

**Biocatàlisi**

Codi: 100997  
Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2500502 Microbiologia	OT	4	0

**Professor de contacte**

Nom: Josep Antoni Biosca Vaqué  
Correu electrònic: Josep.Biosca@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: català (cat)  
Grup íntegre en anglès: No  
Grup íntegre en català: Sí  
Grup íntegre en espanyol: No

**Equip docent**

Xavier Parés Casasampera

**Prerequisits**

No hi ha prerequisits oficials. De tota manera, part dels continguts de l'assignatura de 1r curs, Bioquímica, són necessaris per a poder seguir correctament l'assignatura.

**Objectius**

L'assignatura Biocatàlisi es centra en l'estudi dels enzims, les seves propietats i aplicacions. El coneixement dels enzims és clau en el marc de la Bioquímica, Biologia Molecular i ciències relacionades, atès el seu paper com a catalitzadors de les reaccions biològiques i les aplicacions en els processos biotecnològics.

L'assignatura analitza els enzims des de diferents perspectives: activitat, cinètica, mecanismes i aplicacions. L'objectiu general de l'assignatura és proporcionar els fonaments per a l'anàlisi, caracterització i ús dels enzims des de les perspectives de la recerca i de l'aplicació biotecnològica i biomèdica.

**Objectius concrets de l'assignatura:**

Coneixement de les característiques generals, classificació i mètodes d'assaig de l'activitat enzimàtica.

Anàlisi de la cinètica enzimàtica i determinació i significat dels paràmetres cinètics.

Coneixement de la inhibició enzimàtica i les seves aplicacions, especialment en el camp dels fàrmacs.

Anàlisi del centre actiu i coneixement dels mètodes de caracterització.

Anàlisi dels mecanismes enzimàtics i de regulació.

Aplicacions biomèdiques i biotecnològiques dels enzims.

**Competències**

- Aplicar els coneixements teòrics a la pràctica.
- Dissenyar experiments i interpretar-ne els resultats.
- Interpretar, a escala molecular, mecanismes i processos microbians.
- Obtenir, seleccionar i gestionar la informació.
- Reconèixer els diferents nivells d'organització dels éssers vius, especialment d'animals i plantes, la seva diversitat i les bases de la regulació de les seves funcions vitals, i identificar mecanismes d'adaptació a l'entorn.
- Utilitzar bibliografia o eines d'Internet, específiques de microbiologia i d'altres ciències afins, tant en llengua anglesa com en la llengua pròpia.

## Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar els mecanismes funcionals de l'equilibri hidrosalí i àcid-base de l'organisme animal.
2. Aplicar els coneixements teòrics a la pràctica.
3. Calcular i interpretar els paràmetres cinètics de les reaccions enzimàtiques mitjançant mètodes gràfics i utilitzant programes informàtics.
4. Conèixer i utilitzar les bases de dades d'enzims en relació amb l'activitat, les funcions biològiques i les aplicacions.
5. Dissenyar, executar i avaluar un protocol bàsic d'obtenció i purificació d'un enzim.
6. Dissenyar experiments i interpretar-ne els resultats.
7. Identificar els principals mecanismes d'inhibició enzimàtica, conèixer-ne el significat biològic i calcular-ne i interpretar-ne les constants corresponents.
8. Obtenir, seleccionar i gestionar la informació.
9. Saber avaluar la idoneïtat dels mètodes de determinació d'activitats enzimàtiques i establir les condicions experimentals d'assaig.
10. Saber explicar les bases estructurals i els principals mecanismes de catàlisi enzimàtica i la seva regulació.
11. Saber explicar les bases termodinàmiques de la catàlisi enzimàtica.
12. Saber obtenir informació sobre la base estructural dels enzims i els seus mecanismes en les principals bases de dades.
13. Utilitzar bibliografia o eines d'Internet, específiques de microbiologia i d'altres ciències afins, tant en llengua anglesa com en la llengua pròpia.

## Continguts

### Tema 1

Concepte de biocatàlisi. Perspectiva històrica. Factors a considerar en un procés de biocatàlisi: font del biocatalitzador i optimització del procés. Sistemes cel·lulars i enzimàtics: propietats.

### Tema 2

Propietats generals dels enzims: Concepte i significació biològica, química i pràctica. Definicions. Complex enzim-substrat. Disminució de l'energia d'activació. Estat de transició. Regulació. Cofactors enzimàtics. Classificació dels enzims.

### Tema 3

Obtenció i caracterització dels enzims. Fonts d'obtenció. Tècniques per a l'extracció d'enzims. Mètodes de determinació de l'activitat enzimàtica. Velocitat inicial: concepte, determinació, representació. Unitats d'activitat enzimàtica. Efecte de la concentració d'enzim.

### Tema 4

Cinètica enzimàtica. Reaccions amb un substrat. Efecte de la concentració de substrat: equació de Michaelis-Menten. Estat pre-estacionari i estat estacionari: conceptes. Hipòtesi d'estat estacionari: tractament de Briggs-Haldane. Estat pre-estacionari. Mètodes d'estudi. "Bursts" i "lags".

## **Tema 5**

Determinació de la  $K_M$  i de la  $V_{max}$ . Mètodes de Lineweaver-Burk i d'Eadie-Hofstee. Altres mètodes. Significat dels paràmetres cinètics  $k_{cat}$  i  $K_M$ . Concepte de  $k_{cat}/K_M$ : eficiència catalítica i especificitat enzimàtica. Equació de Michaelis-Menten per a reaccions reversibles: relació de Haldane.

## **Tema 6**

Inhibició de la catàlisi enzimàtica: tipus d'inhibidors. Inhibidors reversibles: inhibició competitiva i no competitiva; inhibició acompetitiva i mixta. Model general. Anàlisi gràfica dels diferents tipus d'inhibició. Determinació de les constants d'inhibició. Concepte de  $IC_{50}$  i la seva relació amb les constants d'inhibició. Inhibició per excés de substrat. Discriminació entre substrats competitius. Inhibidors pseudoirreversibles i inhibidors irreversibles. Utilització d'inhibidors com a fàrmacs. Marcadors per afinitat. Inhibidors suïcides.

## **Tema 7**

Reaccions amb més d'un substrat: notació de Cleland. Mecanisme de doble desplaçament (ping-pong); mecanisme seqüencial ordenat; mecanisme seqüencial estadístic. Tractament matemàtic i anàlisi gràfica. Mètodes per a la determinació del tipus de mecanisme. Intercanvi isotòpic i efecte isotòpic.

## **Tema 8**

Acció de la temperatura sobre la cinètica enzimàtica. Representació d'Arrhenius. Enzims d'organismes extremòfils. Efectes del pH sobre la cinètica enzimàtica. Ionització de residus essencials. Influència del pH sobre els paràmetres cinètics. Avaluació de les constants d'ionització. Identificació dels grups ionitzables implicats en els processos d'unió i catàlisi. Efectes del microentorn sobre el pK. Exemples

## **Tema 9**

Unió de lligands a proteïnes. Concepte i tipus de cooperativitat. Anàlisi de la cooperativitat. Unió de l'oxigen a l'hemoglobina. Models de cooperativitat. Model de Monod, Wyman i Changeux. Explicació dels efectes cooperatius homotròpics pel model MWC. Enzims al·lostèrics. Sistemes K i sistemes V. Model de Koshland, Nemethy i Filmer. Determinació del model de cooperativitat que segueix un determinat enzim. Exemple d'enzim amb regulació al·lostèrica: aspartat carbamil transferasa.

## **Tema 10**

Especificitat enzimàtica. El centre actiu, especificitat i estructura tridimensional. Definició de centre actiu. Característiques del centre actiu. Teories sobre l'acoblament entre l'enzim i el substrat. Teoria de Fisher (pany i clau). Teoria de Koshland ("induced fit" o acoblament induït). La hexoquinasa com a exemple d'acoblament induït. Hipòtesi de la unió a tres punts. Hipòtesi que impliquen tensió. Estabilització de l'estat de transició. Evidències que recolzen la teoria de l'estat de transició. Anticossos catalítics. Aplicacions dels anticossos catalítics

## **Tema 11**

El centre actiu. Identificació dels centres d'unió i de catàlisi. Marcatge amb una part del substrat. Utilització de substrats artificials. Modificació química amb inhibidors irreversibles específics. Marcadors per afinitat. Inhibidors suïcides, exemples amb interès farmacològic. Mutagènesi dirigida. Les serín-proteases: subtilisina. Comparació de la mutagènesi i el marcatge químic. Investigació de l'estructura tridimensional de proteïnes: raigs X, RMN, modelatge molecular. Invariabilitat evolutiva de residus d'aminoàcids. L'alcohol deshidrogenasa.

## **Tema 12**

Mecanismes de catàlisi. Introducció als mecanismes de l'acció enzimàtica. Catàlisi àcido-bàsica. Catàlisi covalent. Mecanisme de la subtilisina. Catàlisi amb ions metàl·lics. Mecanismes de l'alcohol deshidrogenasa i l'anhidrasa carbònica. Efecte de l'entorn: catàlisi electrostàtica. El lisozim. La superòxid dismutasa. Efectes de proximitat i orientació. Energètica de la catàlisi enzimàtica. Valors òptims de la  $K_M$ . La triosa fosfat isomerasa com enzim energèticament eficient.

### **Tema 13**

Cofactors enzimàtics i ribozims. Estructura i mecanisme de cofactors. Activitat catalítica del RNA: ribozims. Tipus de ribozims. El ribosoma és un ribozim. Significat biològic dels ribozims. Aplicacions dels ribozims.

### **Tema 14**

Regulació de l'activitat enzimàtica. Modificació de la concentració d'enzim. Regulació de la síntesi i degradació dels enzims. Mecanismes de degradació. Variació de la velocitat enzimàtica en funció de la concentració de substrat, producte i cofactors. Activació per precursor i retroinhibició. Significat funcional de la cooperativitat i el allostèricisme. Control unit a l'energia. Control hormonal. Isoenzims. Agrupacions multienzimàtiques. Complexos multienzimàtics. Sistemes lligats a membranes. Enzims multifuncionals. Polimerització-despolimerització. Unió a altres proteïnes. Modificació covalent irreversible. Modificació covalent reversible. Sistemes de cascada enzimàtica. Regulació de la fotosíntesi. Regulació de les vies metabòliques.

### **Tema 15**

Enzims en bioquímica clínica i biotecnologia. Enzims com agents terapèutics. Enzims indicadors de patologies. Enzims plasmàtics. Origen dels enzims plasmàtics. Factors que afecten els nivells dels enzims plasmàtics. Exemples d'enzims amb interès diagnòstic. Aminotransferases. Creatina quinasa. Lactat deshidrogenasa. Indicadors de l'infart de miocardi. Enzims com a reactius en bioquímica clínica. Enzims i errors congènits del metabolisme, exemples. Enzims en la indústria. Producció en gran escala d'enzims. Aplicacions: fàrmacs, indústria alimentària, detergents, indústria tèxtil. Enzims immobilitzats. Enzims com a biosensors

### **Tema 16**

Mètodes per millorar la biocatàlisi. Disseny i síntesi de nous catalitzadors. Evolució dirigida. Generació de mutants. Selecció i "screening" de l'activitat enzimàtica desitjada. Redisseny d'enzims per a modificar la seva termoestabilitat i enantioselectivitat.

### **Classes de Problemes.**

Els problemes que es proposen fan referència a alguns aspectes del temari, emfatitzant la determinació de paràmetres cinètics en diferents situacions: presència d'inhibidors, reaccions bisubstrat, preparacions no homogènies, etc. Els enunciats dels problemes es lliuraran a través del Campus Virtual amb antelació a les classes de problemes en les que es resolguin.

### **Pràctiques.**

Aplicar diferents metodologies dirigides a l'obtenció i caracterització d'un biocatalitzador sobreexpressat en llevat (*Saccharomyces cerevisiae*), a l'anàlisi de l'estereoespecificitat de la reacció, així com a la utilització de "software" per a càlculs cinètics. Utilització d'un programa informàtic per estudiar la estructura dels enzims.

## **Metodologia**

L'assignatura de Biocatàlisi consta de classes teòriques, classes de problemes i classes de pràctiques. També es faran dos lliuraments pel campus virtual.

A continuació es descriu l'organització i la metodologia docent que es seguirà en aquestes activitats.

### **Classes de teoria:**

El contingut del programa de teoria serà impartit principalment pels professors en forma de classes magistrals amb suport audiovisual. Les presentacions utilitzades a classe pels professors estaran a disposició dels alumnes al Campus Virtual de l'assignatura abans de l'inici de cadascun dels temes. Aquestes sessions expositives constituïran la part més important de l'apartat de teoria. És recomanable que els alumnes disposin

del material publicat al Campus Virtual en forma impresa per tal de poder seguir les classes amb més comoditat. S'aconsella que els alumnes consultin de forma regular els llibres recomanats a l'apartat de Bibliografia d'aquesta guia docent per tal de consolidar i clarificar, si és necessari, els continguts explicats a classe. També és aconsellable que els alumnes utilitzin els enllaços indicats al Campus Virtual, que contenen vídeos i animacions relacionats amb els processos explicats a classe.

### **Classes de resolució de problemes:**

Hi haurà 5 sessions de problemes que es dedicaran a la resolució dels tipus de problemes més relacionats amb els continguts del programa de teoria. Es pretén que aquestes classes serveixin per consolidar els continguts prèviament treballats a les classes de teoria i també perquè l'alumne es familiaritzi amb algunes de les estratègies experimentals, amb la interpretació de dades científiques i la resolució de problemes basats en situacions experimentals reals.

Els enunciats dels problemes es lliuraran a través del Campus Virtual amb antelació a la classe de problemes en la que s'hagin de tractar.

### **Classes de pràctiques:**

Hi haurà 3 sessions de 4 hores, amb el contingut següent:

- 1.- Determinació de l'activitat de l'enzim Bdh1p en extractes de llevat que estan sobreexpressant aquest enzim. Càlcul de l'activitat en U/mL d'extracte.
- 2.- Determinació dels paràmetres cinètics per l'enzim Bdh1p enfront diferents substrats. Preparar barreges de reacció enfront diferents substrats.
- 3.- Separació de substrats i productes de les barreges de reacció per extracció amb dissolvent orgànic. Caracterització dels substrats i productes de la reacció de Bdh1p mitjançant la separació dels mateixos en una columna quiral ubicada en un cromatògraf de gasos.
- 4.- Utilització d'un programa informàtic per a la determinació dels paràmetres cinètics de Bdh1p. Anàlisi de diferents patrons d'inhibició. Utilització d'un programa informàtic per estudiar la estructura dels enzims.

### **Lliuraments pel Campus Virtual:**

**Durant el curs es faran dos lliuraments a través del Campus Virtual sobre alguns aspectes tractats a les classes de teoria.**

### **Tutories**

Es realitzarà una sessió de tutoria del grup classe abans de les proves parcials 1 i 2 i, a petició dels alumnes, tutories individuals. En el cas que el nombre de sol·licituds sigui elevat es realitzaran, de manera addicional, tutories d'aula que s'anunciarien oportunament a través del Campus Virtual. L'objectiu d'aquestes sessions serà el de resoldre dubtes, repassar conceptes bàsics i orientar sobre les fonts d'informació consultades.

### **Material disponible al Campus Virtual de l'assignatura:**

Presentacions utilitzades pel professor a classes de teoria.

Enunciats dels problemes.

Protocol de les classes pràctiques.

Calendari de les activitats docents (classes d'aula, tutories i avaluacions).

### **Activitats formatives**

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
-------	-------	------	--------------------------

<b>Tipus: Dirigides</b>			
Classes de pràctiques	12	0,48	2, 3, 4, 6, 7, 8
Classes de resolució de problemes	5	0,2	3, 4, 5, 7
Classes de teoria	35	1,4	4, 5, 7, 8, 9, 10, 11
<b>Tipus: Supervisades</b>			
Tutories en grup	2	0,08	7, 8, 10, 11
<b>Tipus: Autònomes</b>			
Estudi	37	1,48	1, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 13
Lliuraments pel Campus Virtual	4	0,16	4, 8, 9, 13
Realització de la memòria de pràctiques	11	0,44	2, 4, 6, 8, 9, 12, 13
Resolució de problemes	15	0,6	3, 4, 5, 7, 8, 9, 13

## Avaluació

### Resolució de qüestions de teoria (6.5/10)

- L'avaluació d'aquesta activitat es realitzarà mitjançant dues proves escrites en les que l'alumne ha de demostrar el seu grau d'assoliment dels conceptes teòrics.
- Cadascuna de les proves tindrà un pes global del 32.5%. La primera estarà programada a mitjans del semestre i la segona a finals del semestre. Les dues proves inclouran preguntes curtes relacionades amb les classes de teoria.
- El dia de l'examen final, aquells alumnes que no hagin superat alguna de les dues proves parcials o vulguin millorar la seva qualificació podran realitzar la prova corresponent. La realització d'aquesta nova prova suposa la renúncia a la primera qualificació.

### Resolució de problemes (1/10)

El dia de la segona prova parcial s'hauran de resoldre tres problemes dels tipus tractats a les classes de problemes. El resultat d'aquesta prova tindrà un pes global del 10%. El dia de l'examen final, aquells alumnes que vulguin millorar la nota de problemes podran realitzar una prova de recuperació. La realització d'aquesta nova prova suposa la renúncia a la primera qualificació.

### Lliuraments pel Campus Virtual (1/10)

Es faran durant el curs dos lliuraments relacionats amb el contingut donat a les classes de teoria, que es resoldran per grups de dos persones.

### Assistència a les classes pràctiques i realització de la memòria (1.5/10).

S'avaluarà l'actitud de l'alumne al laboratori, puntualitat, portar el material adient com bata, ulleres de protecció i el guió de practiques (prèviament treballat a casa), així com el seu treball al laboratori. L'alumne entregarà una memòria de pràctiques el dia fixat pel professor en la que haurà respòs les qüestions plantejades. L'avaluació de l'actitud suposarà el 25% de la nota i l'avaluació de la memòria presentada l'altre 75% del total de la nota.

Per aprovar l'assignatura es requereix que la nota de teoria + la nota de problemes + la nota de pràctiques sumin un mínim de 5 punts de 10 possibles.

La qualificació de "No Avaluable" s'aplicarà als alumnes que hagin realitzat un nombre de proves d'avaluació amb les que no puguin assolir un 50% de la nota màxima.

## Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Assistència a classes pràctiques i realització de la memòria	15	19	0,76	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 13
Lliuraments pel Campus virtual	10	4	0,16	4, 8, 9, 12
Prova de problemes	10	2	0,08	3, 5, 7, 9
Proves parcials de teoria	65	4	0,16	5, 7, 9, 10, 11

## Bibliografia

### Obres específiques

-**Biocatalysis. Fundamentals and applications (2004).** A. S. Bommarius, B. R. Riebel. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.

-**Industrial Enzymes. Structure, Function and Applications (2007).** Ed. J. Polaina and A.P. MacCabe. Springer.

-**Introduction to Biocatalysis using enzymes and microorganisms (1995).** S. M. Roberts, N.T. Turner, A.J. Willets i M.K. Tumer. Cambridge University Press.

-**Structure and Mechanism in Protein Science. A guide to Enzyme Catalysis and Protein Folding (1998).** A. Fersht. W.H. Freeman & Company.

-**Enzyme kinetics. Principles and methods (2008) 3rd. Ed. H. Bisswanger Wiley-VCH. Weinheim.**

-**Fundamentals of Enzyme Kinetics. A. Cornish-Bowden (2014). 4th edition. Wiley-Blackwell.**

-**Fundamentals of Enzymology (1999) 3rd ed. Price, N.C., Stevens, L. Oxford University Press. Oxford.**

-**Enzymes Assays. A Practical Approach. R. Eisenthal and M. J. Danson (2002) 2nd ed. Oxford University Press.**

-**Enzimología. I. Núñez de Castro (2001). Ediciones Pirámide (Anaya).**

-**Biotransformations in Organic Chemistry. 4th ed. K. Faber (2000). Ed. Springer**

-**Evaluation of enzyme inhibitors in drug discovery. R. A. Copeland (2005). Wiley Interscience. John Wiley & Sons, Inc. Publication.**

### Obres Generals

- Horton, H.R., Moran, L.A., Scrimgeour, K.G., Perry M.D. and Rawn, J.D. "Principios de Bioquímica". 2008. 4ª ed. Prentice-Hall. Pearson Educación. México.

- Mathews, C. K. and van Holde, K. E. "Bioquímica". 2002, 3ª ed. Addison/Wesley. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid.

- Nelson, D.L. and Cox, M.M. "Lehninger Principios de Bioquímica". 2008, 5ª ed. Omega. Barcelona.

- Nelson, D.L. and Cox, M.M. "Lehninger Principles of Biochemistry". 2008, 5ª ed. Freeman, New York
- Berg, J.M., Tymoczko, J.L, Stryer, L "Biochemistry" (2012). 7ª ed. Freeman, New York
- Voet, D., Voet, J.G. "Biochemistry" (2010), 4ª ed. Wiley
- Voet, D., and Voet, J.G. "Bioquímica". 2006, 3ª ed. Ed.Médica Panamericana. Barcelona

**Enllaços Web**

**Estaran actualitzats al campus Virtual de l'assignatura.**