

Biocatàlisi

Codi: 100997
Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2500502 Microbiologia	OT	4	0

Professor/a 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

Prerequisits

No hi ha prerequisits oficials. De tota manera, part dels continguts de les assignatures de 1r curs, Bioquímica i Laboratori Integrat 1 i de la de segon, Laboratori Integrat 3, 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 experiments i interpretar-ne els resultats.
6. Dissenyar, executar i avaluar un protocol bàsic d'obtenció i purificació d'un enzim.
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. Introducció a la biocatàlisi.

Concepte de biocatàlisi. Mercat i utilització dels biocatalitzadors. Prejudicis en la utilització d'enzims. Perspectiva històrica. Onades d'innovació en la biocatàlisi. Avantatges i inconvenients dels biocatalitzadors. Diferents tipus de processos de biocatàlisi. Sistemes cel·lulars i enzimàtics: propietats. Factors a considerar en un procés de biocatàlisi: font del biocatalitzador i optimització del procés.

Tema 2. Propietats, classificació i nomenclatura dels enzims.

Propietats generals dels enzims: Concepte i significació biològica, química i pràctica. Definicions. Complex enzim-substrat. Disminució de l'energia d'activació. Estat de transició. Cofactors enzimàtics. Nomenclatura i classificació dels enzims. Bases de dades amb informació d'enzims.

Tema 3. Mètodes de determinació de l'activitat enzimàtica i d'obtenció d'enzims.

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. Anàlisi de la cinètica enzimàtica.

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. Reaccions enzimàtiques amb més d'un complex intermedi enzim-substrat.

Tema 5. Determinació dels paràmetres cinètics.

Determinació dels paràmetres cinètics. Mètodes amb representacions lineals: Lineweaver-Burk, Eadie-Hofstee i Hanes-Woolf. Altres mètodes. Significat dels paràmetres cinètics k_{cat} , K_M i k_{cat}/K_M . Equació de Michaelis-Menten per a reaccions reversibles: relació de Haldane.

Tema 6. Inhibició de la catàlisi enzimàtica.

Inhibició de la catàlisi enzimàtica: tipus d'inhibidors. Inhibidors reversibles: inhibició competitiva, inhibició acompetitiva i mixta (inclou la inhibició no competitiva). 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. Marcadors per afinitat. Inhibidors suïcides. Utilització d'inhibidors com a fàrmacs.

Tema 7. Anàlisi de la cinètica enzimàtica en reaccions amb més d'un substrat.

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

Tema 8. Cinètica dels estats efímers o fugaços ("transients").

Característiques dels mètodes de cinètica ràpida. Mètodes de mescla: flux continu ("continuous flow"), flux detingut ("stopped-flow") i flux extingit ("quenched-flow"). Mètodes de relaxació: salt de temperatura (T-jump), salt de pressió (P-jump). Anàlisi del "Burst" d'una reacció: determinació de la concentració de centres actius. "Bursts" i "lags".

Tema 9. Efecte del pH i de la temperatura en les reaccions enzimàtiques.

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 de ionització. Identificació dels grups ionitzables implicats en els processos d'unió i catàlisi. Efectes del microentorn sobre el pK.

Tema 10. Cooperativitat i al·lostèricisme.

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 11. 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 12. Estudi del centre actiu.

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 serina-proteases: subtilisina. Comparació de la mutagènesi i el marcatge químic. Investigació de l'estructura tridimensional de proteïnes: raigs X, RMN, modelatge molecular. L'alcohol deshidrogenasa. Endonucleases de restricció. Mecanismes "editorials" i de correcció d'errors: aminoacil-tRNA sintetases.

Tema 13. Mecanismes de catàlisi enzimàtica.

Mecanismes de catàlisi. Introducció als mecanismes de l'acció enzimàtica. Catàlisi àcido-bàsica. Catàlisi covalent. Piridoxal fosfat. Catàlisi amb ions metàl·lics. Mecanismes de l'alcohol deshidrogenasa i l'anhidrasa carbònica. Efecte de l'entorn: catàlisi electrostàtica. El lisozim. Mecanisme de la subtilisina. La superòxid dismutasa. Efectes de proximitat i orientació. Canalització d'intermediaris. Enzims multifuncionals. Enzims amb funcions addicionals no enzimàtiques "moonlighting enzymes".

Tema 14. Cofactors i ribozims.

Cofactors i ribozims. Activitat catalítica del RNA. Tipus de ribozims. El ribosoma és un ribozim. Significat biològic dels ribozims. Aplicacions dels ribozims.

Tema 15. Regulació de l'activitat enzimàtica.

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 al·losterisme. Control hormonal. Isoenzims. Polimerització-despolimerització. Unió a altres proteïnes. Modificació covalent irreversible. Modificació covalent reversible. Sistemes de cascada enzimàtica.

Tema 16. Aplicacions biomèdiques i biotecnològiques dels enzims.

Enzims en bioquímica clínica i biotecnologia. Enzims com agents terapèutics. Enzims indicadors de patologies. 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 17. Evolució dirigida.

Mètodes per millorar la biocatàlisi. Disseny i síntesi de nous catalitzadors. Evolució dirigida. Generació de mutants. Selecció i cribratge de l'activitat enzimàtica desitjada. Re-disseny d'enzims per a modificar la seva termoestabilitat i enantioselectivitat. Evolució adaptativa al laboratori.

PROBLEMES

Hi haurà cinc sessions de resolució de problemes, en les que es plantejaran problemes de purificació d'enzims, determinació de paràmetres cinètics en absència i presència d'inhibidors, així com caracterització de mecanismes d'inhibició i elucidació dels mecanismes de reaccions bi-substrat.

Lliurament de treballs en grup (pel Campus Virtual)

Durant el curs es realitzaran dos lliuraments (a través de la plataforma del campus virtual) de temàtiques relacionades amb temes tractats a classe. Es podran fer per grups de dos o tres persones.

PRÀCTIQUES

S'organitzen en 2 sessions de 4 hores, una sessió d'una hora i una sessió de tres hores.

Programa: Caracterització d'un enzim sobreexpressat en el llevat (*Saccharomyces cerevisiae*). Anàlisi de l'estereoespecificitat de la reacció envers diferents substrats emprant cromatografia de gasos. Determinació dels paràmetres cinètics en condicions d'estat estacionari, emprant "software" específic. Utilització d'un programa informàtic per estudiar la estructura de les proteïnes.

Metodologia

L'assignatura de Biocatàlisi consta de classes teòriques, lliurament de treballs pel campus virtual, classes de problemes i classes de pràctiques. 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 en forma de classes magistrals amb suport audiovisual. Les presentacions utilitzades a classe 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.

Lliurament de treballs en grup:

Aquesta activitat pretén treballar la competència del treball en equip, mitjançant l'organització de l'alumnat en grups de treball en els que tots els membres hauran de participar activament en la redacció i presentació dels treballs.

La metodologia d'aquesta activitat serà la següent:

A l'inici del curs els alumnes s'organitzaran en grups de dos o tres persones, inscrivint els grups a través del Campus Virtual abans de la data límit indicada pel professor (vegeu Programació de l'assignatura). Els grups treballaran els temes indicats per a aquesta activitat fora de l'horari de classe. Els treballs es lliuraran a través del Campus Virtual. La qualificació obtinguda serà aplicable a tots els membres del grup de treball al que pertanyi l'alumne.

Els enunciats dels lliuraments es publicaran a través del Campus Virtual on també s'indicaran les dates d'entrega.

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 2 sessions de 4 hores, una sessió de una hora i una sessió de tres hores, amb el contingut següent:

- 1.- Determinació de l'activitat de l'enzim Bdh1p en extractes de llevat (que sobre-expressen aquest enzim). Càlcul de l'activitat en U/mL d'extracte, enfront diferents substrats.
- 2.- Determinació dels paràmetres cinètics per l'enzim Bdh1p enfront acetoïna. Preparació de barreges de reacció amb diferents substrats. Determinació de les velocitats inicials enfront acetoïna i determinació dels paràmetres cinètics amb un full de càlcul.
- 3.- Separació de substrats i productes de les barreges de reacció per extracció amb acetat d'etil. 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.

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. Lliuraments. 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
Tipus: Dirigides			
Classes de pràctiques	12	0,48	2, 3, 4, 5, 7, 8
Classes de resolució de problemes	5	0,2	3, 4, 6, 7
Classes de teoria	35	1,4	4, 6, 7, 8, 9, 10, 11
Tipus: Supervisades			
Tutories en grup	2	0,08	7, 8, 10, 11
Tipus: Autònomes			
Estudi	43	1,72	1, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 13
Lliuraments pel Campus Virtual	5	0,2	4, 8, 9, 13
Realització de la memòria de pràctiques	20	0,8	2, 4, 5, 8, 9, 12, 13
Resolució de problemes	22	0,88	3, 4, 6, 7, 8, 9, 13

Avaluació

Proves parcials de teoria. Avaluació individual (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 25%. 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.

Prova de problemes. Avaluació individual (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%.

Lliuraments pel Campus Virtual. Avaluació grupal (2,5/10). Aquesta activitat no és recuperable.

Es faran durant el curs dos lliuraments relacionats amb el contingut donat a les classes de teoria. Els treballs elaborats en grups de 2-3 persones es lliuraran a través del Campus Virtual. Per a la valoració es tindrà en compte no tant sols la resolució correcta del treball sinó també el seu plantejament i presentació. Tot el grup rebrà la mateixa qualificació.

Si es considera necessari el professor podrà sol·licitar que s'empleni de manera individual un qüestionari referent a la feina del grup. Tot i que els resultats d'aquest qüestionari no tindran d'entrada un pes específic en la qualificació de l'assignatura, en cas de detectar valoracions negatives d'una persona per part de la resta de membres del seu grup que demostrin que no ha participat en el treball, la qualificació obtinguda pel grup no se li aplicarà o bé se li podrà reduir.

Assistència a les classes pràctiques i realització de la memòria. Avaluació grupal (1,5/10). Aquesta activitat no és recuperable.

L'alumne haurà de portar el material adient com bata, ulleres de protecció i el guió de pràctiques (prèviament treballat a casa). S'avaluarà l'actitud de l'alumne al laboratori, així com el seu treball. 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.

Avaluació global de l'assignatura.

L'avaluació global de l'assignatura inclourà les qualificacions de les dues proves parcials de teoria, la prova de problemes, la qualificació dels lliuraments treballats en grup i la qualificació de les pràctiques de laboratori. Sobre un total de 10 punts caldrà obtenir una qualificació global igual o superior a 5 punts per al total de l'avaluació de la assignatura.

Les persones que, per causa justificada i havent rebut l'autorització prèvia del professor, no formin part de cap grup de treball no hauran pogut demostrar la superació d'algunes competències i resultats d'aprenentatge de l'assignatura. En aquest cas, la qualificació màxima que podran obtenir en l'assignatura serà de 7,5 punts sobre 10.

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

Prova de recuperació.

Per participar a la recuperació, l'alumnat ha d'haver estat prèviament avaluat en un conjunt d'activitats el pes de les quals equivalgui a un mínim de dues terceres parts de la qualificació total de l'assignatura o mòdul. Per tant, l'alumnat obtindrà la qualificació de "No Avaluable" quan les activitats d'avaluació realitzades tinguin una ponderació inferior al 67% en la qualificació final.

El dia de la prova de recuperació, hi haurà una prova de recuperació del primer parcial, una altra del segon parcial i una altra de problemes. L'alumnat es pot presentar a qualsevol d'elles. En el cas de voler millorar la qualificació, l'alumnat també es podrà presentar a qualsevol de les proves: la realització d'aquesta nova prova (o proves) suposa la renúncia a la primera qualificació.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Assistència a classes pràctiques i realització de la memòria	15	0	0	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13
Lliuraments pel Campus virtual	25	0	0	4, 8, 9, 12
Prova de problemes	10	2	0,08	3, 6, 7, 9
Proves parcials de teoria	50	4	0,16	6, 7, 9, 10, 11

Bibliografia

Obres específiques

- Biocatalysis. Fundamentals and applications (2004). A. S. Bommarius, B. R. Riebel. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Accès on line UAB:

https://cataleg.uab.cat/iii/encore/record/C__Rb2008692__Sbommarius__Orightresult__U__X4?lang=cat&suite=de

- Biocatalysis. Biochemical Fundamentals and Applications (2018). P. Grunwald. World Scientific. 2nd Edition.

- Biotransformations in Organic Chemistry. 6th ed. K. Faber (2011). Ed. Springer. Accès on line UAB:

https://cataleg.uab.cat/iii/encore/record/C__Rb2038210__Skurt%20faber__Orightresult__U__X4?lang=cat&suite=de

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

- Enzyme Kinetics: Principles and Methods, Third, enlarged and improved Edition. Bisswanger, H. 2017. WileyVCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Accès on line UAB:

https://cataleg.uab.cat/iii/encore/record/C__Rb2033620__Sbisswanger__Orightresult__U__X4?lang=cat&suite=de

- Enzymes: Biochemistry, Biotechnology, Clinical Chemistry. Palmer, T., Bonner, P. 2nd ed. 2007. Elsevier. Accès on line UAB:

https://cataleg.uab.cat/iii/encore/record/C__Rb1962824__Spalmer%20and%20bonner__Orightresult__U__X2?lan

- Evaluation of enzyme inhibitors in drug discovery. R. A. Copeland (2013). 2nd ed. Wiley Interscience. John Wiley & Sons.

- Fundamentals of Enzyme Kinetics. A. Cornish-Bowden (2012). 4th edition. Wiley-Blackwell.

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

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

Obres Generals

- "Biochemistry" (2019). Berg, J.M., Tymoczko, J.L, Gatto, Jr., Stryer, L 9^a ed. MacMillan International. New York

- "Biochemistry" (2013), Mathews, C. K., van Holde, K. E., Appling, D., Anthony-Cahill, S. 4^a ed. Pearson Education. Upper Saddle River.

- "Biochemistry" (2011). Voet, D., and Voet, J.G. 4^a ed. Ed.Wiley. London.

- "Bioquímica" (2013). Mathews, C. K., van Holde, K. E., Appling, D., Anthony-Cahill, S. 4^a ed. Addison/Wesley. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid.

Traduït de la 4a ed. en anglès de l'any 2013 publicada per Pearson Education.

- "Bioquímica con aplicaciones clínicas" (2013). Stryer,L., Berg, J.M., Tymoczko, J.L. 7a ed. Ed. Reverté.

Traduït de la 7a ed. en anglès de l'any 2012 publicada per WH Freeman and Company.

- "Lehninger Principles of Biochemistry" (2017). Nelson, D.L. and Cox, M.M. 7^a ed. Freeman, New York.

- "Lehninger Principios de Bioquímica" (2014). Nelson, D.L. and Cox, M.M. 6^a ed. Omega. Barcelona.

Enllaços web

Estan actualizats al Campus Virtual de la assignatura.