

## 1. Identificación

### 1.1. De la Asignatura

Curso Académico	2022/2023
Titulación	GRADO EN BIOTECNOLOGÍA
Nombre de la Asignatura	INGENIERÍA DE LAS REACCIONES BIOQUÍMICAS. BIORREACTORES
Código	6275
Curso	TERCERO
Carácter	OBLIGATORIA
N.º Grupos	1
Créditos ECTS	9
Estimación del volumen de trabajo del alumno	225
Organización Temporal/Temporalidad	A Anual
Idiomas en que se imparte	ESPAÑOL
Tipo de Enseñanza	Presencial

### 1.2. Del profesorado: Equipo Docente

Coordinación de la asignatura ELISA GOMEZ GOMEZ	Área/Departamento	INGENIERÍA QUÍMICA/INGENIERÍA QUÍMICA
	Categoría	CATEDRATICOS DE UNIVERSIDAD
	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	egomez@um.es Tutoría Electrónica: NO

Grupo de Docencia: 1 Coordinación de los grupos:1	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar
		Anual	Lunes	17:00- 19:00	868887352, Facultad de Química B1.1C.016
		Anual	Martes	17:00- 19:00	868887352, Facultad de Química B1.1C.016
		Anual	Miércoles	17:00- 19:00	868887352, Facultad de Química B1.1C.016
JOSEFA BASTIDA	Área/Departamento	INGENIERÍA QUÍMICA/INGENIERÍA QUÍMICA			
RODRIGUEZ	Categoría	CATEDRATICOS DE UNIVERSIDAD			
Grupo de Docencia: 1	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	jbastida@um.es Tutoría Electrónica: Sí			

	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar
		Anual	Lunes	15:30- 17:30	868887361, Facultad de Química B1.1C.013
		Anual	Martes	15:30- 17:30	868887361, Facultad de Química B1.1C.013
		Anual	Miércoles	15:30- 17:30	868887361, Facultad de Química B1.1C.013
MARIA GOMEZ	Área/Departamento	INGENIERÍA QUÍMICA/INGENIERÍA QUÍMICA			
GOMEZ	Categoría	PROFESORES TITULARES DE UNIVERSIDAD			
Grupo de Docencia: 1	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	maria.gomez@um.es Tutoría Electrónica: Sí			

	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar	
		Anual	Lunes	17:00- 19:00	868889101, Facultad de Química B1.1C.004B	
		Anual	Martes	17:00- 19:00	868889101, Facultad de Química B1.1C.004B	
		Anual	Miércoles	17:00- 19:00	868889101, Facultad de Química B1.1C.004B	
FRANCISCA	Área/Departamento	INGENIERÍA QUÍMICA/INGENIERÍA QUÍMICA				
TOMAS ALONSO	Categoría	PROFESORES TITULARES DE UNIVERSIDAD				
Grupo de Docencia: 1	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	ptomas@um.es www.um.es/gcpe Tutoría Electrónica: Sí				
	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar	Observaciones
		Primer Cuatrimestre	Lunes	13:00- 14:00		tutoría electrónica
		Primer Cuatrimestre	Miércoles	13:00- 14:00		tutoría electrónica
		Primer Cuatrimestre	Viernes	13:00- 14:00		tutoría electrónica

## 2. Presentación

La Biotecnología utiliza agentes biológicos de distinta naturaleza, desde plantas o animales hasta microorganismos, células de tejidos animales o vegetales, o enzimas, para obtener productos de utilidad

en muy diversos campos: farmacéutico, médico, químico, agrícola, alimentario, ambiental, etc. Para ello es necesaria la interrelación entre distintas disciplinas científicas. Una de ellas es la Ingeniería Bioquímica, que se centra en el desarrollo de tecnologías basadas en la utilización de biocatalizadores, aplicando los principios de la Ingeniería Química a procesos biológicos.

Una parte de la Ingeniería Bioquímica es la Ingeniería de la Reacción Bioquímica, que se ocupa del diseño y operación del sistema de reacción, es decir, de los biorreactores. En los primeros temas de esta asignatura se estudiarán los principios generales de la Cinética Química Aplicada que, junto con la Termodinámica Aplicada, es la base para el posterior estudio del diseño de Biorreactores. También en este bloque de Introducción hay un tema dedicado a los principales tipos de reactores y a la obtención de sus ecuaciones de diseño. A continuación se van a estudiar los procesos enzimáticos, tanto con enzimas libres como inmovilizadas, atendiendo primero a los aspectos cinéticos y desarrollando después modelos de diseño para los distintos tipos de reactores. Por último se estudiarán los procesos microbianos siguiendo el mismo esquema, obtención de la velocidad de reacción biológica y diseño de los distintos fermentadores, tanto discontinuos como continuos.

### 3. Condiciones de acceso a la asignatura

#### 3.1 Incompatibilidades

No consta

#### 3.2 Recomendaciones

No se establecen requisitos previos, pero se recomienda haber superado las asignaturas de la misma área impartidas en cursos anteriores, Termodinámica Aplicada y Fundamentos de Bioingeniería.

### 4. Competencias

#### 4.1 Competencias Básicas

- CB2. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- 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

## 4.2 Competencias de la titulación

- CG1. Ser capaz de expresarse correctamente en lengua castellana en su ámbito disciplinar.
- CG3. Ser capaz de gestionar la información y el conocimiento en su ámbito disciplinar, incluyendo saber utilizar como usuario las herramientas básicas en TIC.
- CG6. Ser capaz de trabajar en equipo y relacionarse con otras personas del mismo o distinto ámbito profesional.
- CG7. Desarrollar habilidades de iniciación a la investigación.
- CG10. Pensar de una forma integrada y abordar los problemas desde diferentes perspectivas.
- CE3. Conocer las bases del diseño y funcionamiento de biorreactores.
- CE4. Saber hacer cálculos básicos sobre los parámetros relevantes en fenómenos de transporte y los balances de materia y energía en los procesos bioindustriales.
- CE8. Tener un conocimiento básico del proceso de I+D+i.

## 4.3 Competencias transversales y de materia

## 5. Contenidos

### Bloque 1: INTRODUCCIÓN: PRINCIPIOS GENERALES

#### TEMA 1.

Objeto de la Cinética Química Aplicada.- Clasificación de las reacciones químicas.- Definición de velocidad de reacción.- Factores que afectan a la velocidad de reacción.

#### TEMA 2.

Reacciones elementales y no elementales.- Orden y molecularidad.- Reacciones simples y múltiples.- Modelos cinéticos para reacciones no elementales.

#### TEMA 3.

Tipos de reactores.- Balances de materia y energía.- Ecuaciones de diseño para reactores ideales: reactor tanque discontinuo, reactor tanque continuo de mezcla completa y reactor tubular de flujo pistón.

### Bloque 2: CINÉTICA ENZIMÁTICA

#### TEMA 4.

Cinética de las reacciones catalizadas por enzimas. Ecuación de Michaelis-Menten.- Determinación de los parámetros cinéticos de la ecuación de Michaelis-Menten.- Reacciones enzimáticas con inhibición:

reversible e irreversible.- Cinética de las reacciones enzimáticas con más de un sustrato.- Variación de la actividad enzimática con la temperatura y el pH.

#### TEMA 5.

Reacciones con enzimas inmovilizadas: Factores que afectan a la velocidad del proceso.- Efecto de la transferencia de materia externa. Factor de eficacia.- Efectos difusionales internos. Ecuación de difusión-reacción.

#### TEMA 6.

Integración analítica de la ecuación de difusión-reacción para cinéticas de orden cero y uno.- Integración numérica para cinética de Michaelis-Menten. Estimación del factor de eficacia.- Curvas de simulación.

### Bloque 3: REACTORES ENZIMÁTICOS

#### TEMA 7.

Tipos de reactores enzimáticos y su elección.- Reactores enzimáticos homogéneos. Ecuaciones de diseño para distintas cinéticas.- Reactores enzimáticos heterogéneos ideales.

#### TEMA 8.

Reactor tanque continuo en estado estacionario. Modelo de diseño para sistemas enzimáticos heterogéneos con limitaciones difusionales internas.- Aplicación a la cinética de Michaelis-Menten.- Resolución del modelo y resultados.

#### TEMA 9.

Reactor de lecho fijo en estado estacionario. Modelo de diseño para sistemas enzimáticos heterogéneos con limitaciones difusionales internas.- Integración para cinética de Michaelis-Menten.- Resultados.

### Bloque 4: CINÉTICA MICROBIANA

#### TEMA 10.

Volumen de control.- Variables: de estado, de operación e intermedias.- Parámetros: cinéticos y estequiométricos.- Ecuaciones: balance, velocidad, termodinámicas.

#### TEMA 11.

Velocidades de reacción biológica. Definición de velocidad volumétrica y específica.- Expresiones de velocidad para la actividad microbiana: crecimiento, muerte y lisis/autólisis celular, formación de

producto, inhibición de la producción y degradación, mantenimiento y respiración endógena.- Aspectos estequiométricos del metabolismo: consumo de sustrato, coeficientes de rendimiento y factores de rendimiento.

## Bloque 5: REACTORES MICROBIANOS

### TEMA 12.

Cultivo discontinuo de microorganismos. Introducción.- Ecuaciones generales de balance.- Modelos cinéticos para cultivos discontinuos.- Fases del crecimiento en un cultivo discontinuo.- Productividad.- Estimación de parámetros.

### TEMA 13.

Cultivo continuo: El quimiostato. Definición e hipótesis.- Balance de materia general.- Balances de materia para los compuestos individuales.- Modelos cinéticos para el quimiostato.- Velocidad de dilución crítica y lavado de células.- Productividad.- Estimación de parámetros.- Quimiostato con recirculación.

### TEMA 14.

Transferencia de oxígeno: Efecto del oxígeno disuelto. Introducción.- Velocidad de transferencia de oxígeno, OTR.- Demanda microbiana de oxígeno.- Ecuaciones generales de balance para el quimiostato incluyendo el oxígeno disuelto.- Fuente de carbono limitante: Oxígeno en exceso.- Oxígeno limitante: Fuente de carbono en exceso.- Limitación por dos sustratos en un quimiostato.- Limitación de oxígeno en cultivo discontinuo.

## Bloque 6: TECNOLOGÍA DE LAS FERMENTACIONES

### TEMA 15.

Matraces de cultivo y agitadores.- Fermentadores: fermentadores de laboratorio, piloto e industriales.- Otros fermentadores.- Esterilización. Esterilización del medio de cultivo: con vapor y con otros métodos. Esterilización del aire.- Diseño de filtros.

### TEMA 16.

Medida y control en fermentaciones.- Factores físicos: temperatura, presión, consumo de potencia, velocidad de agitación, nivel de espuma, caudal de gas, caudal de líquido y viscosidad.- Factores químicos y biológicos: pH, potencial redox, oxígeno disuelto, CO<sub>2</sub> disuelto.- Análisis de sustratos y

productos: biomasa, biosensores, análisis por inyección en flujo (FIA), análisis de los gases de salida del fermentador.- Sensores lógicos (Software sensors).

## PRÁCTICAS

Práctica 2. Práctica 1 Aula de Informática: Relacionada con los contenidos Bloque 1, Bloque 2 y Bloque 3  
Elaboración de un programa de diseño y simulación, en VBA (Visual Basic para Aplicaciones), para el reactor tanque continuo ideal en estado estacionario, en procesos enzimáticos homogéneos y heterogéneos. Cinética de Michaelis-Menten.

Práctica 3. Práctica 2 Aula de Informática: Relacionada con los contenidos Bloque 1, Bloque 2 y Bloque 3  
Elaboración de un programa de diseño y simulación, en VBA, para el reactor de lecho fijo ideal en estado estacionario, en procesos enzimáticos heterogéneos, para distintas cinéticas.

Práctica 3. Práctica 3 Aula de Informática: Relacionada con los contenidos Bloque 1, Bloque 2 y Bloque 3  
Simulación, con un programa en VBA, para la obtención de curvas generalizadas de factores de eficacia en estado estacionario, en sistemas de enzimas inmovilizadas con limitaciones difusionales internas. Cinética de Michaelis-Menten.

Práctica 4. Práctica 4 Aula de Informática: Relacionada con los contenidos Bloque 1, Bloque 2 y Bloque 3  
Simulación, con un programa en VBA, de un reactor tanque continuo en estado estacionario, para sistemas de enzimas inmovilizadas con limitaciones difusionales internas. Cinética de Michaelis-Menten.

Práctica 5. Práctica 5 Aula de Informática: Relacionada con los contenidos Bloque 1, Bloque 2 y Bloque 3  
Simulación, con un programa en VBA, de un reactor de lecho fijo en estado estacionario, para sistemas de enzimas inmovilizadas con limitaciones difusionales internas. Cinética de Michaelis-Menten.

## 6. Metodología Docente

Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
AF1.-Exposición teórica / Clase magistral participativa	Las clases teóricas se orientarán hacia la explicación de los temas, utilizando la pizarra y medios audiovisuales, y a la discusión y participación de los alumnos para facilitar su asimilación y aprendizaje.  Se pondrá a disposición de los alumnos, a través del Aula Virtual, el material gráfico utilizado en el aula.	46	99	145.0

GUÍA DE LA ASIGNATURA DE GRADO "INGENIERÍA DE LAS REACCIONES BIOQUÍMICAS. BIORREACTORES" 2022/2023

Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
AF3 Seminarios / Resolución de problemas / Aprendizaje orientado a proyectos / Estudio de casos / Exposición y discusión de trabajos	<p>Una parte de los Seminarios se dedicará al aprendizaje de un lenguaje de programación, concretamente el Visual Basic para Aplicaciones (VBA), con el que se desarrollarán programas de ordenador basados en los contenidos de las lecciones teóricas.</p> <p>En el resto de los Seminarios se realizarán actividades orientadas a fomentar el aprendizaje basado en la resolución de problemas numéricos. Se entregará a los alumnos boletines de problemas y el profesor resolverá algunos de ellos, comentando las bases de su resolución. Los demás ejercicios los resolverán los alumnos, solos o en grupo.</p>	11	11	22.0

GUÍA DE LA ASIGNATURA DE GRADO "INGENIERÍA DE LAS REACCIONES BIOQUÍMICAS. BIORREACTORES" 2022/2023

Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
2.2 Actividades prácticas de microaula	<p>Las clases prácticas en el Aula de Informática se realizarán de forma individual, de modo que cada alumno disponga de un ordenador. Los alumnos elaborarán diversos programas y utilizarán otros, desarrollados por los profesores, para realizar la simulación de distintos reactores enzimáticos heterogéneos. A la finalización de cada práctica, el alumno entregará al profesor el programa desarrollado, o las simulaciones realizadas, y una discusión de los resultados obtenidos, para su corrección y evaluación.</p> <p>La asistencia a las clases prácticas es obligatoria.</p> <p>Los alumnos que tengan dos faltas de asistencia, no debidamente justificadas, no aprobarán las prácticas y por tanto no podrán aprobar la asignatura.</p>	24	20	44.00
AF5 Tutorías: sesiones de orientación, revisión o apoyo a los alumnos por parte del profesor, programadas y realizadas de forma grupal o individual	<p>Las tutorías servirán para aclarar dudas y detectar desajustes en la consecución del aprendizaje. En ellas se revisarán las principales dificultades en el desarrollo del temario de la materia, y se analizarán en discusión abierta los avances en la adquisición de conocimientos y competencias por parte de los alumnos.</p>	5	5	10.0

Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
AF6 Evaluación: exámenes, exposiciones, entrevistas, controles, etc., ante la presencia del profesor o un tribunal evaluador, con la finalidad de evaluar las competencias adquiridas.		4	0	4.0
	Total	90	135	225

## 7. Horario de la asignatura

<https://www.um.es/web/estudios/grados/biotecnologia/2022-23#horarios>

## 8. Sistema de Evaluación

Métodos / Instrumentos	Pruebas escritas (exámenes): pruebas objetivas, de desarrollo y/o de respuesta corta realizadas por los alumnos para mostrar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos.
Criterios de Valoración	<p>La evaluación de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas se realizará mediante exámenes escritos.</p> <p>Habrán dos exámenes parciales, uno al final de cada cuatrimestre. La materia objeto de evaluación de cada parcial será eliminada por el alumno, y no será objeto de examen final, si se supera dicho examen con una nota igual o superior a 5 (en la escala de 0 a 10).</p> <p>El examen final de junio constará de dos partes, correspondientes a cada uno de los parciales, para los alumnos que no hayan superado alguna de ellas o ambas.</p> <p>La nota media de ambas partes será la nota final de teoría, pero no la calificación final, para la cual se tendrán en cuenta las restantes actividades de que consta la asignatura.</p> <p>Para aprobar la asignatura es preciso alcanzar una nota mínima de 5 puntos en cada una de las partes del examen, y una nota mínima de 5 puntos en las prácticas. Si no se alcanza la nota mínima de 5 puntos en el examen, no se suma la nota correspondiente a la actividad práctica y la asignatura no se supera.</p> <p>En las convocatorias extraordinarias los alumnos tendrán que examinarse de toda la materia.</p> <p>La nota de la parte teórica contribuirá a la nota final en un 80 %.</p>
Ponderación	80
Métodos / Instrumentos	Ejecución de tareas prácticas: actividades de laboratorio o en aulas de informática para mostrar el saber hacer en la disciplina correspondiente
Criterios de Valoración	<p>Actividad en Aula de Informática:</p> <p>En este apartado, se valorará la presentación de los programas desarrollados, las simulaciones realizadas, y la discusión de los resultados obtenidos.</p>
Ponderación	12

Métodos / Instrumentos	Procedimientos de observación del trabajo del estudiante: registros de participación, de realización de actividades y cumplimiento de plazos.
Criterios de Valoración	<p>La asistencia a las clases prácticas en Aula de Informática es obligatoria.</p> <p>Los alumnos que tengan dos faltas de asistencia, no debidamente justificadas, no aprobarán las prácticas y por tanto no podrán aprobar la asignatura.</p> <p>La nota obtenida por asistencias contribuirá a la nota de prácticas en un 40 %. El otro 60 % corresponde a los programas presentados y a la discusión de resultados. Esa nota de prácticas es el 20 % de la nota final.</p> <p>En el caso de que el alumno no supere la asignatura en la convocatoria ordinaria, se le conservará la nota obtenida en la parte práctica (Asistencias, Programas y Discusión de resultados), que se sumará a la nota del examen en la convocatoria extraordinaria de este curso, siempre que se tenga un mínimo de 5 puntos en cada parcial. Si tampoco supera la asignatura en dicha convocatoria, en las siguientes la nota será solo la del examen, aunque para aprobar la asignatura tendrá que tener aprobadas las prácticas.</p>
Ponderación	8

## Fechas de exámenes

<https://www.um.es/web/estudios/grados/biotecnologia/2022-23#exámenes>

## 9. Resultados del Aprendizaje

## 10. Bibliografía

### Bibliografía Básica

Casas Alvero C. y col. (1998), Ingeniería Bioquímica, Editorial Síntesis, S.A. (Madrid).

Díaz M. (2012), Ingeniería de Bioprocesos, Ediciones Paraninfo, S.A., Madrid

Doran P.M. (1998), Principios de Ingeniería de los Bioprocesos, Editorial Acribia. S.A. (Zaragoza).

Levenspiel O., (1974): Ingeniería de las Reacciones Químicas. Editorial Reverté (Barcelona).

## Bibliografía Complementaria

Aiba S., Humphrey A.E., Millis N.F. (1973), *Biochemical Engineering*, 2ª Ed., Academic Press (New York).

Atkinson B. (1986), *Reactores Bioquímicos*, Editorial Reverté (Barcelona).

Bódalo A. y col. (1986), *Análisis y simulación digital de reactores de lecho fijo para sistemas de enzimas inmovilizadas*, Secretariado de Publicaciones. Universidad de Murcia.

Bailey J.E., Ollis D.F. (1977), *Biochemical Engineering Fundamentals*, McGraw-Hill (New York).

## 11. Observaciones y recomendaciones

En el caso de que el alumno no supere la asignatura en la convocatoria ordinaria, se le conservará la nota obtenida en la parte práctica, que se sumará a la nota del examen en la convocatoria extraordinaria de este curso, siempre que se tenga un mínimo de 5 puntos en cada parcial. Si tampoco supera la asignatura en dicha convocatoria, en las siguientes la nota será solo la del examen, aunque para aprobar la asignatura tendrá que tener aprobadas las prácticas.

“NECESIDADES EDUCATIVAS ESPECIALES. Aquellos estudiantes con discapacidad o necesidades educativas especiales podrán dirigirse al Servicio de Atención a la Diversidad y Voluntariado (ADYV; <http://www.um.es/adv/>) para recibir orientación sobre un mejor aprovechamiento de su proceso formativo y, en su caso, la adopción de medidas de equiparación y de mejora para la inclusión, en virtud de la Resolución Rectoral R-358/2016. El tratamiento de la información sobre este alumnado, en cumplimiento con la LOPD, es de estricta confidencialidad.”