

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Ingeniería de Bioprocesos	Biorreactores	3º	5º	6	Obligatoria
GRUPO	PROFESORES Y DATOS DE CONTACTO	HORARIO DE TUTORÍAS			
<b>Teoría:</b> Grupo A <b>Prácticas:</b> Grupo A2	Miguel García Román Dpto. Ingeniería Química, Facultad de Ciencias 1ª planta, Despacho núm. 4 Correo electrónico: mgroman@ugr.es Tél.: 958241392	Martes de 9:30 a 12:30 Viernes de 10:00 a 13:00 Lugar: Despacho en Dpto. de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias			
<b>Prácticas:</b> Grupo A1	Deisi Altmajer Vaz Dpto. Ingeniería Química, Facultad de Ciencias 1ª planta, Despacho núm. 4 Correo electrónico: deisiav@ugr.es Tél.: 958241392	Lunes de 15:30 a 17:30 Miércoles de 15:30 a 17:30 Viernes de 9:30 a 11:30 Lugar: Despacho en Dpto. de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias			
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 cursado el módulo de Formación Básica y las asignaturas Procesos Biotecnológicos Industriales y Fundamentos de Ingeniería Bioquímica.					



## 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.

- Analizar las configuraciones más usuales en biorreactores
- Desarrollar modelos de biorreactores para el diseño y la optimización de su funcionamiento.
- Determinar las necesidades de transmisión de calor, agitación, aireación y esterilización de un biorreactor
- Aplicar los criterios de escalado al diseño de biorreactores.

## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

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

Reacciones bioquímicas de importancia industrial. Concepto y tipos de biorreactores. Modos de operación. Aplicaciones industriales. Nociones básicas de cinética aplicada: velocidad de reacción y métodos para su estudio. Fundamentos del diseño de biorreactores. Modelos de reactores ideales.

#### BLOQUE 1 – REACTORES ENZIMÁTICOS

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

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

Reacciones con enzima inmovilizada. Influencia del transporte de materia externo e interno. Reacciones con sustratos insolubles. Reacciones enzimáticas en medios no convencionales.

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

Reactores enzimáticos homogéneos. Operación discontinua y continua. Sistemas que permiten la retención de la enzima. Reactores con enzima inmovilizada: lecho fijo y fluidizado.

#### BLOQUE 2 – REACTORES PARA CULTIVO DE MICROORGANISMOS: FERMENTADORES

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

Estequiometría del crecimiento microbiano. Cinética de crecimiento, consumo y producción. Modelos no estructurados de crecimiento y muerte celular. 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

**Seminario 1:** Cinética enzimática

**Seminario 2:** Diseño y operación de reactores enzimáticos

**Seminario 3:** Estequiometría y cinética de los procesos microbianos

**Seminario 4:** Diseño y operación de fermentadores

**Seminario 5:** Agitación, aireación y esterilización

### CLASES EN AULA DE INFORMÁTICA

**Práctica 1:** Cinética enzimática

**Práctica 2:** Diseño y operación de reactores enzimáticos

**Práctica 3:** Estequiometría y cinética de los procesos microbianos

**Práctica 4:** Diseño y operación de fermentadores

**Práctica 5:** Agitación, aireación y esterilización

### PRÁCTICAS EN LABORATORIO

**Práctica 6:** Estudio de la cinética de una reacción enzimática. Obtención de la ecuación de velocidad

### PRÁCTICAS DE CAMPO

**Práctica 7:** Visita a un industria de base biotecnológica

### TRABAJO EN GRUPO

Simulación de un biorreactor con Berkeley Madonna utilizando información disponible en bibliografía

## BIBLIOGRAFÍA

Autor	Título	Editorial - Año	Localización
Doran, P.M.	Principio de ingeniería de los bioprocesos	Acribia – 1998	Biblioteca Ciencias FCI/66 DOR pri
Doran, P.M.	Bioprocess engineering principles (versión original en inglés)	Academic Press – 1995	Biblioteca Ciencias Doc. electrónico
Marangoni, A.G.	Enzyme kinetics : a modern approach	John Wiley & Sons – 2003	Biblioteca Ciencias FCI/577 MAR enz
Fonseca, M.M. y Teixeira, J.A.	Reactores biológicos - fundamentos e aplicações	Lidel – 2007	Profesor
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.	<b>Multiphase bioreactor design</b>	CRC Press – 2001	Profesor
Ward, O.P.	<b>Biología de la fermentación: principios, procesos y productos</b>	Acribia – 1991	Biblioteca Farmacia FFA/663 WAR bio
Atkinson, B.F.C.	<b>Reactores bioquímicos</b>	Reverté – 1986	Biblioteca Ciencias FCI/66 ATK rea

#### Enlaces:

- 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.html>

#### 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.** (25 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).

##### **CLASES DE PRÁCTICAS: CLASES DE PROBLEMAS.** (12 horas presenciales)

En ellas se resolverán ejercicios numéricos en los que se tengan que aplicar los conceptos trabajados en las clases de teoría. 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).

##### **CLASES PRÁCTICAS: USO DE APLICACIONES INFORMÁTICAS, LABORATORIO Y VISITA A INDUSTRIA.** (22 horas presenciales)

Se prevén tres tipos de aulas prácticas: (i) en aula de informática; (ii) en laboratorio; y (iii) prácticas de campo. En las sesiones en aula de informática se aplicarán herramientas de software al 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, cuyas nociones básicas se estudiarán en talleres previos. En el laboratorio se llevará a cabo una reacción biológica y se seguirá su cinética. Finalmente se prevé la visita a una industria biotecnológica para tener un contacto más cercano con la aplicación real de los principios estudiados. Competencias que se trabajarán CB3, CB5, CT1, CT3, CT5, CT7, CT8, además de las específicas (CE20, 21 y 24). 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. Este trabajo se presentará públicamente ante los compañeros y el profesor en cada grupo reducido, a lo que se destinarán 2 horas presenciales. A parte de las anteriores, el trabajo en grupo permitirá desarrollar las competencias CB4 y CT4.



**TUTORÍA COLECTIVA.** (1 hora presencial). Con vistas a la resolución de dudas y orientación en la elaboración del trabajo en grupo. Acudirán a ella todos los alumnos de cada grupo reducido (G1 o G2).

**PROGRAMA DE ACTIVIDADES**

	Actividades presenciales					Actividades no presenciales	
	Sesiones teóricas	Clases Resolución Problemas	Clases Prácticas	Trabajo en grupo	Tutorías colectivas	Trabajo en Grupo (horas)	Estudio y trabajo del alumno (horas)
<b>Total horas</b>	25	12	20	2	1	8	82

**EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)**

Se establecen las siguientes formas de evaluación:

**EVALUACIÓN CONTINUA**

Forma de evaluación ordinaria para los alumnos que cursen la asignatura, y la única posible en la convocatoria de febrero, salvo que el alumno pueda acogerse a la Evaluación Única Final (ver más adelante).

**Herramienta de Evaluación**

**Peso en calificación final**

**Examen final.** Constará de problemas numéricos y cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 9.

70%

**Resolución de actividades propuestas.** En el transcurso de los seminarios de problemas y de las clases prácticas se propondrán al alumno al menos 2 ejercicios/actividades para su realización individual durante la propia clase.

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 entregar y presentar el trabajo en grupo.**

**EVALUACIÓN ÚNICA FINAL**

Se realizará en un solo acto académico, el mismo día del examen final de la convocatoria de febrero, e incluirá dos pruebas. Para acogerse a esta forma de evaluación, y según lo dispuesto en la Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada (aprobada en Consejo de Gobierno del 20/05/2013), los estudiantes interesados deberán solicitarlo al Director del Departamento de Ingeniería Química en las dos primeras semanas a partir de su matriculación alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.



**Herramienta de Evaluación****Peso en calificación final**

**Examen de teoría y problemas.** Constará de problemas numéricos y cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 9.

70%

**Examen de prácticas.** Consistirá en la resolución de un ejercicio de simulación de un biorreactor aplicando las herramientas de software utilizadas en la asignatura, es decir, Microsoft EXCEL y/o Berkeley Madonna.

30%

**El examen a realizar por los alumnos que se acojan a la evaluación final única será distinto del examen final de los alumnos que han seguido la evaluación continua. Para superar la asignatura por esta vía será necesaria una calificación mínima de 5 puntos en ambas pruebas, teórica y práctica.**

**EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA**

Constará de dos pruebas, realizadas en un acto académico único, a realizar el 12/07/2017. Se aplicará exclusivamente a los alumnos que no superen la asignatura en la convocatoria ordinaria de febrero (independientemente del tipo de evaluación, continua o única, al que se acogieran en dicha convocatoria).

**Herramienta de Evaluación****Peso en calificación final**

**Examen de teoría y problemas.** Constará de problemas numéricos y cuestiones teórico-prácticas sobre los temas 1 al 9.

70%

**Examen de prácticas.** Consistirá en la resolución de un ejercicio de simulación de un biorreactor aplicando las herramientas de software utilizadas en la asignatura, es decir, Microsoft EXCEL y/o Berkeley Madonna.

30%

**Los alumnos que optaron por la evaluación única final y que no superaron la asignatura en la convocatoria de febrero deberán hacer ambas pruebas, no conservándose ninguna de las notas obtenidas en junio. A estos alumnos se les exigirá también una calificación mínima de 5 puntos en ambas pruebas, teórica y práctica, para superar la asignatura. A los alumnos de evaluación continua se les conservarán, si lo desean, las calificaciones del trabajo en grupo y/o de actividades propuestas.**

**REGIMEN DE ASISTENCIA**

La asistencia y participación activa a 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.

**INFORMACIÓN ADICIONAL****FECHAS DE EXAMEN:**

**Convocatoria ordinaria (febrero):** 27/01/2017

**Convocatoria extraordinaria:** 12/07/2017

