



Guía Docente:

FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2023-24



ESCENARIO 1. PRESENCIAL

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	Fundamentos de Ingeniería Bioquímica
NÚMERO DE CRÉDITOS:	6
CARÁCTER:	Obligatoria
MATERIA:	Bioingeniería
MÓDULO:	Integración
TITULACIÓN:	Grado en Bioquímica
SEMESTRE/CUATRIMESTRE:	Quinto semestre (tercer curso)
DEPARTAMENTO/S:	Ingeniería Química y de Materiales
PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:	

Grupo A	
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: PEDRO VERDÍA BARBARÁ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QB-533 e-mail: pverdia@ucm.es
Teoría Seminario Tutoría	Profesor: SARA MATEO FERNÁNDEZ Departamento: Ingeniería Química y de Materiales Despacho: QB-547-A e-mail: smateo04@ucm.es

II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

- El objetivo general de la asignatura se centra en el aprendizaje de las operaciones básicas más importantes de la Bioingeniería. El contenido de la asignatura se aborda desde una perspectiva ingenieril, pero teniendo en cuenta que está dirigida a alumnos con formación preferentemente en bioquímica.

■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender el concepto de operación unitaria, así como conocer las principales operaciones básicas y los equipos en los que se llevan a cabo.
- Aprender los conceptos básicos subyacentes en los balances de materia y energía, así como los aspectos prácticos que permiten la resolución de problemas basados en la ley de conservación de materia y energía.
- Ser capaz de plantear y resolver problemas de balances de materia en estado estacionario, tanto de unidades aisladas como de varias unidades de proceso conectadas entre sí.



- Entender el concepto de fluido y de viscosidad. Conocer los diferentes tipos de fluidos desde un punto de vista reológico. Conocer los aparatos para medir la viscosidad: viscosímetros.
- Conocer el objetivo de la fluidodinámica, el concepto de flujo y sus tipos. Conocer las principales operaciones controladas por el flujo de fluidos: sedimentación, centrifugación, filtración y agitación. Entender el objeto de cada operación y su fundamento, así como conocer los equipos en los que se opera y las diferencias entre ellos.
- Comprender los diversos mecanismos de transmisión de calor y resolver problemas sencillos relacionados con la conducción y la convección.
- Entender la ecuación de diseño de intercambiadores de tubos concéntricos y resolver problemas relacionados con el dimensionado de dichos equipos. Conocer cualitativamente los equipos de intercambio de calor utilizados industrialmente.
- Conocer las principales operaciones básicas controladas por la transmisión de calor, que son de importancia en la industria bioquímica: evaporación y esterilización.
- Comprender los diversos mecanismos de transferencia de materia.
- Conocer las principales operaciones controladas por la transferencia de materia, que son de importancia en las separaciones bioquímicas.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Nomenclatura y formulación química inorgánica y orgánica. Estequiometría. Conversión de unidades. Matemáticas básicas.

■ RECOMENDACIONES:

Haber cursado la asignatura *Estadística y Cálculo Matemático*, perteneciente al primer curso del Grado en Bioquímica.

IV.- CONTENIDOS

■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS

Cálculo de balances de materia y energía. Fundamentos del flujo de fluidos. Operaciones básicas controladas por el flujo de fluidos. Transmisión de calor y sus mecanismos. Diseño de cambiadores de calor. Diseño de equipos en los que se realizan operaciones de transmisión de calor. Fundamentos de transferencias de materia. Operaciones realizadas en fermentadores: aireación. Diseño de equipos industriales de separación.

■ PROGRAMA:

BLOQUE 1: GENERALIDADES

1. **Introducción a la Ingeniería Bioquímica.** Definición y objetivo de la Ingeniería Bioquímica. Evolución y partes de la Ingeniería Bioquímica. Concepto de operación básica. Operaciones de pretratamiento y de separación. Formas de



operación. Contacto entre fases no miscibles. Concepto de etapa ideal. Variables extensivas e intensivas. Cambio de escala.

2. **Introducción a los Fenómenos de Transporte.** Generalidades. Flujo de propiedad extensiva. Mecanismos de transporte. Régimen laminar y turbulento. Ecuaciones cinéticas del transporte molecular: Leyes de Newton, Fourier y Fick. Ecuaciones cinéticas del transporte molecular: coeficientes de transporte individuales y globales. Capa límite.

BLOQUE 2: BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

3. **Balances de materia.** Ley de conservación de la materia. Procedimiento para resolver balances de materia. Estequiometría del crecimiento celular y formación de producto. Balances elementales y de electrones. Demanda de oxígeno teórica. Rendimiento máximo posible. Resolución de ejemplos de dificultad creciente.
4. **Balances de energía.** Formas de expresión de la energía. Balance de energía general. Balances de entalpía. Cálculos de las entalpías. Vapor de agua como agente de calefacción. Tablas de vapor. Cálculo de entalpía de reacción y de producción de biomasa. Procedimiento para cálculo de balances de energía sin y con reacción. Resolución de ejemplos de dificultad creciente.

BLOQUE 3: FLUJO DE FLUIDOS

5. **Fundamentos de reología.** Definición y clasificación de los fluidos. Fluidos newtonianos y no newtonianos. Clasificación y características reológicas. Factores que afectan a la viscosidad. Medida de parámetros reológicos: Viscosímetros.

BLOQUE 4: TRANSMISIÓN DE CALOR

6. **Transmisión de calor.** Introducción. Mecanismos de transmisión de calor: conducción, convección y radiación. Mecanismos combinados. Conducción en sólidos. Equipos para la transmisión de calor en bioprocesos: camisas, serpentines, cambiadores. Ecuaciones de diseño. Ensuciamiento.
7. **Operaciones básicas controladas por la transmisión de calor. A) Esterilización.** Usos en bioprocesos. Métodos. Esterilización térmica. Cinética de muerte microbiana. Esterilización de medios en discontinuo y en continuo. Esterilización de sólidos y aire. Equipos. **B) Evaporación.** Aplicaciones en bioprocesos. Esquema y operación de un evaporador. Diseño. Parámetros económicos. Evaporadores de múltiple efecto. Equipos industriales.

BLOQUE 5: OPERACIONES BÁSICAS DE RECUPERACIÓN, CONCENTRACIÓN Y PURIFICACIÓN (BIOSEPARACIONES)

8. **Operaciones de separación de sólidos.** Eliminación de restos celulares. Recuperación de productos sólidos. **A) Filtración.** Finalidad. Fundamentos. Teoría de la filtración. Formas de operar. Desarrollo práctico de la filtración. Equipos. **B) Sedimentación.** Fundamentos. Sedimentación libre. Sedimentación impedida. Operación en discontinuo y en continuo. Equipos. **C) Centrifugación.** Fundamentos. Teoría de la centrifugación. Separación de líquidos inmiscibles. Separación de sólidos. Desarrollo práctico de la centrifugación. Cambio de escala. Equipos.
9. **Operaciones de ruptura celular y aislamiento primario: extracción.** Métodos para la ruptura celular: mecánicos, químicos, térmicos. Fundamentos y definición de la extracción líquido-líquido. Operación en múltiples etapas y contracorriente.



Criterios de selección del disolvente. Ejemplos en bioprocesos. Extracción con disolventes orgánicos. Extracción con dos fases acuosas. Equipos.

10. **Operaciones de recuperación y purificación de productos sólidos.** A) *Cristalización*. Objetivos y aplicaciones en el proceso de downstream. Definición y fundamentos. Caracterización de los cristales. Análisis del tamaño y propiedades por tamizado. Mecanismo de formación de los cristales: nucleación y crecimiento. Cristalizador ideal MSMPR. Equipos. B) *Precipitación*. Objetivos y aplicaciones en el la recuperación y purificación de proteínas. Química superficial de las proteínas. Métodos de precipitación. Mecanismos y etapas de la formación de precipitados.
11. **Operaciones de concentración y purificación mediante agentes sólidos.** A) *Adsorción*. B) *Intercambio iónico*. C) *Cromatografía*. D) *Electroforesis*. Definición. Fundamentos. Aplicaciones. Tipos. Propiedades y tipos de agentes sólidos en cada operación. Etapas del proceso. Modo de operación. Equipos.
12. **Operaciones de recuperación y purificación mediante membranas.** Definición. Fundamentos. Objetivos y aplicaciones en bioprocesos. Oportunidad tecnológica. Teoría de la separación con membranas. Tipos de membranas. Compactación en módulos. Disposición en cascadas. Operaciones más importantes en bioprocesos: A) *Osmosis inversa*. B) *Micro y ultrafiltración*. C) *Electrodialisis*. Principios de operación. Comparación con filtración. Problemas de operación: polarización de la concentración y ensuciamiento. Aplicaciones.
13. **Operaciones de acabado.** A) *Secado*. Objetivos y aplicaciones. Fundamentos. Curvas de secado. Mecanismo. Cinética. Modos de secado y secaderos de bioproductos. B) *Liofilización*. Aplicaciones. Ventajas para el secado de bioproductos. Fundamentos. Etapas de la operación. Liofilizadores.

V.- COMPETENCIAS

■ GENERALES:

- **CG9-MI5:** Integrar los fundamentos de las ciencias de la vida y las ciencias de la ingeniería en el desarrollo de productos y aplicaciones.
- **CG9-MI7:** Definir los conceptos básicos de la biotecnología y expresarse correctamente utilizando dichos términos.
- **CG13-MI6:** Explicar las actuaciones básicas para la minimización del impacto ambiental en la producción biotecnológica.

■ ESPECÍFICAS:

- **CE38-BI5:** Analizar los balances de materia y energía en procesos biotecnológicos.
- **CE38-BI6:** Describir los fundamentos del flujo de fluidos.
- **CE38-BI7:** Describir los mecanismos de transmisión de calor y las ecuaciones básicas que los rigen.
- **CE38-BI8:** Describir los fundamentos de la transferencia de materia.
- **CE38-BI9:** Diseñar operaciones controladas por la transferencia de materia.

■ TRANSVERSALES:



- CT2-MI5: Razonar de modo crítico.
- CT14-MI6: Desarrollar una motivación por la calidad.

VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	40,5	57	3,9
Seminarios	12	18	1,2
Tutorías/Trabajos dirigidos	3	4,5	0,3
Preparación de trabajos y exámenes	3	12	0,6
Total	58,5	91,5	6

VII.- METODOLOGÍA

La actividad docente seguirá una metodología híbrida, que hará uso de un aprendizaje colaborativo y un aprendizaje individual. Las actividades presenciales de la asignatura se estructuran en **clases de teoría, seminarios y tutorías**.

En las **clases de teoría** el profesor dará a conocer al alumno el contenido de la asignatura. Se presentarán los conceptos teóricos y algunos procesos que permitan al alumno obtener una visión global y comprensiva de la asignatura. Al comienzo de cada tema se expondrán el contenido y objetivos principales de dicho tema. Como apoyo a las explicaciones teóricas, se proporcionará a los alumnos el material docente apropiado, bien en fotocopias bien en el **Campus Virtual**.

Las **clases de seminarios** tendrán como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos a un conjunto de cuestiones y/o ejercicios. Con anterioridad se entregará a los estudiantes una relación de problemas para que intenten su resolución previa a dichas clases. Parte de los mismos serán resueltos en clase por el profesor y en otros casos se llevará a cabo la resolución por parte de los alumnos, bien individualmente, bien en grupos de 2 o 3 personas, trabajando interactivamente con el profesor.

Se programarán varias sesiones **presenciales de tutorías** sobre ejercicios relacionados con el temario de la asignatura. En ellas el profesor planteará uno o varios problemas para su resolución, bien individualmente, bien en grupos de 2 o 3 personas.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

■ BÁSICA:

- P. M. Doran: “*Bioprocess engineering principles*”, London, Academic Press, 2013.
- G. Calleja (Ed.): “*Introducción a la Ingeniería Química*”, Síntesis, Madrid, 2008.



- J. Aguado, (Ed.): “*Ingeniería de la Industria Alimentaria, Vol. I. Conceptos Básicos*”, Síntesis, Madrid, 1999.
- E.J. Henley, J.D. Seader, D. K. Roper: “*Separation process principles*”, New York, John Wiley & Sons, 2011.

■ **COMPLEMENTARIA:**

- D. M. Himmelblau, J. B. Riggs: “*Basic principles and calculations in chemical engineering*”, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, 2012. [Recurso electrónico].
- D. Forciniti: “*Industrial bioseparations*”, Ames, Iowa, Blackwell Publishing, 2008.
- Wiley-VCH staff (Eds.): “*Ullmann's biotechnology and biochemical engineering*”, Weinheim, Wiley-VCH, 2007.
- F. Gòdia, J. López (Eds.): “*Ingeniería bioquímica*”, Madrid, Síntesis, 2005.
- M. R. Ladisch: “*Bioseparations engineering: principles, practice, and economics*”, New York, John Wiley & Sons, 2001.
- E. Goldberg: “*Handbook of downstream processing*”, London, Blackie Academic & Professional, 1997.
- B. Atkinson, F. Mavituna: “*Biochemical engineering and biotechnology handbook*”, New York, Stockton Press, 1991.
- R. Miranda (Ed.): “*Ingeniería de Procesos*”, Madrid, Dextra, 2020.

IX.- EVALUACIÓN

Para la evaluación final es obligatoria la participación en las diferentes actividades propuestas. Para poder superar la asignatura será necesario que el alumno haya participado al menos en el 70% de las actividades presenciales y asistido al 100 % de los seminarios y tutorías.

El rendimiento académico del alumno y la calificación final de la asignatura se computarán de forma ponderada atendiendo a los siguientes porcentajes, que se mantendrán en todas las convocatorias:

■ **EXÁMENES ESCRITOS:** **70%**

La evaluación de las competencias adquiridas en la parte teórica de la asignatura se llevará a cabo mediante la realización de un único examen final. El examen constará de preguntas teóricas sobre los conceptos aprendidos durante el curso y cuestiones prácticas relacionadas. Será necesario obtener una nota mínima de 5 en el examen escrito para superar la asignatura. Para aprobar el examen, será necesario que el estudiante obtenga, al menos, un 3 sobre 10 en cada parte del examen: conceptos teóricos y cuestiones prácticas o problemas relacionados.

■ **SEMINARIOS:** **15%**

La evaluación del trabajo de aprendizaje realizado por el alumno considerará la destreza del alumno en la resolución de los problemas propuestos al inicio del curso. La asistencia a los seminarios es obligatoria.

■ **TUTORÍAS:** **15%**



Los alumnos resolverán cuestiones prácticas propuestas por el profesor durante un tiempo determinado de forma individualizada. La asistencia a las tutorías es obligatoria.

Se exigirá tener una nota mínima de 4 en seminarios y tutorías para poder superar la asignatura.

Siempre se respetará un plazo mínimo de siete días entre la publicación de cualquier calificación, si fuera el caso, y la fecha del examen final de la asignatura.


PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
1. BLOQUE 1: Generalidades	Clases Teoría	4	1	1ª Semana	2ª Semana
	Seminarios	1	1		
2. BLOQUE 2: Balances de materia y energía	Clases Teoría	12	1	3ª Semana	6ª Semana
	Seminarios	4	1		
3. BLOQUE 3: Flujo de fluidos	Clases Teoría	4	1	7ª Semana	8ª Semana
	Seminarios	1	1		
4. BLOQUE 4: Transmisión de calor y operaciones relacionadas	Clases Teoría	7	1	9ª Semana	11ª Semana
	Seminarios	2	1		
5. BLOQUE 5: Bioseparaciones	Clases Teoría	13,5	1	12ª Semana	15ª Semana
	Seminarios	4	1		
	Tutorías	3	2	Por determinar	



RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Clases de teoría	CG9-MI5 CG9-MI7 CG13-MI6 CE38-BI5 CE38-BI6 CE38-BI7 CE38-BI8 CE38-BI9 CT2-MI5 CT14-MI6	Exposición de conceptos teóricos. Planteamiento de cuestiones.	Toma de apuntes, formulación y contestación de cuestiones.	Valoración de las respuestas a preguntas relacionadas con los conceptos teóricos explicados.	40,5	57	3,9	20%
Seminarios		Aplicación de la teoría a la resolución de ejercicios y problemas.	Toma de apuntes. Realización de ejercicios. Formulación y contestación de cuestiones.	Valoración de la resolución de problemas prácticos.	12	18	1,2	
Tutorías		Dirección y supervisión del estudio y actividades del alumno. Planteamiento de cuestiones.	Resolución de las cuestiones planteadas.	Valoración del ejercicio solicitado.	3	4,5	0,3	
Exámenes		Propuesta, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno.	Preparación y realización.		3	12	0,6	

P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación