



# Guía Docente: Escenarios 1, 2 y 3

## FUNDAMENTOS DEL DISEÑO DE BIORREACTORES

---



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**CURSO 2021-2022**



## ESCENARIO 1. PRESENCIAL

### I.- IDENTIFICACIÓN

<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA:</b>	Fundamentos del Diseño de Biorreactores
<b>NÚMERO DE CRÉDITOS:</b>	6
<b>CARÁCTER:</b>	Obligatoria
<b>MATERIA:</b>	Bioingeniería
<b>MÓDULO:</b>	Integración
<b>TITULACIÓN:</b>	Grado en Bioquímica
<b>SEMESTRE/CUATRIMESTRE:</b>	Sexto (tercer curso)
<b>DEPARTAMENTO/S:</b>	Ingeniería Química y de Materiales

**PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:**

Grupo A	
Teoría Seminarario Tutoría	<b>Profesora:</b> VICTORIA E. SANTOS MAZORRA <b>Departamento:</b> Ingeniería Química y de Materiales <b>Despacho:</b> Planta Piloto, planta primera-QP-104 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:vesantos@quim.ucm.es">vesantos@quim.ucm.es</a>
Teoría Seminarario Tutoría	<b>Profesor:</b> MIGUEL LADERO GALÁN <b>Departamento:</b> Ingeniería Química y de Materiales <b>Despacho:</b> Edificio A, planta baja-QA-B64 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:mladero@quim.ucm.es">mladero@quim.ucm.es</a>

### II.- OBJETIVOS

■ **OBJETIVO GENERAL**

- Introducción a la Bioingeniería.

■ **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Proporcionar al alumno las bases de conocimiento para diseñar aplicaciones de los procesos biológicos y reconocer y analizar nuevos problemas biomoleculares.

### III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

■ **CONOCIMIENTOS PREVIOS:**

Matemáticas básicas.



## ■ RECOMENDACIONES:

Haber cursado la asignatura *Fundamentos de Ingeniería Bioquímica*, del primer cuatrimestre de tercer curso del Grado en Bioquímica

## IV.- CONTENIDOS

### ■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS

Fundamentos de cinética química aplicada. Metodología para el desarrollo de procesos biotecnológicos. Fenomenología de los procesos biotecnológicos: cinética, transferencia de materia, transferencia de calor, fluido-dinámica y daño celular. Métodos de inmovilización de biocatalizadores. Análisis de reacciones biocatalíticas. Modelos cinéticos: Estructura y segregación. Análisis y diseño de biorreactores agitados. Formas de operación en biorreactores. Cambio de escala en biotransformaciones.

### ■ PROGRAMA:

1. Metodología para el desarrollo de procesos biotecnológicos. Cambio de escala.
2. Fundamentos de Cinética Química Aplicada. Transporte entre fases.
3. Fenomenología de los procesos biotecnológicos: Cinética, transferencia de materia, fluidodinámica y daño celular.
4. Procesos enzimáticos. Cinética. Efectos de inmovilización. Transporte líquido-sólido. Desactivación.
5. Procesos con células. Desarrollo del proceso. Modelos cinéticos. Transporte gas-líquido.
6. Análisis y Diseño de Biorreactores. Tipos. Formas de operación. Cambio de escala.

## V.- COMPETENCIAS

### ■ GENERALES:

- **CG9-MI5** Integrar los fundamentos de las ciencias de la vida y las ciencias de la ingeniería en el desarrollo de productos y aplicaciones.
- **CG9-MI7** Definir los conceptos básicos de la biotecnología y expresarse correctamente utilizando dichos términos.
- **CG13-MI6** Explicar las actuaciones básicas para la minimización del impacto ambiental en la producción biotecnológica.

### ■ ESPECÍFICAS:

- **CE37-BI1** Explicar el desarrollo de procesos biotecnológicos industriales y los diferentes fenómenos que influyen en su velocidad.
- **CE37-BI2** Analizar el cambio de escala de los procesos biotecnológicos.



- **CE37-BI3** Analizar el comportamiento de biorreactores y calcular los parámetros básicos de su diseño.
- **CE38-BI3** Aplicar modelos cinéticos para la determinación de parámetros en transformaciones con biocatalizadores, analizando las condiciones de operación óptimas.

■ **TRANSVERSALES:**

- **CT2-MI5** Razonar de modo crítico.
- **CT14-MI6** Desarrollar una motivación por la calidad.

**VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD**

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	32	48	3,2
Seminarios	12	18	1,2
Tutorías/Trabajos dirigidos	3	4,5	0,3
Clases Prácticas	10	7,5	0,7
Preparación de trabajos y exámenes	3	12	0,6
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>6</b>

**VII.- METODOLOGÍA**

La actividad docente seguirá una metodología híbrida, que hará uso de un aprendizaje colaborativo y un aprendizaje individual. Las actividades presenciales de la asignatura se estructuran en **clases de teoría, seminarios y tutorías**.

En las **clases de teoría** el profesor dará a conocer al alumno el contenido de la asignatura. Se presentarán los conceptos teóricos y algunos hechos experimentales que permitan al alumno obtener una visión global y comprensiva de la asignatura. Al comienzo de cada tema se expondrán el contenido y objetivos principales de dicho tema. Al final del tema se podrán plantear nuevas propuestas que permitan interrelacionar contenidos ya estudiados con los del resto de la asignatura o con otras asignaturas. Como apoyo a las explicaciones teóricas, se proporcionará a los alumnos el material docente apropiado, bien en fotocopias o bien en el **Campus Virtual**.

Las **clases de seminarios** tendrán como objetivo aplicar los conocimientos adquiridos a un conjunto de cuestiones y/o ejercicios. Con anterioridad se entregará a los estudiantes una relación de cuestiones para que intenten su resolución previa a dichas clases. Parte de los ejercicios serán resueltos en clase por el profesor y en otros casos se llevará a cabo la resolución por parte de los alumnos.

Se programarán varias sesiones **presenciales de tutorías** sobre ejercicios relacionados con el temario de la asignatura. En ellas el profesor revisará y corregirá, si es el caso, las



soluciones propuestas por los alumnos, resolverá las dudas y dificultades que se hayan presentado en la resolución de los ejercicios propuestos y orientará a los alumnos para la solución correcta de los ejercicios que estuvieran mal planteados o resueltos.

Las **prácticas de laboratorio** consistirán en el desarrollo de trabajo experimental, la obtención y la interpretación de datos experimentales y la presentación de informes.

## VIII.- BIBLIOGRAFÍA

### ■ BÁSICA:

Para el desarrollo de la asignatura no se va a seguir un libro de texto concreto. A continuación, se relacionan textos recomendados de carácter general:

- Levenspiel, O.: “*Ingeniería de las Reacciones Químicas*”, 3ª ed., J. Wiley, 2004.
- Doran, P.M.: “*Principios de Ingeniería de los Bioprocesos*”, Acribia, 1998.

### ■ COMPLEMENTARIA:

- Asenjo, J.A. y Merchuk, J.C.: “*Bioreactor system Design*”, M. Dekker, 1995.
- Shuler, M.L. y Kargi, F.: “*Bioprocess Engineering. Basic Concepts*”, Prentice Hall, 2002.

## IX.- EVALUACIÓN

Para la evaluación final es obligatoria la participación en las diferentes actividades propuestas. Para poder superar la asignatura será necesario que el alumno haya participado al menos en el 70% de las actividades presenciales.

El rendimiento académico del alumno y la calificación final de la asignatura se computarán de forma ponderada atendiendo a los siguientes porcentajes, que se mantendrán en todas las convocatorias:

### ■ EXÁMENES ESCRITOS:

75%

La evaluación de las competencias adquiridas en la parte teórica de la asignatura se llevará a cabo mediante la realización de dos exámenes parciales y un examen final, que constarán de preguntas sobre aplicación de conceptos aprendidos durante el curso y cuestiones prácticas relacionadas.

Todos los exámenes consistirán en un conjunto de cuestiones de desarrollo o aplicación directa de la teoría y de problemas más elaborados. Para aprobar cada examen, será necesario que el alumno obtenga, al menos, un 4 sobre 10 en cada parte del examen: cuestiones teóricas y problemas numéricos. Esta condición también será de aplicación para compensar notas entre parciales.

### ■ TRABAJO PERSONAL:

10%

La evaluación del trabajo de aprendizaje realizado por el alumno considerará la destreza del alumno en la resolución de las cuestiones propuestas en las clases de seminario y, en ocasiones, en las de teoría. Cuando sea pertinente, se solicitará la respuesta por escrito sobre diversas cuestiones.



■ **ACTIVIDADES DIRIGIDAS (CLASES PRÁCTICAS):** **10%**

Se evaluará la eficacia en la realización de los trabajos prácticos que se encarguen (prácticas de laboratorio), en ocasiones con trabajos propuestos por los profesores, así como la presentación y contenido del informe sobre la obtención e interpretación de los datos experimentales.

■ **ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN ACTIVA EN LAS CLASES:** **5%**

La asistencia y la participación del alumno en todas las actividades se valorará positivamente en la calificación final. La falta de asistencia reiterada podrá penalizarse.

Siempre se respetará un plazo mínimo de siete días entre la publicación de cualquier calificación, si fuera el caso, y la fecha del examen final de la asignatura.



PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
1. Metodología para el desarrollo de procesos biotecnológicos. Cambio de escala.	Clases Teoría	3	1	1ª Semana	2ª Semana
	Seminarios	1	1		
2. Fundamentos de Cinética Química Aplicada. Transporte entre fases.	Clases Teoría	5	1	2ª Semana	4ª Semana
	Seminarios	2	1		
3. Fenomenología de los procesos biotecnológicos: Cinética, transferencia de materia, fluidodinámica y daño celular.	Clases Teoría	2	1	5ª Semana	6ª Semana
	Seminarios	2	1		
4. Procesos enzimáticos. Cinética. Efectos de inmovilización. Transporte líquido-sólido. Desactivación.	Clases Teoría	6	1	6ª Semana	8ª Semana
	Seminarios	2	1		
5. Procesos con células. Desarrollo del proceso. Modelos cinéticos. Transporte gas-líquido.	Clases Teoría	8	1	9ª Semana	12ª Semana
	Seminarios	2	1		
6. Análisis y Diseño de Biorreactores. Tipos. Formas de operación. Cambio de escala.	Clases Teoría	8	1	12ª Semana	15ª Semana
	Seminarios	3	1		
	Tutorías	3	2	Por determinar	



**RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES**

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Clases de teoría		Exposición de conceptos teóricos. Planteamiento de cuestiones.	Toma de apuntes, formulación y contestación de cuestiones.	Valoración de las respuestas a preguntas relacionadas con los conceptos teóricos explicados.	32	48	80	15%
Seminarios	CG9-MI5 CG9-MI7 CG13-MI6	Aplicación de la teoría a la resolución de ejercicios y problemas.	Toma de apuntes. Realización de ejercicios. Formulación y contestación de cuestiones.	Valoración de la resolución de ejercicios prácticos.	12	18	30	
Tutorías	CE37-BI1 CE37-BI2 CE37-BI3 CE38-BI3	Dirección y supervisión del estudio y actividades del alumno. Planteamiento de cuestiones.	Resolución de las cuestiones planteadas.	Valoración del trabajo, exposición y desarrollo.	3	4,5	7,5	
Prácticas	CT2-MI5 CT14-MI6	Explicar el funcionamiento y objetivos de las prácticas. Supervisar el trabajo de los alumnos.	Realización del trabajo experimental, obtención e interpretación de datos. Presentación de informes	Valoración del trabajo del alumno. Valoración de los informes presentados.	10	7,5	17,5	
Exámenes		Propuesta, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno.	Preparación y realización.	Valoración de las respuestas a las cuestiones de tipo teórico y práctico.	3	12	15	

**P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación**



Si el desarrollo del curso 2021-22 se viese afectado por medidas conducentes a la no presencialidad, se procederá a la adaptación de la Guía Docente para su tránsito a la docencia y evaluación en línea, adoptando medidas similares a las recogidas en las Adendas de las asignaturas del Título del curso 2020-21.

## **ESCENARIO 2. SEMIPRESENCIAL**

### **VII.- METODOLOGÍA**

El tercer curso del Grado en Bioquímica se prevé que se desarrollen con 100% de presencialidad por el aforo del aula asignada, que permite la distancia social. Es así que, este escenario 2 es coincidente con el anterior en lo referente a Clases de Teoría y Seminarios. En el caso de las clases de laboratorio, las explicaciones y los cálculos se harían de forma virtual y la parte experimental de modo presencial.

### **IX.- EVALUACIÓN**

Se realizarán exámenes presenciales tal como se describe en el Escenario Presencial, siempre que ello sea posible.

## ESCENARIO 3. TOTALMENTE VIRTUAL

### VII.- METODOLOGÍA

- **Clases de teoría, seminarios y tutorías:** serán impartidas de forma combinada en sesiones: (a) síncronas, en el horario oficial establecido y (b), asíncronas.
  - El material docente básico serán las presentaciones de clase habilitadas en el Campus Virtual UCM, empleadas también en los Escenarios 1 y 2, así como presentaciones PowerPoint acompañadas de grabaciones de voz (o vídeos) donde se incluyen las explicaciones necesarias, como si fuera una clase presencial. También se utilizarán vídeos relacionados con la materia y otros tipos de materiales que los profesores de la asignatura consideran de relevancia e interés. Como en los escenarios anteriores, todo el material estará con antelación a disposición de los estudiantes a través del Campus Virtual para su utilización y las sesiones síncronas se dejarán grabadas en el CV.
  - Los medios telemáticos utilizados serán las plataformas ya mencionadas en el Escenario 2: Microsoft Teams (disponible en el CV), Google Meet o Zoom.
  - Se utilizará el CV para la entrega de ejercicios evaluables y mediante los medios telemáticos comentados.
- **Las tutorías individuales** se realizarán como en el Escenario 2.
- **Seguimiento del alumnado**  
Se realizará igual que lo descrito en el Escenario 2 para la docencia virtual.

### X.- EVALUACIÓN

#### DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN

- **Exámenes:** se realizarán dos exámenes finales de manera virtual, uno en la convocatoria ordinaria y otro en la convocatoria extraordinaria. Cada examen constará de dos partes claramente diferenciadas, correspondientes a la teoría impartida (clases teóricas) y a los casos prácticos planteados y resueltos. Los exámenes se llevarán a cabo de acuerdo con las siguientes pautas:

#### 1) ANTES DEL EXAMEN:

##### *Conexión, Identificación y firma comportamiento ético.*

La identificación de los alumnos que realicen el examen deberá ser llevada a cabo a través de:

- Su acceso al Campus Virtual (usuario y contraseña UCM), lo cual queda registrado.
- Envío de DNI, pasaporte, o carnet de estudiante UCM (escaneado o foto).
- Imagen de video a través de Google Meet o Teams (desde la cámara del

ordenador o del móvil).

La identificación debe realizarse antes del inicio del examen. Así, se les debe convocar con suficiente tiempo para que puedan acceder al campus virtual (usuario y contraseña UCM), lo cual queda registrado. También puede programarse una TAREA en el espacio del Campus Virtual de la asignatura para que los estudiantes envíen una imagen escaneada o una foto de su carnet de estudiante UCM, del DNI, NIE o PASAPORTE junto a una declaración manuscrita y firmada indicando que su comportamiento durante el examen va a ser ético aceptando las normas a tener en cuenta respecto a la utilización o cooperación en procedimientos fraudulentos. El profesor incluirá en la tarea el texto del documento que tienen que escribir y firmar. El documento enviado por los estudiantes para la identificación se albergará en el Campus Virtual bajo la protección legal de la UCM y, transcurrido el plazo legalmente establecido, se procederá a su borrado permanente. Adicionalmente pueden realizarse comprobaciones telemáticas a lo largo del examen por parte del profesor mediante la cámara y en cualquier momento el profesor podrá requerir a cualquier estudiante que identifique su presencia mediante voz y vídeo.

En este periodo, antes del examen, el profesor recordará en qué va a consistir el examen y como pueden contactar los estudiantes si hay eventualidades: por correo electrónico o a través del chat de Moodle.

### **2) TIPO DE EXAMEN:**

Los profesores subirán con antelación suficiente al Campus Virtual de su asignatura, las instrucciones detalladas en las que se informe correctamente a los estudiantes del formato de examen a utilizar. Además, se indicarán los recursos y material necesario, así como el tipo de identificación antes y durante el examen, y cómo llevar a cabo el examen.

Previamente al examen, se llevará a cabo un simulacro telemático de examen, utilizando las mismas herramientas que en el examen final, de carácter explicativo, a fin de que se puedan adelantar y solucionar distintos problemas técnicos que los alumnos puedan encontrar durante el desarrollo de la prueba. El propósito del simulacro es que los estudiantes comprendan y se familiaricen con la metodología con la que se realizará el examen y comprueben que todo funciona correctamente.

El examen virtual se diseñará en el Campus Virtual (Moodle) utilizando las herramientas disponibles de la plataforma. Al igual que en el Escenario 1 y 2, el examen constará de dos partes: la de conceptos teóricos y la de cuestiones prácticas o problemas relacionados. Las herramientas que se utilizarán para cada una de estas dos partes son diferentes:

- Conceptos teóricos. Se utilizarán fundamentalmente cuestionarios de preguntas multi-respuesta, de respuesta corta o desarrollo, utilizando las opciones disponibles en Moodle.
- Tareas secuenciales, con un único envío por tarea. Cuando se trate de tareas que requieran de cálculos y planteamientos, el estudiante debe enviar la solución manuscrita con la justificación de todos los cálculos y razonamientos hechos en formato .pdf o .jpg. Los ficheros han de estar ordenados, han de poder verse de

forma clara, las páginas tienen que estar numeradas y con la orientación adecuada, habiendo firmado e incluido el DNI o el documento de identificación utilizado en cada una de las hojas.

En determinadas circunstancias, se podría recurrir a realizar pruebas orales, grabadas en sesiones de Teams o Google Meet.

En cualquier caso, el tiempo máximo por examen es de 3 horas.

Al igual que en el Escenario 1 y 2, es necesario obtener una nota mínima de 5 en el examen final para superar la asignatura, teniendo en cuenta que en cada una de las partes es necesario obtener al menos un 3 sobre 10, para que se haga la media entre ambas.

### **3) DURANTE EL EXAMEN: Seguimiento de la prueba**

El seguimiento de estudiantes durante la prueba se podrá efectuar tanto de forma síncrona mediante conexión abierta de Teams en Moodle o mediante Google Meet, así como de forma asíncrona, comprobando el correcto desarrollo de la prueba mediante la sección de registros de actividad de la asignatura en el Campus Virtual. Google Meet dispone de dos extensiones que pueden resultar de utilidad y se instalan en el navegador con facilidad: Grid View (para poder ver un mosaico en pantalla con todos los que están conectados) y Meet Attendance (para obtener un Excel con la lista de asistentes). Los alumnos podrán dirigir al profesor sus dudas y preguntas durante la realización del examen por vía telemática utilizando el chat o el correo electrónico del Campus Virtual y/o a través del chat de Teams o Meet.

### **4) REVISIÓN DE EXÁMENES NO PRESENCIAL**

Consistirá en revisiones síncronas mediante Teams o Google Meet, previa solicitud razonada de los estudiantes y asignando una duración limitada a cada uno de ellos. El estudiante tiene el derecho a revisar todas las evidencias que se hayan usado para decidir su calificación, que se le podrán mostrar tanto mediante Teams o Google Meet para su revisión. Si ha sido necesaria la realización de alguna prueba oral a algún estudiante, también se dispondrá de la correspondiente grabación para la revisión del estudiante. Las videoconferencias de las revisiones de exámenes serán grabadas, y así se les advertirá a los estudiantes previamente a la revisión.

### **5) DOCUMENTACIÓN/GRABACIÓN DE LAS PRUEBAS DE EVALUACIÓN PARA SU POSTERIOR VISUALIZACIÓN Y EVIDENCIA.**

Los exámenes y demás evidencias utilizadas para la evaluación se grabarán y almacenarán en el Campus Virtual, de manera que sean accesibles para todos los profesores de la asignatura. Dichas grabaciones no se podrán utilizar para fines distintos que la identificación de los estudiantes o el seguimiento de la realización de los exámenes. Las grabaciones realizadas durante la entrevista para la revisión de las calificaciones solicitada por un estudiante sólo podrán utilizarse para este fin. Todas las sesiones grabadas se mantendrán únicamente durante el tiempo

previsto en la normativa académica para la conservación de las pruebas de evaluación y para futuras auditorías externas y serán almacenadas en los servidores de la UCM con las medidas de seguridad adecuadas, nunca en dispositivos privados.

Las actividades de evaluación de tutorías y seminarios se llevarán a cabo vía Campus Virtual y/o mediante los medios telemáticos comentados con anterioridad: Teams (Campus Virtual) o Google Meet. Aunque estas actividades pueden revisarse a lo largo del desarrollo de la asignatura, tras la publicación de la nota final, y como se ha comentado con anterioridad, los estudiantes podrán revisar todas las evidencias correspondientes a su calificación.

Con carácter general, la referencia de actuación será la recogida en la página web de la Facultad de Ciencias Químicas.