



# Guía Docente:

## INGENIERÍA DE BIOPROCESOS

---



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**CURSO 2022-2023**



## I.- IDENTIFICACIÓN

|                                 |                                           |
|---------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA:</b> | <b>Ingeniería de Bioprocesos</b>          |
| <b>NÚMERO DE CRÉDITOS:</b>      | <b>6</b>                                  |
| <b>CARÁCTER:</b>                | <b>Optativa</b>                           |
| <b>MATERIA:</b>                 | <b>Bioprocesos Industriales</b>           |
| <b>MÓDULO:</b>                  | <b>Tecnología Química</b>                 |
| <b>TITULACIÓN:</b>              | <b>Grado en Ingeniería Química</b>        |
| <b>SEMESTRE/CUATRIMESTRE:</b>   | <b>Primero (4º Curso)</b>                 |
| <b>DEPARTAMENTO/S:</b>          | <b>Ingeniería Química y de Materiales</b> |

**PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:**

| Grupo único                             |                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Teoría<br/>Seminario<br/>Tutoría</b> | <b>Profesora:</b> MERCEDES MARTÍNEZ RODRÍGUEZ<br><b>Departamento:</b> Ingeniería Química y de Materiales<br><b>Despacho:</b> QA-B71<br><b>e-mail:</b> <a href="mailto:mmr1@quim.ucm.es">mmr1@quim.ucm.es</a>   |
| <b>Teoría<br/>Seminario<br/>Tutoría</b> | <b>Profesora:</b> VICTORIA EUGENIA SANTOS MAZORRA<br><b>Departamento:</b> Ingeniería Química y de Materiales<br><b>Despacho:</b> QP-104<br><b>e-mail:</b> <a href="mailto:vesantos@ucm.es">vesantos@ucm.es</a> |
| <b>Teoría<br/>Seminario<br/>Tutoría</b> | <b>Profesor:</b> JUAN MANUEL BOLIVAR BOLIVAR<br><b>Departamento:</b> Ingeniería Química y de Materiales<br><b>Despacho:</b> QP-114<br><b>e-mail:</b> <a href="mailto:juanmbol@ucm.es">juanmbol@ucm.es</a>      |

| Laboratorio QAB71 |         |                          |                                                      |          |        |
|-------------------|---------|--------------------------|------------------------------------------------------|----------|--------|
| Grupo             | Cuatri. | Profesor/a               | Correo                                               | Despacho | Depar. |
| 1                 | 1º      | Abderrahim Bouaid Bouaid | <a href="mailto:babderra@ucm.es">babderra@ucm.es</a> | QAB53    | IQyM   |



## **II.- 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.



### III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ **CONOCIMIENTOS PREVIOS:**

■ **RECOMENDACIONES:**

Se recomienda haber cursado la asignatura de *Ingeniería de la Reacción Química*.

### IV.- 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:**

- Tema 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.
- Tema 2.** Esterilización. Parámetros característicos. Métodos. Diseño de ciclos de esterilización térmica. Cambio de escala. Esterilización por otros medios físicos: filtración, radiación. Esterilización con agentes químicos.
- Tema 3.** Análisis fenomenológico de procesos enzimáticos. Cinética. Métodos de inmovilización.
- Tema 4.** Análisis fenomenológico de procesos con células. Desarrollo del proceso. Modelos cinéticos. Transporte gas-líquido. Stress celular.
- Tema 5.** Análisis y diseño de biorreactores. Tipos. Formas de operación. Cambio de escala.
- Tema 6.** 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.
- Tema 7.** 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.
- Tema 8.** 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.



## V.- 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:** Resolver problemas en el área de la ingeniería química con iniciativa, capacidad de decisión y razonamiento crítico.
- **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.

## VI. – 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> |

## VII.- 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.

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.

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 **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.



## VIII.- BIBLIOGRAFÍA

### ■ BÁSICA:

- VERRALL, M.S. (Ed.): *"Downstream Processing of Natural Products"*, John Wiley, Nueva York, 1996.
- DORAN, P.M.: *"Principios de Ingeniería de bioprocesos"*, Acribia, 1998.
- 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"*. 2ª Ed., Academic Press, Nueva York, 1973.
- WANG, D.I.C. y col.: *"Fermentation and Enzyme Technology"*, John Wiley, Nueva York, 1979.
- WINSTON, W.S., KAMALESH, H., SIRKAR, K. (Ed): *"Membrane Handbook"*, Van Nostrand Reinholds, Nueva York, 1992.

### ■ 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 procesamiento 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"*, 2nd edition, Volume 2: *"Engineering Fundamentals of Biotechnology. Bioreactors: A. Design"* Murray Moo-Young (ed.), pp: 179-198.



## **IX.- 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. En la convocatoria extraordinaria se realizará un único examen de todo el temario. Será necesario obtener una puntuación mínima de 5 puntos sobre 10 en esta actividad (tanto si se realiza por parciales como en un examen global). 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.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

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



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

| Actividad docente                                                        | Competencias asociadas                                                                               | Actividad Profesor                                                         | Actividad alumno                                                                                                                                               | Procedimiento de evaluación                                                                         | P  | NP  | Total | C   |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-------|-----|
| <b>Teoría</b>                                                            | 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    | --- |
| <b>Seminarios</b>                                                        | 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    | 15% |
| <b>Tutorías/Trabajos dirigidos</b>                                       | CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-BI9, 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>Prácticas de laboratorio</b>                                          | CG1-TQ2, CG1-TQ3, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-BI7, 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  | 15% |
| <b>Exámenes</b>                                                          | CG4-TQ1, CG5-TQ1, CT2-TQ1, CT8-TQ1                                                                   | Diseño y corrección del examen. Calificación del alumno                    | Realización del examen                                                                                                                                         | Examen                                                                                              | 5  | 10  | 15    | 70% |
| P: Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación |                                                                                                      |                                                                            |                                                                                                                                                                |                                                                                                     |    |     |       |     |

