



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

1. ASIGNATURA / COURSE TITLE

INGENIERIA DE BIOPROCESOS (BT5)/ BIOPROCESS ENGINEERING (BT5)

1.1. Código / Course Code

32161

1.2. Materia / Content area

Módulos opcionales de Biotecnología/ Biotech Optional Modules

1.3. Tipo / Type of course

Optativa / Optional

1.4. Nivel / Level of course

Máster / Master

1.5. Curso / Year of course

1º / 1st

1.6. Semestre / Semester

1^{er} Semestre / 1st (Fall semester)

1.7. Idioma / Language

Español e Inglés. Clases en español si no hay alumnos angloparlantes. Visitas a empresas en español / Spanish and English. Classes in Spanish if there are no English-speaking students. Company visits in Spanish.

1.8. Requisitos Previos / Prerequisites

Se recomienda que los estudiantes hayan cursado asignaturas de Fundamentos de Ingeniería Química, Biología y Bioquímica / Some previous knowledge of Fundamentals of Chemical Engineering, Biology and Biochemistry is highly advisable.



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / **Minimum attendance requirement**

La asistencia a las clases teóricas y las clases prácticas en aula es muy recomendable / **Attendance at lectures and practical classes in classroom is highly advisable.**

La asistencia a las prácticas de laboratorio y de campo es obligatoria / **Attendance at laboratory and fieldwork is mandatory.**

1.10. Datos del equipo docente / **Faculty Data**

Sección Departamental de Ingeniería Química / **Chemical Engineering Division**

Coordinador / Administrator: Montserrat Tobajas Vizcaíno

Departamento de / **Department of:** Química Física Aplicada

Facultad / **Faculty:** Ciencias

Despacho - Módulo / **Office – Module:** 601 – C-08

Teléfono / **Phone:** 91 497 7606

Correo electrónico/**Email:** montserrat.tobajas@uam.es

Página web/**Website:** <http://iq-uam.es/>

Horario de atención al alumnado/**Office hours:** En cualquier horario previa petición de hora. / **At any time upon previous request.**

Coordinador / Administrator: M^a Ángeles de la Rubia Romero

Departamento de / **Department of:** Química Física Aplicada

Facultad / **Faculty:** Ciencias

Despacho - Módulo / **Office – Module:** 603 – C-08

Teléfono / **Phone:** 91 497 3625

Correo electrónico/**Email:** angeles.delarubia@uam.es

Página web/**Website:** <http://iq-uam.es/>

Horario de atención al alumnado/**Office hours:** En cualquier horario previa petición de hora. / **At any time upon previous request.**

1.11. OBJETIVOS DEL CURSO / **OBJECTIVES OF THE COURSE**

Objetivos / **Aims**

- Conocer y aplicar modelos cinéticos sencillos en el estudio de las reacciones enzimáticas así como analizar el efecto de la presencia de inhibidores / **To know and apply simple kinetic models to the study of enzymatic reactions and to analyze the effect of the presence of inhibitors on those reactions.**



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

- Aplicar balances de materia y energía junto a la cinética de reacción en el diseño de reactores enzimáticos / [To apply mass and energy balances together with reaction kinetics in the design of enzymatic reactors.](#)
- Analizar las ventajas e inconvenientes de la inmovilización de biocatalizadores. / [To discuss the advantages and disadvantages of immobilization of biocatalysts](#)
- Consolidar conocimientos de estequiometría y cinética aplicados a reacciones microbianas. Conocer los aspectos básicos de diseño de biorreactores / [To consolidate knowledge about stoichiometry and kinetics applied to microbial reactions and to learn the fundamentals of bioreactor design.](#)
- Conocer los fenómenos de transporte implicados en las reacciones microbianas. Estudiar la aeración, agitación y esterilización. Analizar los factores asociados al cambio de escala / [To know the transport phenomena involved in microbial reactions. To study aeration, agitation and sterilization. To analyze the factors associated with scale-up.](#)
- Conocer las etapas de aislamiento y las operaciones de acondicionamiento de los productos obtenidos en procesos biotecnológicos / [to study the isolation steps and the conditioning operations of the products obtained in biotechnological processes.](#)
- Aplicar los conocimientos adquiridos en el estudio de diversas aplicaciones industriales tanto convencionales como no convencionales / [To apply the acquired knowledge to the study of several conventional and non-conventional industrial applications.](#)

Competencias / [Competences](#)

- Calcular los parámetros cinéticos para la descripción de la velocidad de sistemas en los que hay presentes enzimas o microorganismos utilizando modelos sencillos / [To calculate the kinetic parameters describing the rate of systems with enzymes or microorganisms by using simple models.](#)
- Diseñar reactores enzimáticos y microbianos / [Design of microbial and enzyme reactors.](#)
- Estimar el efecto de la transferencia de materia en la cinética de biocatalizadores inmovilizados / [To estimate the effect of mass transfer on the kinetics of immobilized biocatalysts.](#)
- Establecer la estequiometría de crecimiento microbiano y formación de producto y obtener rendimientos / [To establish the stoichiometry of the microbial growth and product formation and to obtain yields.](#)
- Estimar o determinar experimentalmente los coeficientes de transferencia de oxígeno y calcular la potencia de agitación así como las condiciones más adecuadas para la esterilización / [To estimate or determinate the oxygen](#)



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

transfer coefficients, to calculate the stirring power and the sterilization conditions.

- Estimar los coeficientes necesarios para el escalado de equipos / **To estimate the required coefficients for scale-up.**
- Ser capaces de seleccionar los procesos adecuados para la separación y purificación de los productos de interés / **To be able of selecting the appropriate processes for product separation and purification.**
- Conocer procesos biotecnológicos de interés industrial / **To know biotechnological processes of industrial interest.**

Competencias específicas/**specific skills**

- Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química y biología, obtenidos mediante estudio, experiencia, y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas técnicos / **To apply knowledge of mathematics, physics, chemistry and biology, obtained through study, experience and practice with critical thinking skills to establish economically viable solutions to technical problems.**
- Aplicar la teoría a la práctica en el contexto de un laboratorio de investigación o de una empresa biotecnológica / **To apply theory to practice in the context of a research laboratory of a biotechnological company.**
- Diseñar productos, procesos y sistemas de la industria biotecnológica tomando como base tecnológica los fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones bioquímicas / **To design products, processes and systems for the biotechnology industry based on transport phenomena, separation operations and engineering of biochemical reactions.**

Competencias transversales / **Personal skills**

- Capacidad de análisis y síntesis / **Ability to analyze and synthesize**
- Comunicación oral y escrita / **Oral and written communication**
- Conocimiento de informática en el ámbito de estudio / **Computer literacy in the field of study.**
- Resolución de problemas / **Troubleshooting**
- Trabajo en equipo / **Teamwork**
- Razonamiento crítico / **Critical thinking**
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica / **Ability to apply knowledge to practice**
- Sensibilidad a temas medioambientales / **Sensitivity to environmental issues**



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

1.12. Contenidos del Programa / Course Contents

Biología / Biotechnology

Tema 1. Introducción a la Biotecnología Industrial. Definición y perspectiva histórica de la biotecnología. Areas de interés de la biotecnología. Significación e importancia.

1. Introduction to Industrial Biotechnology. Definition and historical perspective of biotechnology. Areas of interest in biotechnology. Significance and importance.

Tema 2. Aplicación a los Bioprocesos. Tipos de procesos. Balances de materia y energía. Esquema de un proceso biotecnológico. Medios de cultivo.

2. Application to Bioprocess. Types of processes. Mass and energy balances. Scheme of a biotechnological process. Culture media.

Reacciones Enzimáticas / Enzymatic reactions

Tema 3. Cinética Enzimática. Catálisis enzimática. Cinética de reacciones enzimáticas con un sólo sustrato. Ecuación de Michaelis-Menten. Determinación de los parámetros cinéticos. Reacciones Enzimáticas con Inhibición. Cinética de reacciones enzimáticas con más de un sustrato. Efecto de la temperatura y el pH. Medida de concentración de enzima.

3. Enzyme Kinetics. Enzymatic catalysis. Kinetics of enzymatic reactions with a single substrate. Michaelis-Menten equation. Determination of kinetic parameters. Enzyme reactions with inhibition. Kinetics of enzymatic reactions with more than one substrate. Effect of temperature and pH. Measurement of enzyme concentration.

Tema 4. Reactores enzimáticos. Balances de materia y energía. Clasificación de reactores. Reactores discontinuos. Reactores continuos: mezcla completa y flujo pistón. Reactores con recirculación.

4. Enzyme reactors. Mass and energy balances. Classification of reactors. Batch reactors. Continuous reactors: plug flow and continuous-flow stirred-tank reactor. Reactors with recirculation.

Biocatalizadores Inmovilizados / Immobilized biocatalysts

Tema 5. Biocatalizadores Inmovilizados. Inmovilización: ventajas e inconvenientes. Tipos de inmovilización. Cinética de biocatalizadores inmovilizados. Limitación por transferencia de materia externa. Limitación por difusión interna.

5. Immobilized biocatalysts. Immobilization: advantages and disadvantages. Types of immobilization. Kinetics of immobilized biocatalysts. Limitation by external mass transfer. Internal diffusion limitation.



Reacciones Microbianas / **Microbial reactions**

Tema 6. Reacciones Microbianas. Estequiometría del crecimiento microbiano: Descripción metabólica y modelo macroscópico de “Caja Negra”. Estequiometría de formación de productos. Rendimientos.

6. Microbial reactions. Stoichiometry of microbial growth: metabolic and “Black Box” models. Stoichiometry of product formation. Yields.

Tema 7. Cinética Microbiana. Fases de crecimiento microbiano discontinuo. Modelos de crecimiento celular. Modelo de Monod. Determinación de parámetros cinéticos. Modelos para inhibición. Cinética de formación de productos y consumo de sustratos. Fase de decaimiento celular.

7. Microbial kinetics. Microbial growth curve. Kinetic models for microbial growth. Monod model. Determination of kinetic parameters. Inhibition models. Kinetics of product formation and substrate consumption. Phase of cell decay.

Tema 8. Procesos de transporte. Aeración. Determinación del coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno. Factores que afectan al transporte. Agitación, tipos de agitadores. Número de potencia. Transmisión de calor: Cambiadores y Esterilización.

8. Transport processes. Aeration. Determination of the volumetric oxygen transfer coefficient. Factors affecting transport. Agitation, types of stirrers. Power number. Sterilization techniques. Heat transfer: Heat exchangers and sterilization

Tema 9. Reactores para microorganismos. Características y tipos de biorreactores. Aspectos básicos del diseño. Reactores convencionales tipo tanque agitado, con recirculación y asociaciones. Biorreactores no Convencionales.

9. Reactors for microorganisms. Features and types of bioreactors. Design fundamentals. Conventional stirred tank reactors, with recirculation and associations. Unconventional bioreactors.

Escalado de biorreactores / **Operation and scale-up of bioreactors**

Tema 11. Cambio de Escala en Biorreactores. Factores que intervienen en el cambio de escala. Consecuencias. Métodos de cambio de escala: potencia por unidad de volumen, coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno.

11. Bioreactor scale-up. Factors involved in scale-up. Consequences. Scaling methods: power per unit volume, volumetric oxygen transfer coefficient.



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

Procesos de Separación y purificación de productos / **Separation processes and product purification**

Tema 12. Procesos de separación y purificación. Características. Etapas de aislamiento y operaciones de separación. Disrupción celular, separación de insolubles, concentración y purificación.

12. Separation and purification processes. Features. Stages of isolation and separation operations. Cell disruption, separation of insoluble substances, concentration and purification.

Aplicaciones industriales / **Industrial applications**

Tema 13. Aplicaciones de bioprocesos. Procesos con células vegetales y animales. Procesos con cultivos mixtos: Tratamiento de aguas residuales. Bioprocesos industriales tradicionales: Procesos anaerobios y procesos aerobios.

13. Bioprocess applications. Processes with plant and animal cells. Processes with mixed cultures: Wastewater Treatment. Traditional industrial bioprocesses: anaerobic and aerobic processes Processes.

1.13. Referencias de Consulta / **Recommended Reading.**

- B. Atkinson. "Reactores Bioquímicos". Ed. Reverte. 1986
- J. Bu'Lock y B. Kristiansen "Biotecnología Básica". Ed. Acribia. 1991.
- M. Díaz. "Ingeniería de Bioprocesos". Ed. Paraninfo. 2012.
- P.M. Doran. "Principios de ingeniería de los bioprocesos" Ed. Acribia. 1998.
- W.H. Elliot y D.C. Elliot "Biochemistry and Molecular Biology". Oxford University Press. 1997
- D. Freifelder "Fundamentos de Biología Molecular". Ed. Acribia. 1988.
- F. Godia y J. Lopez. "Ingeniería Bioquímica". Ed Síntesis. 1998.
- M. L. Shuler y F. Kargi "Bioprocess Engineering". Ed. Prentice Hall PTR. 2007.
- M.D. Trevan, S. Boffey, K. H. Goulding y P. Stanbury "Biotecnología: Principios Biológicos". Ed. Acribia.1989.
- J.M. Walker y E.B. Gingold. "Biología Molecular y Biotecnología". Ed. Acribia. 1997.
- A.Wiseman "Manual de Biotecnología de los Enzimas". Ed. Acribia. 1991.



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

2 Métodos Docentes / Teaching methodology

Actividades presenciales / Classroom activities

- *Clases teóricas*: exposición oral por parte del profesor de los contenidos teóricos fundamentales de cada tema. En las sesiones se utilizará material audiovisual disponible en la página de docencia en red.
- *Lectures*: oral presentation by the teacher of the basic theoretical content of each item. Audiovisual material used in all the sessions will be available in Moodle.
- *Clases prácticas en aula*: se dedicarán a la discusión y resolución de ejercicios y supuestos prácticos, cuyos enunciados estarán a disposición del alumnado con la suficiente antelación.
- *Practical lessons in the classroom*: will be devoted to the discussion and resolution of exercises and practical cases. Exercises will be available for the students in advance.
- *Prácticas de laboratorio y prácticas con medios informáticos*. Se aplicarán los conocimientos adquiridos en clases teóricas así como el tratamiento matemático de los datos tomados.
- *Lab and computer practices*. Knowledge acquired in lectures will be applied together with the mathematical treatment of the data collected.
- *Tutorías*. Se realizarán de forma individual o en grupos reducidos con el fin de orientar, hacer un seguimiento del trabajo realizado y la resolución de dudas.
- *Tutoring*. They will be conducted individually or in small groups with the purpose of guiding, checking the work done and solving of doubts.
- Actividades conjuntas (Biotech Supergroup). Actividades realizadas por todos los estudiantes matriculados en los módulos de asignaturas optativas. (seminarios e industrias de interés biotecnológico).
- *Biotech Supergroup activities: developed by all the students enrolled in Biotech optional modules (joint seminars and field practices visiting industries with biotechnological interest).*

Actividades no presenciales:

- Entrega de problemas y casos de estudio.
- Entrega de guiones de laboratorio.
- Docencia en red: materiales didácticos y problemas resueltos.

En el desarrollo de las actividades no presenciales se aprovecharán las prestaciones que brinda la plataforma Moodle para la presentación de



contenidos (transparencias, hojas de problemas, ejemplos, problemas resueltos, etc.) y para la comunicación entre los profesores y los estudiantes y entre los propios estudiantes.

Non-contact Activities:

- Coursework submission.
- Delivery of laboratory reports.
- Networked Teaching: didactic materials and solved problems.

The benefits provided by Moodle platform for subject presentation (slides, exercises, examples, solved problems, etc.) and for communication with peers and teachers will be used for the development of non-contact activities.

3 Tiempo estimado de Trabajo del Estudiante / Student workload

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases teóricas	39 h (26%)	54%= 81h
	Clases prácticas en aula		
	Tutorías	2 h (1,3%)	
	Prácticas de laboratorio y Prácticas en aula de informática	9 h (6%)	
	Actividades conjuntas (Biotech Supergroup)	25 h (16,7%)	
	Actividades de evaluación	6 h (4%)	
No presencial	Realización de actividades prácticas	16 h (10,7%)	46%= 69h
	Estudio semanal	33 h (22%)	
	Preparación del examen	20 h (13,3%)	
Carga total de horas de trabajo: 25 horas X 6 ECTS		150 h	

		Nº hours	Percentage
Classroom activities	Lectures	39 h (26%)	54%= 81h
	Practical lessons in the classroom		
	Tutoring	2 h (1,3%)	
	Lab and computer practices	9 h (6%)	
	Biotech Supergroup activities	25 h (16,7%)	
	Evaluation activities	6 h (4%)	
	Practical activities	16 h (10,7%)	



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

Non-contact activities	Weekly study	33 h (22%)	46%= 69h
	Exam preparation	20 h (13,3%)	
Total student workload: 25 hours X 6 ECTS		150 h	

4 Métodos de Evaluación y Porcentaje en la Calificación Final / Evaluation procedures and weight of components in the final grade

Convocatoria ordinaria

- Resolución y entrega de ejercicios prácticos: 20% del total
- Realización de prácticas de laboratorio, ordenador e informes escritos: 20% del total
- Examen: 60% del total

(ver rúbrica en anexo I)

El estudiante que no realice examen y que haya participado en conjunto, en menos de un 20% de las actividades correspondientes a la evaluación frecuente será calificado en la convocatoria ordinaria como “No Evaluado”.

Para que los porcentajes indicados sean aplicables, los estudiantes deberán superar al menos un 40% del examen final.

Ordinary assessment

- Resolution and delivery of exercises: 20% of total
- Labs, computer practices and written reports: 20% of total
- Exam: 60% of total

(see annex I)

A student who do not submit to exam and participate in less than 20% of the activities corresponding to continuous evaluation, will be graded as "Not Rated".

In order the indicated percentages to be applicable, students must obtain a minimum score of 4.0 in the final exam.

Convocatoria extraordinaria

- Resolución y entrega de ejercicios prácticos: 20% del total



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
Código: 32161
Centro: Facultad de Ciencias
Titulación: Máster en Biotecnología
Nivel: Máster
Tipo: Optativa
Nº de créditos: 6 ECTS

- Realización de prácticas de laboratorio, ordenador e informes escritos: 20% del total
- Examen: 60% del total

Extraordinary assessment

- Resolution and delivery of exercises: 20% of total
- Labs, computer practices and written reports: 20% of total
- Exam: 60% of total

5 Cronograma de Actividades (opcional) / Activities Chronogram (optional)

Los tiempos establecidos para cada uno de los bloques es aproximado, pudiendo variar ligeramente según la necesidad de afianzar conocimientos en algún bloque en concreto. Con carácter general, la distribución sería:

The time devoted to each module is approximate and may vary slightly depending on the need to strengthen knowledge in a particular item. In general, the distribution would be:

Bloque Temático / Contents	Semana / Week
Biología / Biotechnology	1
Reacciones Enzimáticas/ Enzymatic reactions	2-3
Biocatalizadores Inmovilizados/ Immobilized Biocatalysts	4
Reacciones Microbianas/Microbial reactions	5-6
Operación y Escalado de Biorreactores / Operation and scale-up of bioreactors	6
Procesos de Separación y Purificación de Productos / Separation processes and product purification	7
Aplicaciones Industriales / Industrial applications	7

Este cronograma tiene carácter orientativo.
This cronogram is indicative.



Asignatura: Ingeniería de Bioprocesos
 Código: 32161
 Centro: Facultad de Ciencias
 Titulación: Máster en Biotecnología
 Nivel: Máster
 Tipo: Optativa
 Nº de créditos: 6 ECTS

ANEXO I. RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA DE INGENIERÍA DE BIOPROCESOS

ASPECTOS A EVALUAR			CALIFICACIÓN			
			Insuficiente	Suficiente	Notable	Excelente
Entrega de ejercicios (A) y Discusión de problemas y casos prácticos (B)	A	Planteamiento				
		Presentación y claridad de explicación				
		Resultado				
	B	Preparación previa				
		Claridad de exposición y argumentación				
Realización de Prácticas e informes	Conocimiento de los fundamentos teóricos					
	Operatividad en el laboratorio					
	Elaboración del informe					
	Interpretación los resultados y conclusiones					
Examen	Planteamiento					
	Presentación y claridad de explicación					
	Resultado					

CATEGORY			Unsatisfactory	Adequate	Proficient	Excelent
Exercise delivery (A) and discussion of exercises and case studies (B)	A	Approach to the problem				
		Explanations and organization				
		Mechanics and results				
	B	Previous research, Preparation				
		Clarity and argumentation				
Laboratory and laboratory reports	Preparation and knowledge of theoretical basis					
	Laboratory procedure					
	Written report					
	Analysis and conclusions					
Exam	Approach to the problem					
	Explanations and organization					
	Mechanics and results					