

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Biorreactores
Clave de la asignatura:	SBF-2002
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Energía Renovables

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura contribuye al perfil del egresado propiciando el desarrollo de la capacidad para seleccionar, adaptar, diseñar, operar, controlar, simular, optimizar y escalar equipos y procesos en los que se aprovechen de manera sustentable los recursos bióticos. En otro sentido, también aporta al perfil profesional coadyuvando en el proceso formativo que le permitirá incorporarse en equipos multidisciplinarios para realizar investigación científica y tecnológica en el campo de la Ingeniería Bioquímica y difundir sus resultados.

Intención didáctica

Esta asignatura constituye uno de los pilares en la formación del egresado pues lo capacita para abordar la tarea de definir, por selección, adaptación o diseño, el núcleo o corazón de un buen número de procesos biotecnológicos, especialmente en las áreas de la tecnología microbiana, celular o tisular y enzimática, como lo es el biorreactor.

Se aborda en primer lugar, los diversos tipos de biorreactores, alternativas y criterios que el ingeniero tiene para elegir tipo de proceso, se analiza y discute los fenómenos de transferencia implicados en la operación de un biorreactor, número de fases presentes en el mismo, el tipo de catalizador empleado, la manera en que ese catalizador se encuentra dentro del reactor, el régimen hidrodinámico del fluido dentro del reactor, si es agitado, entonces el tipo de agitación aplicado, si es un reactor que emplee algún tipo o parte de células vivas, entonces la naturaleza del aceptor de final de electrones y el régimen de operación. Posteriormente, se procede a analizar y discutir los fenómenos de transferencia implicados en la operación de un biorreactor. Para ello se inicia con el reactor de tanque agitado y aerado, del cual se analizan y discuten los procesos de agitación (transferencia de cantidad de movimiento), de aeración (transferencia de masa) y de control de temperatura (transferencia de calor).

Se enfatiza, en particular la importancia de la selección y utilización adecuada de los llamados criterios de escalamiento, todos ellos aplicables en casos y condiciones específicas y con objetivos también particulares. Se analizan, por supuesto los criterios típicos, tales como el kLa , la potencia volumétrica, el NRe , la velocidad en la punta del impulsor y el esfuerzo cortante, entre otros.

En la parte final del curso, se aborda uno de los aspectos operativos más importantes para garantizar el éxito del proceso biotecnológico en su conjunto, se trata de la esterilización de líneas de conducción, accesorios, equipos y medio de producción. En esta parte es

indispensable que el estudiante sepa conceptualizar lo que significa el término esterilización y pueda comprender el alcance de su transformación en el de “esterilización comercial” como una respuesta práctica a la imposibilidad de lograr, en el entorno tiene para elegir y los múltiples criterios que están implicados en esa elección, por ejemplo, el número de fases presentes en el reactor, el tipo de catalizador empleado, la manera en que ese catalizador se encuentra dentro del reactor, el régimen hidrodinámico del fluido dentro del reactor, si es agitado, entonces el tipo de agitación aplicado, si es un reactor que emplee algún tipo de células vivas, entonces la naturaleza del aceptor final de electrones y el régimen de operación.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de La Laguna. Septiembre 2020	M.C. Laura Andrea Pérez García Dra. María Cristina García Carrillo	La revisión se propone con base en ajustar el nivel de los estudiantes de ingeniería, así como ajustar para alcanzar a cubrir el temario completo en un semestre

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> ● Comprende las diferentes características generales de los biorreactores ● Identifica la diversidad de los tipos y modos de operación de los biorreactores ● Conoce las variables y parámetros importantes para el diseño de biorreactores ● Analiza los diferentes tipos de escalamiento de biorreactores para la optimización de la obtención de productos de alto valor agregado, como los biocombustibles ● Adapta y opera los equipos auxiliares en los diferentes procesos de obtención de productos ● Diferencia los diferentes procesos de producción de biocombustibles gaseosos que le permitan al egresado proponer e innovar procesos de producción ● Colabora en prácticas y proyecto de investigación en los que sea capaz de resolver problemas de diseño, elaboración, mejora, mantenimiento, desarrollo, dependiendo de su funcionamiento en las diferentes áreas de aplicación

5. Competencias previas

Conocimientos de las asignaturas: Química, Bioquímica, Ecuaciones Diferenciales, Microbiología, , Biotecnología y Mecánica de fluidos permitiendo obtener los conocimientos previos para el desarrollo de los procesos para la obtención de biocombustibles líquidos

6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	Introducción	1.1. Principales productos de fermentación en el mercado mundial 1.2. Perspectivas de la Bioingeniería 1.3. Cinética microbiana y obtención de productos
2	Biorreactores	2.1. Función y características generales 2.2. Tipos de biorreactores 2.3. Modos de operación 2.3.1. Por lote, semicontinuo, continuo y sus variantes 2.4. Diseño de biorreactores: Variables y parámetros de diseño
3	Procesos de transferencia	3.1. Transferencia de cantidad de movimiento 3.1.1. Agitación 3.1.2. Velocidad 3.1.3. Potencia de agitación 3.2. Transferencia de masa 3.2.1. Aereación y régimen de aeración 3.2.2. Rapidez de transferencia de oxígeno y coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno 3.3. Transferencia de calor 3.3.1. Balances de calor en el reactor en operación
4	Escalamiento	4.1. Las funciones del laboratorio de Microbiología Industrial 4.2. Las funciones de la planta piloto 4.3. Escalamiento de biorreactores 4.3.1. Criterios y procedimientos
5	Procedimientos y equipos auxiliares en la operación de biorreactores	5.1. Limpieza y desinfección de elementos periféricos 5.2. Esterilización 5.3. Instrumentación y control del biorreactor

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1. Introducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explica el panorama general de fermentación en el mercado mundial • Aplica los conceptos de bioingeniería y cinética microbiana y obtención de productos <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades de análisis, síntesis, organización y planificación, razonamiento crítico • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Destrezas en el uso de nuevas tecnologías de la información, relacionadas al área. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explica y realiza un papel de discusión que permita diferenciar el panorama de los procesos de fermentación actual • Identifica y comprende la cinética microbiana u la obtención de productos mediante el proceso de fermentación
Tema 2. Biorreactores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconoce e identifica las diferentes configuraciones de biorreactor que se pueden lograr al combinar los diferentes criterios de selección o diseño de que se dispone • Realiza los balances de materia y energía en el biorreactor planteando y resolviendo las ecuaciones resultantes e identificando en ellas su aplicación potencial para el diseño, control y simulación del biorreactor y su operación • Determina el modo de operación del biorreactor adecuándolo al tipo de proceso que se va a emplear <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades de análisis, síntesis, organización y planificación, razonamiento crítico 	<ul style="list-style-type: none"> • Investiga y elabora monografías relativas a las características generales de los diferentes tipos de biorreactores existentes, sus ventajas y desventajas, sus principales aplicaciones, variables críticas de operación y las ecuaciones y procedimientos de diseño más utilizados • Analiza y discute artículos científicos donde se presenten ejemplos reales de la aplicación práctica de los diferentes tipos de biorreactores • Identifica y comprende las tendencias actuales en el desarrollo de nuevos tipos de biorreactores o en la mejora de los ya disponibles

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Destrezas en el uso de nuevas tecnologías de la información, relacionadas al área. • Capacidad de gestión de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende las diferentes configuraciones del modo de operación más empleadas en los biorreactores • Realiza prácticas que permitan caracterizar biorreactores en diferentes aspectos • Investiga y discute artículos donde se ejemplifiquen procesos de diseño de diferentes biorreactores y su aplicación en procesos o en la industria
<p align="center">Tema 3. Procesos de transferencia</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconoce las variables de operación implicadas en el correcto desempeño en diferentes biorreactores • Determina diferentes parámetros como la velocidad de agitación y el régimen de aereación para lograr una determinada intensidad de agitación o un determinado coeficiente de oxígeno • Calcula los requerimientos de potencia de un biorreactor agitado y aereado • Fija el coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno para diversos tipos de biorreactores • Dimensiona con base en balances de energía el sistema de control de temperatura del biorreactor <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades de análisis, síntesis, organización y planificación, razonamiento crítico • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Discute las diferentes tendencias en el diseño de biorreactores para mejorar su desempeño en la transferencia de masa, particularmente el oxígeno, el calor y en el desempeño hidrodinámico del biorreactor • Realiza ejercicios de cálculo de sistemas de agitación y de aereación de control de temperatura para diferentes tipos de biorreactores

<ul style="list-style-type: none"> • Destrezas en el uso de nuevas tecnologías de la información, relacionadas al área. • Capacidad de gestión de la información. 	
Tema 4. Escalamiento	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escala procesos biotecnológicos a partir de la definición de los niveles de las constantes de escalamiento, resultantes del tratamiento de los datos de laboratorio <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades de análisis, síntesis, organización y planificación, razonamiento crítico • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Destrezas en el uso de nuevas tecnologías de la información, relacionadas al área. • Capacidad de gestión de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza ejemplos clásicos de escalamiento, identificando los criterios utilizados, las variables críticas del proceso, los elementos conceptuales y las herramientas matemáticas utilizadas, así como la valoración de los resultados obtenidos • Realiza una revisión de diversas fuentes que permita identificar y analizar las tendencias actuales en este proceso y verificar la vigencia de los conceptos e ideas clásicas del escalamiento y los nuevos elementos que se integran en sus nuevas versiones • Realiza prácticas del escalamiento del reactor a partir de datos de laboratorio
Tema 5. Procedimientos y equipos auxiliares en la operación de biorreactores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica y caracteriza los procedimientos, equipos y accesorios que son indispensables para el funcionamiento del biorreactor (mezcladores, agitadores, esterilizadores). • Calcula ciclos de esterilización por lote y continuos • Conoce la naturaleza, el principio de funcionamiento y la aplicación específica de los accesorios e instrumentos más comunes utilizados como soporte de la operación y control de los biorreactores 	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza un esquema de las características y clasificación de mezcladores y agitadores utilizados para líquidos, pastas y sólidos • Investiga procesos biotecnológicos donde se incluyan separaciones de prensado • Resuelve problemas para determinar la potencia requerida del sistema de agitación • Resuelve al menos un caso de estudio planteado por el docente para aplicar los conocimientos y procedimientos relacionados con el tema

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades de análisis, síntesis, organización y planificación, razonamiento crítico • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Destrezas en el uso de nuevas tecnologías de la información, relacionadas al área. • Capacidad de gestión de la información 	
---	--

8. Práctica(s)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Cinética de crecimiento y acumulación de metabolitos en cultivo en matraz agitado 2. Cinética de crecimiento y acumulación de metabolitos en cultivo en biorreactor de laboratorio 3. Determinación del coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno para un reactor de tanque agitado 4. Determinación de curvas de muerte térmica para microorganismos

9. Proyecto de asignatura

Por equipos, los estudiantes de la materia de combustibles gaseosos desarrollan un proyecto al final del curso de un biodigestor donde usen la biomasa agroindustrial como sustrato para la producción de combustibles gaseosos, esto con la finalidad de que apliquen los conocimientos adquiridos en esta materia y en las demás materias cursadas. El proyecto integrador deberá consistir en el diseño de un biodigestor según las especificaciones definidas por el profesor.

El objetivo del proyecto que plantee el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase

de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.

- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Se sugiere utilizar como herramienta de evaluación el portafolio de evidencias y como instrumento la lista de cotejo y la rúbrica.

11. Fuentes de información

1. Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction. Dieter Deublein, Angelika Steinhauser. Wiley-VCH, 2008.
2. Schügerl, K. y K.H. Bellgardt (Eds.) Bioreaction Engineering. Vol. III. New York. Springer-Verlag, 2000.
3. Schügerl, K. y A.P. Zeng. Tools and Applications of Biochemical Engineering, New York, Sciences. Springer-Verlag, 2001.
4. Ruíz-Leza, H. A., et al. "Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido." Revista Mexicana de ingeniería química 6.1, 2007
5. Paz Astudillo, Isabel Cristina. "Diseño integral de biorreactores continuos de tanque agitado aplicados a procesos de fermentación." Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, 2010.