

# Grado en Ingeniería Química

## Curso Cuarto

### 1. Identificación de la asignatura

<b>NOMBRE</b>	Fundamentos de la Ingeniería de Bioprocesos	<b>CÓDIGO</b>	GIQUIM01-4-008
<b>TITULACIÓN</b>	Graduado o Graduada en Ingeniería Química	<b>CENTRO</b>	Facultad de Química
<b>TIPO</b>	Optativa	<b>Nº TOTAL DE CREDITOS</b>	6.0
<b>PERIODO</b>	Segundo Semestre	<b>IDIOMA</b>	Español
<b>COORDINADOR/ES</b>	<b>EMAIL</b>		
Collado Alonso Sergio	colladosergio@uniovi.es		
<b>PROFESORADO</b>	<b>EMAIL</b>		
Collado Alonso Sergio	colladosergio@uniovi.es		

### 2. Contextualización

Esta asignatura es de carácter teórico y sirve de introducción a los aspectos más fundamentales de la ingeniería de bioprocesos. En relación a los contenidos, el programa se inicia abordando el conocimiento de una disciplina académica como la "Microbiología", imprescindible para sentar las bases del conocimiento. A continuación el estudio se centra en la cinética de los bioprocesos, llevados a cabo tanto por enzimas como por microorganismos libres y/o inmovilizados, respectivamente. Estos estudios cinéticos se abordan tanto desde el punto de vista biológico como físico, dedicándose el final del temario al diseño y optimización de biorreactores. Estos aspectos descritos conforman el núcleo básico de conocimientos de la asignatura. Las clases expositivas se complementan con la realización de ejercicios prácticos. El alumno que llegue a dominar los contenidos del curso debería poder consultar con facilidad tratados y publicaciones relacionadas e incluso ir más allá en otros aspectos teóricos, técnicas experimentales, métodos de diseño y aplicaciones. El módulo de esta asignatura es optativo, la materia ingeniería química y el curso en que se imparte es en el 2º semestre del 4º y último curso. El profesor de esta asignatura pertenece al área de ingeniería química del departamento de ingeniería química y tecnología del medio ambiente

Por otra parte, esta asignatura está directamente relacionada con otras también de carácter optativo: "Tecnología de los Bioprocesos Industriales" de carácter teórico y "Laboratorio de Bioprocesos" de carácter instrumental o práctico, que en conjunto con la realización del "Trabajo de Fin de Grado" en un tema relacionado con los procesos biológicos conforman el núcleo principal del conocimiento relativo la ingeniería de bioprocesos. La matriculación y superación de todas estas asignaturas de carácter optativo por parte del alumno le conllevaría la obtención de la denominada "mención en bioprocesos" del Grado en Ingeniería Química. Además de las asignaturas antes relacionadas, todas ellas a ser cursadas en el 2 cuatrimestre del 4º y último curso del Grado en Ingeniería Química, el alumno habrá complementado su formación en esta línea de los bioprocesos al haber cursado previamente, 1º semestre, 4º curso, la asignatura denominada "Bioquímica" de carácter obligatorio.

### 3. Requisitos

No hay requisitos obligatorios para poder cursar esta asignatura por parte del alumno, aunque el conocimiento previo de algunas de las asignaturas del Grado: “Fenómenos de Transporte”, “Operaciones Básicas I, II y III”, así como “Cinética Química Aplicada” y “Reactores Químicos”, sería muy aconsejable. Así mismo, y tal y como se acaba de comentar, resulta muy conveniente haber cursado la asignatura de “Bioquímica”.

#### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

4. Competencias y resultados de aprendizaje (en el caso de asignaturas compartidas, si existen diferencias, se señalarán los mismos para cada una de las titulaciones donde se comparte).

Las principales competencias que adquirirán los estudiantes que cursen y superen esta asignatura serán los siguientes

##### Competencias genéricas

- CG1 (i)** Capacidad para realizar análisis y síntesis de un proceso en un entorno bien o parcialmente definido
- CG2 (i)** Capacidad para organizar y planificar la formulación y resolución de problemas de carácter investigador o productivo.
- CG3 (i)** Comprender y hacerse comprender de forma oral y escrita en la propia lengua y, al menos, en una lengua extranjera relevante en el ámbito científico, tecnológico o comercial. Capacidad para elaborar, presentar y defender informes, tanto de forma escrita como oral.
- CG5 (i)** Capacidad de obtener, gestionar y almacenar de forma ordenada información relevante de su campo de estudio.
- CG6 (i)** Capacidad para la toma de decisiones optimizando las variables de tiempo e información.
- CG7 (i)** Conocimientos para realizar mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
- CG8 (i)** Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- CG9 (p)** Capacidad para trabajar sólo o en grupo, posiblemente de carácter multidisciplinar, con disponibilidad y flexibilidad para dirigir y ser dirigido en función de la definición coyuntural o la imposición circunstancial de liderazgos o prioridades.
- CG11 (p)** Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación relacionada con su entorno de trabajo.
- CG12 (p)** Capacidad para las relaciones interpersonales, con reconocimiento de la diversidad y, posiblemente, de la multiculturalidad de las mismas. Capacidad para comunicarse con personas no expertas.
- CG13 (p)** Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Química.
- CG14 (s)** Tener capacidad para el aprendizaje autónomo, el entrenamiento y la readaptación continua a nuevos tiempos, nuevos retos, nuevas tecnologías, nuevos equipos y nuevas condiciones de trabajo, así como para la interacción sinérgica con expertos de áreas afines o complementarias, de forma crítica y autocrítica
- CG15 (s)** Capacidad para el estudio, la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en el ámbito de la Ingeniería Química, de forma creativa y continua.
- CG16 (s)** Capacidad para realizar trabajo como experto y, para liderar equipos de trabajo, en plantas industriales donde se desarrollen operaciones y/o procesos de naturaleza física y/o química.
- CG17 (s)** Capacidad para aplicar los principios y métodos de la calidad, así como para implantar en su entorno la motivación por los temas de calidad y normativa relacionada con la misma, con especial énfasis en las relaciones laborales, la seguridad de las personas y la protección de instalaciones y del entorno.
- CG18 (s)** Capacidad de implantar un entorno que premie la iniciativa y el espíritu emprendedor.
- CG20 (s)** Conocimiento en materias básicas y tecnológicas que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

##### Competencias específicas

Incluyen las competencias académicas (a), derivadas del ámbito docente en el campo de la Ingeniería Química, las disciplinares (d), relacionadas con los conocimientos tecnológicos de apoyo a las competencias profesionales y éstas últimas, (p), que se corresponden con el saber hacer, capacidad de desarrollar acciones aplicadas a un ámbito profesional.

- CE1 (a)** Capacidad para interiorizar, por vía de comprensión crítica, los conceptos fundamentales de las ciencias básicas experimentales e incorporarlos de forma fluida al pensamiento crítico y experto, fuera y dentro del ámbito del trabajo.
- CE7 (a)** Conocimientos sobre Balances de Materia y Energía, Operaciones de Separación, Ingeniería de la Reacción Química, y valorización y transformación de materias primas y recursos energéticos
- CE14 (a)** Conocimientos para integrar en el núcleo de la Ingeniería Química los fundamentos científicos del Equilibrio, la Cinética y la Estequiometría y los recursos de Estrategia, Dinámica, Simulación y Control propios de las Ingenierías de Proceso
- CE15 (a)** Conocimientos básicos de los sistemas de producción y fabricación.
- CE16 (a)** Capacidad para interpretar y analizar con rigor procesos preexistentes, determinando sus fortalezas, debilidades y condiciones críticas.
- CE18 (a)** Tener capacidad para adaptarse, con éxito, a situaciones y problemas novedosos con información incompleta, incierta o en evolución.
- CE21 (d)** Capacidad para aplicar programas medioambientales y de desarrollo sostenible a las industrias de procesos
- CE28 (p)** Capacidad para concebir, modelizar y diseñar transformaciones físicas y químicas de interés práctico en el laboratorio y en la industria.

#### Competencias específicas asociadas a las materias optativas

- CEOP1 (p)** Conocimientos y capacidad para el desarrollo de procesos de naturaleza bioquímica, y biotecnológica, que impliquen la utilización de microorganismos y su paso de escala a nivel industrial (Bioquímica, Tecnología de Bioprocesos, Bioprocesos Industriales, Laboratorio de Bioprocesos).
- CEOP2 (p)** Conocimientos y capacidad para el desarrollo de procesos de naturaleza física o química, con evaluación técnica de su rendimiento material, su seguridad, su vida media y su relación con el entorno natural y social (Seguridad y Gestión de Proyectos, Operaciones con Sólidos, Combustibles y Energía, Ingeniería de Polímeros).
- CEOP3 (p)** Capacidad para configurar, dimensionar y hacer construir procesos a cualquier escala donde llevar a cabo transformaciones físicas y químicas de forma segura, fiable y respetuosa con el entorno medioambiental.
- CEOP4 (p)** Capacidad básica para la realización de proyectos y actividades industriales cuyo objetivo sea la obtención y producción de polímeros, su transformación en productos acabados, su venta, o el tratamiento de residuos.

Estas competencias se traducen en los siguientes resultados del aprendizaje

- RMO2** Desarrollar un proyecto industrial, incluyendo cualquiera de los puntos de vista implicados en el mismo: búsqueda bibliográfica, manejo de información, desarrollo científico-técnico, confección de planos y diagramas relacionados, estudio económico, presentación y defensa oral del mismo.
- RMO3** Plantear y resolver problemas numéricos de estequiometría y cinética microbiana y enzimática e interpretar correctamente los resultados obtenidos.
- RMO4** Diseñar el biorreactor (celular o enzimático) más adecuado a un bioproceso determinado.


--	--

## 5. Contenidos

Los contenidos de la asignatura “**Fundamentos de la Ingeniería de Bioprocesos**” se han organizado con arreglo a los tres siguientes bloques:

### I. Introducción a la Ingeniería de Bioprocesos

1. **Aspectos microbiológicos.** Organización celular. Estructura y función de los organismos unicelulares y pluricelulares. Metabolismo y crecimiento microbiano. Las enzimas como biocatalizadores. Ciclos de los elementos en la biosfera. Influencia de los factores ambientales.
2. **Estequiometría metabólica.** Estequiometría del crecimiento celular y de la formación de productos. Formulación del medio. Factores de rendimiento. Rendimiento calorífico: diferentes formas de cálculo del calor metabólico.
3. **Inmovilización enzimática y celular.** Concepto y ventajas de la inmovilización enzimática. Métodos. Selección. Concepto y ventajas de los sistemas de células inmovilizadas. Métodos de inmovilización activa y pasiva: películas biológicas.

### II. Cinética de los Procesos Biológicos

1. **Cinética enzimática.** Caracterización de la actividad enzimática. Reacciones irreversibles: modelo de Michaelis-Menten. Reacciones reversibles. Reacciones de dos sustratos. Reacciones moduladas por el sustrato. Efectos del pH y de la Temperatura. Concepto y modelos de inhibición. Concepto y modelos de desactivación.
2. **Cinética microbiana.** Crecimiento microbiano y procesos asociados. Modelos cinéticos: aproximaciones. Cinética del crecimiento estacionario: Monod y otros modelos. Cinética del crecimiento no estacionario: fases del ciclo y modelos. Influencia de los factores ambientales. Modelos cinéticos no estructurados de formación de productos y de consumo de sustratos. Cinética de los organismos filamentosos. Cinética de la destrucción térmica.
3. **Procesos físicos.** Transferencia y consumo de oxígeno. Velocidades de utilización del oxígeno metabólico. Factores que afectan a la transferencia de oxígeno. Determinación del coeficiente volumétrico de transferencia de materia:  $kla'$ : métodos experimentales y correlaciones. Requerimientos de potencia. Características reológicas de los medios de fermentación.

### III. Análisis y diseño de biorreactores

1. **Biorreactores enzimáticos.** Tipos de reactores enzimáticos. Criterios de selección. Ecuaciones de diseño de los diferentes tipos de biorreactores ideales. Estrategias de operación.
2. **Biorreactores celulares.** Biorreactor discontinuo. Biorreactor continuo de tanque agitado: modelo quimiostático de Monod. Comparación de productividades. Biorreactor continuo de tanque agitado con reciclado. Sistemas quimiostáticos multietapa. Biorreactor alimentado por lotes (fed-batch) o semicontinuo. Biorreactor de flujo pistón: diferentes posibilidades de diseño. Biorreactores con células inmovilizadas. Diseño de intercambiadores de calor. Perspectivas de futuro de los biorreactores industriales. Resumen de factores que influyen en el diseño de un biorreactor.
3. **Higiene industrial.** Agentes de la higiene: detergentes y desinfectantes. Descripción general de las unidades de limpieza *in situ* (C.I.P.). Principios de limpieza. Otros aspectos tecnológicos.

## 6. Metodología y plan de trabajo

Al comienzo del curso, los alumnos reciben información escrita relativa a la asignatura. Esta información incluye esta Guía Docente y, a lo largo de curso, también tendrán a su disposición una copia del material gráfico que se empleará en las clases presenciales, así como los enunciados de los problemas que se abordarán en las prácticas de

aula. El profesor se reserva el derecho de proporcionar al alumno, con anterioridad a que se desarrollen en las clases expositivas, los textos por él confeccionados de los diferentes temas que constituyen la asignatura.


Las clases expositivas se dedican a actividades teóricas por parte del profesor, básicamente exposiciones de los diferentes temas del curso apoyadas en el material gráfico antes citado. Las clases prácticas de aula se dedican a actividades de discusión teórica y, preferentemente, a actividades prácticas que requieren una elevada participación del estudiante. Las tutorías grupales se dedicarán a la presentación oral de un trabajo por parte de los alumnos, los cuales estarán divididos en grupos cuyo número dependerá del número total de los mismos. El tema del trabajo habrá sido indicado por el profesor con una antelación suficiente.


### 7. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

El valor de cada uno de los sistemas de evaluación **tanto en convocatorias ordinarias como extraordinarias**, expresado en porcentaje, será el siguiente:

Sistemas de evaluación	Resultados de aprendizaje	Porcentaje
Evaluación (PA y TG)	Todos	20%
Evaluación final	Todos	80%

• **Prácticas de Aula y Tutorías Grupales:** Es obligatoria la asistencia a las Prácticas de Aula y a las Tutorías Grupales, si bien, en casos debidamente justificados será válida una asistencia igual o superior al 80%. Se tendrá en cuenta el trabajo realizado y presentado por los estudiantes en las TG's, así como la participación activa tanto en las PA's como en las TG's. Un 20% de la calificación final del estudiante se corresponderá con la valoración de estos aspectos.

• **Evaluación final:** Al final del curso se realizará un examen escrito para comprobar el dominio de las materias correspondientes a la asignatura, consistente en la respuesta a un máximo de seis cuestiones de carácter teórico o teórico-práctico y la resolución de dos problemas de carácter numérico, implicando cada parte el 40%-60% (mínimo-máximo) de la calificación final. No se puede aprobar la asignatura con menos del 30% de la nota asignada a la parte teórico-práctica y con menos del 30% de la nota asignada a la resolución de los problemas. Un 80% de la calificación final del estudiante corresponderá a la nota obtenida en el examen.

**Para aprobar la asignatura en la convocatoria de mayo-junio,** la calificación de la evaluación final no podrá ser inferior al 40% de su valor máximo. Si se cumple esta condición, la calificación final se calculará teniendo en cuenta los porcentajes de ponderación señalados en la tabla anterior. **Para todas las demás convocatorias del curso académico** la calificación final se calculará con la nota obtenida en las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales y la nota obtenida en la evaluación final correspondiente a la convocatoria, teniendo en cuenta los porcentajes de ponderación señalados para cada uno de ellos en la tabla anterior. También serán de aplicación los porcentajes mínimos correspondientes a la evaluación final, indicados más arriba. En caso de no disponer nota en las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales, por no haber asistido en su momento, se asignará un cero en ese apartado en todas estas convocatorias. **Si el alumno se presenta a las convocatorias extraordinarias con anterioridad al semestre en el que habitualmente se imparte la asignatura,** la calificación final se calculará con la nota obtenida en las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales del curso académico inmediatamente anterior en el que fue impartida la asignatura y la nota obtenida en la evaluación final correspondiente a la convocatoria extraordinaria, teniendo en cuenta los porcentajes de ponderación señalados para cada uno de ellos en la tabla anterior. En caso de no disponer nota en las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales, por no haber asistido en su momento, se asignará un cero en ese apartado en todas estas convocatorias.

En convocatorias extraordinarias, las pruebas de evaluación de PA y TG no son recuperables, ya que por su naturaleza y características, no se pueden repetir.

En cualquier convocatoria, la calificación global deberá ser igual o superior a 5, para superar la asignatura.

## 8. Recursos, bibliografía y documentación complementaria

Se utilizará material gráfico que, como se ha indicado anteriormente, estará a disposición de los alumnos con antelación. Se fomentará la consulta de la bibliografía especializada disponible a través de la red de bibliotecas de la Universidad de Oviedo (BUO), localizada especialmente en la Facultad de Química, así como los recursos en red. A continuación se indica la bibliografía recomendada:

### *Bibliografía de referencia*

- Díaz, M. **Ingeniería de Bioprocesos.** Paraninfo. 2012.
- Shuler, M. L., Kargi, F. **Bioprocess Engineering. Basic Concepts.** Prentice Hall. 2002.
- Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Dunlap, P.V., & Clark, D.P. **Brock-Biology of Microorganisms.** 12th ed. Pearson Education Inc., 2009. (V. E.: “**Brock-Biología de los Microorganismos**” Pearson Education s.a., 2009).

### *Bibliografía complementaria*

- Bailey, J. E., Ollis, D. F. **Biochemical Engineering Fundamentals.** McGraw-Hill, 1986.
- Buchholz, K.; Kasche, V.; Bornscheuer, U. T. **Biocatalysts and Enzyme Technology.** Wiley-VCH. 2005.
- Cortassa, S.; Aon, M.A.; Iglesias, A.A.; Aon, J.C. & Lloyd, D. An Introduction to Metabolic and Cellular Engineering. World Scientific. 2ª ed. 2012.
- Doran, P. **Bioprocess Engineering Principles.** Academic Press. 2ª ed. 2012.

- Najafpour, G. ***Biochemical Engineering and Biotechnology***. Elsevier. 2006.
- Segel, I.H. ***Enzyme Kinetics***. Wiley-VCH. 1993.
- Willey, J.M.; Sherwood, L.M. & Woolverton, C.J. "**Microbiology de Prescott, L.M.; Harley, J. P. & Klein, D. A.**" 7<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill Co, Inc., 2008. (V. E.: "**Microbiología**" Ed. McGraw-Hill-Interamericana, 2009).



