

**1. Datos Generales de la asignatura**

Nombre de la asignatura:	<i>Biotecnología de Fermentaciones</i>
Clave de la asignatura:	<u>BAF-2103</u>
SATCA¹:	<u>3-2-5</u>
Carrera:	<i>Ingeniería Bioquímica</i>

2. Presentación**Caracterización de la asignatura**

La asignatura Biotecnología de Fermentaciones permitirá al estudiante adquirir los conocimientos, habilidades y destrezas para el diseño de procesos de producción de células y metabolitos de origen microbiano, por medio de la comprensión y aplicación de técnicas y procedimientos biotecnológicos, aplicando criterios de sustentabilidad.

También le provee al alumno las herramientas necesarias para el uso y control de células, indispensable para el diseño de equipos, procesos y aplicación de nuevas tecnologías, en la mejora continua de programas en el ámbito de las Ingenierías en Industrias Bioquímica, Alimentaria, Ambiental y Biotecnológicas, entre otras.

Las capacidades adquiridas por el alumno previamente en las áreas de biología e ingeniería a través de las asignaturas: Biología, Química Inorgánica y Orgánica, Química Analítica, Bioquímica, Microbiología, Operaciones Unitarias, Matemáticas, Fenómenos de Transporte, Cinética Química y Biológica, Ingeniería de Biorreactores, Ingeniería de Bioseparaciones, para que, fortalecen y les permite analizar los diferentes campos y la historia de la biotecnología para obtener un panorama general e Identifica los diferentes tipos de fermentaciones y

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



los tipos de microorganismos que intervienen en ellas, usados en la Industria Biotecnológica.

La Biotecnología de Fermentaciones se apoya con instrumentos, como son principalmente el microscopio, reactores, así como de técnicas de esterilización, preparación de medios de cultivo, métodos de obtención de cultivos axénicos y de conservación de y mantenimiento de cepas de interés. Con esta asignatura el estudiante adquiere habilidades que obtendrá en el laboratorio, a través de una serie de prácticas desarrolladas de acuerdo al conocimiento teórico adquirido.

Por tanto la asignatura aporta al perfil del Ingeniero Bioquímico, la capacidad de diseñar, seleccionar, adaptar y escalar equipos y procesos en los que se aprovechen de manera sustentable los recursos bióticos, identificar y aplicar tecnologías emergentes relacionadas con el campo de acción de este tipo de Ingenieros, participar en el diseño y aplicación de normas y programas de gestión y aseguramiento de la calidad, en empresas e instituciones, realizar investigación científica y tecnológica con difusión de sus resultados.

Intención didáctica

La asignatura de Biotecnología de Fermentaciones está organizada en 4 unidades presentadas en un orden ascendente de complejidad y cada una de las cuales agrupa temas similares con el objetivo de facilitar la comprensión para el alumno.

En la primera unidad se abordan los temas del metabolismo microbiano en las áreas de bioquímica y su regulación metabólica. Relaciona las rutas bioquímicas usadas por las células microbianas para la elaboración de metabolitos de interés comercial y sus mecanismos de control natural de las vías a niveles intracelulares como son los niveles enzimáticos y la expresión de ADN. Así mismo, se analiza el sistema microbiano como unidad de producción, revisando los principales sustratos utilizados en la industria biotecnológica, los sistemas de fermentación, y la obtención de cepas de interés utilizando criterios de selección primaria y secundaria, su mantenimiento y conservación.

La segunda unidad incluye la revisión de los diferentes procesos microbianos para la producción industrial de células o metabolitos, como son la producción de proteína unicelular, hongos comestibles, producción de etanol, ácidos orgánicos, enzimas, vitaminas, antibióticos.

La tercera unidad trata sobre las fermentaciones en estado sólido y su importancia en la obtención de productos microbianos. Se analiza los factores que influyen en el rendimiento de este tipo de procesos, así como los diferentes tipos de equipos empleados y sus características. Se estudian y analizan ejemplos de metabolitos y productos obtenidos por esta técnica, incluyendo aquellos productos alimenticios que



aparecieron desde la antigüedad en diferentes culturas.

En la cuarta unidad se aborda el tema de los fermentadores neumáticos o tipo airlift que se emplean en el cultivo tisular tanto animal como vegetal. Se revisa la configuración general de este tipo de equipos, así como las diferentes conformaciones que se pueden tener. Se hace una revisión del efecto que tienen la hidrodinámica y la potencia, así como de algunas de las correlaciones empleadas para calcular parámetros importantes en este tipo de equipos como lo son: el Hold-Up la velocidad de circulación del líquido y el estrés hidrodinámico. También se analiza la transferencia de masa y calor y cómo influye el mezclado en esto.

Así mismo, se sugiere el uso de actividades integradoras del conocimiento durante la elaboración de prácticas de laboratorio, actividades que involucren técnicas y sistemas de multiplicación y propagación, y cálculos de parámetros cinéticos para evaluar sus rendimientos, en los procesos biotecnológicos. Por lo tanto, por medio de las actividades prácticas se promueve el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación y operación de equipos para controlar variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; 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 sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de 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.

La lista de actividades de aprendizaje se sugiere para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje, pueden realizarse como actividades extra clase y en clase revisar y fomentar debates para la discusión de los resultados de las observaciones. Se procura partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante establezca una relación con las necesidades y oportunidades de desarrollo biotecnológico del entorno y no sólo se hable de ellos en el aula. Generalmente 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 alumno 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, la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía pero también el trabajo en equipo.

El alumno hace uso de las habilidades de síntesis, de análisis, de pensamiento inductivo y deductivo, entre otras; con la finalidad de integrar en su conocimiento y en su persona los conceptos y



metodologías concernientes a la Biotecnología Vegetal para contar con la capacidad y los criterios de aplicación requeridos en una situación específica que dé solución a situaciones reales, tomando en cuenta la importancia del respeto del entorno en todos los sentidos y por lo tanto amigable con el entorno y de manera sustentable.

El profesor procurará un ambiente en el cual el alumno encuentra un contexto de confianza, respeto, tolerancia y armonía, necesario para el adecuado desempeño del alumno 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 Zacatepec, Enero del 2021	Wendy Netzy Hernández Díaz Leonor Zavaleta Avejar Marlla Dubravka Gutierrez Botello Erik Guilbert García José Elías Salado Huerta Francisco Javier Hernández Campos Alberto Álvarez Castillo	Definición de los programas de estudio de los módulos de especialidad de la carrera de Ingeniería Bioquímica



4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Aplica condiciones físicas y químicas en reactores biológicos de diferentes tipos por medio de la identificación, análisis, selección y aplicación de procesos de la biotecnología industrial, para el establecimiento de sistemas de producción de células y metabolitos de origen microbiano.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Identifica los diferentes grupos microbianos. • Identifica, seleccionar y preparar los diferentes medios de cultivo. • Conoce y aplica las diferentes técnicas de aislamiento, purificación y conservación de cepas microbianas. • Conoce y relaciona las diferentes rutas bioquímicas con el metabolismo microbiano. • Conoce y aplica las técnicas analíticas para la preparación de compuestos químicos. • Conoce y relaciona el valor del dinero y costo inversión. • Interpretar el desarrollo y uso sustentable. • Aplica balances de materia y energía. • Identifica y relaciona el diseño del biorreactor con los sistemas microbianos.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Metabolismo y Sistemas Microbianos	1.1 Metabolismo microbiano 1.2 Regulación metabólica 1.3 Sustratos de fermentación industrial 1.3.1 Sistemas de fermentación 1.3.2 Selección primaria y secundaria 1.3.3 Preparación del inóculo



		1.3.4 Conservación y mantenimiento de cepas
2	Procesos Biotecnológicos	<p>2.1 Principios de procesos microbianos</p> <p>2.2 Producción de metabolitos de origen microbiano</p> <p>2.2.1 Producción de células</p> <p>2.2.2 Producción de alcohol</p> <p>2.2.3 Producción de ácidos Orgánicos</p> <p>2.2.4 Producción de enzimas</p> <p>2.2.5 Producción de vitaminas</p> <p>2.2.6 Producción de antibióticos</p>
3	Fermentaciones en Estado Sólido	<p>3.1 Introducción</p> <p>3.1.1 Definición</p> <p>3.1.2 Historia</p> <p>3.1.3 Ventajas y Desventajas</p> <p>3.2 Factores que influyen en las FES</p> <p>3.2.1 Biológicos.</p> <p>3.2.2 Fisicoquímicos</p> <p>3.2.3 Mecánicos</p> <p>3.3 Tipos de Fermentadores para FES</p> <p>3.3.1 Estáticos de aireación forzada y no forzada</p> <p>3.3.2 Agitados continua o intermitente de aireación forzada y no forzada</p> <p>3.4 Aplicaciones de la FES</p>



		<p>3.4.1 Producción de metabolitos primarios</p> <p>3.4.2 Producción de metabolitos secundarios</p> <p>3.4.3 Producción de Alimentos</p> <p>3.4.3.1 Vegetales fermentados</p> <p>3.4.3.2 Cárnicos fermentados</p> <p>3.4.3.3 Quesos maduros</p> <p>3.4.3.4 Alimentos ancestrales</p>
4	Fermentadores Neumáticos	<p>4.1 Introducción</p> <p>4.1.1 Funcionamiento y partes que lo componen</p> <p>4.1.2 Aplicaciones</p> <p>4.2 Configuración de reactores</p> <p>4.2.1. Reactores de columna</p> <p>4.2.2. Reactores Loop (airlift)</p> <p>4.2.2.1 Reactores de bucle interno</p> <p>4.2.2.2 Reactores de bucle externo</p> <p>4.3 Hidrodinámica y potencia</p> <p>4.3.1 Potencia requerida</p> <p>4.3.2 Hold-Up</p> <p>4.3.3 Velocidad de circulación del líquido</p> <p>4.3.4 Estrés hidrodinámico</p> <p>4.4 Transferencia de masa y calor</p> <p>4.5 Mezclado</p>



7. Actividades de aprendizaje de los temas

Nombre de tema	
Metabolismo y Sistemas Microbianos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Discute las rutas metabólicas para la obtención de metabolitos de interés y sus mecanismos de regulación celular para la producción comercial, así como las etapas de los sistemas de fermentación y sus componentes.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de organizar y planificar • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Solución de problemas <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo • Habilidad para el trabajo en laboratorio • Compromiso ético <p>Competencias sistémicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación • Capacidad para aprender • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones • Preocupación por el medio ambiente • Preocupación por la calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar e identificar las principales rutas metabólicas de obtención de metabolitos de interés comercial. • Analizar e identificar los mecanismos que regulan las funciones metabólicas de los microorganismos. • Analizar y discutir sobre la alteración de las rutas metabólicas y su control de la expresión. • Revisar y discutir artículos científicos en inglés sobre las rutas metabólicas y sus mecanismos de regulación en los microorganismos. • Investigar y relacionar los principales sustratos utilizados en la industria de fermentación industrial, y sobre los avances sobre la obtención de microorganismos de interés industrial. • Discutir en un foro las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de fermentación.
Nombre de tema	
Procesos Biotecnológicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Diseña procesos de fermentación microbiana para la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar y exponer en grupo los diferentes procesos de producción de productos de



<p>producción de metabolitos de interés comercial.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de organizar y planificar • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Solución de problemas <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo • Habilidad para el trabajo en laboratorio • Compromiso ético <p>Competencias sistémicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación • Capacidad para aprender • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones • Preocupación por el medio ambiente <p>Preocupación por la calidad</p>	<p>interés comercial de origen microbiano.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar y realizar prácticas de laboratorio para la obtención de productos microbianos de interés comercial. • Revisar y discutir artículos científicos en inglés sobre los avances en los procesos de producción de metabolitos de origen microbiano.
<p>Nombre de tema</p> <p>Fermentaciones en Estado Sólido</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Comprende el efecto que tienen las diferentes variables de proceso en la eficiencia de una FES y con base en esto y al tipo de producto, seleccionar la mejor opción de fermentador.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de organizar y planificar • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Solución de problemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre los orígenes de la fermentación en estado sólido • Realizar una tabla con las ventajas y desventajas de la fermentación en estado sólido • Realizar una investigación de metabolitos obtenidos por fermentación adicionales a los vistos en clase. • Realizar una investigación de los metabolitos que puede producir por fermentación con los recursos materiales con los que cuenta y los recursos naturales de su comunidad.



<p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo • Habilidad para el trabajo en laboratorio • Compromiso ético <p>Competencias sistémicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación • Capacidad para aprender • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones • Preocupación por el medio ambiente • Preocupación por la calidad y eficiencia del proceso 	
<p>Nombre de tema</p> <p>Fermentadores Neumáticos</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza y compara los principios básicos de los fermentadores neumáticos así como su funcionamiento y aplicación más adecuada de acuerdo al sistema biológico que se desea cultivar.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de organizar y planificar • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Solución de problemas <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo • Habilidad para el trabajo en laboratorio • Compromiso ético <p>Competencias sistémicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación • Capacidad para aprender • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones 	<p>Desarrollar y exponer en equipo las partes que componen los reactores neumáticos y su funcionamiento.</p> <p>Analizar y discutir principales aspectos de transferencia de masa y calor.</p> <p>Investigar y analizar las distintas configuraciones de los reactores aireados para comprender su funcionamiento.</p> <p>Discutir y analizar en un foro ventajas y desventajas de cada una de las distintas configuraciones comparándolas entre ellas.</p> <p>Analizar y comprender como se aplican las diferentes correlaciones para el cálculo de la potencia y las variables hidrodinámicas, a partir de una investigación bibliográfica.</p>



- Preocupación por el medio ambiente
- Preocupación por la calidad

8. Práctica(s)

1. Aislamiento y selección primaria y secundaria de cepas microbianas.
2. Producción de biomasa con diferentes fuentes de carbono y nitrógeno.
3. Producción de *Saccharomyces cerevisiae*
4. Producción de etanol.
5. Producción de ácidos orgánicos.
6. Producción de enzimas.
7. Producción de microalgas.
8. Producción de antibióticos.
9. Fermentación en estado sólido con *Rhizopus oligosporus*: Elaboración de tempeh.
10. Determinación del efecto de la concentración de sal en la fermentación láctica de hortalizas encurtidas.
11. Determinación del efecto de la concentración de sal en la fermentación láctica de hortalizas encurtidas.

9. Proyecto de asignatura

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

Evaluación escrita por tema.

Reporte de prácticas realizadas y cuestionario previo antes de cada práctica.

Exposición del estudiante frente a grupo.

Participación en clase.

Proyecto (Diseñar un prototipo de fermentador neumático)

11. Fuentes de información

1. Departamento de agricultura de USA. www.usda.gov
2. Ciencias de la vida y biotecnología en Europa.
www.ec.europa.eu/biotechnology/pdf/policypaper_es.pdf
3. La industria biotecnológica en México.
www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/bioseguridad/aspectos_soc io-economicos_rosaluzgonzalez.ppt
4. Dawes, I. W. y Sutherland, I. W. Microbial physiology, In basic microbiology. Wilkinson Vol.4.Blackwell Scientific P.London.1976
5. Karp, G.Biología celular.2a. Ed.McGraw Hill.México.1987
6. Lehninger, A. L.Principles of biochemistry.Worth Pub. IncNew York.1995
7. Dixon, R.O.D y Wheeler, C.T. Nitrogen fixation in plants.Blackie Glasgow and London.Chapman and Hill.N.Y. -1986.
8. Chisti M.Y. (1989). Airlift bioreactors. Elsevier Science Publishers LTD.
9. CHISTI, M.Y. & MOO-YOUNG, M. (1987). AIRLIFT REACTORS: CHARACTERISTICS, APPLICATIONS AND DESIGN CONSIDERATIONS, Chemical Engineering Communications, 60:1-6, 195-242, DOI: [10.1080/00986448708912017](https://doi.org/10.1080/00986448708912017)



10. Mathews, K.C., Van Holde., K.E. -Bioquímica. – 2a. ed. McGraw-Hill Interamericana, España, S.A. 1999.
11. Doelle, H. W. Bacterial metabolism. 2nd ed. Academic Press, N.Y. 1975.
12. Gottschalk, G. Bacterial metabolism. Springer-Verlag. N.Y. 1985.
13. Metzler, D.E. -Biochemistry. The chemical reactions of living cells. Academic Press. New York. 2000
14. Sokatch, J. R. Bacterial physiology and metabolism. Academic Press. New York. 1969.
15. Brook, T. D. Biology of microorganisms. 3rd. ed. Prentice Hall Inc. New Jersey. 1998.
16. Tamarin, R.H. Principios de genética. Editorial Reverté, S.A. Barcelona. - 1996.
17. The microbiol World. Stanier, Michael Doudoroffy Edward A. Adelberg. 1996.
18. Biotecnología manual de microbiología industrial. Crueger & Crueger. 1986.
19. Microbial Biotechnology: Fundamentals of Applied Microbiology (2007) Alexander N. Glazer and Hiroshi Nikaido. Cambridge University Press.
20. Environmental Biotechnology - Theory and Application (2002) (Wiley). Edited by Evans, Gareth M.; Furlong, Judith C. John Wiley & Sons November.
21. Methods in Yeast Genetics (2005) David C. Amberg and Daniel J. Burke. CSHL 2005.
22. Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology. DEMAIN, A.L. y J.E. Davies. (eds.). ASM. Washington D.C. Segunda edición. 1999.
23. Biotecnología: Manual de Microbiología Industrial. CRUEGER, W. y A. Crueger. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. 1993.
24. Biotecnología de la Fermentación. O.P. WARD. Ed. ACRIBIA. SA. Zaragoza. 1991.
25. Biología Molecular y Biotecnología. WALKER, J.M. y E.B. Gingold.: 2ª ed. Ed. Acribia, S.A. 1997.
26. Arindam K. and Vinay S., Principles and Applications of Fermentation Technology (2018), John Wiley & Sons-Scrivener Publishing, Inc. And Scrivener Publishing LLC, Beverly, Massachusetts, USA.
27. Thatoi H., Mohapatra P. K.D., Mohapatra S. and Mondal K. C. (2020), Microbial Fermentation and Enzyme Technology, CRC Press-Taylor & Francis Group, Boca Ratón, Florida, USA. Soccol C. R., Pandey A., and Larroche C. (2013), Fermentation Processes Engineering in the Food Industry, CRC Press-Taylor & Francis Group, Boca Ratón, Florida, USA.
28. Stanbury P. F., Whitaker A., Hall S. J. (2017), Principles of Fermentation Technology, 3ª Edición, Butterworth-Heinemann-Elsevier, Massachusetts, USA.
29. Hongzhang C. (2013), Modern Solid State Fermentation, Springer, Beijing, P.R. China.
30. Madigan M. T., Martinko J. M., Bender K. S., Buckley D. H., Stahl D. A. (2015), Brock. Biología de los microorganismos,



14ª Edición, Pearson Educación, Madrid España.

31. Baltz R. H., Davies J. E., Demain Arnold. (2010), Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology, 3ª Edición, ASM Press, Washington, DC, USA
32. Murray R. K., Bender D. A., Botham K. M., Kennelly P. J., Rodwell V. W., Weil P. A. (2013), Harper-Bioquímica ilustrada, 29ª Edición, McGraw-Hill, México, D.F.
33. Berg J. M., Tymoczko J. L., Gatto G. J., Stryer L. (2015), Biochemistry, 9ª Edición, W. H. Freeman and Company, USA.

