1 Tipos de reacciones químicas

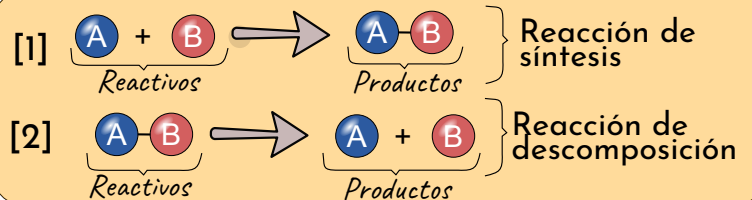
Las reacciones químicas se clasifican según varios criterios, no excluyentes, como: el tipo de producto final que se genera, si se consumen energía o no y si se transfieren electrones o no.

Reacciones según el producto generado (solo dos ejemplos)

➤ **Reacciones de síntesis o combinación** es una reacción en la que dos o más elementos o compuestos (reactivos) se combinan para formar un solo compuesto (producto). Suelen ser exotérmicas, porque cuando se forma el enlace entre los reactivos, se libera calor.

➤ **Reacciones de descomposición** es una reacción en la que un compuesto (reactivos) se separan para formar dos compuestos (producto)

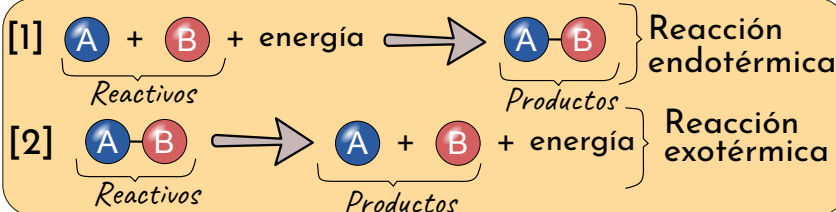
➤ [...]



Reacciones según si consumen o no energía

➤ **Reacciones endotérmicas** son reacciones químicas que necesitan el suministro de energía calórica (en forma de calor) para que ocurran. La energía de las moléculas de productos es mayor a la energía de las moléculas de los reactivos.

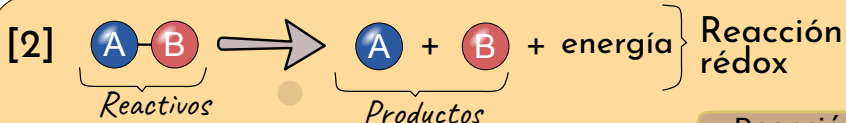
➤ **Reacciones exotérmicas** son reacciones químicas que desprenden energía, ya sea como luz o calor. La energía de las moléculas de productos es menor a la energía de las moléculas de los reactivos.



Reacciones según si transfiere electrones o no

➤ **Reacciones de oxidación** es una reacción en la que dos o más elementos o compuestos (reactivos) ceden electrones y forman un compuesto (producto que se oxida). La especie que pierde los electrones se oxida

➤ **Reacciones de reducción** es una reacción en la que dos o más elementos o compuestos (reactivos) reciben electrones y forman un compuesto (producto que se reduce). La especie que gana los electrones se reduce



Reacción oxidación

Reacción reducción

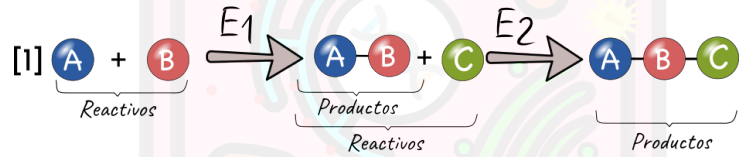
- Eliminación de electrones
- Eliminación de hidrógenos
- Liberación de energía

- Adición de electrones
- Adición de hidrógenos
- Almacena energía



1.2 Rutas metabólicas

Las rutas o vías metabólicas son una serie de reacciones químicas encadenadas (entre 2 y 20 reacciones químicas) que ocurren dentro de la célula. Entre el principio y el final de cada ruta metabólica se generan muchos compuestos intermedios llamados metabolitos de tal manera que el producto de la primera reacción se transformará en el reactivo de la segunda, y así sucesivamente. Así pues, en cada ruta metabólica se inicia con un reactivo específico y concluye con un producto final.



Rutas metabólicas, las reacciones bioquímicas encadenadas y reguladas por enzimas

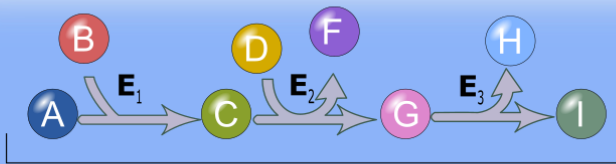
Algunas rutas metabólicas son lineales, otras ramificadas (se forman varios productos a partir de varios reactivos) y otras son cíclicas (uno de los componentes de la ruta se regenera). Todas las reacciones están reguladas por enzimas.

Las rutas o vías metabólicas son un conjunto de reacciones químicas ligadas unas con otras. Pueden ser de tres tipos:.



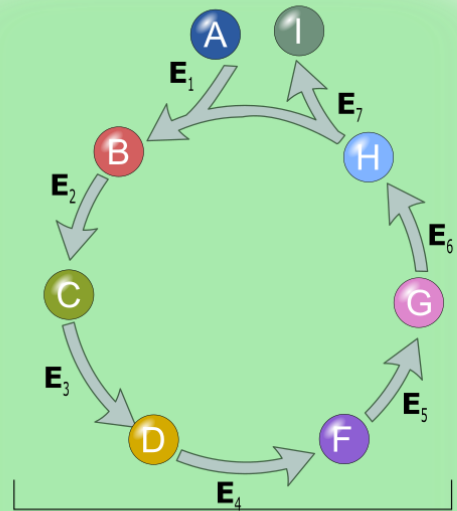
ruta metabólica lineal

Donde **A** es el reactivo inicial, **D** es el producto final, y **B, C** son los metabolitos intermedios de la ruta metabólica. E_x son enzimas.



ruta metabólica ramificada

Por convenio, cuando dos flechas se tocan significa que los reactivos de los que parten reaccionan entre sí para originar los productos que aparecen en las puntas de las flechas. Donde **A** y **B** son los reactivos iniciales, **H** e **I** son el producto final, y **C, D, F** y **G** son los metabolitos intermedios de la ruta metabólica. E_x son enzimas.



ruta metabólica cíclica

Donde **A** es el reactivo inicial, **B** e **I** son el producto final, y **B, C, D, F, G** y **H** son los metabolitos intermedios de la ruta metabólica. E_x son enzimas.

1.3 Metabolismo y las leyes de la termodinámica

El metabolismo de un organismo transforma la materia y la energía; por tanto, está sujeto a las leyes de la termodinámica.



Primera ley de la termodinámica o principio de conservación de la energía dice que la energía ni se crea ni se destruye, sino que se transforma y transfiere. Por ejemplo, las plantas transforman la energía lumínica del sol en energía química que se almacena en los enlaces químicos de la biomoléculas que sintetiza como son los azúcares.



Segunda ley de la termodinámica dice que la transformación y transferencia de energía incrementa la entropía o desorden del universo. La célula crea orden cuando forma estructuras como macromoléculas a partir de moléculas sencillas (polipéptidos a partir de aminoácidos), orgánulos, tejidos, etc.



2 Enzimas

(*) Las **ribozimas** son moléculas de ARN con actividad catalítica, capaces de catalizar reacciones químicas en el interior celular. El término "ribozima" es una contracción de las palabras "ácido ribonucleico" y "enzima".

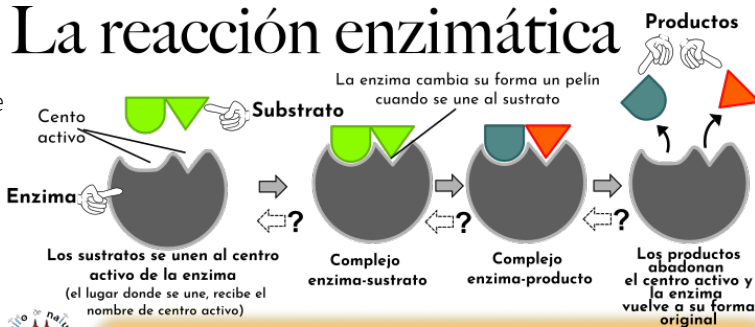
Mirar Anexo 2!

Las **enzimas** son biocatalizadores (casi todas de naturaleza proteica, salvo las ribozimas*). Los biocatalizadores son sustancias que aceleran las reacciones bioquímicas que ocurren tanto dentro como fuera de las células.

¿Cómo funciona una enzima? La enzima se une a una molécula (que vamos a llamar sustrato), formándose un complejo enzima-sustrato (ES). Tal unión se lleva a cabo en hendiduras de la superficie de las enzimas llamadas centros activos. Toda enzima posee uno o más centros activos. Tras producirse la reacción química se originan un complejo enzima-producto (EP). Finalmente, se libera el producto P, lo que deja la enzima lista para un nuevo ciclo, pues no se gastan.

Cualquier reacción enzimática puede representarse así: $E + S \rightarrow ES \rightarrow EP \rightarrow E + P$. Donde E representa a la enzima, S al sustrato, P al producto de la reacción, y ES el complejo intermedio enzima-sustrato y E-P el complejo enzima-producto.

La reacción enzimática



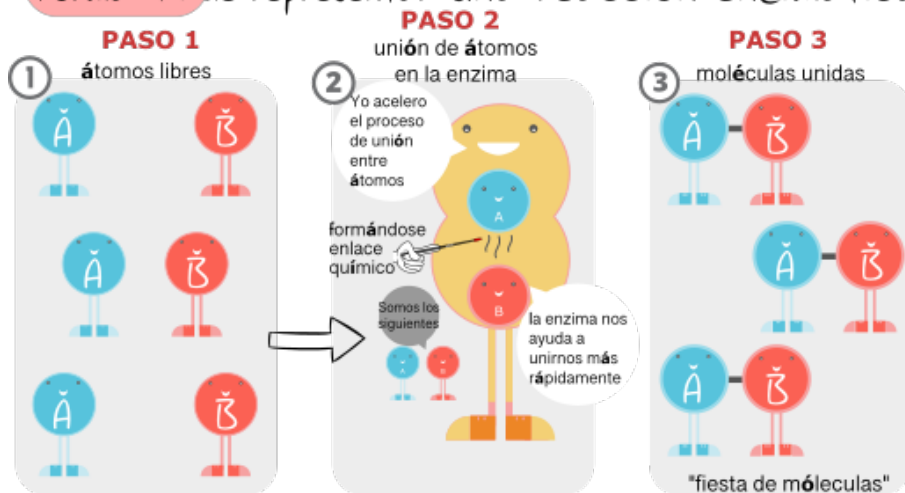
Enzima Sustrato Complejo Enzima-sustrato Complejo Enzima-producto Enzima Producto



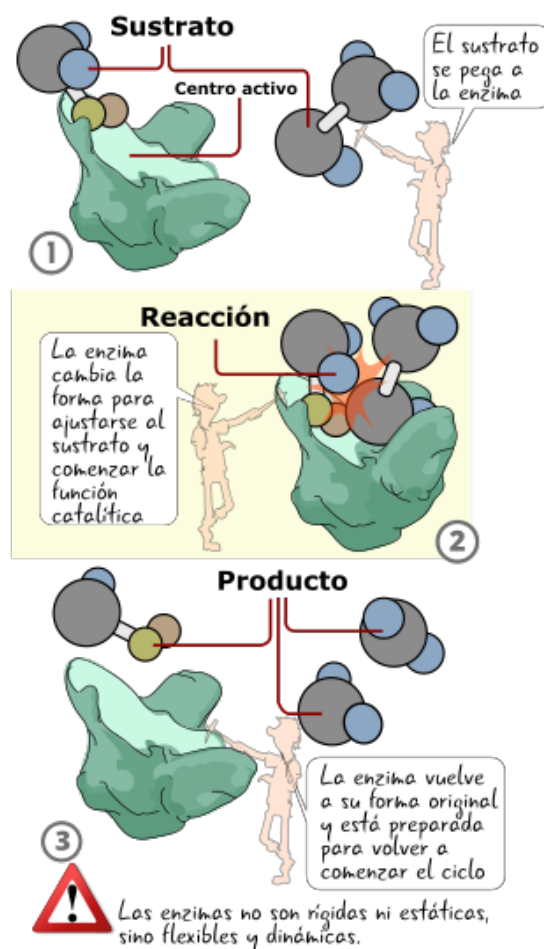
Las enzimas son tan eficaces como catalizadores, porque junta las moléculas reactantes (llamadas sustratos) en una orientación precisa, de modo que los electrones implicados en la reacción puedan interactuar.

Uff, si te empieza a doler la cabeza, entonces espera a lo que te voy a contar, porque te va a explotar la cabeza. Y si ahora te digo que hay cientos de maneras de representar informalmente una enzima. Aquí tienes tres formas (¿con cuál te quedas?):

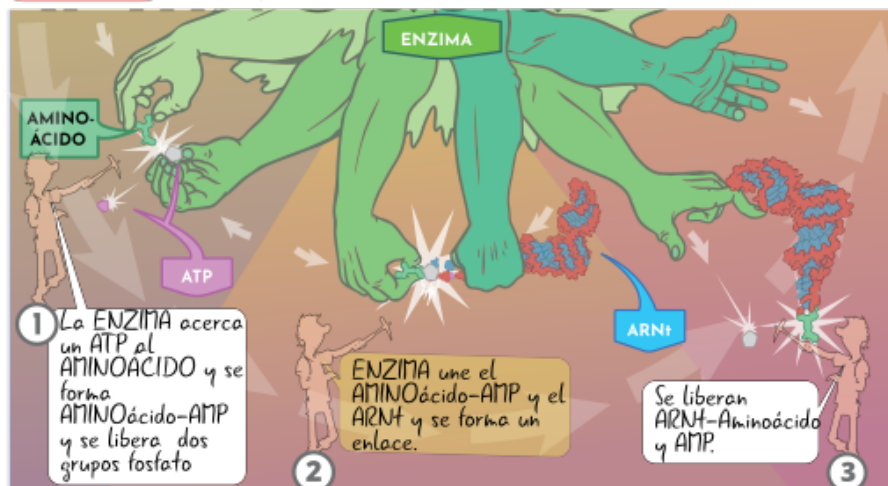
Forma #1 de representar una reacción enzimática



Forma #3 de representar una reacción enzimática



Forma #2 de representar una reacción enzimática



2.1 Coenzimas



Las **coenzimas** o **cofactores enzimáticos orgánicos** son moléculas orgánicas no proteicas de bajo peso molecular que se unen temporal o permanentemente a una enzima (llamada apoenzima) para ayudarla a catalizar reacciones bioquímicas.

A diferencia de las enzimas, las coenzimas se modifican durante la reacción química; por ejemplo, el NAD^+ se reduce a NADH cuando acepta dos electrones (y un protón) y, por tanto, se agota; cuando el NADH libera sus electrones se recupera el NAD^+ , que de nuevo puede actuar como coenzima.

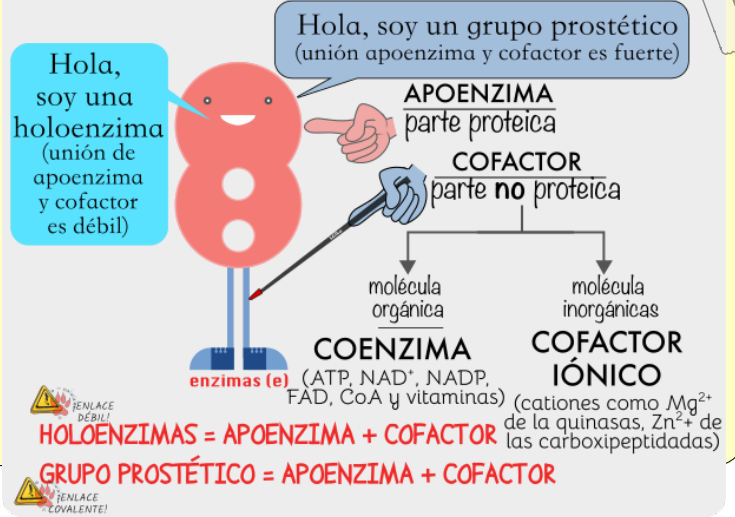
Las **holoenzimas** son macromoléculas formadas por la asociación, temporal o permanente, entre una **apoenzima** (enzima PROTEICA que necesita la ayuda de una molécula para ser funcional) y un **cofactor enzimático** (= moléculas orgánicas no proteicas de bajo peso molecular o iones metálicos que ayudan a las enzimas a catalizar las reacciones bioquímicas). Se calcula que casi un tercio de las enzimas conocidas requieren, al menos, de un ión metálico para su actividad.

Así pues, en toda holoenzima distinguimos dos partes: apoenzima (enzima) y cofactor (= iones metálicos o moléculas orgánicas). Los cofactores pueden ser de dos tipos: activadores inorgánicos (iones metálicos) o activadores orgánicos (llamados coenzimas).

Mejor fíjate en el esquema para una mejor comprensión →

80 - 99 % PROTEÍNAS

HOLOENZIMAS VS. GRUPO PROSTÉTICO



2.2 Propiedades de las enzimas

Las enzimas presentan las siguientes propiedades:

→ **Solubilidad en agua**, ya que su estructura terciaria globular se lo permite.

→ **Alto peso molecular**, pues son macromoléculas

→ **No se consumen** durante la reacción; es decir, no se gastan. Se precisan solo pequeñas cantidades, porque se recuperan al final de la reacción

Las enzimas presentan las siguientes propiedades: solubilidad, capacidad de recuperación, y especificidad

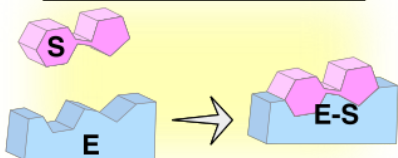
→ **Alta especificidad entre la enzima y el sustrato**. La enzima sólo actúa sobre un determinado sustrato o sobre un grupo de ellos. Esta especificidad entre enzima-sustrato puede presentarse de distintas formas:

Grados de especificidad,

solo ciertos tipos de sustratos pueden unirse al centro activo!



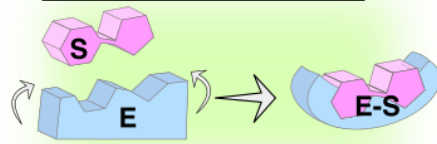
Modelo de complementariedad



El sustrato se complementa con la enzima como una llave con su cerradura



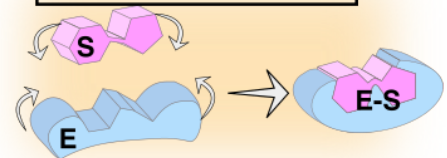
Modelo de ajuste inducido



La enzima modifica su forma para poder adaptarse al sustrato, como una guante hace con la mano.



Modelo del apretón de manos



La enzima y el sustrato modifican su forma para poder acoplarse



Actividad enzimática se refiere a la cantidad de sustrato que la enzima puede transformar en el tiempo. puede verse afectada por diversos factores, como temperatura, pH, concentración de sustratos y la presencia de inhibidores. Cada enzima trabaja a un pH y temperatura óptimo, lo que significa que

→ **Temperatura óptima** es la temperatura a la cual la enzima presenta un 100 % de rendimiento o actividad enzimática. Las mayoría de las enzimas humanas presentan sus temperaturas óptimas entre 35 y 40°C - las bacterias extremófilas es de 70 a 80°C-. Cuando la enzima trabaja a temperaturas alejadas de su temperatura óptima, su rendimiento cae. Esto se debe a su naturaleza proteica, se desnaturalizan debido al calor. Al hacerlo, la parte proteica, pierde su estructura tridimensional y, con ello, su función.



→ **pH óptimo.** Las mayoría de las enzimas humanas presenta un pH óptimo entre 2 y 8. Por ejemplo, la pepsina gástrica tiene un pH óptimo de 2 y la tripsina pancreática lo tiene a pH 7,8. La mayoría de las enzimas son muy sensibles a los cambios de pH.

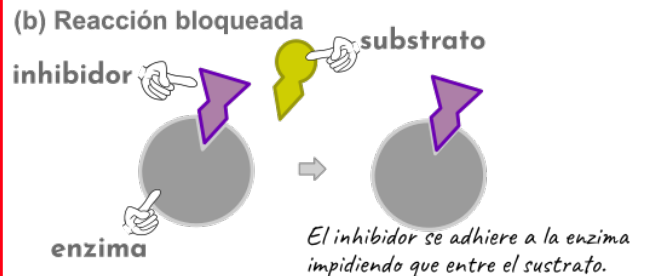
→ **Inhibidores reversibles.** Se unen a la enzima mediante enlaces débiles (no covalentes). Pueden ser inhibidores competitivos e inhibidores acompetitivos..

→ **Inhibidores competitivos** Se asemejan al sustrato y se unen al centro activo de la enzima.

(a) REACCIÓN NORMAL donde el sustrato **no modifica** a la enzima



(b) INHIBIDOR COMPETITIVO, ocupa el sitio del sustrato

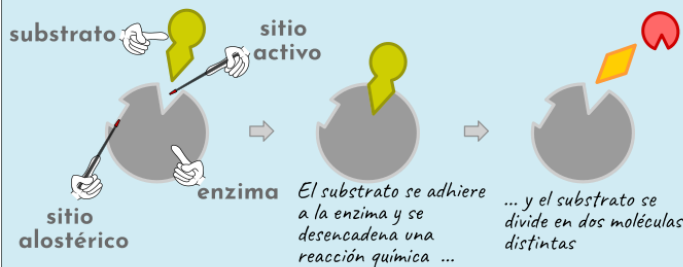


→ **Inhibidores acompetitivos.** Se fijan a la enzima por una zona que no es el centro activo, llamada centro alostérico. Al hacerlo, el centro activo cambia la forma impidiendo que el sustrato se una.

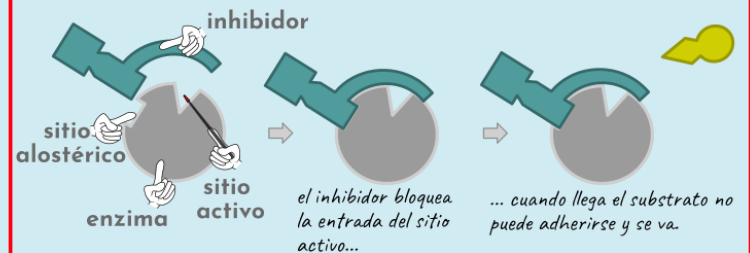


Inhibidores enzimáticos y sustratos no competitivos que no modifican la geometría de la enzima

(a) REACCIÓN NORMAL donde el sustrato **no modifica** a la enzima



(b) INHIBIDOR NO COMPETITIVO que **no modifica** a la enzima

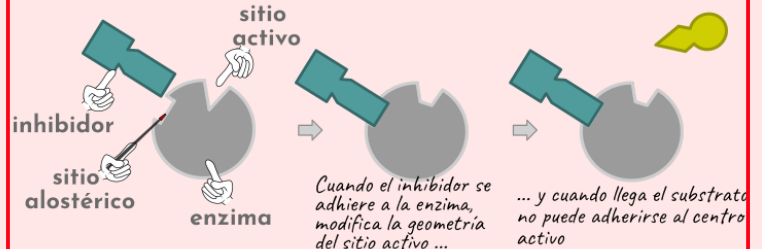


Inhibidores enzimáticos y sustratos no competitivos que sí modifican la geometría de la enzima

(a) REACCIÓN NORMAL donde el sustrato **sí modifica** a la enzima



(b) INHIBIDOR NO COMPETITIVO que **sí modifica** a la enzima



2.3

Clasificación de las enzimas



Las enzimas se clasifican, según la **reacción que catalizan**, en seis clases y se nombran añadiendo el sufijo **-asa** al nombre del sustrato:

➡ **Oxidorreductasas** cataliza la transferencia de electrones (casi siempre en forma de átomos de hidrógeno) desde una molécula donante (el agente reductor) a otra aceptora (el agente oxidante). El nombre recomendado es: deshidrogenasa y oxidasa

➡ **deshidrogenasa o reductasa**, si la enzima oxida al sustrato haciendo que pierda hidrógenos, los cuales pasan a un aceptor.

➡ **oxidasa**, si la enzima le pasa los electrones al O_2 que actúa como aceptor.

Deshidrogenasas

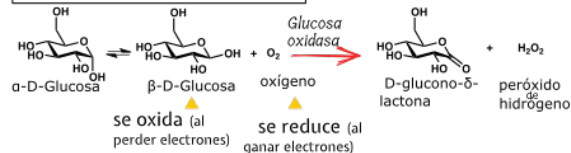


Glucosa 6 fosfato
deshidrogenasa



se oxida (al perder electrones) se reduce (al ganar electrones)

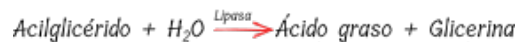
Oxidazas



Glucocinasa



se quita un fosfato se añade un fosfato



se añade un H^+ se añade un OH^-



piruvato
descarboxilasa



se añade un doble enlace se libera un CO_2



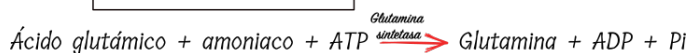
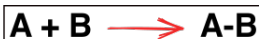
se añade un doble enlace se libera un fosfato

➡ **Liasas** rompen los enlaces químicos por vía no hidrolítica, con la consiguiente liberación de grupos químicos. Al hacerlo, generalmente, originan dobles enlaces por eliminación de H_2O (deshidratasas), CO_2 (descarboxilasas) o NH_3 (desaminasas); o bien, añaden CO_2 . Por ejemplo, las descarboxilasas que catalizan la liberación de CO_2 a partir de sustratos orgánicos.

➡ **Isomerasas** generan reordenaciones intramoleculares. Cambian la posición de algún grupo funcional por lo que reciben el nombre de isomerización reacciones.



➡ **Ligasas o sintetisas** unen moléculas utilizando para ello la energía procedente del ATP. La energía liberada por el ATP queda almacenada en el enlace formado entre A y B. Realizan enlaces C-C, C-S, C-O y C-N.



se añade un amoniaco



3 Vitaminas

Las **vitaminas** son compuestos orgánicos esenciales para el funcionamiento normal de cualquier organismo. Las vitaminas son destruidas por la luz, el calor y el oxígeno.

Los animales no pueden fabricar (sintetizar) las vitaminas, por lo que necesitan ingerirlas mediante la dieta en pequeñas cantidades. ¿Qué pasa si no tomamos vitaminas y si tomamos muchas? La carencia o exceso de vitaminas provoca diversos trastornos metabólicos, que se denominan: hipoavitaminosis, hipervitaminosis y avitaminosis

Muchas vitaminas, o sus derivados, actúan como coenzimas. Por ejemplo:

- Vitamina B1 o tiamina.
- Vitamina B2 o riboflavina
- Vitamina B3 o niacina
- Vitamina B5 o ácido pantoténico
- Vitamina B6 o piridoxina.
- Vitamina B7 o biotina (vitamina H o vitamina B8)
- Vitamina B9 o ácido fólico (vitamina M)

Hipovitaminosis producida por una cantidad insuficiente de una determinada vitamina.

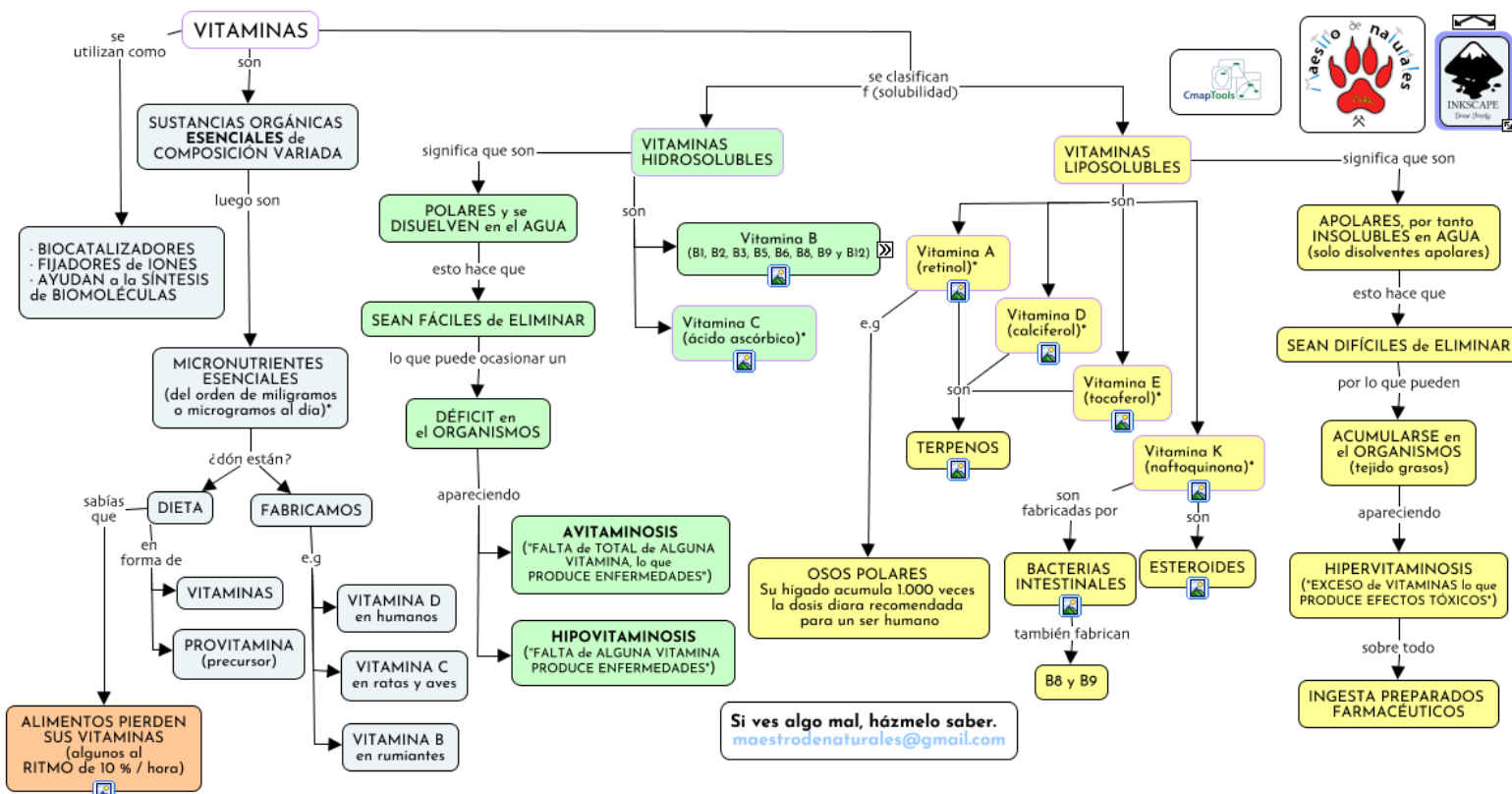
Hipervitaminosis, causada por un exceso de vitaminas, que se acumulan al ingerirse en mayor cantidad de la necesaria.

Avitaminosis debida a la ausencia total de una o varias vitaminas

La composición química de las vitaminas es muy variada y, normalmente, son de origen vegetal, abundan en las frutas y verduras frescas. Las vitaminas se designan con letras mayúsculas o mediante su nombre químico. Muchas vitaminas actúan como coenzimas o precursores de coenzimas. Hay 13 vitaminas y se clasifican, según su solubilidad, en dos grandes grupos: vitaminas liposolubles y vitaminas hidrosolubles

Vitaminas liposolubles: Solubles en lípidos o en disolventes lipídicos. No se eliminan fácilmente, por lo que su exceso se acumula en el cuerpo y puede producir trastornos. No suelen ser coenzimas. Ejemplos son Vitamina A, D, E y K.

Vitaminas hidrosolubles: Son solubles en agua, por lo que su exceso se elimina a través de la orina. Se conoce la función coenzimática de casi todas ellas. Generalmente actúan como coenzimas o precursoras de coenzimas. Ejemplos son vitaminas B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12 y C.



ANEXO 1

¿De qué está hecha la enzima?

De naturaleza proteica



100 %
PROTEÍNAS



100 %
ÁCIDO NUCLEICO



80 - 99 % **PROTEÍNAS**

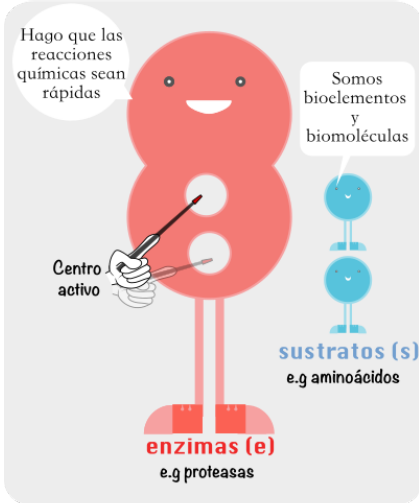


¿Cuál es la función de la enzima?

Hace que las reacciones químicas sean más rápidas

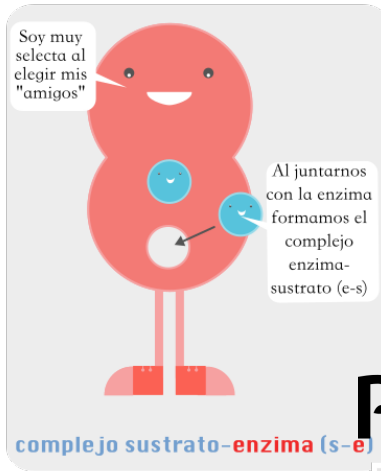
PASO 1

¡La enzima encuentra a los sustratos!



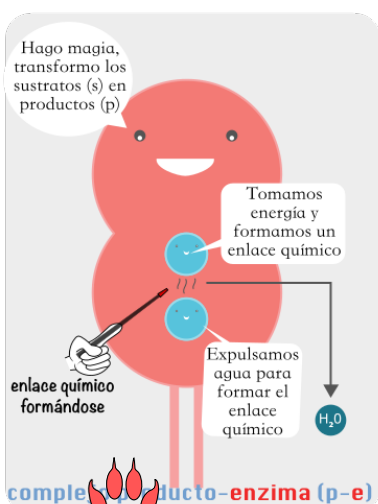
PASO 2

¡Los sustratos se juntan a la enzima, formándose complejo sustrato-enzima (s-e)



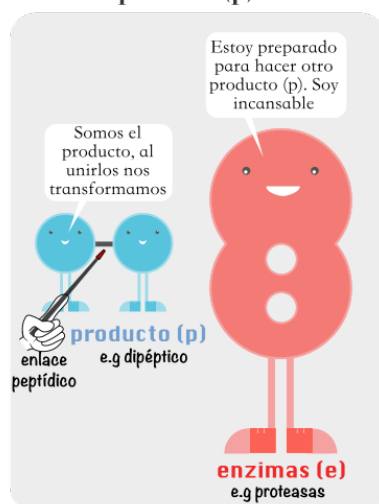
PASO 3

¡El complejo enzima-sustrato (e-s) favorece la unión entre sustratos!



PASO 4

¡La enzima suelta el producto (p)!



Partes de una enzima

DOMINIO ESTRUCTURAL

Formado por aminoácidos estructurales cuya función es sostener al centro activo (=armazón de la enzima)

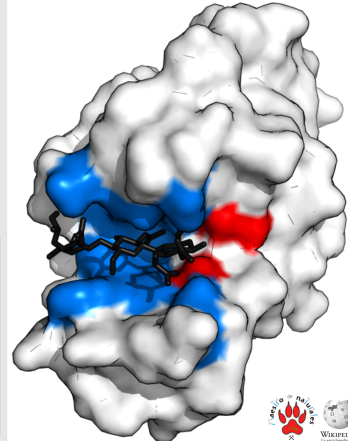
CENTRO ACTIVO

DOMINIO FIJADOR

Formado por aminoácidos fijadores que fijan y orientan al sustrato

DOMINIO CATALIZADOR

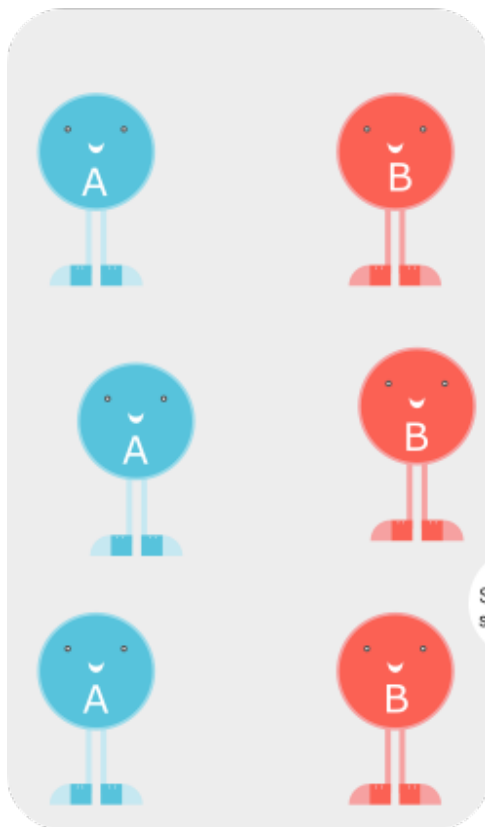
Formado por aminoácidos catalizadores que reducen la energía química de activación



ANEXO 2

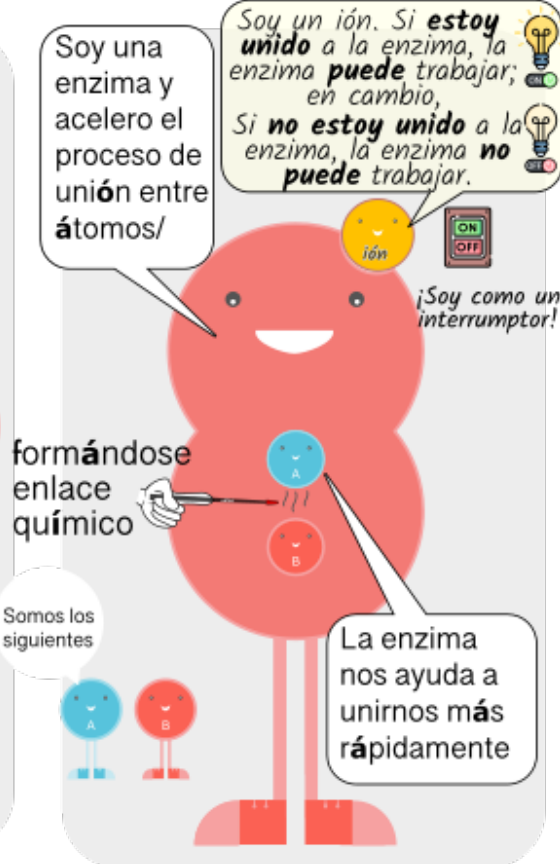
PASO 1

átomos libres



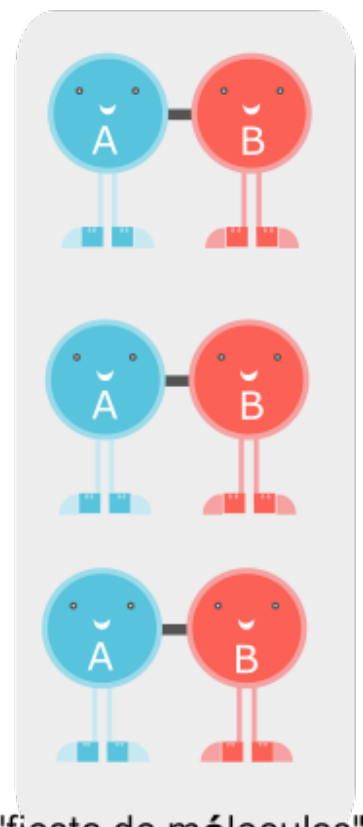
PASO 2

unión de átomos en la enzima



PASO 3

moléculas unidas



"fiesta de moléculas"



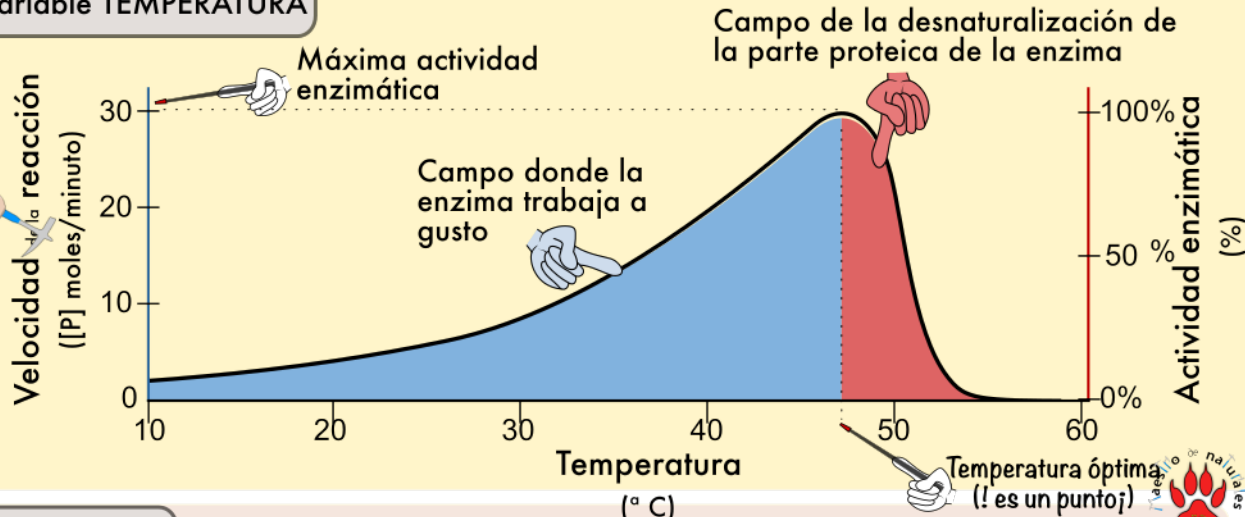
ANEXO 3

La velocidad de reacción depende de:

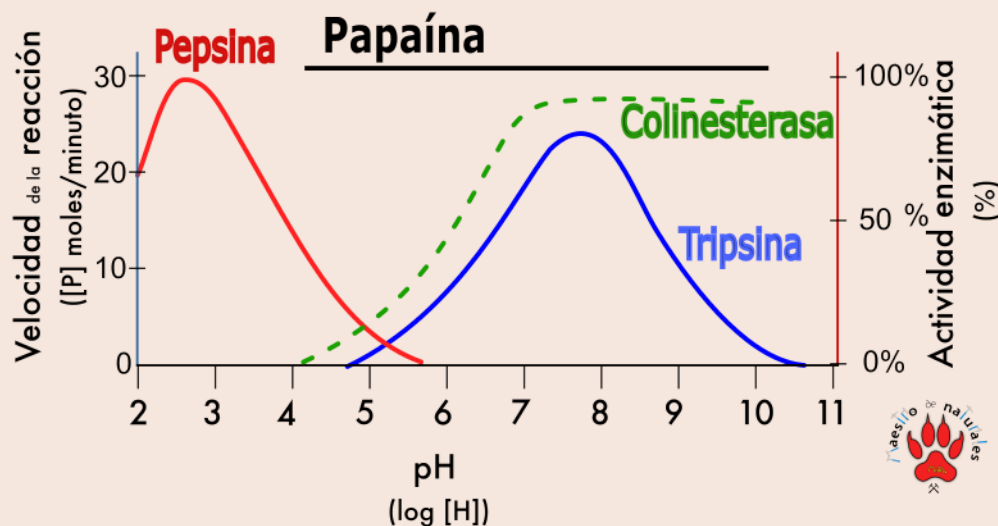
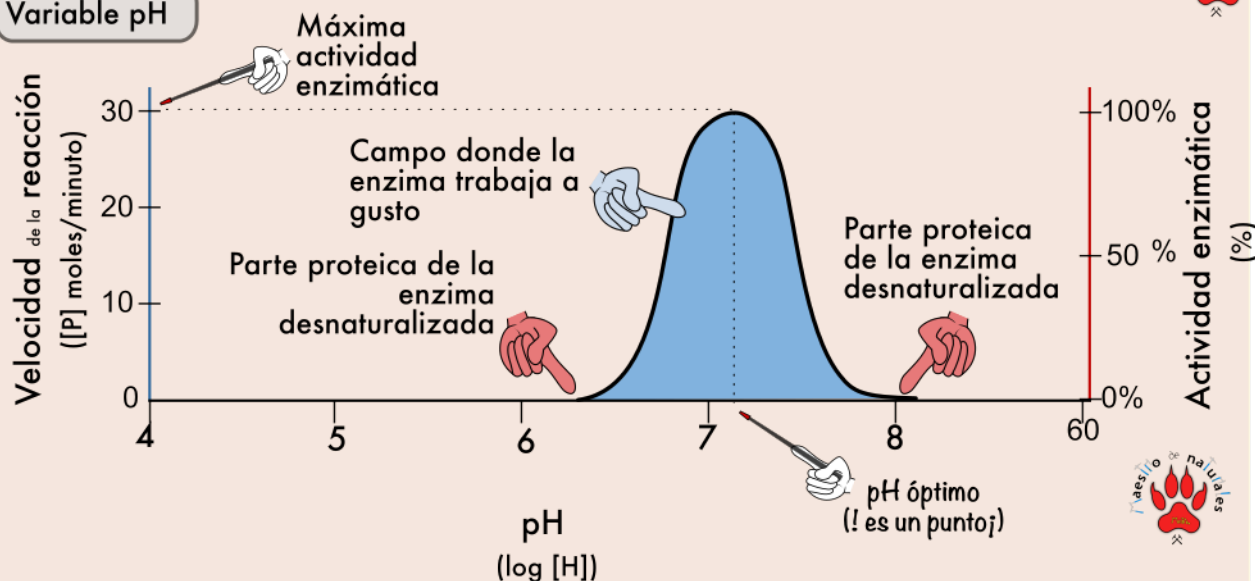
- 1º [reactantes]
- 2º temperatura a la cual se encuentra la reacción
- 3º pH a la cual se encuentra la reacción

El campo coloreado representa el rango donde la enzima realiza su trabajo

Variable TEMPERATURA



Variable pH



Actividad enzimática

ANEXO 4

Ejemplo de inhibición competitiva

