



## Máster en Ingeniería Química 66219 - Ingeniería bioquímica

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Luisa Lázaro Belanche** llazaro@unizar.es
- **Ángela Millera Peralta** amillera@unizar.es
- **Joaquín Ruíz Palacín** jruizp@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para cursar la asignatura de *Ingeniería Bioquímica* es recomendable haber cursado las asignaturas: *Cinética Química Aplicada*, *Transferencia de Materia* y *Diseño de Reactores*, del Grado en Ingeniería Química de la Universidad de Zaragoza.

La asistencia a clase, el estudio continuado y el trabajo diario son fundamentales para que el alumno alcance de manera satisfactoria el aprendizaje propuesto. Los estudiantes deben tener en cuenta que para su asesoramiento disponen del profesor en tutorías personalizadas y grupales.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

Se trata de una asignatura de 6 créditos ETCS, lo que equivale a 150 horas de trabajo del estudiante, a realizar tanto en horas presenciales como no presenciales, que se distribuirán en las siguientes actividades:

	Actividad formativa	Trabajo estudiante (h)
<b>A01</b>	Clase magistral	30
<b>A02</b>	Problemas y casos	15
<b>A03</b>	Prácticas de laboratorio	9
<b>A04</b>	Prácticas especiales	6
<b>A06</b>	Trabajos tutelados	14
<b>A07</b>	Estudio personal y de tutela	70
<b>A08</b>	Pruebas de evaluación	6
	<b>Horas totales</b>	<b>150</b>

El calendario de la asignatura se adapta al establecido en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA), así como sus horarios y calendario de exámenes, y se pueden consultar todos ellos en su página Web: <http://eina.unizar.es>.

Las sesiones de prácticas en el laboratorio se planificarán en función del número de alumnos y se darán a conocer con la suficiente antelación.

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Conoce los diferentes tipos de inmovilización de enzimas y de biorreactores, así como sus características.
- 2:** Maneja los distintos tipos de ecuaciones cinéticas aplicables en procesos enzimáticos y microbianos, incluyendo efectos de inhibición y desactivación.
- 3:** Realiza el diseño de biorreactores enzimáticos y microbianos.
- 4:** Realiza estimaciones de las necesidades de transferencia de oxígeno y de agitación en procesos de fermentación microbiana.
- 5:** Selecciona los métodos y calcula las necesidades para la esterilización de equipos.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura *Ingeniería Bioquímica* desarrolla y aplica los principios científicos (bioquímicos y microbiológicos) y los métodos de la Ingeniería Química en el procesamiento de materiales por agentes biológicos. Se centra en los aspectos relacionados con la cinética enzimática y microbiana, el diseño de biorreactores para sistemas en disolución o inmovilizados, y en la determinación de las condiciones de operación más adecuadas para el correcto funcionamiento del proceso.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

1. Manejar los conceptos y nomenclatura básica en Ingeniería de las Reacciones Bioquímicas
2. Plantear, desarrollar y resolver modelos cinéticos para procesos enzimáticos y microbianos.
3. Conocer los mecanismos de inmovilización de biocatalizadores, y los fenómenos de transferencia de materia en reactores con biocatalizadores inmovilizados.
4. Conocer y saber aplicar las ecuaciones básicas de diseño de reactores bioquímicos.
5. Saber aplicar los métodos de cálculo de coeficientes de transferencia de materia (e.g. oxígeno) en biorreactores.
6. Aplicar los métodos de cálculo de los sistemas de agitación y esterilización en biorreactores.

## Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura de *Ingeniería Bioquímica* pertenece al bloque de Formación Optativa de la Titulación, concretamente a la materia "Ingeniería de Procesos Químicos Industriales", dentro del Módulo de "Ingeniería de Procesos y Producto". En este contexto, al cursar la asignatura, el alumno adquirirá competencias características de este módulo para el caso específico de los biocatalizadores y biorreactores.

El desarrollo industrial de los procesos enzimáticos y microbianos requiere el conocimiento de los tipos de biorreactores y su funcionamiento. Esta asignatura proporciona las herramientas necesarias para aplicar los modelos cinéticos que describen estos procesos, así como el conocimiento del diseño básico de los equipos donde transcurren las reacciones bioquímicas.

## Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

### 1:

#### **Competencias Genéricas**

- Capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía, para formular y resolver problemas complejos en procesos, equipos, instalaciones y servicios, en los que la materia experimente cambios en su composición, estado o contenido energético, característicos de la industria química y de otros sectores relacionados entre los que se encuentran el farmacéutico, biotecnológico, materiales, energético, alimentario o medioambiental. (CG1)
- Concebir, proyectar, calcular, y diseñar procesos, equipos, instalaciones industriales y servicios, en el ámbito de la ingeniería química y sectores industriales relacionados, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente. (CG2)
- Dirigir y gestionar técnica y económicamente proyectos, instalaciones, plantas, empresas y centros tecnológicos en el ámbito de la ingeniería química y los sectores industriales relacionados (CG3).
- Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología. (CG4)
- Saber establecer modelos matemáticos y desarrollarlos mediante la informática apropiada, como base científica y tecnológica para el diseño de nuevos productos, procesos, sistemas y servicios, y para la optimización de otros ya desarrollados. (CG5)
- Tener capacidad de análisis y síntesis para el progreso continuo de productos, procesos, sistemas y servicios utilizando criterios de seguridad, viabilidad económica, calidad y gestión medioambiental. (CG6)
- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de emitir juicios y toma de decisiones, a partir de información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas del ejercicio profesional. (CG7)
- Liderar y definir equipos multidisciplinares capaces de resolver cambios técnicos y necesidades directivas en contextos nacionales e internacionales (CG8).
- Comunicar y discutir propuestas y conclusiones en foros multilingües, especializados y no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades. (CG9)
- Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor. (CG10)
- Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión. (CG11)

### 2:

#### **Competencias Específicas**

- Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia, y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas técnicos. (CE1)
- Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización de otros ya desarrollados, tomando como base tecnológica las diversas áreas de la ingeniería química, comprensivas de procesos y fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones químicas, nucleares, electroquímicas y bioquímicas. (CE2)

- Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas. (CE3)
- Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución, incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado, y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño. (CE4).
- Dirigir y supervisar todo tipo de instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas industriales relacionadas con la ingeniería química (CE5).
- Diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos. (CE6)
- Dirigir y organizar empresas, así como sistemas de producción y servicios, aplicando conocimientos y capacidades de organización industrial, estrategia comercial, planificación y logística, legislación mercantil y laboral, contabilidad financiera y de costes (CE7).
- Adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad (CE10)
- Dirigir y realizar la verificación, el control de instalaciones, procesos y productos, así como certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes (CE11).

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

El seguimiento y superación de la asignatura tiene como finalidad completar la formación científica y técnica del estudiante, y fijar los conocimientos específicos del módulo de *Ingeniería de Procesos y Producto*, definido en Resolución de 8 de junio de 2009 de la Secretaría General de Universidades - BOE 4 agosto 2009-, en su aplicación concreta al caso de los biocatalizadores y biorreactores.

Con esta intención, se pretende que el alumno sea capaz de adquirir los resultados de aprendizaje enumerados en el apartado correspondiente.

## **Evaluación**

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**  
**Opción 1:**

La evaluación es global y comprende:

1. Realización de prácticas de laboratorio y especiales. Se valorará la asistencia, la presentación de un breve informe de la actividad especial, así como la presentación e interpretación de los resultados de las prácticas de laboratorio.
2. Realización de trabajos tutelados. Los entregables correspondientes a trabajos tutelados serán calificados valorándose su contenido, la comprensión de los conceptos que en ellos se demuestre y la correcta presentación (habitualmente será escrita, pero opcionalmente alguna de ellas puede serlo de forma oral).
3. Realización de un examen al finalizar la asignatura. Esta prueba constará de: (a) preguntas y cuestiones teórico-prácticas razonadas en la que se pedirá la aplicación de la teoría a casos y ejemplos concretos, y (b) resolución de problemas.

La nota de la asignatura se calculará según la siguiente fórmula:

$$\text{Nota} = 0,2 P + 0,2 T + 0,6 E$$

siendo: **P** la nota de las prácticas de laboratorio y especiales (actividad de evaluación 1), **T** la nota de los trabajos tutelados (actividad de evaluación 2), y **E** la nota del examen final (actividad de evaluación 3).

Se precisa una nota mínima en el examen, **E**, de 4,0 sobre 10 para superar la asignatura.

## 2: **Opción 2:**

Aquellos alumnos que no quieran seguir la evaluación según la opción 1, pueden optar por presentarse al examen de convocatoria (100% de la nota final) de similares características que el examen final de la opción 1 (actividad de evaluación 3).

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

#### El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

El proceso de aprendizaje se ha planteado para fomentar el trabajo continuado del estudiante y su participación, y se centra en los aspectos teórico-prácticos para poder comprender, analizar y aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas reales. En las clases magistrales se desarrollarán las bases teóricas que conforman la asignatura, resolviendo algunos problemas modelo. Las clases de problemas y casos, así como las prácticas de laboratorio y especiales, son el complemento eficaz de las clases magistrales, ya que permiten verificar la comprensión de la materia y a su vez contribuyen a que el alumno adquiera un punto de vista más aplicado. Finalmente, los trabajos tutelados complementarán todo lo anterior.

#### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

##### El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- 1: **Clases magistrales** (30 h presenciales, 2 h/semana). Se impartirá la teoría de los temas propuestos y se resolverán problemas modelo.
- 2: **Clases de resolución de problemas y casos** (15 h presenciales, 1 h/semana). En estas clases, el estudiante resolverá problemas supervisado por el profesor. Los problemas o casos estarán relacionados con la parte teórica explicada en las clases magistrales.
- 3: **Prácticas de laboratorio** (9 h presenciales). Se realizarán 3 sesiones de 3 h de duración cada una. En ellas el alumno afianzará los contenidos desarrollados en las clases magistrales y de problemas
- 4: **Prácticas especiales** (6 h presenciales), correspondientes a visitas a empresas, charlas de expertos, seminarios temáticos o similar, etc., como complemento formativo.
- 5: **Trabajos tutelados** (14 h no presenciales). Se propondrán 2 ó 3 actividades distribuidas durante el curso, que se realizarán en grupos de 2 alumnos y serán tuteladas por los profesores. Consistirán en el desarrollo, ampliación, documentación, resolución,..., de casos propuestos por el profesor, basados en los conceptos vistos en el aula. Se evaluará el correspondiente informe.

6:

**Estudio personal y de tutela** (70 h no presenciales). Se recomienda al alumno que realice el estudio individual de forma continuada a lo largo del semestre.

- 7:** **Pruebas de evaluación** (6 h). Se realizarán pruebas parciales y examen final, o una prueba global. Se evaluarán los conocimientos teóricos y prácticos alcanzados por el alumno.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las clases magistrales y de resolución problemas se imparten según horario establecido por la EINA. Las sesiones de prácticas en el laboratorio se planificarán en función del número de alumnos y se darán a conocer con la suficiente antelación. Además, cada profesor informará de su horario de atención de tutorías.

El temario previsto para la asignatura es el siguiente:

- 1. Introducción.** Composición de la materia orgánica. Microorganismos y células de interés industrial. Biocatalizadores. Características de las reacciones biológicas. Tipos de fermentaciones.
- 2. Enzimas.** Naturaleza y obtención. Aplicaciones industriales de las enzimas.
- 3. Cinética enzimática.** Cinética de reacciones con un solo sustrato. Reacciones con varios sustratos. Inhibición en procesos enzimáticos. Efectos de pH y temperatura. Desactivación enzimática.
- 4. Técnicas de inmovilización de biocatalizadores.** Inmovilización por: Adsorción, enlace covalente, enlaces cruzados y autoinmovilización, inclusión y membranas. Cinética de biocatalizadores inmovilizados.
- 5. Cinética microbiana.** Estequiometría del crecimiento microbiano y de formación de productos. Rendimientos. Cinética de crecimiento celular: Modelo de Monod. Modelos cinéticos de crecimiento celular con inhibición. Cinética de consumo de sustrato y de formación de productos. Modelos estructurados y segregados.
- 6. Diseño de biorreactores.** Tipos de biorreactores industriales. Biorreactores o fermentadores ideales. Fermentador discontinuo de mezcla perfecta. Fermentador semicontinuo. Fermentador continuo de mezcla perfecta. Batería de tanques de mezcla perfecta. Fermentador tubular de flujo pistón. Recirculación celular.
- 7. Aeración, agitación y esterilización.** Transferencia de materia gas-líquido. Velocidad y coeficiente de transferencia de oxígeno. Agitación en sistemas aerados. Esterilización. Métodos de esterilización.

## Bibliografía

### Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Atkinson, B.. Reactores bioquímicos / B. Atkinson ; [versión española Juan Mata Alvarez, José Costa López] Barcelona [etc.] : Reverté, cop. 1986
- Bailey, James E.. Biochemical engineering fundamentals / James E. Bailey, David F. Ollis . - 2nd ed. New York [etc.] : McGraw-Hill, cop. 1986
- Brock : Biología de los microorganismos / Michael T. Madigan ... [et al.] ; coordinación Ricardo Guerrero ; traducción Coral Barrachina ... [et al.] ; revisión técnica, Francisco Ruiz Berraquero. - 12ª ed., reimp. Madrid [etc.] : Pearson Education, D. L. 2011
- Buchholz, Klaus. Biocatalysts and enzyme technology / Klaus Buchholz, Volker Kasche, and Uwe Theo Bornscheuer . - 2nd compl., rev. and enl. ed. Weinheim : Wiley-VCH, cop. 2012
- Díaz, Mario. Ingeniería de bioprocesos / Mario Díaz Madrid : Paraninfo, cop. 2012
- Dutta, Rajiv. Fundamentals of biochemical engineering / Rajiv Dutta Berlin : Springer ; New Delhi : Ane Books India, cop. 2008
- Ingeniería bioquímica / Francesc Gòdia Casablanques y Josep López Santín (Editores) ; Carles Casas Alvero ... [et al.] Madrid : Síntesis, D.L. 1998
- Ingeniería de reactores / Jesús Santamaría ... [et al.] . - [1ª ed.], 1ª reimp. Madrid : Síntesis, D. L. 2002
- Levenspiel, Octave. Ingeniería de las reacciones químicas / Octave Levenspiel ; [con la colaboración en la traducción de Juan A. Conesa ; revisión técnica, Enrique Arriola Guevara] . - 3ª ed., [reimp.] México : Limusa Wiley, cop. 2004 (reimp. 2006)

- Nelson, David L.. Lehninger principios de bioquímica / David L. Nelson, Michael M. Cox ; coordinador de la traducción, Claudi M. Cuchillo. - 4ª ed., [1ª reimp.] Barcelona : Omega, 2008
- Nielsen, Jens. Bioreaction engineering principles / Jens Nielsen and John Villadsen . - 2nd ed. New York ; Boston : Kluwer Academic/Plenum Press, cop. 2003
- Walker, J. M.. Biología molecular y biotecnología / J. M. Walker, E. B. Gingold ; [traducido por Fernando Escrivá Pons [et al.] . - 2ª ed. Zaragoza : Acribia, D.L.1997