

Titulación	Tipo	Curso
Biotecnología	OP	4

## Contacto

Nombre: Martin Hugo Pereira

Correo electrónico: martin.hugo@uab.cat

## Idiomas de los grupos

Puede consultar esta información al [final](#) del documento.

## Prerrequisitos

No hay prerrequisitos oficiales. De todos modos, parte de los contenidos de algunas asignaturas de 1º curso y 3º curso son necesarios para poder seguir correctamente la asignatura. En especial, los de las asignaturas siguientes: Bioquímica, Química e Ingeniería de Proteínas y Técnicas Instrumentales Básicas y Avanzadas

## Objetivos y contextualización

### Objetivos y contextualización

La asignatura Biocatálisis se centra en el estudio de los enzimas, sus propiedades y aplicaciones. El conocimiento de los enzimas es clave en el marco de la Bioquímica, Biología Molecular y ciencias relacionadas, dado su papel como catalizadores de las reacciones biológicas y de sus 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 los enzimas.

Utilización de software específico para analizar la estructura de enzimas y de moduladores, así como también para estudiar cinética enzimática.

## Resultados de aprendizaje

1. CM32 (Competencia) Planificar un proceso de obtención de productos biotecnológicos.
2. KM34 (Conocimiento) Citar las propiedades de los microorganismos con potencial aplicación en diferentes procesos biotecnológicos.
3. SM33 (Habilidad) Interpretar los parámetros cinéticos de las reacciones enzimáticas, mediante métodos gráficos y utilizando programas informáticos.

## Contenido

Temas teóricos.

Tema 1. Introducción a la biocatálisis.

Concepto de biocatálisis. Mercado y uso de biocatalizadores. Prejuicios en el uso de enzimas. 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 N<sub>2</sub>.

#### 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. 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 ribozimas.

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. Isoenzimas. 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.

## PROBLEMAS

Habrán cinco sesiones de resolución de problemas, en las que se plantearán problemas de purificación de enzimas, determinación de parámetros cinéticos en ausencia y presencia de inhibidores, así como caracterización de mecanismos de inhibición y elucidación de los mecanismos de reacciones bi-sustrato.

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 dos/tres personas) formados al inicio del curso. Los trabajos deberán ser entregados antes de una fecha concreta a través de la herramienta del Campus Virtual.

## PRÁCTICAS

Se organizan en 2 sesiones de 4 horas en el laboratorio, una sesión de una hora en el Servicio de Análisis Químico y una sesión de tres horas en el aula de informática.

Programa: Caracterización de una enzima sobreexpresado en la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Análisis de l'estereoespecificitat de la reacci3n para con diferentes sustratos empleando cromatografía de gases. Determinaci3n de los parámetros cinéticos en condiciones de estado estacionario, utilizando "software" específico.

## Actividades formativas y Metodología

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de resolución de problemas	5	0,2	KM34, SM33, KM34
Clases de teoría	35	1,4	KM34, SM33, KM34
Sesiones de prácticas de laboratorio	12	0,48	KM34, SM33, KM34
Tipo: Supervisadas			
Tutorías en grupo	2	0,08	KM34, SM33, KM34
Tipo: Autónomas			
Entregas a través del Campus Virtual	11	0,44	CM32, KM34, SM33, CM32

Estudio	50	2	CM32, KM34, SM33, CM32
Resolución de los problemas	20	0,8	KM34, SM33, KM34

La asignatura de Biocatálisis incluye clases teóricas, entrega de trabajos en grupo a través del Campus Virtual, sesiones de resolución de problemas y prácticas de laboratorio. A continuación, se describe la organización y la metodología docente que se seguirá en estas actividades.

### Clases teóricas:

El contenido del programa teórico se impartirá principalmente mediante clases magistrales con apoyo audiovisual. Las presentaciones utilizadas en clase estarán disponibles en el Campus Virtual de la asignatura antes del inicio de cada tema. Estas sesiones expositivas constituirán el núcleo del bloque teórico.

Se recomienda que el estudiantado disponga del material publicado en el Campus Virtual con antelación para poder seguir mejor las clases. Para consolidar y clarificar los contenidos tratados, se aconseja consultar regularmente los libros indicados en el apartado de Bibliografía, así como los enlaces y recursos específicos de cada tema, que incluyen vídeos y animaciones relacionados con los procesos explicados en clase.

### Entrega de trabajos en grupo:

Esta actividad tiene como objetivo fomentar la competencia de trabajo en equipo, mediante la organización del estudiantado en grupos en los que todas las personas integrantes deberán participar activamente en la redacción y exposición de los trabajos.

La metodología será la siguiente:

Al inicio del curso, el estudiantado se organizará en grupos de dos o tres personas, que deberán registrarse a través del Campus Virtual antes de la fecha límite indicada por el equipo docente. Los grupos trabajarán los temas asignados fuera del horario lectivo. Las instrucciones de cada entrega y las fechas correspondientes se publicarán en el Campus Virtual. La calificación obtenida se aplicará a todas las personas del grupo.

### Clases de resolución de problemas:

Se realizarán cinco sesiones dedicadas a la resolución de problemas relacionados con los contenidos del programa teórico. Estas clases tienen como finalidad consolidar los conocimientos tratados previamente en las sesiones teóricas y familiarizar al estudiantado con estrategias experimentales, interpretación de datos científicos y resolución de problemas basados en situaciones reales.

Los enunciados de los problemas estarán disponibles con antelación a través del Campus Virtual.

### Prácticas de laboratorio:

Se realizarán dos sesiones de 4 horas, una sesión de 1 hora y otra de 3 horas, con el siguiente contenido:

1. Determinación de la actividad de la enzima Bdh1p en extractos de levadura (con sobreexpresión de dicha enzima). Cálculo de la actividad en U/mL frente a diferentes sustratos.
2. Determinación de parámetros cinéticos de la enzima Bdh1p frente a acetoinas. Preparación de mezclas de reacción y determinación de velocidades iniciales. Cálculo de parámetros cinéticos mediante una hoja de cálculo.
3. Separación e identificación de sustratos y productos mediante extracción con acetato de etilo y cromatografía de gases con columna quiral.
4. Uso de herramientas informáticas para analizar los parámetros cinéticos y los patrones de inhibición de Bdh1p. Estudio estructural de enzimas con programas de visualización molecular.

### Tutorías:

Se realizará una sesión de tutoría grupal antes de cada una de las dos pruebas parciales. A solicitud del estudiantado, se podrán concertar tutorías individuales. En caso de alta demanda, se organizarán tutorías adicionales en el aula, que se anunciarán oportunamente a través del Campus Virtual. El objetivo de estas sesiones será resolver dudas, repasar conceptos clave y orientar sobre las fuentes de información utilizadas.

Material disponible en el Campus Virtual de la asignatura:

- Presentaciones utilizadas en las clases teóricas
- Instrucciones y entregas de trabajos
- Enunciados de problemas
- Protocolos de prácticas
- Calendario de actividades docentes (clases, tutorías y 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.

## Evaluación

### Actividades de evaluación continuada

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Exámenes parciales de teoría	60	5	0,2	KM34, SM33
Prueba de resolución de problemas	10	2	0,08	CM32, SM33
Realización de la memoria de prácticas de laboratorio	15	8	0,32	CM32, KM34, SM33
Trabajo de Grupo, entregado a través del campus virtual	15	0	0	CM32, KM34, SM33

Esta asignatura contempla dos modalidades de evaluación: continuada y única:

### Evaluación continuada

El objetivo de la evaluación continuada es incentivar el esfuerzo del estudiantado a lo largo de todo el temario, permitiendo valorar su grado de seguimiento y comprensión de la materia.

Pruebas parciales de teoría - Evaluación individual (6/10)

- La evaluación de esta actividad se realizará mediante dos pruebas escritas en las que cada persona deberá demostrar su grado de asimilación de los conceptos teóricos.
- Cada prueba tendrá un peso del 30% sobre la nota global. La primera estará programada hacia la mitad del semestre y la segunda al final del mismo. Ambas incluirán preguntas tipo test y preguntas con espacio de respuesta limitada, basadas en el contenido de las clases teóricas.

Prueba de problemas - Evaluación individual (1/10)

El mismo día de la segunda prueba parcial de teoría, se resolverán tres problemas similares a los trabajados en las sesiones de problemas. Esta prueba tendrá un peso global del 10%.

### Entregas a través del Campus Virtual - Evaluación grupal (1,5/10)

Durante el curso se realizarán dos entregas relacionadas con los contenidos teóricos y de problemas. Los trabajos, elaborados en grupos de 2-3 personas, se entregarán a través del Campus Virtual. En la evaluación se considerará tanto la corrección de las respuestas como la coherencia del planteamiento y la presentación del trabajo. Todo el grupo recibirá la misma calificación.

Si el profesorado lo considera necesario, podrá solicitar que se complete un cuestionario individual sobre la contribución al trabajo. Aunque dicho cuestionario no tendrá un peso específico en la nota, si se detectan valoraciones negativas fundamentadas por parte del grupo hacia alguna persona que no haya participado, podrá excluirse a esta persona de la calificación grupal o reducir su nota.

### Asistencia a las clases prácticas y realización de la memoria - Evaluación grupal (1,5/10)

El estudiantado deberá acudir al laboratorio con el material adecuado (bata, gafas de protección y el guion de prácticas trabajado previamente en casa). Se evaluarán la actitud en el laboratorio y el trabajo realizado. La memoria de prácticas se entregará en la fecha indicada por el profesorado e incluirá las respuestas a las cuestiones planteadas. La actitud representará el 25% de la nota y la memoria, el 75% restante.

### Prueba de recuperación

Quienes no hayan alcanzado una calificación igual o superior a 5 deberán realizar la prueba de recuperación, en la que podrán optar por examinarse de teoría del primer parcial, del segundo parcial y/o de problemas.

Las actividades correspondientes a entregas mediante el Campus Virtual y a la asistencia y presentación de la memoria de prácticas no son recuperables.

## Evaluación única

### Teoría (60% de la nota global)

Evaluación individual mediante una prueba final, que se realizará en la misma fecha que el segundo examen parcial. Esta prueba abarcará el contenido completo de la asignatura e incluirá preguntas tipo test y preguntas con espacio de respuesta limitado. Su peso será del 60% sobre la nota global.

### Problemas (10% de la nota global)

En la misma sesión que la prueba final de teoría, se realizará una prueba final de problemas en la que se deberán resolver tres ejercicios basados en toda la materia. Su peso será del 10%.

### Entregas a través del Campus Virtual (15% de la nota global)

El contenido y condiciones de esta actividad serán los mismos que los descritos en el apartado de evaluación continuada.

### Asistencia a las prácticas y realización de la memoria (15% de la nota global)

Las condiciones serán las mismas que en el apartado correspondiente a la evaluación continuada.

Además del conocimiento adquirido, se valorará la competencia en comunicación escrita.

### Prueba de recuperación

Las personas que no hayan obtenido una nota igual o superior a 5 deberán presentarse a la prueba de recuperación, en la que podrán optar por examinarse de toda la teoría, de los problemas, o de ambos.

Las actividades de entrega de trabajos a través del Campus Virtual y la asistencia y entrega de la memoria de prácticas no son recuperables.

## Evaluación global de la asignatura

- En la modalidad de evaluación continuada, la calificación global incluirá: las notas de las dos pruebas parciales de teoría, la prueba de problemas, las entregas grupales y la asistencia y entrega de la memoria de prácticas. Para superar la asignatura será necesario obtener un mínimo de 5 sobre 10.
- En la modalidad de evaluación única, la nota global incluirá: la calificación de la prueba final de teoría, la prueba de problemas, las entregas grupales y la evaluación de las prácticas. También será necesario obtener un mínimo de 5 sobre 10 para superar la asignatura.

## Justificación de ausencias a pruebas

Las personas que no puedan asistir a una prueba individual de evaluación por causa justificada (como enfermedad, fallecimiento de un familiar de primer grado o accidente) y presenten la documentación oficial correspondiente al profesorado o a la coordinación del grado, tendrán derecho a realizar la prueba en otra fecha.

## Bibliografía

Grunwald, Peter. *Biocatalysis: Biochemical Fundamentals and Applications* / Peter Grunwald, University of Hamburg, Germany. Second edition. New Jersey: World Scientific, 2018. Print.

[https://bibcercador.uab.cat/permalink/34CSUC\\_UAB/avj cib/alma991008535899706709](https://bibcercador.uab.cat/permalink/34CSUC_UAB/avj cib/alma991008535899706709)

Bagshaw, Clive R. *Biomolecular Kinetics: A Step-by-Step Guide* / Clive R. Bagshaw. First edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017. Print.

[https://bibcercador.uab.cat/permalink/34CSUC\\_UAB/1eqfv2p/alma991000619019706709](https://bibcercador.uab.cat/permalink/34CSUC_UAB/1eqfv2p/alma991000619019706709)

Copeland, Robert A. *Evaluation of Enzyme Inhibitors in Drug Discovery: A Guide for Medicinal Chemists and Pharmacologists, Second Edition*. 2nd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2013. Web.

[https://bibcercador.uab.cat/permalink/34CSUC\\_UAB/1c3utr0/cdi\\_igpublishing\\_primary\\_WILEYB0016830](https://bibcercador.uab.cat/permalink/34CSUC_UAB/1c3utr0/cdi_igpublishing_primary_WILEYB0016830)

Cornish-Bowden, Athel. *Fundamentals of Enzyme Kinetics* / Athel Cornish-Bowden. 4th., completely rev. and greatly enl. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2012. Print.

[https://bibcercador.uab.cat/permalink/34CSUC\\_UAB/avj cib/alma991002999829706709](https://bibcercador.uab.cat/permalink/34CSUC_UAB/avj cib/alma991002999829706709)

## Enlaces Web

Estarán actualizados en los archivos dela asignatura en el Campus Virtual.

## Software

Los programas que se utilizarán durante el curso son:

[EXCEL](#). Programa de hojas de cálculo para analizar y representar datos.

[GRAFIT](#). Programa para ajustar datos experimentales a modelos matemáticos.

[COPASI](#). Es un programa para la simulación y análisis de redes bioquímicas y su dinámica.

[PYMOL](#). Es un programa de visualización molecular.



[JSME](#) i [CHEMSKETCH](#). Software que permite dibujar las estructuras de compuestos químicos.

## Grupos e idiomas de la asignatura

La información proporcionada es provisional hasta el 30 de noviembre de 2025. A partir de esta fecha, podrá consultar el idioma de cada grupo a través de este [enlace](#). Para acceder a la información, será necesario introducir el CÓDIGO de la asignatura

Nombre	Grupo	Idioma	Semestre	Turno
(PAUL) Prácticas de aula	441	Español	segundo cuatrimestre	mañana-mixto
(PLAB) Prácticas de laboratorio	441	Español	segundo cuatrimestre	tarde
(TE) Teoría	44	Español	segundo cuatrimestre	mañana-mixto