

Biocatàlisis

Código: 100867
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2500252 Bioquímica	OB	2	2

La metodología docente y la evaluación propuestas en la guía pueden experimentar alguna modificación en función de las restricciones a la presencialidad que impongan las autoridades sanitarias.

Contacto

Nombre: Josep Antoni Biosca Vaqué
Correo electrónico: Josep.Biosca@uab.cat

Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: catalán (cat)
Algún grupo íntegramente en inglés: No
Algún grupo íntegramente en catalán: Sí
Algún grupo íntegramente en español: No

Otras observaciones sobre los idiomas

The classes of theory and problems will be in catalan, but part of the graphic material and almost all the bibliography will be in English.

Equipo docente

Mohammed Moussaoui

Prerrequisitos

No hay prerrequisitos oficiales. De todos modos, parte de los contenidos de las asignaturas de 1º curso y 2º curso (primer semestre) son necesarios para poder seguir correctamente la asignatura. En especial, los de las asignaturas siguientes: Termodinámica y Cinética Química, Química Orgánica de los Procesos Bioquímicos, Bioquímica I, Bioquímica II, Química e Ingeniería de Proteínas, Técnicas Instrumentales Básicas y Avanzadas. Para algunas actividades es necesario un nivel básico de comprensión lectora de inglés.

Objetivos y contextualización

La asignatura Biocatàlisis se centra en el estudio de las enzimas. El conocimiento de las enzimas es clave en el marco de la Bioquímica dado su papel como catalizadores de las reacciones biológicas y las aplicaciones en los procesos biotecnológicos. La asignatura analiza los enzimas desde diferentes perspectivas: actividad, cinética, mecanismos y aplicaciones. El objetivo general de la asignatura es proporcionar los fundamentos para el análisis, caracterización y uso de las enzimas desde las perspectivas de la investigación y de la aplicación biotecnológica y biomédica.

Objetivos concretos de la asignatura:

Conocimiento de las características generales, clasificación y métodos de ensayo de la actividad enzimática.
Análisis de la cinética enzimática y determinación y significado de los parámetros cinéticos.
Conocimiento de la inhibición enzimática y sus aplicaciones, especialmente en el campo de los fármacos.
Análisis del centro activo y conocimiento de los métodos de caracterización.
Análisis de los mecanismos enzimáticos y de regulación.
Aplicaciones biomédicas y biotecnológicas de las enzimas.

Competencias

- Aplicar los recursos informáticos para la comunicación, la búsqueda de información, el tratamiento de datos y el cálculo
- Demostrar que comprende y aplica los mecanismos de catálisis biológica basados en la estructura de los catalizadores biológicos y las reacciones químicas
- Gestionar la información, organización y planificación del trabajo
- Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes
- Leer textos especializados tanto en lengua inglesa como en las lenguas propias
- Manejar bibliografía e interpretar la información de las principales bases de datos biológicos, así como saber usar las herramientas informáticas básicas
- Utilizar las metodologías analíticas para el ensayo de la actividad biológica de los componentes celulares, en especial enzimas, tanto in vitro como in vivo

Resultados de aprendizaje

1. Aplicar los recursos informáticos para la comunicación, la búsqueda de información, el tratamiento de datos y el cálculo
2. Calcular e interpretar los parámetros cinéticos de las reacciones enzimáticas, mediante métodos gráficos y utilizando programas informáticos
3. Evaluar la idoneidad de los métodos de determinación de actividades enzimáticas y analizar el efecto de las condiciones experimentales de ensayo
4. Explicar las bases estructurales y los principales mecanismos de catálisis enzimática y su regulación
5. Explicar los fundamentos físico-químicos de la catálisis enzimática
6. Gestionar la información, organización y planificación del trabajo
7. Interpretar resultados experimentales e identificar elementos consistentes e inconsistentes
8. Leer textos especializados tanto en lengua inglesa como en las lenguas propias
9. Obtener información de las bases de datos sobre estructura, actividad, y funciones biológicas de los enzimas y sus aplicaciones

Contenido

Temas teóricos.

Tema 1. Introducción a la biocatálisis.

Concepto de biocatálisis. Mercado y uso de biocatalizadores. Prejuicios en el uso de enzimas. Perspectiva histórica. Olas de innovación en biocatálisis. Ventajas y desventajas de los biocatalizadores. Diferentes tipos de procesos de biocatálisis. Sistemas celulares y enzimáticos: propiedades. Factores a considerar en un proceso de biocatálisis: fuente de biocatalizador y optimización del proceso.

Tema 2. Propiedades, clasificación y nomenclatura de enzimas.

Propiedades generales de las enzimas: Concepto y significado biológico, químico y práctico. Definiciones. Complejo enzima-sustrato. Disminución de la energía de activación. Estado de transición. Cofactores enzimáticos. Nomenclatura y clasificación de enzimas. Bases de datos con información enzimática.

Tema 3. Métodos para determinar la actividad enzimática y obtener enzimas.

Obtención y caracterización de enzimas. Fuentes de obtención. Técnicas para la extracción de enzimas. Purificación de enzimas. Análisis del proceso de purificación. Métodos de determinación de la actividad enzimática. Ensayos directos e indirectos, continuos y discontinuos. Velocidad inicial: concepto, determinación, representación. Unidades de actividad enzimática. Efecto de la concentración enzimática.

Tema 4. Análisis de cinética enzimática.

Cinética enzimática. Reacciones con un sustrato. Efecto de la concentración de sustrato: Ecuación de Michaelis-Menten. Estado preestacionario y estado estacionario: conceptos. Hipótesis de estado estacionario: tratamiento de Briggs-Haldane. Reacciones enzimáticas con más de un complejo intermedio enzima-sustrato. Significado de los parámetros cinéticos k_{cat} , K_M y k_{cat}/K_M . Determinación de los parámetros cinéticos. Métodos con representaciones lineales: Lineweaver-Burk, Eadie-Hofstee y Hanes-Woolf. Otros métodos: regresión no lineal y método directo (Eisenthal y Cornish-Bowden). Ecuación de Michaelis-Menten para reacciones reversibles: relación de Haldane.

Tema 5. Inhibición de la catálisis enzimática.

Inhibición de la catálisis enzimática: tipos de inhibidores. Inhibidores reversibles: inhibición competitiva, inhibición acompetitiva y mixta (incluye inhibición no competitiva). Modelo general. Análisis gráfico de los diferentes tipos de inhibición. Determinación de constantes de inhibición. Concepto de IC_{50} y su relación con las constantes de inhibición. Inhibición por exceso de sustrato. Discriminación entre sustratos competitivos. Inhibidores pseudoirreversibles e inhibidores irreversibles. Marcadores por afinidad. Inhibidores suicidas. Uso de inhibidores como medicinas.

Tema 6. Análisis de cinética enzimática en reacciones con más de un sustrato.

Reacciones con más de un sustrato: Notación de Cleland. Mecanismo secuencial ordenado, mecanismo secuencial estadístico, mecanismo de doble desplazamiento (ping-pong). Tratamiento matemático y análisis gráfico. Métodos para determinar el tipo de mecanismo. Intercambio isotópico y efecto isotópico.

Tema 7. Cinética de estados efímeros o fugaces ("transitorios").

Características de los métodos de cinética rápida. Métodos de mezcla: flujo continuo, flujo detenido y flujo extinto. Métodos de relajación: salto de temperatura (T-jump), salto de presión (P-jump). "Bursts" y "lags". Análisis del "Burst" de una reacción: determinación de la concentración de centros activos. Aplicación de las técnicas de cinética rápida al proceso de fijación del N₂.

Tema 8. Efecto del pH y la temperatura sobre las reacciones enzimáticas.

Efecto de la temperatura sobre la cinética enzimática. Representación de Arrhenius. Enzimas de organismos extremófilos. Efectos del pH sobre la cinética enzimática. Influencia del pH en los parámetros cinéticos. Ionización de residuos esenciales. Evaluación de constantes de ionización. Identificación de los grupos ionizables implicados en los procesos de unión y catálisis. Efectos del microentorno sobre el pK. Ejemplos.

Tema 9. Cooperatividad y alosterismo.

Unión de ligandos a proteínas. Concepto y tipos de cooperatividad. Análisis de la cooperatividad. Ecuación de Adair. Ecuación de Hill. Unión de oxígeno a hemoglobina. Modelos de cooperatividad. Modelo de Monod, Wyman y Changeux. Explicación de los efectos cooperativos homótrofos por el modelo MWC. Enzimas alostéricas. Sistemas K y sistemas V. Modelo de Koshland, Nemethy y Filmer. Modelo general. Ejemplo de enzima con regulación alostérica: aspartato transcarbamilasa.

Tema 10. Especificidad enzimática.

El centro activo, especificidad y estructura tridimensional. Definición de centro activo. Características del centro activo. Teorías sobre el acoplamiento entre la enzima y el sustrato. Teoría de Fisher (cerradura y llave). Teoría de Koshland ("ajuste inducido"). Hexoquinasa como ejemplo de acoplamiento inducido. Teoría de la selección conformacional. Hipótesis de unión de tres puntos. Hipótesis que implican tensión. Estabilización del estado de transición. Evidencia que apoya la teoría del estado de transición. Anticuerpos catalíticos. Aplicaciones de anticuerpos catalíticos.

Tema 11. Estudio del centro activo.

Investigación sobre la estructura tridimensional de las proteínas: rayos X, RMN, criomicroscopía electrónica. Identificación de centros de unión y catálisis. Modificación química con inhibidores irreversibles específicos.

Marcadores por afinidad. Inhibidores suicidas, ejemplos con interés farmacológico. Mutagénesis dirigida. Serina-proteasas: subtilisina. Endonucleasas de restricción. Mecanismos "editoriales" y de corrección de errores: aminoacil-tRNA sintetasas.

Tema 12. Mecanismos de catálisis enzimática.

Mecanismos de catálisis. Introducción a los mecanismos de acción enzimática. Catálisis ácido-básica. Triosa fosfato isomerasa. Catálisis covalente. Serina proteasas y aminotransferasas. Catálisis con iones metálicos. Mecanismos de la alcohol deshidrogenasa y de la anhidrasa carbónica. Efecto del entorno: catálisis electrostática. Lisozima i superóxido dismutasa. Efectos de proximidad y orientación. Canalización de intermediarios. Enzimas multifuncionales. Enzimas con funciones no enzimáticas adicionales "enzimas pluriempleadas" ("moonlighting enzymes").

Tema 13. Cofactores y ribozims.

Cofactores y ribozimas. Actividad catalítica del RNA. Tipos de ribozimas. El ribosoma es una ribozima. Significado biológico de las ribozimas. Mundo del RNA. Aplicaciones de las ribozimas.

Tema 14. Regulación de la actividad enzimática.

Regulación de la actividad enzimática. Modificación de la concentración enzimática. Regulación de la síntesis y degradación de enzimas. Mecanismos de degradación. Variación en la velocidad enzimática en función de la concentración de sustrato, producto y cofactores. Activación por precursor y retroinhibición. Significado funcional de la cooperatividad y del alosterismo. Control hormonal. Isoenzims. Polimerización-despolimerización. Unión a otras proteínas. Modificación covalente irreversible. Modificación covalente reversible. Sistemas de cascada enzimática.

Tema 15. Aplicaciones biomédicas y biotecnológicas de enzimas.

Enzimas en bioquímica clínica y biotecnología. Enzimas como agentes terapéuticos. Enzimas indicadores de patologías. Enzimas plasmáticas. Factores que afectan los niveles de enzimas plasmáticas. Ejemplos de enzimas con interés diagnóstico. Aminotransferasas. Creatina quinasa. Lactato deshidrogenasa. Indicadores de infarto de miocardio. Enzimas como reactivos en bioquímica clínica. Enzimas congénitas y errores del metabolismo, ejemplos. Enzimas en la industria. Producción a gran escala de enzimas. Aplicaciones: medicamentos, industria alimentaria, detergentes, industria textil. Enzimas inmovilizadas. Enzimas como biosensores.

Tema 16. Evolución dirigida.

Métodos para mejorar la biocatálisis. Diseño y síntesis de nuevos catalizadores. Evolución dirigida. Generación de mutantes. Selección y cribado de la actividad enzimática. Re-diseño de enzimas para modificar su termoestabilidad y enantioselectividad. Evolución adaptativa en el laboratorio.

Resolución de problemas.

Los problemas se centran específicamente en el análisis de la actividad enzimática y la determinación e interpretación de parámetros cinéticos. Los enunciados de los problemas se publicarán a través del Campus Virtual.

Entrega de trabajos a través del Campus Virtual:

Se propondrán dos trabajos a través del Campus Virtual, que deberán ser resueltos por los equipos (de tres/cuatro personas) de alumnos formados al inicio del curso. Los trabajos deberán ser entregadas antes de una fecha concreta a través de la herramienta del Campus Virtual.

Metodología

La asignatura de Biocatálisis consta de clases teóricas, clases de resolución de problemas y uso de aplicaciones informáticas, resolución y entrega de problemas en grupo y tutorías. Las actividades formativas de la asignatura se complementan con los contenidos prácticos de formación en el ámbito de las enzimas que

se imparten en la asignatura Laboratorio Integrado 4. A continuación se describe la organización y la metodología docente que se seguirá en estos tipos de actividades formativas.

Clases de teoría:

El contenido del programa de teoría será impartido principalmente por el profesor en forma de clases magistrales con soporte audiovisual. Las presentaciones utilizadas en clase por el profesor estarán disponibles en el Campus Virtual de la asignatura antes del inicio de cada uno de los temas del curso. Estas sesiones expositivas constituirán la parte más importante del apartado de teoría. Se recomienda disponer del material publicado en el Campus Virtual para poder seguir las clases con más comodidad. Con el fin de consolidar y clarificar los contenidos explicados en clase, se aconseja consultar de forma regular los libros recomendados en el apartado de Bibliografía y los enlaces y recursos indicados en los diferentes temas, que contienen información relacionada con los procesos explicados en clase.

Clases de resolución de problemas y uso de aplicaciones informáticas:

En estas sesiones el grupo clase se dividirá en dos grupos (A y B). Se debe consultar el grupo al que se pertenece y asistir a las clases correspondientes del mismo. Habrá 10 sesiones de problemas que se dedicarán a la resolución de problemas relacionados con los contenidos del programa de teoría y el uso de aplicaciones informáticas relacionadas con las enzimas. Se pretende que estas clases sirvan para consolidar los contenidos previamente trabajados en las clases de teoría y también para conocer algunas de las estrategias experimentales, la interpretación de datos científicos y la resolución de problemas basados en situaciones experimentales reales.

Entrega de trabajos por el Campus Virtual:

Periódicamente se propondrán a través del Campus Virtual un conjunto de preguntas que los alumnos deberán resolver antes de una fecha concreta. Se enviarán las respuestas al profesor mediante la herramienta de entrega de archivos del Campus Virtual. El archivo deberá ser en formato pdf, no pudiendo superar el tamaño de archivo máximo permitido por la plataforma. Hay que recordar que esta aplicación no permite la entrega de archivos más allá del plazo establecido.

Esta actividad pretende trabajar la competencia del trabajo en equipo, mediante la organización del alumnado en grupos de trabajo en los que todos los miembros deberán participar activamente en la resolución de las cuestiones planteadas.

La metodología de esta actividad será la siguiente:

Al inicio del curso los alumnos se organizarán en grupos de cuatro personas, inscribiendo los grupos a través del Campus Virtual antes de la fecha límite indicada por el profesor.

Los grupos trabajarán los problemas indicados para esta actividad fuera del horario de clase.

Los trabajos se entregarán a través del Campus Virtual. La calificación obtenida será aplicable a todos los miembros del grupo de trabajo al que pertenezca el alumno.

Los enunciados de las entregas se publicarán a través del Campus Virtual donde también se indicarán las fechas de entrega.

Tutorías

Se realizarán tutorías individuales a petición del alumnado. En caso de que el número de solicitudes sea elevado se realizarán, de manera adicional, tutorías de aula que se anunciarían oportunamente a través del Campus Virtual. El objetivo de estas sesiones será el de resolver dudas, repasar conceptos básicos y orientar sobre las fuentes de información consultadas.

Material disponible en el Campus Virtual de la asignatura:

Presentaciones utilizadas por el profesor en las clases de teoría.

Enunciados de los problemas o casos a trabajar en las clases de problemas.

Enunciados de las preguntas a responder mediante la herramienta de entrega.

Programación e información de las actividades docentes (clases de aula, tutorías, evaluaciones, ...).

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de resolución de problemas y uso de aplicaciones informáticas	10	0,4	1, 3, 2, 7, 8, 9
Clases de teoría	35	1,4	3, 2, 5, 4, 8, 9
Tipo: Supervisadas			
Tutorías en grupo	2	0,08	3, 2, 5, 4
Tipo: Autónomas			
Análisis y resolución de problemas	20	0,8	1, 3, 2, 6, 7, 8, 9
Estudio	57	2,28	1, 5, 4, 6, 7, 8
Resolución y entrega de trabajo en grupo	19	0,76	1, 3, 2, 6, 7, 8, 9

Evaluación

La evaluación de esta asignatura tendrá el formato de continuada. El objetivo de la evaluación continuada es el de incentivar el esfuerzo del alumno a lo largo de todo el temario, permitiendo evaluar su grado de seguimiento y comprensión de la materia.

Teoría (70% de la nota global)

Evaluación individual mediante:

Dos pruebas parciales con preguntas de tipo test y preguntas cortas, que serán eliminatorias si su calificación es igual o superior a 4 (de 10). El peso de cada prueba será del 35% de la nota global.

Una prueba de recuperación de los parciales de teoría con preguntas de tipo test y preguntas cortas correspondientes al primer o segundo parciales. Para participar en la recuperación, el alumnado debe haber sido previamente evaluado en un conjunto de actividades el peso de las que equivalga a un mínimo de dos terceras partes de la calificación total de la asignatura o módulo. Por lo tanto, el alumnado obtendrá la calificación de "No Evaluable" cuando las actividades de evaluación realizadas tengan una ponderación inferior al 67% en la calificación final.

El alumnado que haya obtenido una nota inferior a 4,0 (sobre 10) en el examen anterior de alguno o los dos parciales deberán realizar el examen de recuperación del parcial (s) correspondiente (s) (primer parcial, segundo parcial o ambos).

En ocasión de la prueba de recuperación será posible examinarse para mejorar la nota de alguno o los dos parciales. En este caso, se entiende que se renuncia a la nota anterior y se considerará como calificación del parcial la obtenida en el segundo examen.

El peso total de la evaluación de teoría será del 70% de la nota global.

Evaluación por el Campus virtual: (10% de la nota global)

Periódicamente (2 veces durante el curso), se propondrán un conjunto de preguntas que deberán resolverse antes de una fecha concreta. Cada entrega computará el 5% de la nota global.

Los trabajos elaborados en grupos de 4 personas se entregarán a través del Campus Virtual. Para la valoración se tendrá en cuenta no sólo la resolución correcta del trabajo sino también su planteamiento y presentación. Total grupo recibirá la misma calificación. Si se considera necesario el profesor podrá solicitar que se rellene de manera individual un cuestionario referente al trabajo del grupo. Aunque los resultados de este cuestionario no tendrán de entrada un peso específico en la calificación de la asignatura, en caso de detectar valoraciones negativas de una persona por parte del resto de miembros de su grupo que demuestren que no ha participado en el trabajo, la calificación obtenida por el grupo no se le aplicará o bien se le podrá reducir.

El peso total de la evaluación por Campus virtual será del 10% de la nota global.

Problemas (20% de la nota global)

1-Evaluación individual:

Dos pruebas parciales con problemas, que serán eliminatorias si su calificación es igual o superior a 4 (de 10). El peso de cada prueba será del 10% de la nota global.

Una prueba de recuperación de los parciales de problemas con problemas correspondientes al primer o segundo parciales. El alumnado que haya obtenido una nota inferior a 4,0 (sobre 10) en el examen anterior de alguno o los dos parciales deberá realizar el examen de recuperación del parcial (s) correspondiente (s) (primer parcial, segundo parcial o ambos).

En ocasión de la prueba de recuperación será posible examinarse para mejorar la nota de alguno o los dos parciales. En este caso, se entiende que se renuncia a la nota anterior y se considerará como calificación del parcial la obtenida en el segundo examen.

El peso de la evaluación individual de problemas será del 20% de la nota global.

En todos los casos se tendrá en cuenta además de los conocimientos la adquisición de competencias de comunicación escrita.

Evaluación global de la asignatura.

La evaluación global de la asignatura incluirá las calificaciones de las dos pruebas parciales tanto de teoría como de problemas, así como la entrega de trabajos en grupo. Sobre un total de 10 puntos, será necesario obtener una calificación global igual o superior a 5 puntos para superar la asignatura.

Los estudiantes que no puedan asistir a una prueba de evaluación individual por causa justificada (como por enfermedad, fallecimiento de un familiar de primer grado ó accidente) y aporten la documentación oficial correspondiente al profesor o al Coordinador de Grado, tendrán derecho a realizar la prueba en cuestión en otra fecha.

Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
--------	------	-------	------	---------------------------

Dos pruebas parciales de teoría.	70%	4	0,16	3, 5, 4, 6, 7, 8
Evaluación de trabajos por campus virtual	10%	0	0	1, 3, 5, 4, 6, 8, 9
Resolución de problemas y casos prácticos y uso de aplicaciones informáticas	20%	3	0,12	1, 3, 2, 6, 7, 9

Bibliografía

Bibliografía más relevante

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

- Biomolecular kinetics. A step-by-step guide. (2017). C. Bagshaw. 1st edition. CRC Press.

<http://web.a.ebscohost.com/pfi/results?vid=1&sid=1cff0d71-f937-4165-90ba-a072467c5916%40sessionmgr4006>

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

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

- Enzyme Kinetics: Catalysis & control: a reference of theory and best-practice methods. 2010. Purich, D.L.Elsevier Academic San Diego, California (recurs electrònic).

https://cataleg.uab.cat/iii/encore/record/C__Rb1856617__Spurich__Orightresult__U__X4?lang=cat&suite=def

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

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

- Exploring proteins, a student's guideto experimental skills and methods. Price, N.C.Ed. Oxford University Press, 2009

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

<https://onlinelibrary-wiley-com.are.uab.cat/doi/book/10.1002/9781118540398>

- 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.

Obras Generales

- "Biochemistry" (2019). Berg, J.M., Tymoczko, J.L, Gatto, Jr., Stryer, L 9ª ed. MacMillan International. New York
 - "Biochemistry" (2013), Mathews, C. K., van Holde, K. E., Appling, D., Anthony-Cahill, S. 4ª ed. Pearson Education. Upper Saddle River.
 - "Voet's Principles of Biochemistry" (2018). Voet D., Voet J.G. i Pratt C.W. 5th Edition, Global Edition (2018). Wiley.
 - "Fundamentos de Bioquímica. La vida a nivel molecular" (2016). Voet D., Voet J.G. i Pratt C.W. 4ª ed. Ed. Médica Panamericana. Traduit de la 4ª ed. anglesa de l'any 2013. Accès des de la UAB:
[https://www-medicapanamericana-com.are.uab.cat/VisorEbookV2/Ebook/9786079356972#\(%22Pagina%22:%221%22\)](https://www-medicapanamericana-com.are.uab.cat/VisorEbookV2/Ebook/9786079356972#(%22Pagina%22:%221%22))
 - "Bioquímica" (2013). Mathews, C. K., van Holde, K. E., Appling, D., Anthony-Cahill, S. 4ª ed. Addison/Wesley. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid.
- Traduit 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.
- Traduit 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. 7ª ed. Freeman, New York.
 - "Lehninger Principios de Bioquímica" (2014). Nelson, D.L.and Cox, M.M. 6ª ed. Omega. Barcelona.

Enlaces Web

Estarán actualizados en los archivos de la asignatura en el Campus Virtual.

Software

Los programas que se utilizarán durante el curso son:

COPASI.

COPASI es un programa para la simulación y análisis de redes bioquímicas y su dinámica.

<http://copasi.org/>

PYMOL.

Es un programa de visualización molecular.

<https://pymol.org>

CHEMBIODRAW.

Software que permite dibujar estructuras biológicas y estructuras de compuestos químicos.