



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Diseño de Biorreactores
Clave de la asignatura:	BTF-1408
SATCA¹:	3 – 2 – 5
Carrera:	Ingeniería en Biotecnología

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La asignatura tiene como fin proporcionarle al estudiante conocimientos que le permitan controlar las reacciones biológicas, predecir la conclusión de estas, determinar sus requerimientos, seleccionar el reactor que va a emplear y la forma de operación de tal forma que permita garantizar la productividad y calidad de los productos biotecnológicos. También le permite innovar prototipos de reactores que le permitan impactar en los sistemas de producción.

La asignatura permite que los estudiantes tengan una visión completa de los tipos de reactores y sus ventajas, se estudian aplicaciones tanto con enzimas libres como inmovilizadas y con los diversos tipos de cultivos y tejidos. El universo de ejemplos de reactores es grande y hay muchas aplicaciones a discutir mediante los seminarios que los estudiantes deben presentar. En cada ejemplo, el estudiante identifica las reacciones bioquímicas del proceso, ya sea homogéneo o heterogéneo, si es por lote o continuo, selecciona el tipo de reactor, su operación y los requerimientos de mantenimiento. Los conocimientos adquiridos le permiten optimizar los procesos biotecnológicos para generar ventajas competitivas en los sectores industrial, ambiental, de salud y de servicios.

La asignatura permite a los estudiantes conceptualizar los reactores biológicos como reactores químicos. Sin embargo, no hay necesidad de profundizar en la cinética química, ya que las reacciones biológicas con una enzima son en esencia más sencillas. En los organismos se tienen múltiples enzimas, sus reacciones son casi instantáneas y consecutivas a excepción de los nodos de control regulatorio. La mayor parte de las reacciones químicas se hacen en sistemas gaseosos y heterogéneos (catalizadores), mientras en Biotecnología, las reacciones para la mayoría de las aplicaciones se llevan a cabo en medios acuosos. En los cultivos se tiene el crecimiento celular que es el producto final de la actividad de múltiples vías enzimáticas que ordenadamente desarrollan sus actividades.

La asignatura primero aborda una introducción, donde se revisa cómo ha evolucionado el diseño y operación de los reactores tanto químicos como bioquímicos, los elementos que contienen y la importancia de su mantenimiento. Posteriormente, se revisan los reactores homogéneos ideales en específico para las reacciones biológicas, se describen los que son por lote y los continuos CSTR y PF. Más adelante se tratan aquellos que presentan condiciones de no idealidad. Se concluye con la revisión de las aplicaciones con enzimas y cultivos celulares.

La asignatura se relaciona con materias del área biológica como la microbiología en el crecimiento microbiano, con la bioquímica en la naturaleza de las enzimas y las vías metabólicas, con las diversas materias de las ciencias básicas, con la asignatura de balances de materia y energía en la aplicación de estos y con la ingeniería bioquímica en los temas de la asignatura ya que son complementarios.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Intención didáctica

La intención es que los estudiantes aprendan las bases teóricas que rigen el diseño de los reactores químicos aplicados a los sistemas biológicos, las ecuaciones que los describen en su operación en condiciones ideales y no ideales y las diferentes formas de operación de los principales tipos de reactores. Su aplicación a sistemas biológicos como son: reactores con enzimas solubles, enzimas inmovilizadas, cultivo de microorganismos procarióticos, eucarióticos, células animales, vegetales y otros.

En la asignatura se introduce revisando definiciones y conceptos básicos, la importancia del reactor como la parte medular de un bioproceso, así como el conocimiento de las reacciones y las variables que afectan la velocidad de las reacciones. Posteriormente se trata el diseño de los reactores ideales y no ideales, la forma de operación, las ecuaciones que los representan y los problemas que se tienen con la transferencia de masa y la forma de resolverlos.

Finalmente se revisa literatura científica sobre las aplicaciones a los diferentes sistemas biológicos. Esto permite al estudiante controlar los procesos biológicos para garantizar la productividad y calidad de los mismos.

Para el desarrollo de las competencias genéricas del estudiante, se sugiere el uso de actividades integradoras del conocimiento y de las relaciones interpersonales con la formación de equipos de trabajo, la exposición de resultados de sus experiencias en el desarrollo de las prácticas, que fortalezcan la expresión oral y escrita, el uso de las TIC's y la conducción personal de manera ética y disciplinada ante su equipo y el grupo de clase.

Por otro lado, el docente deberá promover actividades prácticas para el desarrollo de habilidades de investigación experimental, tales como: identificación y operación de equipos relacionados con la biología celular, para controlar variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; asimismo, se propician procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual integradora.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque guiar a sus estudiantes para que ellos elijan los métodos apropiados de selección, diseño y establecimiento de los diversos procesos biotecnológicos a aplicar, de tal modo que desarrollen de manera independiente protocolos pertinentes y elaboren reportes adecuados de los resultados.

Se sugiere adecuar las actividades de aprendizaje al contexto de cada institución, para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje, a través de actividades extra clase y revisión en el aula para fomentar debates de los resultados de las observaciones y generar conclusiones.

Se procura partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante establezca una relación con las necesidades y oportunidades de desarrollo biotecnológico del entorno. Se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; y que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el estudiante se ejercite en la identificación de datos relevantes y el análisis y presentación de propuestas.

Es trascendental que el estudiante comprenda que está construyendo su soporte para el futuro quehacer y en consecuencia actúe de manera profesional; aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión, curiosidad, puntualidad, entusiasmo, interés, tenacidad, flexibilidad y la autonomía, priorizando el trabajo en equipo.

El estudiante hace uso de las habilidades de síntesis, análisis, pensamiento inductivo y deductivo; con la finalidad de integrar el conocimiento, conceptos y metodologías concernientes a la biotecnología, capacitándolo en la aplicación de criterios requeridos en una situación específica que dé solución a situaciones reales, tomando en cuenta la importancia del respeto al ambiente de manera sustentable.

El profesor procurará un contexto de confianza, respeto, tolerancia y armonía, necesario para el adecuado desempeño del estudiante, en donde manifieste sus habilidades y actitudes, además de utilizar diversas técnicas y herramientas para propiciar el aprendizaje.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes, del 9 al 12 de diciembre de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Altiplano de Tlaxcala, Celaya, Colima, El Llano Aguascalientes, Hermosillo, Mérida, Reynosa, Superior de Álamo Temapache, Toluca y Veracruz.	Reunión Nacional De Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 13 de diciembre de 2013 al 3 de marzo de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Álamo Temapache, El Llano Aguascalientes, Mérida y Veracruz	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería en Biotecnología.
Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes, del 4 al 7 de marzo de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Altiplano de Tlaxcala, Celaya, Colima, CRODE Celaya, El Llano Aguascalientes, Hermosillo, Mérida, Reynosa, Superior de Álamo Temapache, Toluca, Veracruz y CIBIOGEM.	Reunión Nacional de Consolidación del Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 4 al 7 de diciembre de 2018	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: El Llano Aguascalientes, Celaya y Purísima del Rincón.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de; Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería en Minería, Ingeniería en Diseño Industrial e Ingeniería en Biotecnología del Tecnológico Nacional de México.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura

- Diseña, optimiza y controla procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial.

5. Competencias previas

- Aplica el cálculo integral y diferencial, así como las ecuaciones diferenciales para resolver las ecuaciones diferenciales que se tienen en los reactores biológicos. Utiliza sus conocimientos en las diversas materias del área química, biológica, termodinámica, fenómenos de transporte, balances de materia y energía y fisicoquímica entre otras con el objetivo de seleccionar un reactor y sistematizar su operación.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción y conceptos básicos.	1.1 Importancia de los reactores en los procesos químicos. 1.2 Clasificación de las reacciones. 1.3 Variables que afectan la velocidad de reacción. 1.4 Definición de velocidad de reacción. 1.5 Rapidez de las reacciones. 1.6 Subproductos y su importancia económica. 1.7 Conversión.
2	Diseño de reactores ideales y no ideales	2.1 Cinética de las Reacciones Homogeneas. 2.2 Efecto de la concentración y la temperatura sobre la reacción. 2.3 Diferencia entre una reacción catalizada por una enzima y una reacción química, Ejemplo de la obtención del modelo de Michaelis-Menten. Una enzima - ¿Una reacción?. Reacciones en serie o Vía metabólica. Transporte y reacción. 2.4 Significado del equilibrio en las reacciones Biológicas. Ejemplos. 2.5 Reactores por lote de volumen constante. Control de la reacción. 2.6 Reactores por lote de volumen variable (lote alimentado). Razón de su empleo. Formas de operación. 2.7 Reactores ideales para una sola reacción. 2.8 Reactor por lote. 2.9 Espacio tiempo y espacio velocidad. 2.10 Reactor continuo perfectamente mezclado. 2.11 Reactor continuo pistón. 2.12 Ecuaciones de estos reactores para cinéticas de orden de reacciones cero, uno; de Michaelis e Inhibiciones enzimáticas. 2.13 Comparación de reactores para diferentes órdenes de reacción y cinética de Michaelis. 2.14 No idealidad. Dispersión axial. Cálculo de esterilizador continuo. 2.15 Efecto de la transferencia de masa en reactores con enzimas y células inmovilizadas.
3	Aplicaciones con enzimas libres e inmovilizadas	3.1 Aplicaciones con enzimas libres. 3.2 Aplicaciones con enzimas inmovilizadas.

4	Aplicaciones con cultivos de microorganismos, células animales y vegetales	4.1 Aplicaciones con microorganismos libres e inmovilizados. 4.2 Aplicaciones con células animales. 4.3 Aplicaciones con células vegetales.
---	--	---

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción y conceptos básicos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Controla los procesos biológicos para garantizar la productividad y calidad del mismo. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> Los estudiantes elaboran una presentación sobre la importancia de los reactores biológicos tanto en el laboratorio como en la industria. En práctica de laboratorio los estudiantes medirán la actividad enzimática, elaborarán un reporte y llevarán a cabo la presentación de sus resultados

<ul style="list-style-type: none"> • Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución. • Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable. • Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. 	
2. Diseño de reactores ideales y no ideales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseña procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial. • Controla los procesos biológicos para garantizar la productividad y calidad del mismo. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. • Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. • Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura. • Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. • Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. • Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisa literatura científica relacionada al tema. • Resuelve problemas sobre el tema y entrega los resultados. • Lleva a cabo prácticas de laboratorio, realiza el reporte y expone los resultados obtenidos (trabajo en equipo).

<p>relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. • Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica • Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución. • Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable. • Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. 	
<p>3. Aplicaciones con enzimas libres e inmovilizadas</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Específica(s): • Diseña procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial. • Optimiza procesos biotecnológicos para generar ventajas competitivas en los sectores industriales y de servicios. • Controla los procesos biológicos para garantizar la productividad y calidad del mismo. • Genéricas: • Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. • Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. • Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura. • Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. • Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisa literatura científica sobre las aplicaciones tanto con enzimas libres como inmovilizadas. Lleva a cabo presentaciones en equipo de la literatura seleccionada. • Lleva a cabo prácticas de laboratorio, realiza el reporte y expone los resultados obtenidos (trabajo en equipo).

<p>la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución. Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable. Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. 	
4. Aplicaciones con cultivos de microorganismos, células animales y vegetales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Diseña procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial. Optimiza procesos biotecnológicos para generar ventajas competitivas en los sectores industrial y de servicios. Controla los procesos biológicos para garantizar la productividad y calidad del mismo. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisa literatura científica sobre las aplicaciones con los diversos tipos de cultivos. Lleva a cabo presentaciones en equipo de la literatura seleccionada. Lleva a cabo prácticas de laboratorio, realiza el reporte y expone los resultados obtenidos (trabajo en equipo).

- Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.

8. Práctica(s)

- Medición de la actividad enzimática empleando una enzima que pudiera ser una celulasa, amilasa, entre otras.
- Instalar un pequeño reactor enzimático que pudiera ser por lote agitado o con enzimas inmovilizadas y realizar una cinética; midiendo producto, sustrato y actividad enzimática.
- Realizar una cinética de una fermentación conocida, en un reactor de laboratorio equipado. La fermentación efectuarla en cultivo continuo y cultivo alimentado. Calcular los parámetros de fermentación.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé 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

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Aplicación práctica y en laboratorio de los conocimientos adquiridos, informe documental y divulgación por exposición.
- Revisión y discusión de artículos científicos de investigación.
- Autoevaluación.

1

1. Fuentes de información

- Levenspiel O. (1999). *Chemical Reactor Engineering*. USA: John Wiley and Sons.
- Richardson JF. y Peacock DG. (1991). *Chemical and Biochemical Reactors and Process Control v. 3 (Chemical Engineering Series)*. Inglaterra: Butterworth.
- Villadsen J., Nielsen J. Y G. Lidén *Bioreaction Engineering Principles*. (2011). Edit Springer New York, USA.
- Shuler M. y F Kargi. (2014). *Bioprocess Engineering: Basic Concepts* 2ª. edición. Edit. Pearson Education Limited, Essex, Inglaterra.
- Villadsen J., Nielsen y G. Lidén. (2011). *Bioreaction Engineering Principles*. Edit. Springer, NY, USA.
- <http://www.novozymes.com/en/Pages/default.aspx>.
- *Biotechnology and Bioengineering*. Scientific Journal. Wiley Periodicals, Inc., A Wiley Company.
- [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1097-0290](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1097-0290).
- Otras revistas especializadas