



## 1. DATOS GENERALES

<b>Asignatura:</b> ENZIMOLOGÍA	<b>Código:</b> 13316
<b>Tipología:</b> OBLIGATORIA	<b>Créditos ECTS:</b> 6
<b>Grado:</b> 341 - GRADO EN BIOQUÍMICA	<b>Curso académico:</b> 2019-20
<b>Centro:</b> 501 - FACULTAD CC. AMBIENTALES Y BIOQUÍMICA TO	<b>Grupo(s):</b> 40
<b>Curso:</b> 2	<b>Duración:</b> C2
<b>Lengua principal de impartición:</b> Español	<b>Segunda lengua:</b> Inglés
<b>Uso docente de otras lenguas:</b>	<b>English Friendly:</b> N
<b>Página web:</b>	<b>Bilingüe:</b> N

Profesor: <b>BOYKO YUDA KOEN</b> --- - Grupo(s): 40				
Edificio/Despacho	Departamento	Teléfono	Correo electrónico	Horario de tutoría
INAMOL, despacho 1.4	QUÍMICA FÍSICA	5571	boyko.koen@uclm.es	Lunes, Martes y Miércoles de 11:00 a 13:00 h, previa cita. Se puede concertar tutoría fuera de este horario, avisando previamente por mail al profesor
Profesor: <b>EDUARDO MOLTO PEREZ</b> - Grupo(s): 40				
Edificio/Despacho	Departamento	Teléfono	Correo electrónico	Horario de tutoría
ICAM/0.30	QUÍMICA INORG., ORG., Y BIOQ.	926051477	eduardo.molto@uclm.es	Martes, miércoles y jueves de 11:30 a 13:30h
Profesor: <b>JUAN ANGEL ORGANERO GALLEGO</b> - Grupo(s): 40				
Edificio/Despacho	Departamento	Teléfono	Correo electrónico	Horario de tutoría
Sabatini	QUÍMICA FÍSICA	5433	juanangel.ogallego@uclm.es	lunes, miércoles y jueves de 9:00 a 11:00 h, previa cita
Profesor: <b>MARIA RODRIGUEZ PEREZ</b> - Grupo(s): 40				
Edificio/Despacho	Departamento	Teléfono	Correo electrónico	Horario de tutoría
Edif. 6. Dcho 11	QUÍMICA INORG., ORG., Y BIOQ.	5435	maria.rodriguezperez@uclm.es	martes, miércoles y jueves 10 a 12 h (previa cita por e-mail)

## 2. REQUISITOS PREVIOS

Conocimientos de Bioquímica, Química General y Análisis Matemático Básico. La docencia se desarrollará asumiendo que el alumnado tiene el nivel óptimo de conocimientos correspondientes a las asignaturas de Fundamentos de Bioquímica, y Termodinámica y Cinética, correspondientes al primer curso del grado.

## 3. JUSTIFICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS, RELACIÓN CON OTRAS ASIGNATURAS Y CON LA PROFESIÓN

La asignatura se encuentra en el segundo curso de la titulación y pretende desarrollar con mayor intensidad los conocimientos de las propiedades funcionales o cinéticas de la catálisis enzimática, adquiridos por los alumnos en las asignaturas Termodinámica y Cinética y Fundamentos de Bioquímica, de primer curso del Grado.

Los contenidos de esta asignatura se enmarcan dentro del Grado en segundo curso, como una formación previa e imprescindible para la comprensión e integración de conocimientos que se impartirán en cursos posteriores del grado, principalmente dentro de las asignaturas de Fisiología humana y Metabolismo y su Regulación en tercer curso del Grado.

Asimismo, la formación recibida en la asignatura será imprescindible para alcanzar una ventaja competitiva profesional, el dominio de las enzimas como elementos principales o importantes herramientas, en aplicaciones preparativas, analíticas degradativas y sintéticas. Esto potenciará el desempeño de puestos de trabajo en empresas públicas y privadas, dedicadas a la Biotecnología sanitaria (roja), agroalimentaria (verde), industrial (blanca) y de gestión empresarial (gris), tanto en departamentos de I+D como de gestión empresarial sobre conocimiento, riesgos laborales, medio ambiente y calidad.

## 4. COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN QUE LA ASIGNATURA CONTRIBUYE A ALCANZAR

## Competencias propias de la asignatura

Código	Descripción
E01	Expresarse correctamente con términos biológicos, físicos, químicos matemáticos e informáticos básicos.
E02	Trabajar de forma adecuada y motivado por la calidad en un laboratorio químico, biológico y bioquímico, incluyendo, seguridad, manipulación y eliminación de residuos y llevando registro anotado de actividades.
E03	Entender y saber explicar las bases físicas y químicas de los procesos bioquímicos y de las técnicas utilizadas para investigarlos.
E13	Manejar correctamente distintas herramientas informáticas para realizar cálculos numéricos, análisis de errores y estadísticos y representar los datos experimentales.
E15	Saber determinar experimentalmente las concentraciones de metabolitos, los parámetros cinéticos, termodinámicos y coeficientes de control de las reacciones del metabolismo intermediario.
E21	Comprender los principios químicos y termodinámicos de la biocatálisis y el papel de las enzimas y otros biocatalizadores en el funcionamiento de las células y organismos. Poseer y comprender los conocimientos en el área de Bioquímica y Biología Molecular a un nivel que, apoyándose en los libros de

G01	texto avanzados, incluya también aspectos de vanguardia de relevancia en la disciplina.
G02	Saber aplicar los conocimientos de Bioquímica y Biología Molecular a la práctica profesional y poseer las competencias y habilidades intelectuales necesarias para dicha práctica, incluyendo capacidad de gestión de la información, análisis y síntesis, resolución de problemas, organización y planificación y generación de nuevas ideas.
G03	Ser capaces de reunir e interpretar datos, información y resultados relevantes, obtener conclusiones y emitir informes razonados en temas relevantes de índole social, científica o ética en conexión con los avances en Bioquímica y Biología Molecular.
G04	Saber transmitir información, ideas, problemas y soluciones en el ámbito de la Bioquímica y Biología Molecular a un público tanto especializado como no especializado.
G05	Desarrollar aquellas estrategias y habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores en el área de Bioquímica y Biología Molecular y otras áreas afines con un alto grado de autonomía.
G06	Adquirir habilidades en el manejo de programas informáticos incluyendo el acceso a bases de datos bibliográficas, estructurales o de cualquier otro tipo útiles en Bioquímica y Biología Molecular.
T10	Capacidad de autoaprendizaje y de obtener y gestionar información bibliográfica, incluyendo recursos en Internet.

## 5. OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE ESPERADOS

### Resultados de aprendizaje propios de la asignatura

#### Descripción

Conocer los diferentes factores que modifican la actividad enzimática y sus efectos.

Conocer los mecanismos y la cinética de las reacciones enzimáticas y los procedimientos para determinar experimentalmente las constantes cinéticas de una reacción enzimática.

Conocer las características de la interacción macromolécula-ligando.

Conocer las estrategias de utilización de las enzimas en los procesos biotecnológicos.

Saber explicar los mecanismos de regulación de los enzimas.

Entender los principios de la catálisis enzimática.

Distinguir los diferentes tipos de inhibición de la actividad enzimática.

## 6. TEMARIO

### Tema 1: Cinética enzimática

**Tema 1.1** Cinética hiperbólica.

**Tema 1.2** Complejo enzima-sustrato.

**Tema 1.3** Ecuación de Michaelis-Menten. Aproximación del equilibrio: modelo de Henri y Michaelis-Menten.

**Tema 1.4** Aproximación del estado estacionario: modificación de Briggs y Haldane.

**Tema 1.5** Estado pre-estacionario: tratamiento cinético y técnicas experimentales.

### Tema 2: Parámetros cinéticos

**Tema 2.1** Significado de  $K_m$ ,  $V_{max}$  y  $k_{cat}$ .

**Tema 2.2** Afinidad y  $K_s$ .

**Tema 2.3** Constante de especificidad.

**Tema 2.4** Eficiencia catalítica.

**Tema 2.5** Relación entre los parámetros cinéticos y la constante de equilibrio de la reacción: ecuación de Haldane.

### Tema 3: Determinación experimental de los parámetros cinéticos

**Tema 3.1** Linealización de la ecuación de Michaelis-Menten: gráficos de Lineweaver-Burk, Hans-Woolf, Eadie-Hofstee y Eisenthal/Cornish-Bowden.

**Tema 3.2**  $K_m$  y  $k_{cat}$  en reacciones enzimáticas con más de un complejo intermedio.

### Tema 4: Inhibición enzimática

**Tema 4.1** Inhibición reversible: inhibiciones competitiva, acompetitiva y mixta; análisis cinético, constantes de inhibición y representaciones

**Tema 4.2** Inhibición irreversible: modificación covalente de enzimas, eficiencia del inhibidor; constante de inactivación. Clasificación de los inhibidores irreversibles; características estructurales y cinéticas. Aplicaciones del estudio de la inhibición enzimática.

### Tema 5: Cinética de reacciones multisustrato

**Tema 5.1** Reacciones bisustrato

**Tema 5.2** Mecanismos de reacción

**Tema 5.3** Terminología de Cleland

**Tema 5.4** Cinética de las reacciones bisustrato; ecuación general de Alberty.

**Tema 5.5** Determinación del mecanismo de reacción y de las constantes cinéticas; representaciones primarias y secundarias.

**Tema 5.6** Discriminación entre tipos de mecanismos; análisis cinético en el estado estacionario: inhibición por producto.

### Tema 6: Efecto del medio de reacción sobre la actividad enzimática

**Tema 6.1** Efecto del pH sobre la velocidad de la reacción; análisis cinético.

**Tema 6.2** Identificación de los aminoácidos implicados en el proceso catalítico; determinación de los  $pK_a$  y  $pK_b$

**Tema 6.3** Efecto de la temperatura sobre la velocidad de la reacción.

### Tema 7: Mecanismo de acción de las enzimas

**Tema 7.1** Teoría del estado de transición

**Tema 7.2** Energía de activación

**Tema 7.3** Factores responsables del poder catalítico de las enzimas.

**Tema 7.4** Catálisis intramolecular. Efecto entrópico

**Tema 7.5** Formación del complejo enzima-sustrato; energía de unión.

**Tema 7.6** Mecanismos moleculares de utilización de la energía de unión

**Tema 7.7** Complementariedad enzima-sustrato y enzima-estado de transición.

**Tema 7.8** Unión preferente al estado de transición: modelo del ajuste inducido y modelo de distorsión de enlaces.

### Tema 8: Mecanismos de catálisis enzimática

**Tema 8.1** Catálisis ácido-base.

**Tema 8.2** Catálisis electrostática; catálisis electrofílica por iones metálicos

**Tema 8.3** Catálisis covalente: nucleofílica y electrofílica

**Tema 8.4** Aminoácidos implicados.

**Tema 8.5** Ejemplos representativos: mecanismos de reacción de las proteasas; iminas y mecanismo de reacción de la aldolasa.

**Tema 8.6** Catálisis enzimática con participación de coenzimas

**Tema 9: Regulación enzimática**

**Tema 9.1** Regulación de las vías metabólicas

**Tema 9.2** Teoría del Análisis del Control Metabólico. Coeficiente de control de flujo.

**Tema 9.3** Mecanismos generales y específicos de regulación de las vías metabólicas.

**Tema 9.4** Etapas reguladoras.

**Tema 9.5** Mecanismos de regulación de la actividad enzimática.

**Tema 10: Fenómenos de cooperatividad**

**Tema 10.1** Interacciones ligando-proteína.

**Tema 10.2** Cooperatividad. Dinámica de las proteínas de unión a oxígeno.

**Tema 10.3** Ecuación de Hill. Determinación del índice de Hill: representación logarítmica de Hill.

**Tema 10.4** Razón de saturación (índice de cooperatividad)

**Tema 10.5** Ecuación de Adair.

**Tema 11: Efectos alostéricos**

**Tema 11.1** Cinética sigmoide y enzimas alostéricas.

**Tema 11.2** Mecanismos de interacciones alostéricas y cooperatividad

**Tema 11.3** Modelo de simetría de Monod, Wyman y Changeux.

**Tema 11.4** Modelo secuencial de Koshland, Nemethy y Filmer.

**Tema 12: Modificación covalente reversible**

**Tema 12.1** Enzimas interconvertibles

**Tema 12.2** Reacciones de fosforilación-desfosforilación.

**Tema 12.3** Proteínas quinasas y fosfoproteínas fosfatasas. Mecanismos de activación de las proteínas quinasas.

**Tema 12.4** Otras formas de regulación enzimática por modificación covalente.

**Tema 13: Regulación por activación proteolítica**

**Tema 13.1** Mecanismos de activación proteolítica.

**Tema 13.2** Activación de enzimas digestivas.

**Tema 13.3** Procesamiento proteolítico de la poliproteína del VIH.

**Tema 13.4** Cascada de la coagulación sanguínea.

**Tema 13.5** Activación de caspasas y apoptosis.

**Tema 14: Sistemas enzimáticos organizados. Isoenzimas.**

**Tema 14.1** Proteínas multienzimáticas y complejos multienzimáticos.

**Tema 14.2** Mecanismos moleculares de la canalización de sustratos.

**Tema 14.3** Isoenzimas. Características generales. Hexoquinasa como ejemplo representativo del papel funcional y regulador de las isoenzimas.

**Tema 15: Enzimología aplicada**

**Tema 15.1** Biotecnología enzimática: aplicaciones industriales y clínicas de las enzimas.

**Tema 15.2** Diagnóstico enzimático.

**Tema 15.3** Terapia enzimática.

**Tema 16: Prácticas de laboratorio:**

**Tema 16.1** Simulación informática de cinéticas y mecanismos enzimáticos, así como de los factores que afectan a los mismos.

**Tema 16.2** Estudio cinético de la actividad enzimática de la alfa-amilasa.

**Tema 16.3** Fraccionamiento subcelular de hígado de rata. Obtención de la fracción citosólica.

**Tema 16.4** Determinación de la actividad de la piruvato quinasa en la fracción citosólica de hígado de rata, sus propiedades alostéricas y el efecto de dos moduladores: fructosa-1,6-bisfosfato y L-alanina.

7. ACTIVIDADES O BLOQUES DE ACTIVIDAD Y METODOLOGÍA								
Actividad formativa	Metodología	Competencias relacionadas (para títulos anteriores a RD 822/2021)	ECTS	Horas	Ev	Ob	Rec	Descripción
Enseñanza presencial (Teoría) [PRESENCIAL]	Método expositivo/Lección magistral	E01 E03 E15 E21 G05	1.2	30	N	-	-	Clases magistrales en las que se desarrollarán los contenidos teóricos. Las clases magistrales estarán a disposición del estudiante en Moodle.
Prácticas de laboratorio [PRESENCIAL]	Prácticas	E01 E02 E03 E13 E15 G02 G03 G04 G05 G06	0.6	15	S	S	N	Prácticas en el laboratorio donde se aplicarán y ampliarán los contenidos teóricos. Estas prácticas serán obligatorias y se realizarán en grupos.
Elaboración de memorias de Prácticas [AUTÓNOMA]	Trabajo en grupo	E01 E03 E13 E15 G03 G06 T10	0.6	15	S	S	S	Se entregarán informes escritos al profesor al finalizar las prácticas. En caso de no alcanzar la nota mínima (5/10) en la evaluación del informe de prácticas, la memoria será recuperable en la convocatoria extraordinaria
Resolución de problemas o casos [PRESENCIAL]	Resolución de ejercicios y problemas	E01 E13 G02 G03 G04 T10	0.36	9	S	N	N	En estas clases se profundizarán y se trabajará en los temas expuestos en las clases magistrales mediante la resolución de problemas tipo.
Estudio o preparación de pruebas [AUTÓNOMA]	Autoaprendizaje	G01 G03 G05 T10	2.2	55	N	-	-	
								El alumno responderá a una serie

Prueba final [PRESENCIAL]	Pruebas de evaluación	E01 E03 E15 E21 G01 G02 G05	0.12	3	S	S	S	de cuestiones y/o problemas sobre los temas desarrollados en la asignatura.
Elaboración de informes o trabajos [AUTÓNOMA]	Trabajo en grupo	E01 E03 E21 G01 G02 G03 G04 G05 T10	0.8	20	S	N	S	Trabajos tutorizados (en grupo): El alumno realizará un trabajo autónomo tutorizado por el profesor sobre un tema relacionado con la asignatura.
Tutorías de grupo [PRESENCIAL]	Tutorías grupales	E01 E03 E21 G05	0.04	1	S	N	N	
Otra actividad presencial [PRESENCIAL]	Pruebas de evaluación	E01 E03 E15 E21 G01 G02 G05	0.08	2	S	N	S	El alumno responderá a una serie de cuestiones y/o problemas sobre los temas desarrollados en la asignatura.
<b>Total:</b>			<b>6</b>	<b>150</b>				
<b>Créditos totales de trabajo presencial: 2.4</b>			<b>Horas totales de trabajo presencial: 60</b>					
<b>Créditos totales de trabajo autónomo: 3.6</b>			<b>Horas totales de trabajo autónomo: 90</b>					

Ev: Actividad formativa evaluable

Ob: Actividad formativa de superación obligatoria

Rec: Actividad formativa recuperable

8. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y VALORACIONES			
Sistema de evaluación	Valoraciones		Descripción
	Estudiante presencial	Estud. semipres.	
Prueba final	35.00%	0.00%	Se realizará una prueba final que tendrá en cuenta el conocimiento teórico de la asignatura, la resolución de problemas, y los conocimientos adquiridos durante las prácticas de laboratorio. Este examen final evaluará sólo los temas del 9 al 15 para los alumnos que hayan superado la prueba de progreso. Los alumnos que no hayan superado la prueba de progreso se examinarán de todo el temario en el examen final, y en este caso el examen final corresponderá al 70% de la nota final. Se exigirá una calificación mínima de 4 en cada una de las partes del temario (temas del 1 al 8, y del 9 al 15, respectivamente), en el examen final, para poder promediar las notas de las dos partes del temario. Además se exigirá una nota mínima de 4.5 para sumar la calificación obtenida en el examen final con el resto de las actividades. Se tendrá en cuenta además: Correcta comunicación escrita. Capacidad de diseño, análisis y síntesis.
Elaboración de memorias de prácticas	10.00%	0.00%	Como criterios de evaluación se tendrá en cuenta: -Corrección de las respuestas a las cuestiones que se planteen sobre cada experiencia. -Identificación y explicación de los resultados. -Claridad y organización en la redacción del cuaderno de laboratorio. - Capacidad para trabajar en equipo.
Valoración de la participación con aprovechamiento en clase	10.00%	0.00%	En estas clases se profundizará y se trabajará en los temas expuestos en las clases magistrales mediante la resolución de problemas tipo. Se tendrá en cuenta: - Claridad en la exposición oral del problema. - Corrección en la resolución de problemas.
Elaboración de trabajos teóricos	10.00%	0.00%	Trabajos tutorizados (en grupo): El alumno realizará un trabajo tutorizado por el profesor sobre un tema relacionado con la asignatura. Con este trabajo se profundizará además en los conocimientos adquiridos en prácticas, por lo que evaluación de este trabajo se sumará al porcentaje de la evaluación de las prácticas. Se tendrá en cuenta: - Capacidad de diseño, análisis y síntesis en la elaboración de los trabajos. - Una correcta comunicación escrita. - Capacidad para trabajar en equipo.
Prueba	35.00%	0.00%	Se realizará una prueba escrita que evaluará la parte correspondiente a los temas 1-8. Los alumnos que superan este examen (5/10) se les guardará la nota tanto en la convocatoria ordinaria como extraordinaria, en las que, en ese caso, se podrán examinar únicamente de los temas 9-15. Se exigirá una nota mínima de 5 puntos sobre 10 para considerar superada la prueba correspondiente.
<b>Total:</b>	<b>100.00%</b>	<b>0.00%</b>	

#### Crterios de evaluación de la convocatoria ordinaria:

Las notas obtenidas en la elaboración de la memoria de prácticas, resolución de problemas y trabajo en grupo serán tenidas en cuenta tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria.

**Particularidades de la convocatoria extraordinaria:**

Las notas obtenidas en la elaboración de la memoria de prácticas, resolución de problemas y trabajo en grupo serán tenidas en cuenta tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria. En caso de no haber alcanzado en la convocatoria ordinaria la calificación mínima en las prácticas de laboratorio, en la prueba final de la convocatoria extraordinaria se incluirán una serie de cuestiones que permitan evaluar si el alumno ha adquirido las competencias relativas a dichas actividades.

**Particularidades de la convocatoria especial de finalización:**

Para superar esta convocatoria sólo habrá una prueba final que supondrá el 100% de la nota, siempre y cuando se hayan realizado y superado las prácticas de laboratorio

9. SECUENCIA DE TRABAJO, CALENDARIO, HITOS IMPORTANTES E INVERSIÓN TEMPORAL	
No asignables a temas	
Horas	Suma horas

10. BIBLIOGRAFÍA, RECURSOS						
Autor/es	Título/Enlace Web	Editorial	Población	ISBN	Año	Descripción
Athel Cornish-Bowden	Fundamentals of Enzyme Kinetics	Wiley-Blackwell		978-3-527-33074-4	2012	
COPELAND R A	Enzymes: a practical introduction to structure, mechanism, and data analysis (2e)	Wiley-VCH, New York		0-471-35929-7	2000	
Cox M.M. y Nelson D.L.	Lehninger: Principios de Bioquímica (6e)	Omega		978-84-282-1486-5	2014	
Fersh A.	Structure and mechanism in protein science (2e)	W.H. Freeman and Co.			1999	
Garret R.H. & Grisham G.M	Biochemistry (5e)	Cengage Learning			2012	
Mathews CK y Van Holde KE	Bioquímica	Pearson/Addison Wesley, D.L.		84-7829-053-2	2004	
Muller-Esterl W.	Bioquímica (2e)	Reverté			2008	
NUÑEZ DE CASTRO I.	Enzimología	Pirámide	Madrid	84-368-1468-1	2001	
Paul F. Cook, W.W. Cleland	Enzyme kinetics and mechanism	New York : Taylor & Francis Group		978-0-8153-4140-6	2007	
Petsko G. y Ringe D.	Protein Structure and Function	New Science Press		0878936637	2004	
Stryer L., Berg J.M., Tymoczko J.L.	Bioquímica (7e)	Editorial Reverté S.A			2013	
Voet D., Voet J.G	Bioquímica (4e)	Editorial Médica Panamericana		950-06-2301-3	2016	
	<a href="http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/">http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/</a>					Nomenclatura de enzimas. Normas de la IUPAC/IUBBM sobre nomenclatura de enzimas. Permite búsquedas de enzimas concretas
	<a href="http://www.sebbm.es/">http://www.sebbm.es/</a>					Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular - SEBBM
	<a href="http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/">http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/</a>					Terminología Química y Bioquímica. Recomendaciones de la IUPAC/IUBBM sobre terminología Química y Bioquímica