

TEMA: Enzimas I

- **Funcionalidad catalítica de proteínas. Enzimas**
- **Clasificación y nomenclatura**
- **Coenzimas y cofactores**
- **Especificidad enzimática**
- **Centro activo**

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath, all contained within a yellow rectangular box.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



**Eduard Buchner
(1860-1917)
Premio Nobel de
Química en 1907**

**Demostró que extractos de levaduras,
carentes de células, también podían
catalizar estas reacciones.
Inventó el embudo que lleva su nombre**



**Louis Pasteur
(1822 - 1895)**

**Concluyó que la fermentación
alcohólica llevada a cabo por
levaduras era en realidad**



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

James Batcheller Sumner

(1887-1955)

Premio Nobel de Química en 1946



"for his discovery that enzymes can be crystallized"

En 1926 *cristalizó la primera enzima, la ureasa, a partir de semillas de *Canavalia pusaformis**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

William H. STEIN y Stanford MOORE se incorporan a *The Rockefeller Institute* entre 1938 y 1939, con el fin de desarrollar un método general de fraccionamiento de aminoácidos

El analizador original



Reciben el Premio Nobel de Química en 1972

"for their contribution to the understanding of the connection between chemical structure and catalytic activity of the active centre of the ribonuclease molecule"

Secuencian la primera

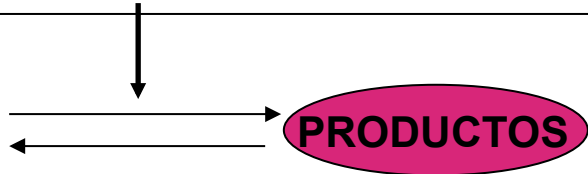
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

CATALIZADORES BIOLÓGICOS: ENZIMAS

SUSTRATOS

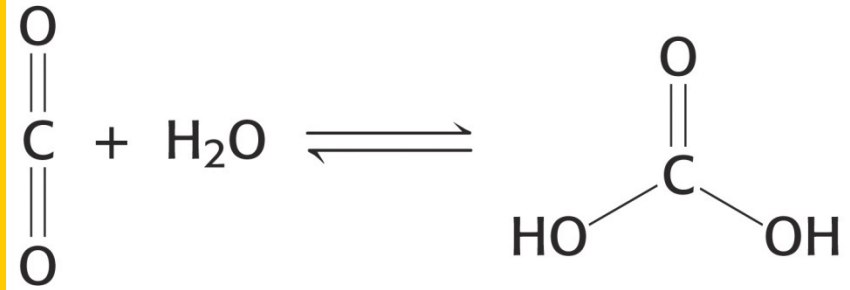


PRODUCTOS

Reacción química

- La enzima NO se altera, ni se consume, tras la reacción global
- La enzima NO altera el equilibrio de la reacción, sólo cambia su velocidad, acelerándola.

Anhidrasa carbónica



Ejemplo

Some Rate Enhancements Produced by Enzymes

Cyclophilin	10 ⁵
Carbonic anhydrase	10 ⁷
Triose phosphate isomerase	10 ⁹
Carboxypeptidase A	10 ¹¹
Phosphoglucumutase	10 ¹²

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

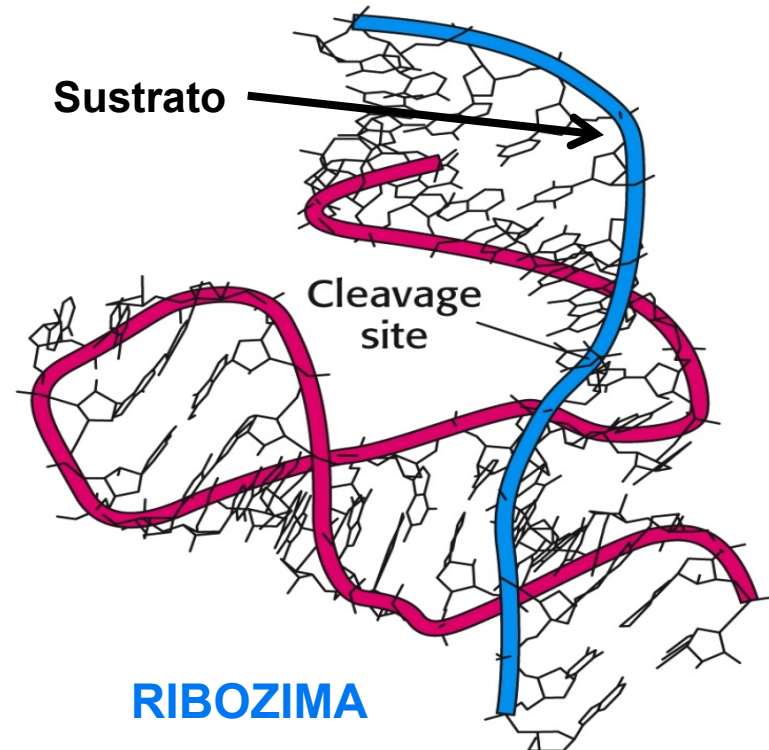
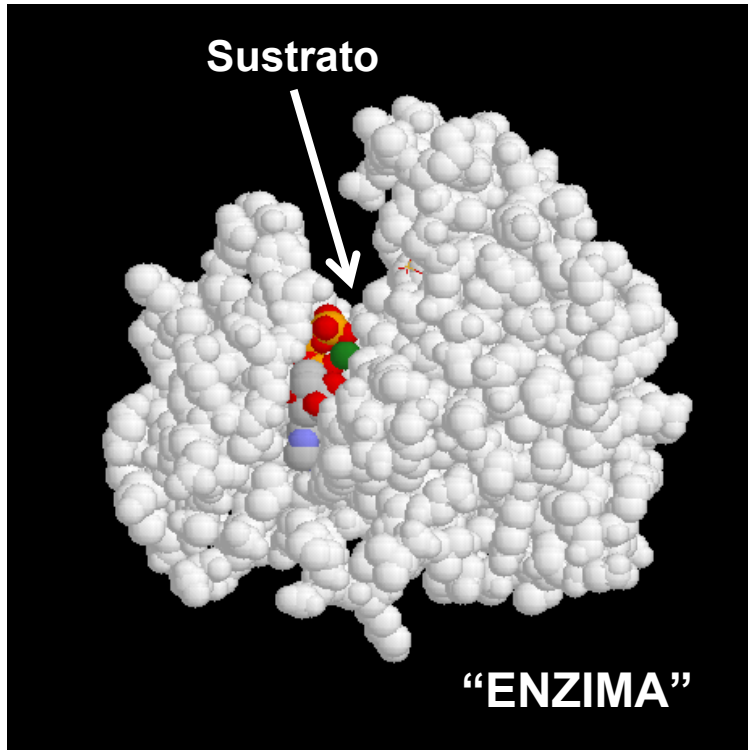
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Sintetizan macromoléculas biológicas

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

La mayoría de las ENZIMAS conocidas son proteínas



Sin embargo algunas reacciones bioquímicas son

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

RIBOZIMAS

Propiedades Generales de las Enzimas:

Poder Catalítico

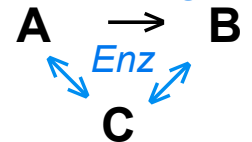
- Elevadísima eficacia
- Muy alto NUMERO DE RECAMBIO (Turnover)
 $10^3 - 10^6$ moléculas Sustrato/segundo/molécula Enzima (!)
- Rendimiento 100%
- No Subproductos

Especificidad

- Por sustrato
- Por producto
- Por tipo de reacción

Reversibilidad

- En su gran mayoría catalizan reacciones reversibles ($S \leftrightarrow P$),
(A veces catálisis en una única dirección)
- Reacciones termodinámicamente irreversibles pueden llegar a ser enzimáticamente reversibles



Carácter Regulable

- Regulación de la concentración enzimática
(control genético:enzimas inducibles por S o por P)
- Regulación de la Actividad enzimática
(Enzima activa \leftrightarrow Enzima inactiva)

- Oxidación de nutrientes con liberación de energía y síntesis

Cartagena99

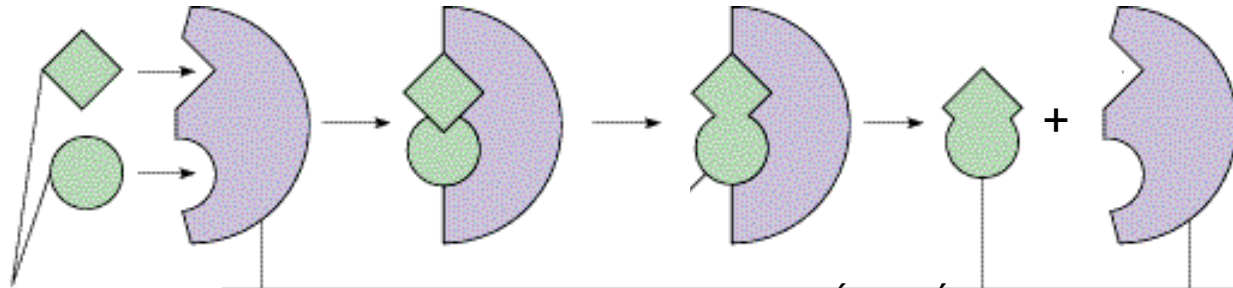
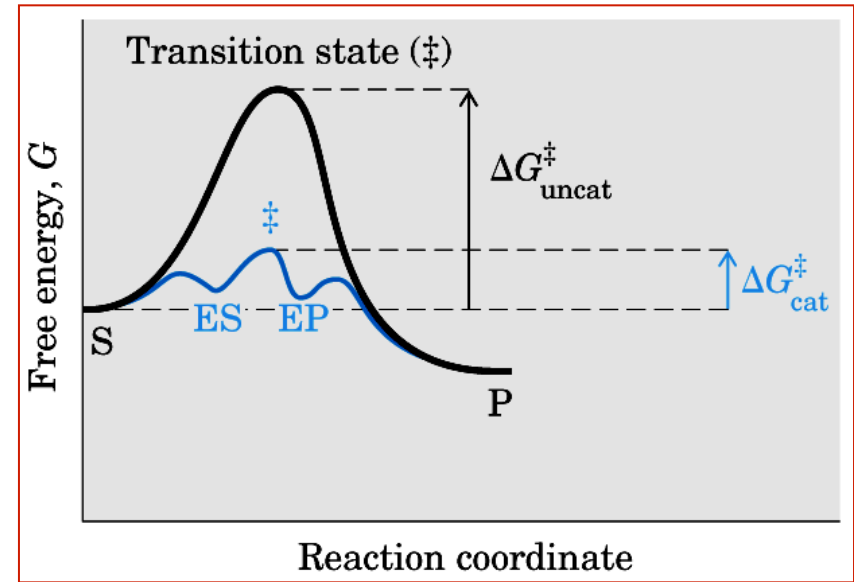
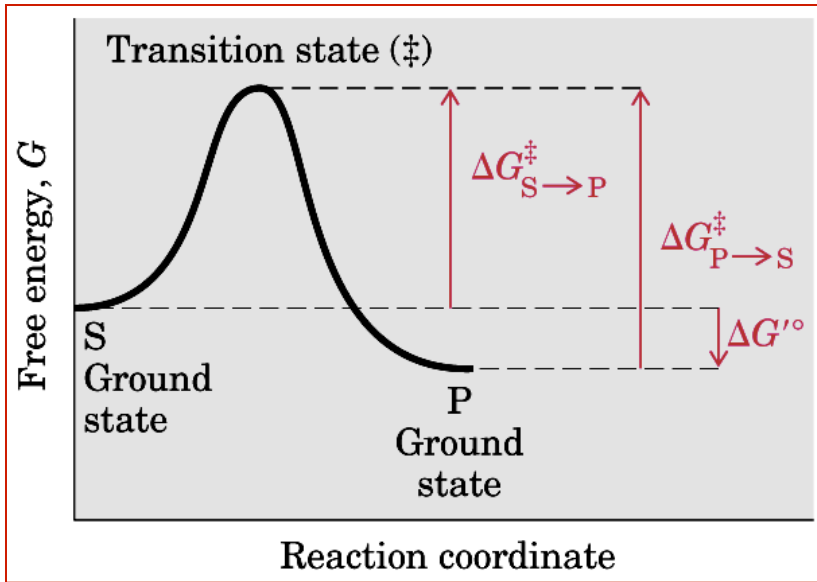
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Catalisis de funciones concretas de biomoléculas y

compartir mis calificaciones

¿Cómo aceleran las enzimas las reacciones químicas, sin modificar el equilibrio?



Cartagena99

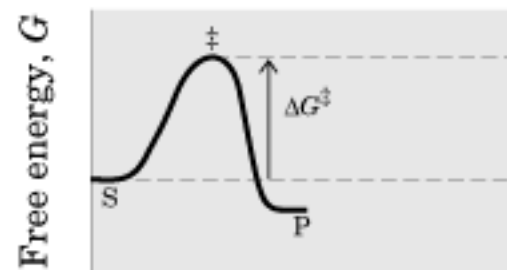
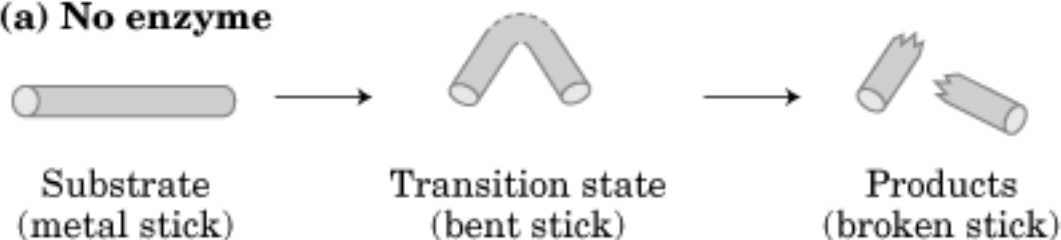
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

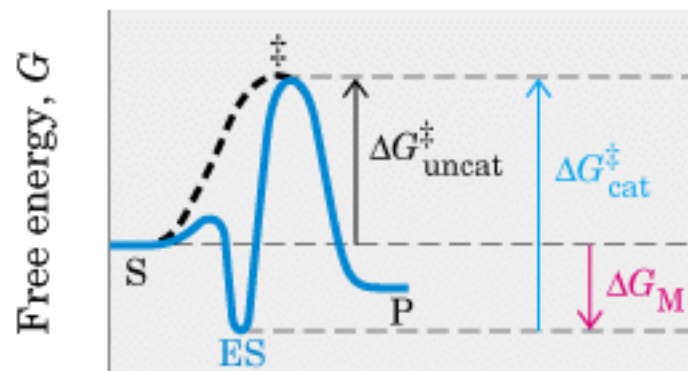
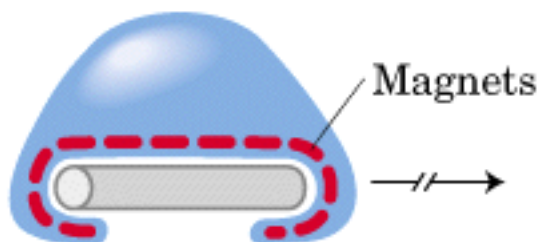
Equilibrio de la reacción catalizada por la velocidad de reacción

La catálisis enzimática requiere un **SITIO ACTIVO** que propicie una interacción máxima entre la Enzima y el estado de transición del Sustrato

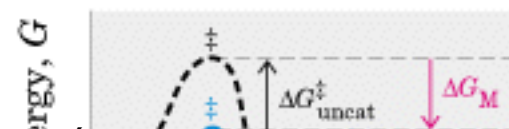
(a) No enzyme



(b) Enzyme complementary to substrate



(c) Enzyme complementary to transition state



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

NOMENCLATURA ENZIMÁTICA

Utilización de nombres triviales: Tripsina, pepsina, etc...

Utilización de la terminación **-ASA**

- Designándolas por el nombre del sustrato y añadiéndole el sufijo:
Ureasa o Arginasa, por ejemplo
- Designándolas por el tipo de cambio químico que sufre el sustrato:
Triglicérido hidrolasa o proteína quinasa, por ejemplo

Utilización de las normas de la IUB

Siglas **EC (Enzyme Commission)** con cuatro números
(**clase/subclase/sub-subclase/nº orden**)

LISOZIMA EC 3.2.1.17 $\beta(1,4)$ N-Acetilglucosamina/N-Acilmurámico
Clase: **Hidrolasa** $\beta(1,4)$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

EC 2.7.1.2: ATP-D-glucosa-6-fosfortransferasa

CLASIFICACIÓN DE ENZIMAS

TABLE 8.3 Six major classes of enzymes

Class	Type of reaction	Example
1. Oxidoreductases	Oxidation-reduction	Lactate dehydrogenase
2. Transferases	Group transfer	Nucleoside monophosphate kinase (NMP kinase)
3. Hydrolases	Hydrolysis reactions (transfer of functional groups to water)	Chymotrypsin
4. Lyases	Addition or removal of groups to form double bonds	Fumarase
5. Isomerases	Isomerization (intramolecular group transfer)	Triose phosphate isomerase
6. Ligases	Ligation of two substrates at the expense of ATP hydrolysis	Aminoacyl-tRNA synthetase

OXIDORREDUCTASAS

Catalizan reacciones en las que un sustrato es oxidado y otro reducido

Ejemplo: $R-CH_2OH + NAD^+ \rightarrow R-CO-H + NADH + H^+$

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Ejemplo: $R-PO_3H + R'-OH \rightleftharpoons R-OH + R'-PO_3H$

CLASIFICACIÓN DE ENZIMAS

HIDROLASAS

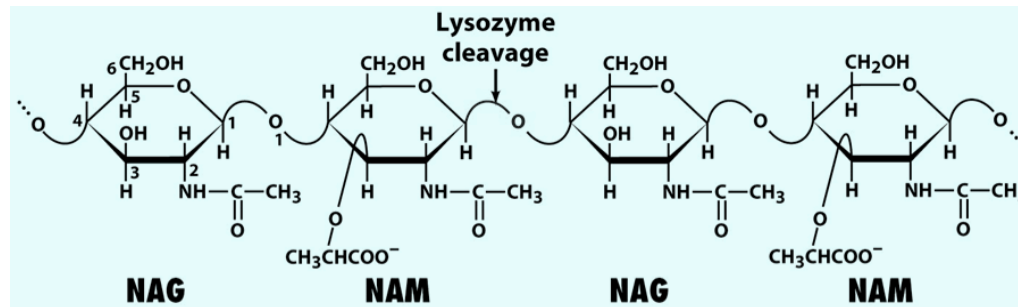
Catalizan la rotura hidrolítica de un enlace, o la reacción reversa, su formación. Son reacciones de hidrólisis

Ejemplos:

Proteasas: el sustrato son proteínas, rompen el enlace peptídico (tripsina, pepsina, quimotripsina, etc.):



Glicosidasas: el sustrato es un polisacárido (amilasa o lisozima, por ejemplo)



Lipasas: el sustrato es un lípido (fosfolipasa, por ejemplo)

Phospholipase A₂

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

CLASIFICACIÓN DE ENZIMAS

LIASAS

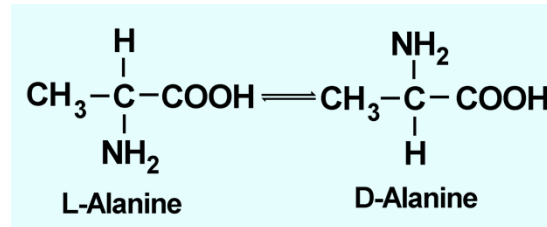
Catalizan reacciones de rotura no hidrolíticas; se rompe un enlace sin que participe el agua. Suelen implicar reordenamiento electrónico



ISOMERASAS

Catalizan reacciones de isomerización. Reordenamientos intramoleculares que no suponen un cambio neto en la composición química del sustrato, ni en la concentración de los otros componentes de la reacción

Ejemplo:



LIGASAS (o SINTETASAS)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



Cofactores enzimáticos

Apoenzima + cofactor = holoenzima

TABLE 8.2 Enzyme cofactors

Cofactor	Enzyme
Coenzyme	
Thiamine pyrophosphate	Pyruvate dehydrogenase
Flavin adenine nucleotide	Monoamine oxidase
Nicotinamide adenine dinucleotide	Lactate dehydrogenase
Pyridoxal phosphate	Glycogen phosphorylase
Coenzyme A (CoA)	Acetyl CoA carboxylase
Biotin	Pyruvate carboxylase
5'-Deoxyadenosyl cobalamin	Methylmalonyl mutase
Tetrahydrofolate	Thymidylate synthase
Metal	
Zn ²⁺	Carbonic anhydrase
Zn ²⁺	Carboxypeptidase
Mg ²⁺	<i>EcoRV</i>
Mg ²⁺	Hexokinase
Ni ²⁺	Urease
Mo	Nitrate reductase
Se	Glutathione peroxidase

Cartagena99

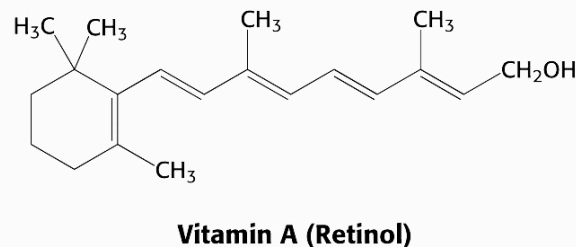
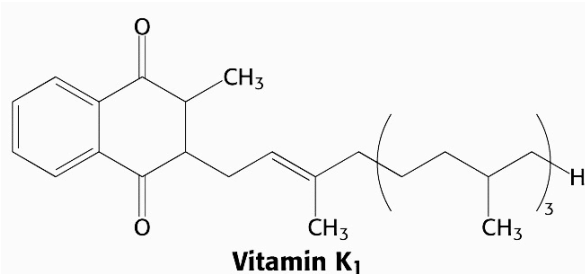
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Muchas coenzimas son o están directamente relacionados con las VITAMINAS

Vitaminas liposolubles

Vitamin	Function	Deficiency
A	Roles in vision, growth, reproduction	Night blindness, cornea damage, damage to respiratory and gastrointestinal tract
D	Regulation of calcium and phosphate metabolism	Rickets (children): skeletal deformities, impaired growth Osteomalacia (adults): soft, bending bones
E	Antioxidant	Inhibition of sperm production; lesions in muscles and nerves (rare)
K	Blood coagulation	Subdermal hemorrhaging



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Vitaminas hidrosolubles

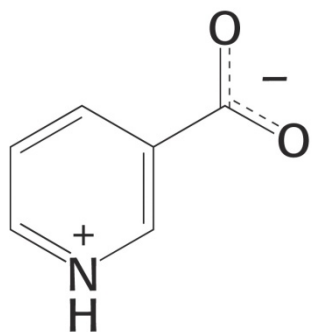
Vitamin	Coenzyme	Typical reaction type	Consequences of deficiency
Thiamine (B ₁)	Thiamine pyrophosphate	Aldehyde transfer	Beriberi (weight loss, heart problems, neurological dysfunction)
Riboflavin (B ₂)	Flavin adenine dinucleotide (FAD)	Oxidation–reduction	Cheliosis and angular stomatitis (lesions of the mouth), dermatitis
Pyridoxine (B ₆)	Pyridoxal phosphate	Group transfer to or from amino acids	Depression, confusion, convulsions
Nicotinic acid (niacin)	Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD ⁺)	Oxidation–reduction	Pellagra (dermatitis, depression, diarrhea)
Pantothenic acid	Coenzyme A	Acyl–group transfer	Hypertension
Biotin	Biotin–lysine complexes (biocytin)	ATP-dependent carboxylation and carboxyl-group transfer	Rash about the eyebrows, muscle pain, fatigue (rare)
Folic acid	Tetrahydrofolate	Transfer of one-carbon components; thymine synthesis	Anemia, neural-tube defects in development
B ₁₂	5'-Deoxyadenosyl cobalamin	Transfer of methyl groups; intramolecular rearrangements	Anemia, pernicious anemia, methylmalonic acidosis



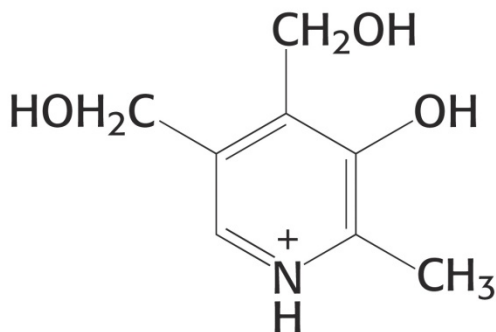
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

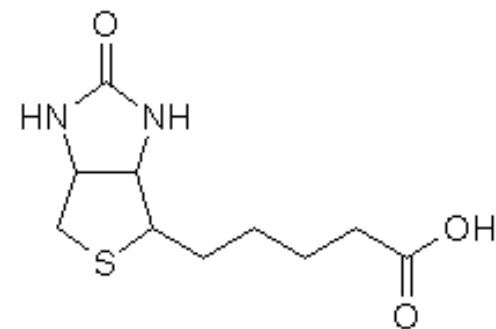
Estructuras de algunas vitaminas hidrosolubles



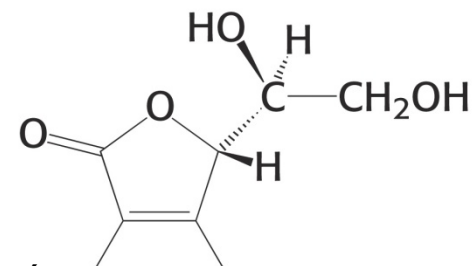
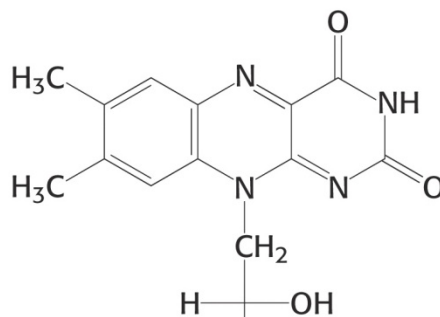
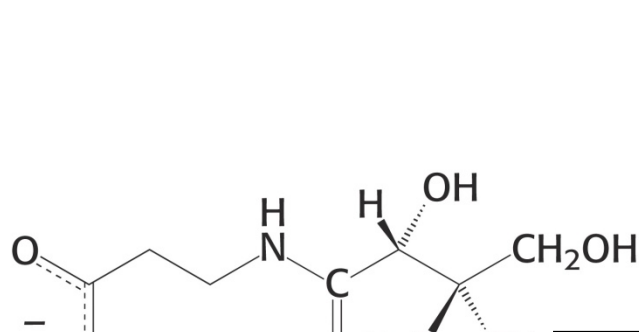
Vitamin B₃
(Niacin)



Vitamin B₆
(Pyridoxine)



Biotina



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

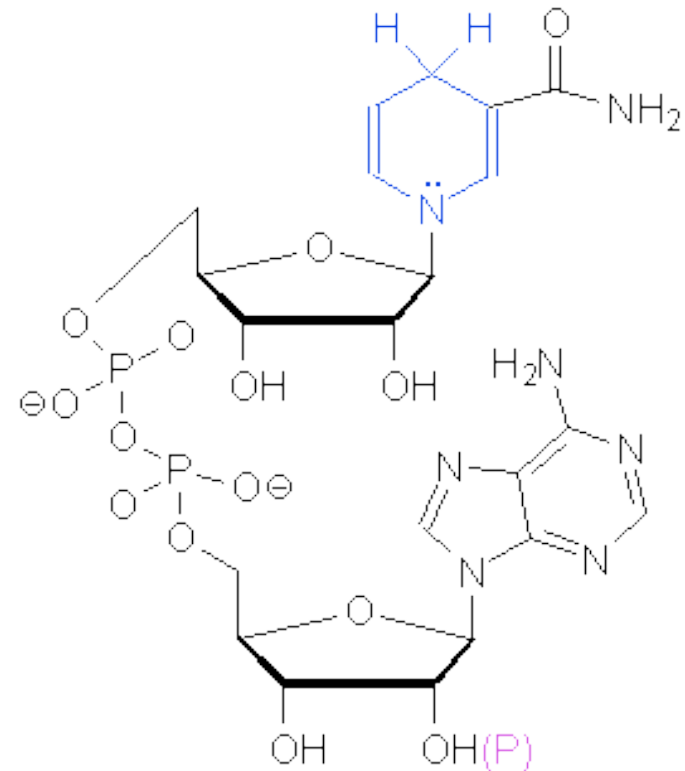
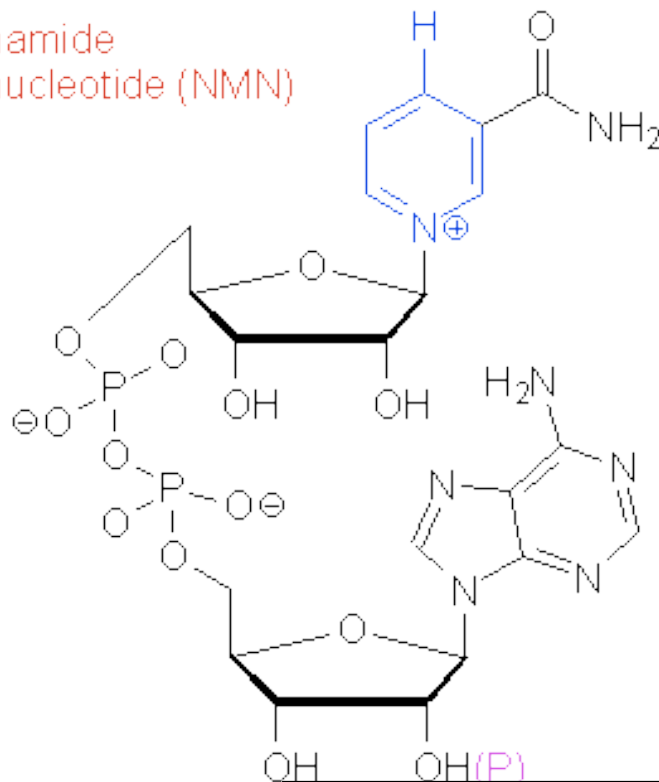
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

(Riboflavin)

Cartagena99

Estructura de las coenzimas NADH y NADPH

Nicotinamide mononucleotide (NMN)



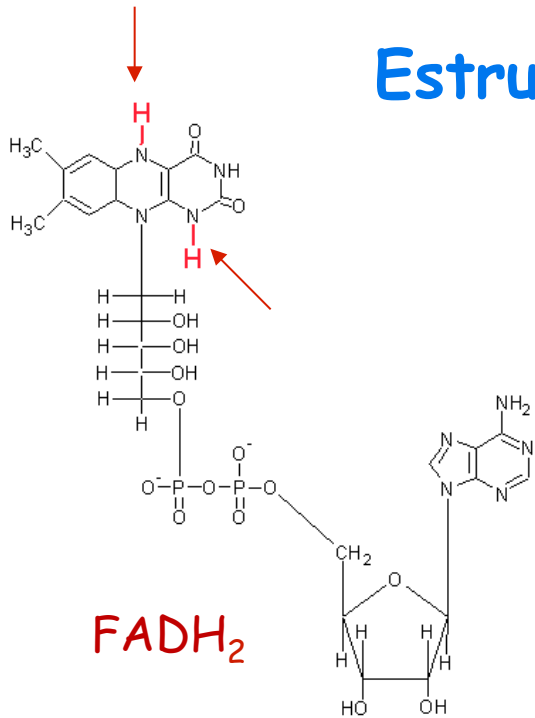
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

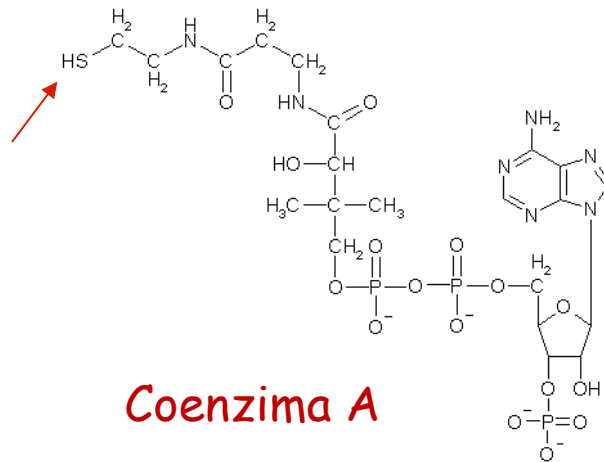
Relacionado con Niacina (Vit B₃)

Estructuras de otras coenzimas



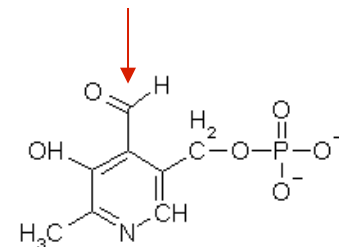
FADH₂

relac. con Riboflavina (Vit B₂)



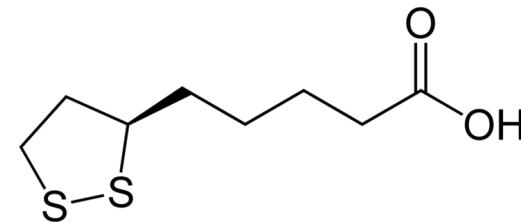
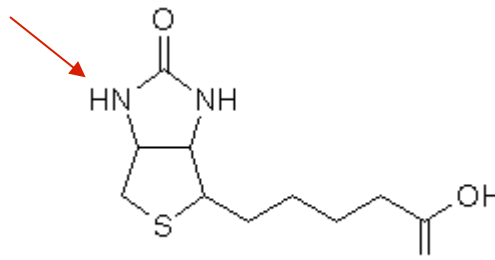
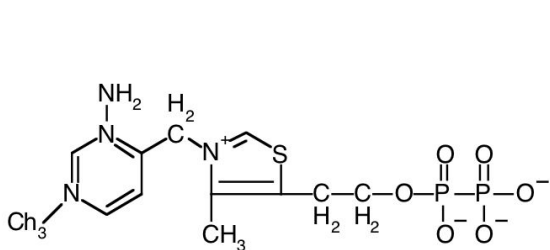
Coenzima A

relac. con ác. pantoténico (Vit B₅)



Fosfato de piridoxal

relac. con piridoxina (Vit B₆)



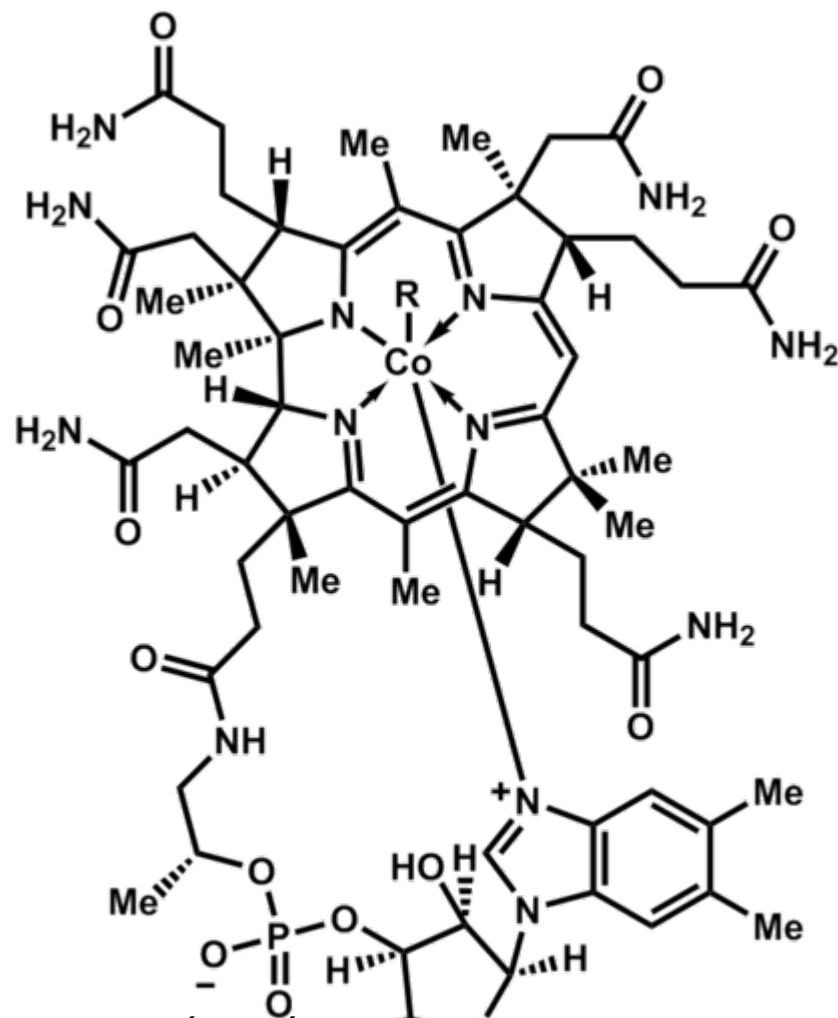
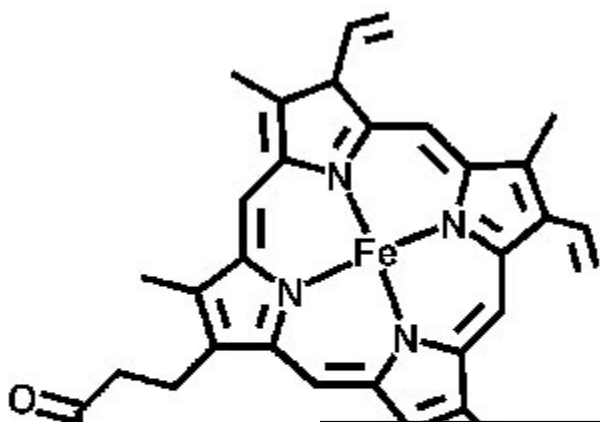
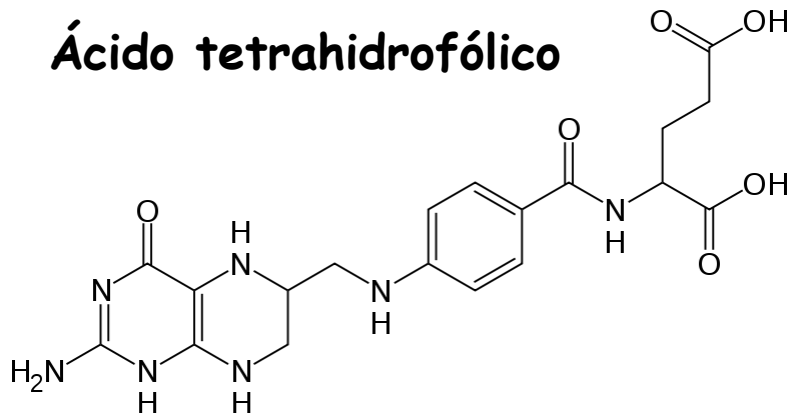
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Estructuras de otras coenzimas

Ácido tetrahidrofólico



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cobalamina
(Vitamina B₁₂)

Cartagena99

Especificidad enzimática: Capacidad de una enzima para discriminar entre dos sustratos distintos

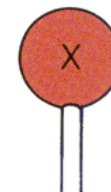
Absoluta: La enzima sólo es capaz de actuar sobre una molécula. Ej.: ureasa sólo reconoce a la urea como su sustrato.

Relativa: La enzima puede reconocer más de un sustrato distinto.

Especificidad relativa de Grupo: La enzima reconoce grupos moleculares. Ej.: Tripsina; capaz de hidrolizar enlaces peptídicos cuyo lado carboxilo lo forme o Lys o Arg. El grupo que requiere en el lado carboxilo es una cadena larga con carga positiva.

Especificidad relativa de Reacción: La enzima es capaz de catalizar una reacción concreta sobre un grupo dado, independientemente de las moléculas que aporten el grupo. Ej.: Fosfodiesterasas; capaces de hidrolizar casi cualquier enlace fosfodiéster, independientemente de dónde aparezca éste (RNA, DNA, ATP, Fosfo-Ser...)

Estereoespecificidad: La enzima reconoce una configuración espacial concreta, quiral e incluso proquiral, en virtud de la asimetría de su centro activo. Ej.: El citrato (con un centro proquiral) es transformado por la aconitasa en isocitrato, rindiendo sólo uno de los estereoisómeros posibles



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

EL CENTRO ACTIVO DE UNA ENZIMA

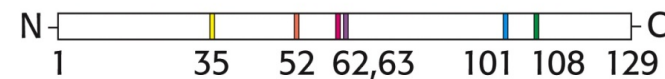
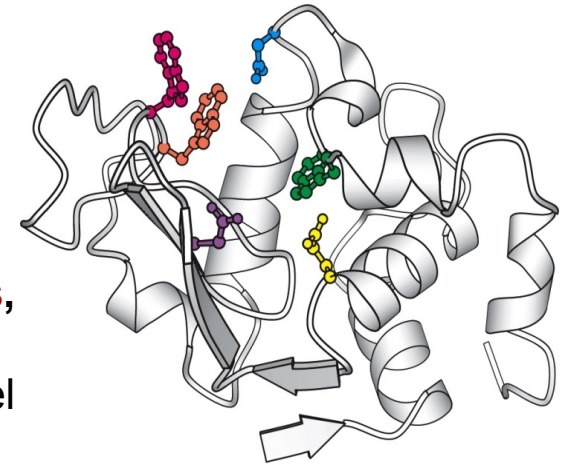
Localización tridimensional (asimétrica) que representa una **porción pequeña** del tamaño de la proteína

Suele incluir **residuos distantes** en la secuencia

Suele constituir un bolsillo o hendidura de **baja polaridad**, en la que al agua suele quedar excluida, salvo que participe en la reacción

Contiene residuos esenciales para la catálisis (**residuos catalíticos**, en el **centro catalítico**), que suelen ser polares (His, Lys, Arg, Asp, Glu, Ser,...), y residuos específicos para la correcta orientación del sustrato (**residuos de reconocimiento** en el **sitio de unión**)

La unión con el sustrato viene propiciada por numerosas **interacciones débiles** (pares iónicos, puentes de hidrógeno, fuerzas de van der Waals, interacciones hidrofóbicas), lo que implica **complementariedad** entre enzima y sustrato



Substrate



Substrate



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Modelo "llave-cerradura"

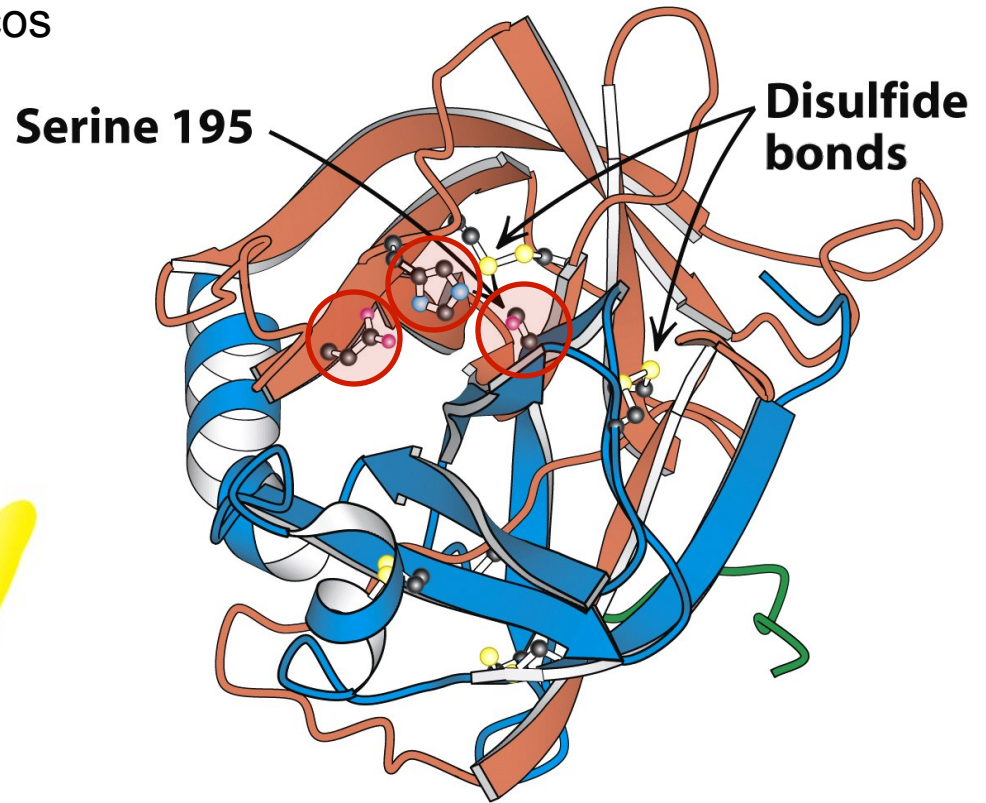
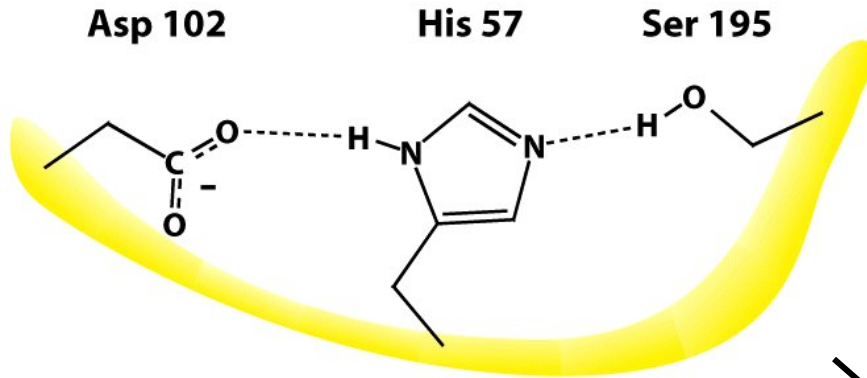
Modelo "ajuste inducido"

Quimotripsina: Ejemplo de una enzima bien conocida

Especificidad: Hidrólisis de enl. peptídicos cuyo lado carboxílico lo aporten residuos voluminosos e hidrofóbicos (Trp, Phe)

Centro catalítico: Serín-proteasa

Tríada catalítica



Alkoxide ion

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

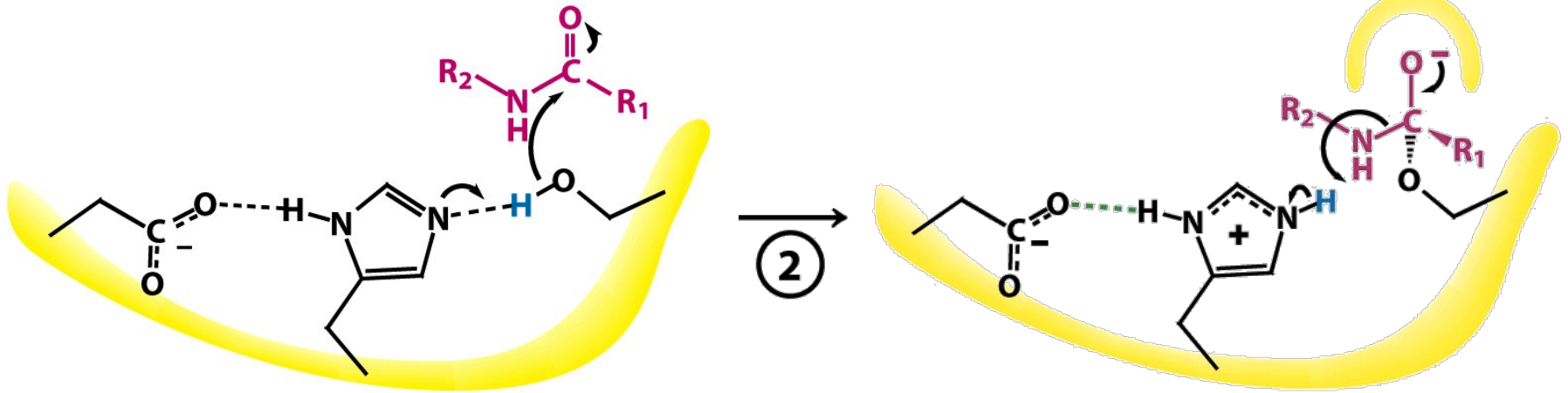
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

de la Ser-195, convirtiéndola en un

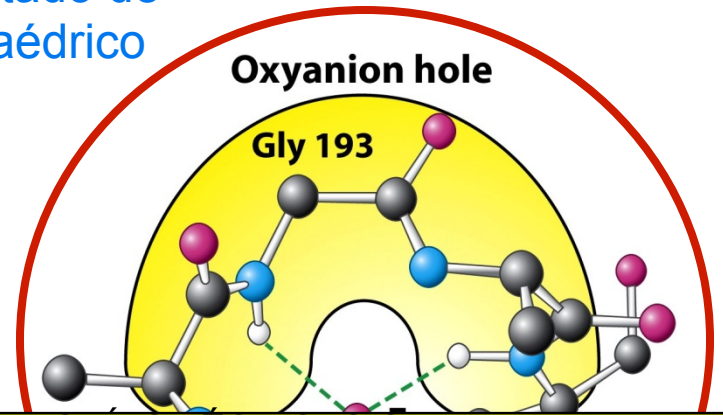
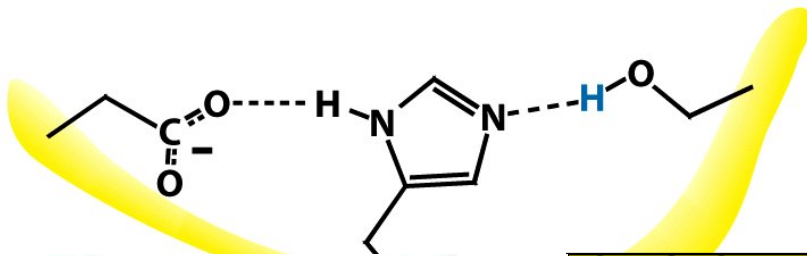
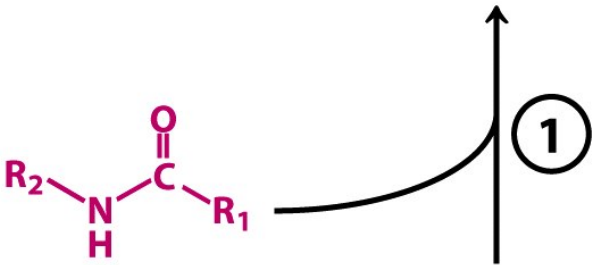
Quimotripsina: Ejemplo de una enzima bien conocida

Oxyanion hole



La cavidad del oxianión en el Centro Catalítico estabiliza el estado de transición tetraédrico

Tetrahedral intermediate



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

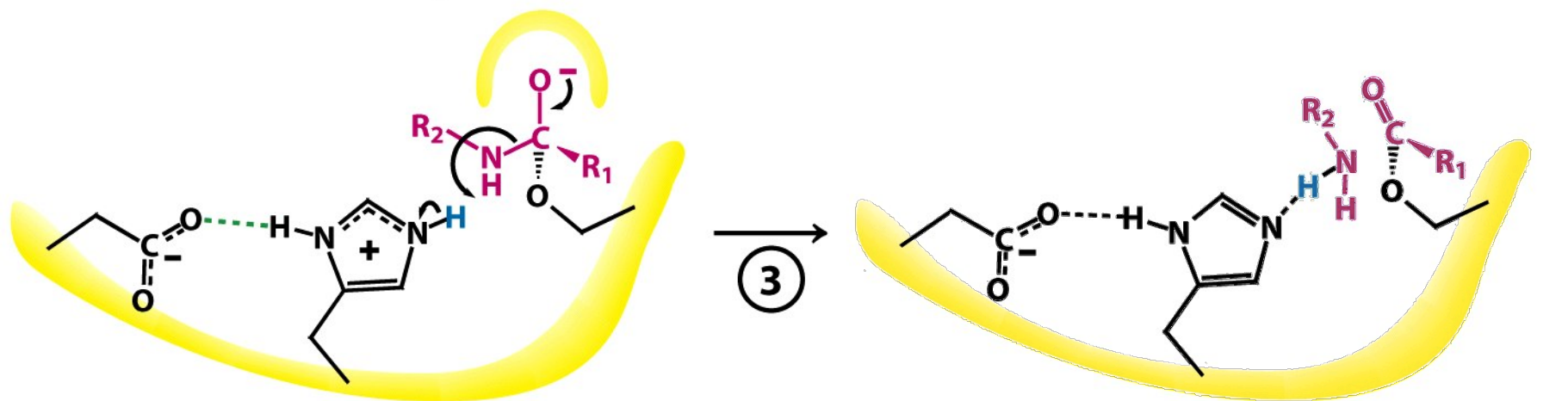
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

negativa del intermedio tetraédrico

información de Comercio Electrónico de 14 de julio de 2002.

Quimotripsina: Ejemplo de una enzima bien conocida

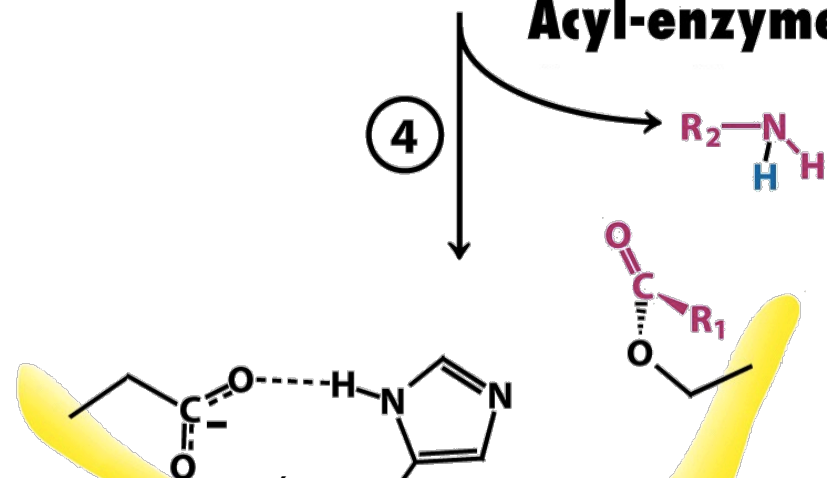
Oxyanion hole



Tetrahedral intermediate

Acyl-enzyme

4



La His de la tríada vuelve a actuar como catalizador básico, propiciando la formación de OH⁻ para el segundo ataque nucleófilo al carbonilo, con posterior formación del estado de transición tetraédrico, etc.

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

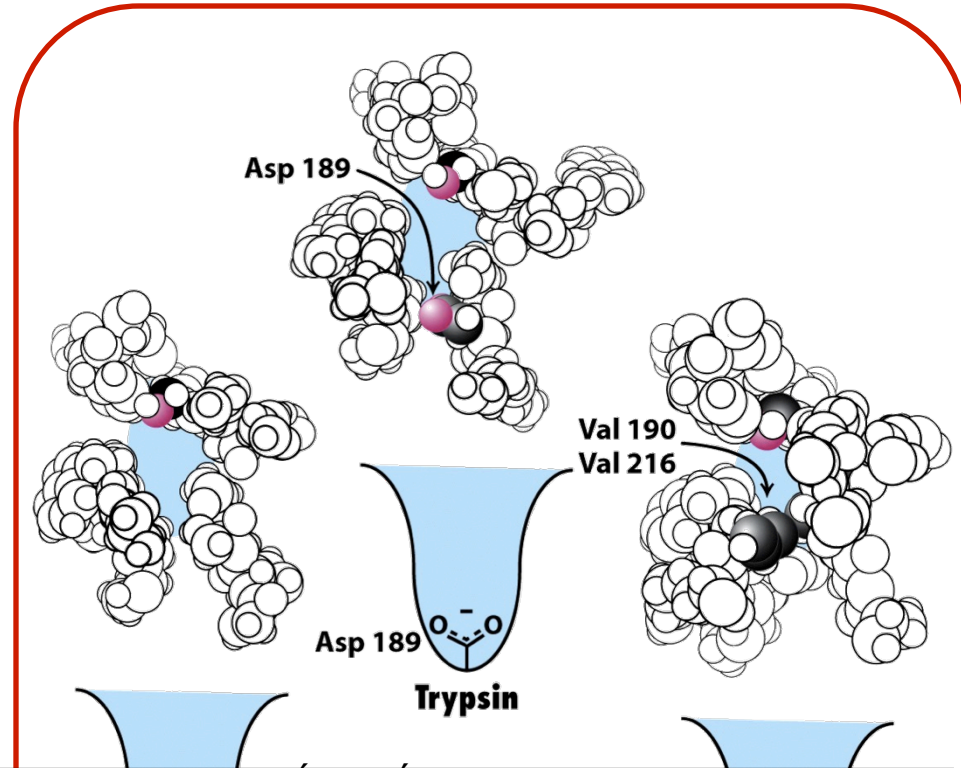
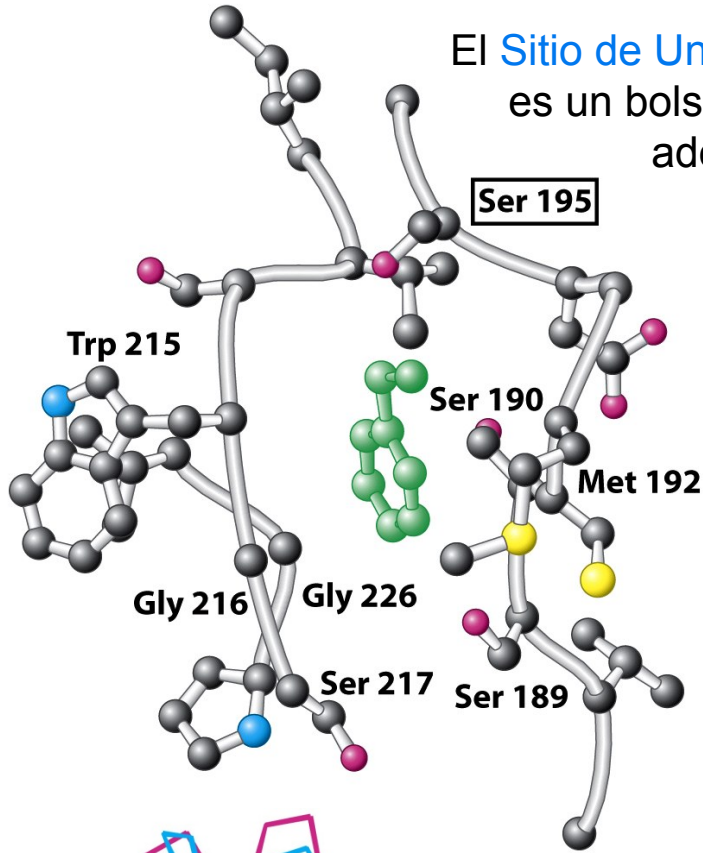
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

Acyl-enzyme

Quimotripsina: Ejemplo de una enzima bien conocida

El **Sitio de Unión** del sustrato, que explica la **Especificidad** de la enzima, es un bolsillo hidrofóbico (S_1). Al unirse a ese sitio la cadena lateral adecuada, el enlace peptídico queda correctamente presentado a la Ser-195 del **Centro Catalítico**



Otras Ser-proteasas (tripsina, elastasa), con prácticamente

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Tripsina:
le es aliada

Lys y Arg
bien y ser

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es falsa o lesiona bienes o derechos de un tercero haganoslo saber y será retirada.