

## 28940 - Ingeniería de las industrias agroalimentarias

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2019/20

**Asignatura:** 28940 - Ingeniería de las industrias agroalimentarias

**Centro académico:** 201 - Escuela Politécnica Superior

**Titulación:** 437 - Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural  
583 - Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 3

**Periodo de impartición:** Segundo semestre

**Clase de asignatura:** Optativa

**Materia:** ---

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

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

Se pretende introducir al alumnado en la industria biotecnológica para que, durante el ejercicio de su futura actividad profesional, sea capaz de identificar (y en algunos casos, cuantificar) el tipo de biorreactor utilizado y de las variables de operación en el diseño del mismo. A su vez, también se pretende que el alumnado sea capaz de comparar diferentes tipos de reactores, los efectos de las variables de operación y proponer medidas correctoras para mejorar el rendimiento de un determinado sistema.

Para alcanzar los objetivos planteados, se programarán actividades de aprendizaje que tratarán los contenidos siguientes: microorganismos utilizados industrialmente, velocidades por las que transcurren los procesos biotecnológicos, diseño de biorreactores y efecto de las variables de operación.

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Como se comenta en el siguiente apartado relativo a las recomendaciones para cursar esta asignatura, ¿Ingeniería de las Industrias Agroalimentarias? se sirve básicamente de las siguientes asignaturas correspondientes al 1<sup>er</sup> y 2<sup>o</sup> curso del Grado: ¿Biología?, ¿Biotecnología?, ¿Matemáticas?, ¿Química?, ¿Operaciones Básicas I?. En esta última, el alumnado ya ha tratado problemas de transferencia de materia y energía sin reacción química, que es una herramienta importante a la hora de diseñar los reactores bioquímicos. Por último, la presente asignatura aporta conocimientos y destrezas que serán útiles a la hora de cursar la asignatura ¿Diseño y Optimización de Industrias Agroalimentarias?, ¿Tecnología de las Industrias Agroalimentarias? y a la hora de realizar el Trabajo Fin de Grado.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Con esta asignatura se pretende que el alumnado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural adquiera una visión general sobre las industrias que utilizan procesos bioquímicos. Para ello, se estudiará la aplicación de materiales biológicos tales como microorganismos y enzimas libres de células explotados industrialmente. El propósito es conocer los equipos utilizados para la realización de procesos bioquímicos, comprender su funcionamiento y poder realizar el diseño de los mismos.

Disponer de conocimientos de Matemáticas, Física, Química, Biología, Bioquímica e Ingeniería Química ayudará al alumnado a realizar un seguimiento más cómodo de la asignatura. En consecuencia, es recomendable que el alumnado haya cursado y superado las asignaturas previas siguientes: ¿Biología?, ¿Biotecnología?, ¿Matemáticas?, ¿Química?, ¿Operaciones Básicas I? y se apoye en los conocimientos adquiridos en ¿Operaciones Básicas II?.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

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

1. Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posea las competencias que suele demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su ámbito de estudio.
2. Reunir o interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyen

una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

3. Desarrollar aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
4. Trabajar en equipo.
5. Conocer, comprender y utilizar los principios de la ingeniería de las industrias agroalimentarias.
6. Aplicar las bases científicas a problemas de reactores.

## 2.2.Resultados de aprendizaje

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

1. Es capaz de identificar los aspectos más importantes relativos a los procesos bioquímicos y concretar las distintas aplicaciones industriales.
2. Es capaz de identificar las variables de operación que más afectan al diseño del reactor bioquímico y de sintetizar las características más importantes de las distintas tipologías de biorreactores.
3. Es capaz de resolver cuestiones o problemas relativos al balance de materia y energía que tienen lugar en un proceso de conversión bioquímica.
4. Es capaz de analizar y evaluar la velocidad a la que ocurren los procesos bioquímicos.
5. Es capaz de dimensionar los biorreactores ideales utilizados en procesos industriales y conocer las operaciones más comunes a realizar en un proceso biotecnológico.

## 2.3.Importancia de los resultados de aprendizaje

Las competencias adquiridas en el conjunto de las asignaturas del "Módulo 4. Industria Agrarias y Alimentarias", al que pertenece "Ingeniería de las Industrias Agroalimentarias", capacita al estudiante para el perfil profesional de "Tecnología y procesado de productos agroalimentarios", con un ámbito de inserción laboral centrado en Diseño, cálculo y mantenimiento de equipos e instalaciones agrarias y agroindustriales. Este perfil profesional es competente en la elaboración de proyectos, trabajos, estudios, informes y asistencias técnicas en general; que suelen responder a la necesidad de cumplir con las normativas existentes en materia Agroalimentaria.

Por otra parte, el fortalecimiento de ciertas competencias genéricas o transversales (capacidad de análisis y síntesis, comunicación oral y escrita, habilidades de gestión de la información, trabajo en equipo, destreza en la utilización de las TIC, capacidad de aprendizaje autónomo y habilidades de compromiso personal) contribuirán, junto con el resto de asignaturas, a la formación integral de futuros Graduados en Ingeniería Agroalimentaria.

## 3.Evaluación

### 3.1.Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

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

El sistema de **evaluación** será **global**, considerando dos apartados: 1 Examen de teoría y práctica y 2 Tareas. Las fechas de la **prueba global** en las convocatorias oficiales puede consultarse [aquí](#).

#### 1. Examen de teoría y práctica

**Prueba escrita de evaluación final** que constará de dos partes: teoría y práctica, de acuerdo a los contenidos del programa (4.3).

La **prueba de teoría** consistirá en la formulación de varias **cuestiones de tipo test** (respuesta simple).

La **prueba práctica** consistirá en la **resolución** de 3/4 **problemas** (según pautas y formatos seguidos en las sesiones de problemas).

La calificación del **Examen de teoría y práctica** se determinará como la media ponderada de las calificaciones obtenidas en las pruebas de **teoría (40%)** y **práctica (60%)**. Para poder promediar las dos partes, se requerirá un mínimo de 3 (sobre 10) en cada una de ellas. A su vez, la calificación de la prueba escrita no podrá ser inferior a 4 puntos (sobre 10) para poder ser compensada por el resto de las actividades objeto de evaluación. La superación de la prueba escrita acreditará en parte el logro de los resultados de aprendizaje 1, 2, 3, 4 y 5. La calificación del **Examen de teoría y práctica** supondrá el **60%** de la calificación final de la asignatura. Asimismo, se podrá mantener la calificación de una de las dos partes del **Examen de teoría y práctica** hasta la 2ª convocatoria (del mismo curso académico), siempre y cuando esta calificación sea igual o superior a 5 puntos (sobre 10).

#### 2. Tareas

##### 1ª CONVOCATORIA

Evaluación de las actividades: **tareas individuales**, que los estudiantes vayan entregando, en las fechas indicadas, a través de la intranet docente ([moodle2.unizar.es](http://moodle2.unizar.es)). Cada actividad será calificada de 0 a 10 y la calificación global será la media ponderada a todas las actividades programadas. La superación de estas actividades acreditará en parte el logro de los

resultados de aprendizaje 3, 4 y 5. La calificación obtenida, que no podrá ser inferior a 3 para poder ser compensada por el resto de las actividades que se evalúan, supondrá el **40%** de la calificación final del estudiante en la asignatura y, caso de estar aprobado, solamente se conservará durante el curso académico en el que se realicen las tareas.

Los estudiantes que no hayan entregado las tareas en las fechas programadas para la 1ª convocatoria, deberán entregar, a través de la intranet docente (moodle2.unizar.es), la resolución de una nueva colección de tareas de forma individual hasta la hora de comienzo de la prueba global de la 1ª convocatoria oficial del curso académico. Los enunciados de las nuevas tareas estarán disponibles a través de la intranet docente, con un mes de antelación a la fecha de entrega y pueden ser distintos a los planteados para entregar en las fechas programadas a lo largo del cuatrimestre.

## 2ª CONVOCATORIA

Los estudiantes que no superen la asignatura en la 1ª convocatoria (CFtareas<5) o no hayan realizado esta actividad para la 1ª convocatoria deberán entregar la resolución de una nueva colección de tareas individuales hasta la hora de comienzo de la prueba global de la 2ª convocatoria oficial del curso académico. Los enunciados de las nuevas tareas estarán disponibles, pudiendo ser distintos a los planteados para la 1ª convocatoria, con un mes de antelación a la fecha de entrega, a través de la intranet docente (moodle2.unizar.es). La superación de estas actividades acreditará en parte el logro de los resultados de aprendizaje 3, 4 y 5. La calificación obtenida, que no podrá ser inferior a 3 para poder ser compensada por el resto de las actividades que se evalúan, supondrá el **40%** de la calificación final del estudiante en la asignatura.

## Criterios de Evaluación

# Cuadro resumen de los criterios de evaluación

Todas las calificaciones están referidas a una escala de 0 a 10 puntos.

	Actividad de evaluación	
	Prueba escrita	Tareas individuales
<b>Calificación para cada actividad</b>	<p>La nota de la prueba escrita (<math>N_{pe}</math>) se determinará de la manera siguiente:</p> $N_{pe} = 0,4N_t + 0,6N_p$ <p>donde <math>N_t</math> y <math>N_p</math> corresponden a la calificaciones obtenidas en la parte de teoría y de problemas, respectivamente.</p> <p>Si <math>N_t</math> y/o <math>N_p &lt; 3</math>, la calificación de la prueba escrita será de suspenso. En este caso, la calificación de esta actividad será:</p> $N_{pe} = \text{MIN} (N_t, N_p)$	<p>La calificación de esta actividad (<math>N_{tareas}</math>) corresponderá a la media aritmética de las calificaciones obtenidas en cada tarea.</p>
<b>Calificaciones que se guardan para 2ª convocatoria</b>	<p>Se guarda <math>N_{pe}</math> si es <math>\geq 5</math>.</p> <p>Si <math>N_{pe} &lt; 5</math>, se guarda <math>N_t</math> ó <math>N_p</math> si su valor es <math>\geq 5</math>.</p>	<p>Se guarda si <math>N_{tareas} \geq 5</math></p>
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	<p>La calificación final de la asignatura (CF) se determinará mediante la ecuación siguiente:</p> $CF = 0,6N_{pe} + 0,4N_{tareas}$ <p>Para poder aprobar (CF <math>\geq 5</math>) es imprescindible que: <math>N_{pe} \geq 4</math> y <math>N_{tareas} \geq 3</math>.</p> <p>En el caso de que <b>no se cumplan los requisitos del apartado anterior</b>, la calificación final se obtendrá de la manera siguiente:</p> <p>Si CF <math>\geq 4</math> (obtenida mediante la ecuación anterior), la calificación final será: Suspenso (4,0)</p> <p>Si CF <math>&lt; 4</math>, la calificación final será: Suspenso (CF)</p>	

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

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

1. La **lección magistral participativa** será el método utilizado durante el desarrollo de las **clases teóricas**. Con este método, se pretende fomentar la participación activa del alumnado mediante la formulación de cuestiones y/o ejercicios que ayuden a romper el ritmo monótono de las sesiones. Las clases de teoría se llevarán a cabo con el grupo completo.
2. En las **sesiones prácticas de resolución de problemas** se plantearán y resolverán problemas relacionados con los contenidos teóricos. Durante el desarrollo de las mismas, se fomentará la participación del alumnado y el trabajo cooperativo.
3. Para algunos temas, se plantean tareas individuales, siendo recomendable su elaboración, cuyos resultados podrán ser entregados en las fechas indicadas en la intranet docente (moodle2.unizar.es). En las tareas se plantea la resolución por ordenador de un trabajo práctico, especialmente enfocado a la aplicación de conceptos de ingeniería al campo de los biorreactores.
4. Las **visitas técnicas** servirán para que el alumnado adquiera una visión práctica y real de los contenidos teóricos y prácticos realizados a lo largo del curso. Está prevista una visita a una industria agroalimentaria que incluya en su proceso de fabricación alguna operación de fermentación, que se realizaría una vez se hayan expuesto los contenidos temáticos correspondientes en las sesiones de clases teóricas. La prueba escrita de teoría contendrá alguna pregunta relacionada con la visita técnica realizada.

## 4.2. Actividades de aprendizaje

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

**Clases teóricas.** Actividad presencial en la cual se desarrollarán los contenidos de los temas propuestos. La duración total de esta actividad a lo largo del curso será de 30 horas.

**Sesiones prácticas.** Actividad presencial en la cual se resolverán problemas relacionados con los contenidos de la asignatura. Se llevarán a cabo en el aula informática (EES y solver Excel), problemas (Aula) en grupos de 20 alumnos, con una dedicación total de 26 horas (13 sesiones de 2 horas). EES y solver Excel 8 horas (4 sesiones de 2 horas), problemas 18 horas (9 sesiones de 2 horas)

**Tareas.** Resolución por ordenador (EES y solver Excel) de problemas y casos. El tiempo estimado para esta actividad no presencial será de 4 horas, aproximadamente, para cada uno de los tres o cuatro casos que el estudiante debe resolver.

**Visitas técnicas.** Actividad presencial que contempla la visita a una industria agroalimentaria con reacción bioquímica (3 horas). Esta actividad está condicionada a la disponibilidad presupuestaria y será sustituida por otra actividad con análogos objetivos.

**Estudio y trabajo autónomo.** Durante esta actividad no presencial, el alumnado se dedicará al estudio personal. Esta modalidad también incluye la participación del estudiante en actividades propias de la página Web de la asignatura en moodle 2, tales como la realización de ejercicios y cuestionarios, así como la interacción con otros estudiantes para consultas y/o intercambios de información. Se estima una dedicación de 5 horas, para la revisión final y el repaso de toda la materia de la asignatura, en las semanas previas al examen presencial de 3 horas de duración.

**Tutorías.** Podrán ser presenciales (en el despacho del profesor) o virtuales (mediante el uso de la plataforma moodle 2). Las tutorías podrán ser individuales (relacionadas con el estudio y trabajo autónomo) o en grupo.

## 4.3. Programa

### Programa de teoría

1. **Introducción a los procesos biotecnológicos:** desarrollo histórico, procesos biotecnológicos, biología de los microorganismos, etapas en el desarrollo de un bioproceso y reactores ideales.
2. **Balances de materia con reacción bioquímica:** Estequiometría del crecimiento microbiano y balances elementales, balances de electrones, rendimiento de biomasa, estequiometría del producto, demanda teórica de oxígeno y rendimiento máximo posible.
3. **Balances de energía con reacción bioquímica:** Ecuaciones generales de los balances de energía, calores de reacción para procesos con producción de biomasa, termodinámica del crecimiento microbiano, balance de energía para un cultivo celular.
4. **Balances de materia y energía en estado no estacionario:** Ecuaciones de balances de materia y energía en estado no estacionario, resolución de ecuaciones diferenciales.
5. **Principales tipos de fermentadores:** Clasificación de los biorreactores, biorreactores con biocatalizadores en suspensión, biorreactores con biocatalizadores inmovilizados y biorreactores especiales.
6. **Cinética enzimática:** Catálisis enzimática, clasificación y nomenclatura de las enzimas, cinética de reacciones enzimáticas con un solo sustrato: modelos de Michaelis-Menten y Briggs-Haldane, evaluación de los parámetros cinéticos, efectos del pH y de la temperatura en la actividad enzimática, regulación enzimática: inhibición y activación, activación e inhibición por sustrato y ecuaciones cinéticas integradas para distintos reactores.

7. **Cinética microbiana:** Estequiometría, rendimientos y velocidad de reacción, tipos de modelos cinéticos: aproximaciones, fases del crecimiento celular, modelo Monod: linealizaciones, efectos ambientales en el crecimiento celular, modelos con inhibición y ecuaciones cinéticas para distintos fermentadores.
8. **Aspectos básicos de los biorreactores:** Fermentador discontinuo de mezcla perfecta, fermentador discontinuo alimentado (fed-batch), fermentador continuo de mezcla perfecta (quimiostato), batería de fermentadores continuos de mezcla perfecta, fermentador continuo de mezcla perfecta con recirculación y fermentador continuo de flujo pistón.

### Sesiones prácticas

1. Resolución de balances de materia y energía con reacción bioquímica mediante el programa informático Engineering Equation Solver (EES).
2. Encontrar por regresión no lineal, con ayuda del comando Solver de excel, ecuaciones de velocidad que representen a cinéticas de reacciones enzimáticas o/y reacciones de fermentación microbiana.

## 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

### Calendario de sesiones presenciales

Se estima que un estudiante medio debe dedicar a esta asignatura, de 6 ECTS, un total de 150 horas que deben englobar tanto las actividades presenciales como las no presenciales. La dedicación a la misma debe procurarse que se reparta de forma equilibrada a lo largo del semestre. A continuación se presenta el calendario hipotético de la asignatura:

Semana	Clases de Teoría	Sesiones prácticas	Visitas
1	Presentación asignatura (1 h) Tema 1 (3 h)		
2	Tema 2 (2 h)	Sesión 1 (EES y SOLVER) (2 h)	
3	Tema 2 (2 h)	Sesión 1 (Problemas) (2 h)	
4	Tema 3 (2 h),	Sesión 2 (Problemas) (2 h)	
5	Tema 3 (2 h)	Sesión 2 (EES y SOLVER) (2 h)	
6	Tema 4 (2 h)	Sesión 3 (Problemas) (2 h)	
7	Tema 5 (2 h)	Sesión 4 (Problemas) (2 h)	
8	Tema 5 (2 h) Tema 6 (2 h)		
9			
10		Sesión 3 (EES y SOLVER) (2 h)	
11	Tema 6 (2 h)		
12	Tema 7 (2 h)	Sesión 5 (Problemas) (2 h)	
13	Tema 7 (2 h)	Sesión 6 (Problemas) (2 h)	
14	Tema 7 (2 h)	Sesión 4 (EES y SOLVER) (2 h)	Visita 1 (3h)
15	Tema 8 (2 h)	Sesión 7 (Problemas) (2 h)	
16	Sesión 8 (Problemas) (2 h)	Sesión 9 (Problemas) (2 h)	

### Volumen de trabajo

La propuesta de la distribución de la carga de trabajo del alumnado se presenta en la tabla siguiente:

Actividad	Horas presenciales	Factor	Horas no presenciales
Clases teóricas	30	1,5	45
Sesiones prácticas	26	1,0	26
Elaboración de tareas	-	-	12
Visitas técnicas	3	-	-
Preparación de exámenes	-	-	5
Evaluación	3	-	-
HORAS TOTALES	62		88
<b>CARGA DE TRABAJO TOTAL</b>	<b>150 horas</b>		

Por último, la tabla siguiente muestra la distribución de los créditos ECTS entre las distintas modalidades de enseñanza.

Modalidad docente	Horas totales de trabajo del alumnado	ECTS
Clases teóricas	75	3,0
Sesiones prácticas	52	2,08
Realización de tareas	12	0,48
Visitas técnicas	3	0,12
Preparación de exámenes y evaluación	8	0,52
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>6</b>

Para el desarrollo de la asignatura se contará con una Intranet Docente, la plataforma virtual *moodle* (<http://moodle2.unizar.es/>), cuyo acceso a través de un navegador convencional está restringido a profesores y alumnos de la asignatura. La plataforma *moodle 2* será el principal medio de comunicación entre todos los participantes de la asignatura, contendrá materiales docentes (apuntes, presentaciones, enunciados de problemas, etc.) a disposición del alumnado y servirá como medio de envío de las tareas que se planteen a lo largo del curso. Los resultados de las tareas deberán ser entregados en las fechas indicadas en la plataforma. La Intranet de la asignatura se actualiza (fechas de entrega, documentos, etc.) a menudo y, por lo tanto, es muy aconsejable acceder a ella con cierta frecuencia.

El sistema de evaluación será global. Por otro lado, las fechas de la prueba escrita en las convocatorias oficiales pueden consultarse [aquí](#).

#### 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

- BB** Bailey, James E.. Biochemical engineering fundamentals / James E. Bailey, David F. Ollis . 2nd. ed. New York [etc.] : McGraw-Hill, cop. 1986
- BB** Díaz, Mario. Ingeniería de bioprocesos / Mario Díaz Madrid : Paraninfo, cop. 2012
- BB** Ingeniería bioquímica / Francesc Gòdia Casablanca y Josep López Santín (Editores) ; Carles Casas Alvero...[et al.] . Madrid : Síntesis, D.L. 1998
- BC** Doran, Pauline M.. Principios de ingeniería de los bioprocesos / Pauline M. Doran ; traducción a cargo de Franciso J. García Labiano . Zaragoza : Acribia, D.L. 1998

- BC** Dutta, Rajiv. Fundamentals of biochemical engineering / Rajiv Dutta Berlin : Springer ; New Delhi : Ane Books India, cop. 2008
- BC** Hill, Charles G., Jr.. Introduction to chemical engineering kinetics and reactor design / Charles G. Hill, Jr., Tatcher W. Root . - 2nd ed. Hoboken (New Jersey) : Wiley, cop. 2014

La bibliografía actualizada de la asignatura se consulta a través de la página web:

<http://psfunizar7.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=28940&Identificador=14205>