

Curso  
2026/2027

Guía Docente:

# INGENIERÍA DE BIOPROCESOS



FACULTAD DE  
CIENCIAS QUÍMICAS



## 1. IDENTIFICACIÓN

Titulación	Grado en Ingeniería Química		Código	801566	
Asignatura	Ingeniería de Bioprocesos		ECTS	6	
Materia	Bioprocesos Industriales				
Módulo	Tecnología Química				
Carácter	Optativo	Curso	Cuarto	Semestre	Primero
Departamento responsable	Ingeniería Química y de Materiales				

### Profesores responsables

Actividad	Profesor	Email	Despacho
Tª/S/Tut.	MERCEDES MARTÍNEZ RODRÍGUEZ	mmr1@quim.ucm.es	QA-B71
Tª/S/Tut.	AURORA SANTOS LÓPEZ	aurasan@ucm.es	QA-B57A
Tª/S/Tut.	VICTORIA EUGENIA SANTOS MAZORRA	vesantos@ucm.es	QP-104
Tª/S/Tut.	JUAN MANUEL BOLIVAR BOLIVAR	juanmbol@ucm.es	QA-B70B

### Laboratorio QAB63

Grupo	Profesor	Email	Despacho
1 y 2	ABDERRAHIM BOUAID BOUAID	babderra@ucm.es	QA-B71A

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo General

Conocer, comprender y diseñar las distintas etapas que constituyen un bioproceso.

### Objetivos específicos

- Conocer y comprender las distintas etapas que integran un proceso biotecnológico.
- Describir y dimensionar los procesos de esterilización.
- Describir y diseñar las operaciones de separación para el aislamiento de productos insolubles y soluble en un proceso biotecnológico.
- Describir y dimensionar diferentes operaciones básicas para la purificación de productos biotecnológicos, fundamentadas en cromatografía y membranas.
- Describir y comprender diferentes operaciones de acabado como la congelación y la liofilización.
- Describir los métodos de envasado.
- Conocer y comprender el concepto de GMP, calidad y validación de procesos biotecnológicos.
- Identificar los fenómenos y variables determinantes en las velocidades de las biotransformaciones.
- Determinar el modelo cinético adecuado para transformaciones enzimáticas y microbianas.
- Conocer los diferentes métodos de inmovilización de biocatalizadores y sus aplicaciones.



- Conocer la metodología general de desarrollo de bioprocesos.
- Conocer y determinar la velocidad de transferencia de oxígeno en transformaciones aerobias.
- Determinar la velocidad de consumo de oxígeno en transformaciones aerobias.
- Conocer e identificar el fenómeno del estrés celular.
- Conocer los diferentes tipos de biorreactores, sus formas de operación y sus aplicaciones.
- Diseñar biorreactores tanque agitado en operación discontinua, semicontinua y continua.
- Conocer las metodologías de cambio de escala en bioprocesos.

### 3. CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

#### Conocimientos previos

El seguimiento adecuado de esta asignatura requiere que el estudiante haya adquirido previamente los conocimientos y competencias correspondientes a las siguientes asignaturas: Ingeniería de la Reacción Química e Introducción a la Bioquímica. Aunque la matrícula no esté formalmente condicionada por estos aprendizajes previos, el dominio efectivo de dichos conocimientos resulta esencial para cursar esta asignatura con posibilidades razonables de aprovechamiento.

#### Recomendaciones

Es recomendable que el estudiante tenga un nivel básico de inglés que le permita manejar bibliografía en inglés, realizar búsquedas de información y comunicarse por escrito y oralmente en ese idioma. Asimismo, es recomendable que esté familiarizado con herramientas y programas informáticos para la resolución de problemas complejos, así como con aplicaciones para la redacción, edición y presentación de informes técnicos. Además, para un mejor aprovechamiento de la asignatura, se recomienda cursar la asignatura Bioquímica Industrial.

### 4. CONTENIDOS

#### Breve descripción de los contenidos

Teoría y práctica de operaciones típicas de procesos biotecnológicos. Diseño de los equipos donde llevar a cabo dichas operaciones. Análisis de reacciones con biocatalizadores (enzimas y células). Análisis y diseño de biorreactores agitados mecánicamente empleando diversas formas de operación.

#### Programa

1. Esquema general de los bioprocesos. Etapas. Clasificación de las operaciones básicas biotecnológicas. Fenomenología de las transformaciones biotecnológicas. Clasificación de las transformaciones biotecnológicas. Tipos de biorreactores. Cambio de escala.
2. Análisis fenomenológico de procesos enzimáticos. Cinética. Métodos de inmovilización.
3. Reactores enzimáticos. Análisis y diseño de biorreactores enzimáticos. Formas de operación. Cambio de escala.
4. Análisis fenomenológico de procesos con células. Desarrollo del proceso. Modelos cinéticos. Transporte gas-líquido. Stress celular.
5. Análisis y diseño de biorreactores. Tipos. Formas de operación. Cambio de escala.
6. Esterilización. Parámetros característicos. Métodos. Diseño de ciclos de esterilización térmica. Cambio de escala. Esterilización por otros medios físicos: filtración, radiación. Esterilización con agentes químicos.



7. Operaciones de aislamiento. Operaciones mecánicas de separación de productos insolubles. Eficiencia de la separación. Liberación de productos intracelulares, ruptura celular y homogeneización. Aislamiento de productos solubles, precipitación, extracción y lixiviación.
8. Operaciones de purificación. Tipos de cromatografía. Modelado. De la cromatografía preparativa en columna y cambio de escala. Operaciones con membranas. Clasificación. Ultrafiltración, ósmosis inversas, pervaporación y diálisis.
9. Operaciones de acabado. Congelación. Principios, métodos y equipo. Liofilización. Etapas y equipos. Concepto GMP (*Good manufacturing practice*). Control de calidad y validación de procesos biotecnológicos.



## 5. COMPETENCIAS

### Generales

CG1-TQ1	Utilizar conceptos para el aprendizaje autónomo de nuevos métodos y teorías.
CG1-TQ2	Diseñar y gestionar procedimientos de experimentación aplicada, especialmente para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte, y de modelado de fenómenos y sistemas en el ámbito de la ingeniería química, sistemas con flujo de fluidos, transmisión de calor, operaciones de transferencia de materia, cinética de las reacciones químicas y reactores.
CG4-TQ1	Aplicar conceptos de biotecnología, transferencia de materia, operaciones de separación, ingeniería de la reacción química. Diseñar reactores, y evaluar la transformación de materias primas y recursos energéticos.
CG5-TQ1	Analizar, diseñar, simular y optimizar procesos y productos.

### Específicas

CE20-BI5	Explicar la secuencia de etapas de un bioproceso.
CE20-BI6	Diseñar los equipos donde llevar a cabo las etapas de separación típicas de un proceso biotecnológico aplicando los fundamentos de la transferencia de materia, transmisión de calor y flujo de fluidos.
CE20-BI7	Formular y calcular los parámetros cinéticos de los modelos cinéticos de sistemas que emplean biocatalizadores.
CE20-BI8	Calcular los parámetros básicos de diseño de biorreactores.
CE20-BI9	Analizar el comportamiento de los biorreactores.

### Transversales

CT1-TQ1	Desarrollar capacidad de análisis y síntesis.
CT2-TQ1	Resolver problemas en el área de la Tecnología Química.
CT4-TQ1	Comunicarse en español utilizando los medios audiovisuales habituales.
CT5-TQ1	Consultar, utilizar y analizar fuentes bibliográficas en el área de la Tecnología Química.
CT5-TQ2	Consultar, utilizar y analizar bases de datos especializadas y de recursos accesibles a través de internet.
CT6-TQ1	Utilizar herramientas y programas informáticos para calcular, simular y aproximar.
CT8-TQ1	Demostrar capacidad para el razonamiento crítico y autocrítico.
CT11-TQ1	Aprender de forma autónoma.
CT12-TQ1	Desarrollar sensibilidad hacia la repercusión social y medioambiental de las soluciones ingenieriles.



## 6. HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	30	50	3,2
Seminarios	15	15	1,2
Tutorías/Trabajos dirigidos	3	4,5	0,3
Laboratorios	10	7,5	0,7
Preparación de trabajos y exámenes	5	10	0,6
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>87</b>	<b>6</b>

## 7. METODOLOGÍA

La práctica docente seguirá una metodología mixta basada en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje. Esta metodología se desarrollará a través de clases teóricas, clases de seminarios, trabajos individuales o en grupo, tutorías dirigidas y prácticas de laboratorio.

La asignatura integra los principios de la química verde para diseñar procesos biotecnológicos más seguros, eficientes y sostenibles.

Las **clases teóricas**, que se desarrollarán en un solo grupo, consistirán, de forma prioritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrá de forma ordenada el temario completo de la asignatura con ayuda de material audiovisual.

Los **seminarios**, que se desarrollarán en un solo grupo, consistirán en el planteamiento y resolución de problemas, propuestos previamente al estudiante, que impliquen la aplicación de los conocimientos teóricos, así como el desarrollo de algunos temas de carácter complementario y eminentemente prácticos. Parte del material se consultará serán publicaciones científicas en inglés, para lo cual se recomienda tener un nivel de inglés básico/medio.

Las **tutorías** consistirán en la dirección y supervisión del progreso de los estudiantes en su trabajo personalizado, así como en la resolución de las dudas planteadas. Las tutorías 1 y 2 consistirán en la resolución de un problema mediante el uso de herramientas informáticas (Excel o Berkeley Madonna), para lo cual se recomienda tener conocimientos básicos de ofimática.

Las **prácticas de laboratorio** consistirán en la toma de datos experimentales y el cálculo de los diferentes parámetros implicados en el desarrollo de la práctica. La discusión crítica y el análisis de los resultados obtenidos en cada práctica constituirán la parte fundamental de las memorias técnicas a entregar en cada caso. Así mismo, se podrán realizar visitas a distintas instalaciones en las que se desarrollen procesos biotecnológicos.

Se utilizará el **Campus Virtual** de la UCM como instrumento para poner a disposición de los estudiantes el material que se utilizará en las clases teóricas, de seminario, tutorías y laboratorios, y como medio de comunicación entre el profesor y los estudiantes.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

### Básica

- VERRALL, M.S. (Ed.): “*Downstream Processing of Natural Products*”, John Wiley, Nueva York, 1996.
- DORAN, P.M.: “*Bioprocess Engineering Principles*” 2nd Ed., Academic Press (Elsevier), 2013.
- GODIÁ, CASASBLANCAS, F. Y LÓPEZ SANTÍN, J. (Eds.): “*Ingeniería Bioquímica*”, Síntesis, 1998.
- GOLDBERG, E. (Ed): “*Handbook of Downstream Processing*”, Blackie Academic & Professional. Londres, 1997.
- AIBA, S; HUMPHREY, A.E. y WILLIS, N.F.: “*Biochemical Engineering*”. 2ªEd., Academic Press, Nueva York, 1973.
- WANG, D.I.C. y col.: “*Fermentation and Enzyme Technology*”, John Wiley, Nueva York, 1979.
- HARRISON, R.G., TODD, P., RUDGE, S.R. y PETRIDES, P.P. “*BIOSEPARATIONS SCIENCE AND ENGINEERING*” Oxford University Press. New York, 200.

### Complementaria

- McCABE W.L.; SMITH, J.C. y HARRIOT, P.: “*Operaciones básicas de Ingeniería Química*”, 4ª Ed., McGraw Hill, Madrid, 1991.
- COULSON, J.M., RICHARDSON, J.F., BACKHURST, J.R. y HARKER, J.H.: “*Chemical Engineering*”, Vol. II, 4ª Ed., Pergamon, Londres, 1991. Traducción al español de la tercera edición inglesa: “*Ingeniería Química*”, Reverté, Barcelona, 1981.
- VILA JATO, J.L.: “*Tecnología Farmacéutica. Volumen I: Aspectos fundamentales de los sistemas farmacéuticos y operaciones básicas*”, Síntesis, Madrid, 2001.
- RODRÍGUEZ, F.: “*Ingeniería de la Industria Alimentaria. Volumen II. Operaciones de procesado de alimentos*”, Síntesis, Madrid, 2002.
- ASENJO, J.A. Y MERCHUCK, J.C.: “*Bioreactor System Design*”, Marcel Dekker, 1994.
- BAILEY, J.E. Y OLLIS, D.F.: “*Biochemical Engineering Fundamentals*”, 2ª Ed. McGraw-Hill, 1986.
- BLANCH H.W. Y CLARK, D.S.: “*Biochemical Engineering*”, Marcel Dekker, 1996.
- GARCÍA-OCHOA, F., GÓMEZ, E., SANTOS, V.E.: “*Stirred Tank Bioreactors*” en “*Comprehensive Biotechnology*”, 3rd edition, Volume 2. Murray Moo-Young (ed.), Elsevier: Pergamon, 2019 pp: 270-290.

## 9. EVALUACIÓN

La participación en tutorías dirigidas y sesiones de laboratorio es obligatoria, así como al menos la asistencia al 70% de las actividades presenciales de aula. La calificación final de la asignatura se obtendrá como media ponderada, superados los mínimos establecidos en cada apartado, de las evaluaciones de cada una de las actividades recogidas a continuación. Estos criterios se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.

**❖ EXÁMENES ESCRITOS: 70%**

Se realizarán dos exámenes parciales escritos, de carácter principalmente práctico, que representarán el 70% de la evaluación global, siendo necesario obtener una calificación mínima de 4 en cualquiera de ellos para hacer media entre los exámenes parciales. Será necesario obtener una calificación mínima de 4 sobre 10 en el examen, esta condición deberá cumplirse tanto en el caso de que la evaluación se realice mediante la media de los exámenes parciales, como en el caso de que se opte por un examen final único. Se evaluarán las competencias CG1-TQ1, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-BI5, CE20-BI6, CE20-BI7, CE20-BI8, CE20-BI9, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT8-TQ1.

**❖ TRABAJO PERSONAL Y ACTIVIDADES DIRIGIDAS (TRABAJOS): 15%**

Se propondrá un conjunto de problemas modelo de cada una de las partes de la asignatura, que deberán entregarse obligatoriamente antes de su discusión y resolución en las clases de seminario. Además, cada estudiante deberá desarrollar a lo largo de la asignatura un trabajo personalizado, cuya evolución se valorará en las tutorías dirigidas. Asimismo, se llevarán a cabo pruebas formativas de carácter teórico-práctico para una evaluación continuada, discutiéndose los resultados para mejorar el aprendizaje del estudiante (*feedback*). Todo esto representará el 15% de la evaluación global. Esta actividad permitirá evaluar las competencias CG1-TQ1, CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT8-TQ1, CT11-TQ1, CT12-TQ1.

**❖ ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN ACTIVA EN LAS CLASES**

Para poder realizar la evaluación global de la asignatura, el estudiante debe haber participado al menos en el 70% de las actividades presenciales de aula (teoría y seminarios).

**❖ PRÁCTICAS DE LABORATORIO: 15%**

La asistencia del estudiante a las sesiones prácticas del laboratorio será obligatoria. La evaluación se realizará teniendo en cuenta sus respuestas a cuestiones concretas planteadas por el profesor, así como la calidad de la memoria técnica presentada sobre las prácticas. Las prácticas de laboratorio representan el 15% de la evaluación global. La evaluación permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG5-TQ1, CT1-TQ1, CT4-TQ1, CT5-TQ1, CT5-TQ2, CT6-TQ1, CT8-TQ1, CT11-TQ1, CT12-TQ1.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura (exámenes parciales, laboratorios, tutorías, entrega de problemas, ...) se comunicarán a los estudiantes con la antelación suficiente antes de la realización del examen final, para que puedan planificar adecuadamente el estudio de esta u otras asignaturas.

Los alumnos que hayan realizado las prácticas en cursos anteriores tendrán la opción de solicitar la no repetición de las mismas siempre que no hayan transcurrido más de 2 años desde que llevaron a cabo esas prácticas.

En especial, las notas de los exámenes parciales se comunicarán en un plazo máximo de 20 días, salvo en el caso del segundo parcial, en el que el plazo puede ser menor para adaptarse al examen final. En todo caso, se respetará el plazo mínimo de diez días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.

La calificación final resultará de la media ponderada de las actividades evaluables. No obstante, para superar la asignatura será necesario alcanzar la nota mínima establecida en cada una de ellas. En caso de no cumplirse este requisito, la calificación final será la media ponderada obtenida, con un máximo de 4,5 sobre 10.

## PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES - CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
Tema 1	Teoría	1	1	1ª Semana	
Tema 2	Teoría	3	1	1ª Semana	2ª Semana
	Seminario	3	1	2ª Semana	3ª Semana
Tema 3	Teoría	4,5	1	3ª Semana	4ª Semana
	Seminario	3	1	4ª Semana	5ª Semana
Tema 4	Teoría	4,5	1	5ª Semana	7ª Semana
	Seminario	3	1	7ª Semana	8ª Semana
Tema 5	Teoría	4	1	8ª Semana	9ª Semana
	Seminario	1	1	9ª Semana	9ª Semana
Tema 6	Teoría	2	1	10ª Semana	10ª Semana
	Seminario	1	1	10ª Semana	10ª Semana
Tema 7	Teoría	5	1	11ª Semana	12ª Semana
	Seminario	2	1	12ª Semana	13ª Semana
Tema 8	Teoría	4	1	13ª Semana	14ª Semana
	Seminario	2	1	14ª Semana	15ª Semana
Tema 9	Teoría	2	1	15ª Semana	15ª Semana
	Seminario				
Temas 1 a 9	Tutoría	3	1	12ª Semana	15ª Semana
Temas 1 a 9	Laboratorio	10	2 o 3	6ª Semana	14ª Semana

## RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDAD DOCENTE	COMPETENCIAS ASOCIADAS	ACTIVIDAD PROFESOR	ACTIVIDAD ESTUDIANTE	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN	P	NP	TOTAL	C
Teoría	CE20-BI5, CE20-BI6, CE20-BI7, CE20-BI8, CE20-BI9, CT1-TQ1	Exposición verbal de las líneas maestras de cada tema del programa	Atención y participación activa en el desarrollo de la clase.	Exámenes escritos	30	50	80	
Seminarios	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT8-TQ1	Planteamiento y resolución de cuestiones y problemas de carácter numérico.	Discusión y resolución de las cuestiones y problemas propuestos	Valoración de la resolución y discusión de las cuestiones y problemas propuestos	15	15	30	
Tutorías/Trabajos dirigidos	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-B19, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT8-TQ1, CT12-TQ1, CT11-TQ1	Supervisión del progreso de los estudiantes en su trabajo personal	Desarrollo de su trabajo personal	Valoración del trabajo realizado por el estudiante en el desarrollo del trabajo personal propuesto	3	4,5	7,5	<b>15%</b>
Prácticas de laboratorio	CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-B17, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT4-TQ1, CT8-TQ1, CT11-TQ1, CT12-TQ1	Explicación y supervisión del desarrollo de la práctica	Toma, análisis y discusión de los datos experimentales para calcular los distintos parámetros. Preparación de la memoria técnica del desarrollo de la práctica	Valoración del trabajo del estudiante durante el desarrollo de la práctica y de la memoria técnica.	10	7,5	17,5	<b>15%</b>
Exámenes	CG4-TQ1, CG5-TQ1, CT2-TQ1, CT8-TQ1	Diseño y corrección del examen. Calificación del alumno	Realización del examen	Examen	5	10	15	<b>70%</b>

P: Actividades presenciales

NP: Actividades no presenciales (trabajo autónomo)

C: Calificación