

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Ingeniería de Bioprocesos	Biorreactores	3º	5º	6	Obligatoria
PROFESORES <sup>(1)</sup>			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Miguel García Román: Teoría, Prácticas (Grupos 1 y 2)</li> </ul>			Dpto. Ingeniería Química, Facultad de Ciencias 1ª planta, Despacho núm. 4 Tel.: 958241392 Correos electrónicos: <a href="mailto:mgroman@ugr.es">mgroman@ugr.es</a> ;		
			HORARIO DE TUTORÍAS <sup>(1)</sup>		
			<b>Prof. Miguel G.R.</b> Lunes de 16:00 a 17:00 Martes de 9:30 a 12:00 Viernes de 10:30 a 13:00		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Biotecnología					
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
Se recomienda tener cursados y superados el módulo de Formación Básica y las asignaturas Procesos Biotecnológicos Industriales y Fundamentos de Ingeniería Bioquímica.					

<sup>1</sup> Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

## BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)

Cinética enzimática. Cinética del cultivo de microorganismos. Biocatalizadores inmovilizados. Reactores enzimáticos. Fermentadores discontinuos. Fermentadores continuos. Biorreactores no convencionales. Agitación, aireación y esterilización. Interacción de microorganismos. Escalado.

## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

### Básicas y Generales

- CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

### Transversales

- CT1 - Capacidad de análisis y síntesis
- CT3 - Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica y de resolver problemas
- CT4 - Capacidad de comunicar de forma oral y escrita en las lenguas del Grado
- CT5 - Razonamiento crítico
- CT7 - Sensibilidad hacia temas medioambientales
- CT8 - Capacidad para la toma de decisiones

### Específicas

- CE20 - Conocer los principios básicos de la cinética enzimática y sus aplicaciones a la transformación de biomoléculas.
- CE21 - Estudiar el diseño y funcionamiento de los biorreactores.
- CE24 - Conocer y analizar los criterios de escalado en bioprocesos.

## OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

Al superar la asignatura el alumno conocerá/comprenderá:

- Las técnicas de inmovilización de biocatalizadores y analizar su implicación en la cinética del proceso.
- El diseño de los medios de cultivo.
- Los diferentes tipos de interacciones entre microorganismos y los medios de actuación para aprovecharlas o evitarlas.
- Las características y aplicaciones de los biorreactores pulsantes, agitados por fluidos, biorreactores de membrana y fotobiorreactores.
- Los criterios de escalado al diseño de biorreactores.

Del mismo modo, al superar la asignatura el alumno debe ser capaz de:

- Desarrollar y determinar parámetros de modelos cinéticos de procesos enzimáticos y microbiológicos. Procesos con enzimas y microorganismos inmovilizados.
- Plantear e interpretar la investigación experimental de la cinética de un proceso enzimático o microbiológico.



## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

#### **Tema 1. Introducción a la ingeniería de la reacción bioquímica.**

Tipos de reacciones bioquímicas de importancia industrial. Ejemplos de aplicaciones industriales. Nociones básicas de cinética aplicada: velocidad de reacción y métodos para su estudio.

#### **BLOQUE 1 – REACTORES ENZIMÁTICOS**

#### **Tema 2. Las enzimas como catalizadores industriales.**

Enzimas: definición y clasificación. Uso industrial de las enzimas.

#### **Tema 3. Cinética de las reacciones enzimáticas homogéneas.**

Mecanismo de acción enzimática. Reacciones enzimáticas con un solo sustrato. La ecuación de Michaelis-Menten. Modulación de la acción enzimática: activación e inhibición. Reacciones con dos sustratos. Mecanismos aleatorios, ordenados y tipo Ping-Pong. Desactivación enzimática.

#### **Tema 4. Cinética de las reacciones enzimáticas heterogéneas.**

Importancia y tipos de reacciones enzimáticas heterogéneas. Reacciones con sustratos insolubles. Inmovilización de enzimas. Reacciones con enzima inmovilizada. Influencia del transporte de materia externo e interno. Reacciones enzimáticas en medios no convencionales.

#### **Tema 5. Diseño y operación de reactores enzimáticos.**

Concepto y tipos de biorreactores. Modos de operación. Modelos de reactores ideales. Reactores enzimáticos homogéneos. Sistemas que permiten la retención de la enzima. Reactores con enzima inmovilizada: lecho fijo y fluidizado.

#### **BLOQUE 2 – REACTORES CON MICROORGANISMOS VIVOS: FERMENTADORES**

#### **Tema 6. Estequiometría y cinética de los procesos microbianos.**

Estequiometría del crecimiento microbiano. Tipos de modelos para el crecimiento y muerte celular: modelos estructurados y no estructurados. Cinética de crecimiento, consumo y producción. Factores de rendimiento. Productos asociados y no asociados al crecimiento. Interacción de microorganismos.

#### **Tema 7. Diseño y operación de fermentadores.**

Geometrías tipo: reactores con y sin agitación mecánica. Modos de operación: fermentadores discontinuos, semicontinuos y continuos. Configuraciones no convencionales: fotobiorreactores, fermentadores con células inmovilizadas, reactores para fermentación en estado sólido. Biorreactores de membrana. Biorreactores pulsantes.

#### **Tema 8. Agitación, aireación y esterilización.**

Agitación en sistemas con y sin aeración. Transferencia de oxígeno. Esterilización de medios de cultivo.

#### **Tema 9. Cambio de escala.**

Criterios para el cambio de escala: eficiencia de la agitación, condiciones de aireación y transferencia de calor.

### TEMARIO PRÁCTICO:

#### **CLASES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

Relación 1: Cinética enzimática homogénea

Relación 2: Diseño y operación de reactores enzimáticos

Relación 3: Cinética de los procesos microbianos

Relación 4: Diseño y operación de fermentadores

Relación 5: Agitación, aireación y esterilización



### CLASES EN AULA DE INFORMÁTICA

Seminario 1: Uso de EXCEL y su aplicación a la resolución de problemas: Representación gráfica, regresión lineal, no lineal y múltiple.

Seminario 2: Uso de Berkeley Madonna para la simulación de biorreactores.

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Práctica 1. Estudio de la cinética de una reacción enzimática.

Práctica 2. Determinación del coeficiente global de transferencia de oxígeno en fermentadores.

### BIBLIOGRAFÍA

AUTOR	TÍTULO	EDITORIAL - AÑO	LOCALIZACIÓN
<b>Doran, P.M.</b>	<b>Principios de ingeniería de los bioprocesos (*)</b>	<b>Acribia - 1998</b>	<b>Biblioteca Ciencias FCI/66 DOR pri</b>
Doran, P.M.	Bioprocess engineering principles (versión original en inglés)	Academic Press - 1995	Biblioteca Ciencias Doc. electrónico
<b>Illanes, A. (Ed.)</b>	<b>Enzyme biocatalysis. Principles and applications (*)</b>	<b>Springer - 2008</b>	<b>Biblioteca Ciencias Doc. electrónico.</b>
Marangoni, A.G.	Enzyme kinetics : a modern approach	John Wiley & Sons - 2003	Biblioteca Ciencias FCI/577 MAR enz
<b>Fonseca, M.M. y Teixeira, J.A.</b>	<b>Reactores biológicos - fundamentos e aplicações (*)</b>	<b>Lidel - 2007</b>	<b>Profesor</b>
Cabral, J.M.S., Aires-Barros, M.R. y Gama, M.	Engenharia enzimática	Lidel - 2003	Profesor
van't Riet, K. y Tramper, J.	Basic bioreactor design	CRC Press - 1991	Profesor
Cabral, J.M.S., Mota, M. y Tramper, J.	Multiphase bioreactor design	CRC Press - 2001	Profesor
Ward, O.P.	Biocología de la fermentación: principios, procesos y productos	Acribia - 1991	Biblioteca Farmacia FFA/663 WAR bio
Atkinson, B.F.C.	Reactores bioquímicos	Reverté - 1986	Biblioteca Ciencias FCI/66 ATK rea

(\*) Se indica en **negrita** la bibliografía que se considera **fundamental**.

### ENLACES RECOMENDADOS

- Chemical and Biological Reaction Engineering – MIT Open Course - <http://ocw.mit.edu/courses/chemical-engineering/10-37-chemical-and-biological-reaction-engineering-spring-2007/>
- Berkeley Madonna – Differential Equation Solver for Modeling and Analysis of Dynamic Systems - <http://www.berkeleymadonna.com/index.htm>



## METODOLOGÍA DOCENTE

La práctica docente seguirá una metodología mixta, que combinará teoría y práctica, para lograr un aprendizaje basado en la adquisición de competencias y que sea cooperativo y colaborativo. Las actividades formativas comprenderán:

### CLASES DE TEORÍA. (30 horas presenciales)

En ellas se presentarán los conceptos principales de la asignatura, haciendo uso de desarrollos en pizarra y presentaciones de diapositivas. Así mismo se presentarán y resolverán ejemplos para facilitar la asimilación de dichos conceptos. Competencias que se trabajarán CT3, CT5, CT7 y todas las específicas (CE20, 21 y 24).

### SEMINARIOS EN AULA DE INFORMÁTICA: APLICACIÓN DE EXCEL Y BERKELEY MADONNA AL ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE REACCIONES BIOQUÍMICAS Y AL CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE BIORREACTORES. (6 horas presenciales)

Se explicará el uso de herramientas de software para el estudio de la cinética de las reacciones biológicas y al diseño y operación de biorreactores. Para ello se usarán dos programas Microsoft EXCEL y Berkeley Madonna. Las aplicaciones informáticas se usarán también para la realización de un trabajo en grupo, consistente en la simulación de un biorreactor utilizando información disponible en bibliografía. Competencias que se trabajarán CB3, CB5, CT1, CT3, CT5, CT7, CT8, además de las específicas (CE20, 21 y 24). A parte de las anteriores, el trabajo en grupo permitirá desarrollar las competencias CB4 y CT4.

### SEMINARIOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS. (20 horas presenciales)

Los alumnos trabajarán en grupos de 4 o 5, resolviendo ejercicios numéricos en los que se tengan que aplicar los conceptos trabajados en las clases de teoría, usando las herramientas informáticas (EXCEL y Berkeley Madonna). A parte de los ejemplos resueltos por el profesor, se propondrán también ejercicios para su resolución por parte de los alumnos, ya sea durante el periodo presencial o en casa. Competencias que se trabajarán CB3, CT1, CT3, CT5, CT7, CT8, además de las específicas (CE20, 21 y 24).

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO. (4 horas presenciales)

En ellas los alumnos, en grupos de 4 o 5, llevarán a cabo experimentos en laboratorio para el estudio de una reacción enzimática y el cálculo del coeficiente global de transferencia de oxígeno en un fermentador. Competencias que se trabajarán CB3, CT1, CT3, CT5, CT8, además de las específicas (CE20, 21 y 24).

## EVALUACIÓN

### CONVOCATORIA ORDINARIA

En dicha convocatoria todos los alumnos deberán seguir la evaluación continua, tal y como se recoge en la tabla siguiente, salvo que puedan acogerse a la Evaluación Única Final (ver más adelante).

#### *Herramienta de Evaluación*

#### *Peso en calificación final*

**Examen final.** Constará de dos partes:

- 1) Cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 9 (35% nota final)
- 2) Examen práctico de resolución de ejercicios en ordenador con EXCEL (35% de la nota final).

70%

**Entrega de relaciones de problemas.** Durante los seminarios de resolución de problemas los alumnos trabajarán las relaciones propuestas en grupo, entregando cada una de ellas para su calificación.

15%



**Realización de trabajo en grupo.**

15%

Para superar la asignatura por evaluación continua será necesario obtener una calificación mínima de 5 sobre 10 en el examen final, así como haber entregado las relaciones de problemas y el trabajo en grupo.

### CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

Deberán acudir a ella los alumnos que no superen la asignatura en la convocatoria ordinaria. Constará de dos pruebas, realizadas en un acto académico único.

#### *Herramienta de Evaluación*

#### *Peso en calificación final*

**Examen teórico-práctico.** Constará de dos partes:

- 1) Cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 9 (35% nota final).
- 2) Examen práctico de resolución de ejercicios en ordenador con EXCEL (35% de la nota final).

70%

**Simulación del funcionamiento de un biorreactor.** Consistirá en la resolución de un ejercicio de simulación propuesto por el profesor usando Berkeley Madonna.

30%

Los alumnos que lo deseen podrán conservar las calificaciones del trabajo en grupo y/o de actividades propuestas, que supondrán un 30% de la nota final. De esta forma quedarán exentos de realizar el ejercicio de simulación.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

Se realizará en un solo acto académico, el mismo día del examen final de las convocatorias ordinaria e incluirá dos pruebas.

#### *Herramienta de Evaluación*

#### *Peso en calificación final*

**Examen teórico-práctico.** Constará de dos partes:

- 3) Cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 9 (35% nota final).
- 4) Examen práctico de resolución de ejercicios en ordenador con EXCEL (35% de la nota final).

70%

**Simulación del funcionamiento de un biorreactor.** Consistirá en la resolución de un ejercicio de simulación propuesto por el profesor usando Berkeley Madonna.

30%

El examen de teórico-práctico a realizar por los alumnos que se acojan a la Evaluación Única Final en la convocatoria ordinaria puede ser distinto del de los alumnos que han seguido la evaluación continua. Para superar la asignatura por esta vía será necesaria una calificación mínima de 5 tanto en el examen teórico-práctico como en el ejercicio de simulación.



## INFORMACIÓN ADICIONAL

### REGIMEN DE ASISTENCIA

La asistencia y participación activa en las clases teóricas y prácticas es de crucial importancia para la adquisición de los conocimientos y competencias de esta asignatura por lo que se recomienda un seguimiento activo de dichas clases.

### FECHAS DE EXAMEN

- **Convocatoria ordinaria:**
- **Convocatoria extraordinaria:**

