



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Biorremediación
<b>Clave de la asignatura:</b>	ACF-2101
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Química

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

La biorremediación es la aplicación de organismos vivos (por ejemplo, plantas y microorganismos) para remediar suelos y aguas contaminados. En la naturaleza existen muchos microorganismos que poseen la capacidad metabólica para degradar los compuestos tóxicos a compuestos menos tóxicos o no tóxicos o inclusive mineralizarlos; las plantas pueden captar o inmovilizar contaminantes tóxicos para evitar que éstos entren en áreas no contaminadas. Además, el microorganismo y las plantas pueden interactuar entre sí para mejorar la eficiencia de la biorremediación.

El curso de Biorremediación incluye una visión general del proceso de biorremediación, presentando una descripción de las estrategias típicas de biorremediación para el medio ambiente contaminado, explorar las aplicaciones de las tecnologías de biorremediación, discutir los factores que influyen en las tasas de biorremediación, e introducir casos de estudio en la aplicación de la tecnología de biorremediación a sitios contaminados

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Químico los elementos y competencias necesarios para la identificación de las diferentes estrategias de biorremediación; incluye una visión general del proceso de biorremediación, presentando una descripción de las estrategias típicas de biorremediación para el medio ambiente contaminado, explorar las aplicaciones de las tecnologías de biorremediación, discutir

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



los factores que influyen en las tasas de biorremediación, introducir casos de estudio en la aplicación de la tecnología de biorremediación a sitios contaminados, las competencias para explicar fenómenos involucrados en la remediación de suelos y aguas contaminados, así como conocer los principios básicos de remediación de suelos, las diferentes metodologías, y tecnologías utilizadas.

La integración de esta asignatura al plan de la carrera de ingeniería Química, responde a los resultados del diagnóstico e investigación a nivel nacional e internacional que ha dado como resultado la propuesta de atender el problema creciente de daños ambientales generados por la contaminación de aguas y suelos causada por las actividades industriales, derrames de diversos productos químicos, muchos de ellos recalcitrantes, e inadecuada disposición de residuos. En particular, en algunas localidades del estado de Morelos se presentan diferentes daños ambientales que constituyen focos de contaminación y riesgo ambiental, con el consiguiente daño al ecosistema y a la salud humana.

#### **Intención didáctica**

La estructura de los temas de la asignatura está diseñada en cuatro temas de tal forma que el estudiante pueda abordar los contenidos desde un punto de vista integral teniendo un panorama completo de cómo aplicar diferentes estrategias de biorremediación para suelos y aguas. Es necesario que la o el docente promueva la participación, liderazgo y fomento de competencias genéricas en base al análisis de la información más reciente reportada en artículos técnico científicos de revistas especializadas, manejo de un segundo idioma (inglés), exposiciones, investigación y visitas.

Las competencias genéricas que deberán desarrollarse en este curso por las y los estudiantes, incluyen el poder enfrenta las dificultades que se le presentan siendo consciente de sus valores, fortalezas y debilidades, analizar críticamente los factores que influyen en su toma de decisiones, expresar ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, matemáticas o gráficas, identificar las ideas clave en un texto o discurso oral e infiere conclusiones a partir de ellas, manejar las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas, identificar los sistemas y reglas o principios medulares que subyacen a una serie de fenómenos, construir hipótesis y diseñar y aplicar modelos para probar su validez, sintetizar evidencias obtenidas mediante la experimentación para producir conclusiones y formular



nuevas preguntas, utilizar las tecnologías de la información y comunicación para procesar e interpretar información, elegir las fuentes de información más relevantes para un propósito específico y discriminar entre ellas de acuerdo a su relevancia y confiabilidad, asumir una actitud que favorece la solución de problemas ambientales en los ámbitos local, nacional e internacional, reconocer y comprender las implicaciones biológicas, económicas, políticas y sociales del daño ambiental en un contexto global interdependiente.

La o el docente deberá ser conocedor de actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación, gestión, y vinculación de la institución y de otros actores con los sectores industriales, académicos y sociales del entorno para promover la adquisición y refuerzo de las competencias.



### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec.  25 al 29 de enero de 2021.	Manuel Jesús Granados Baeza, Abel Flores Moreno, Elizabeth Salgado Ramírez, Jesús Salvador Torres Peralta, Mateo Sixto Cortéz Rodríguez.	Desarrollo de planes y programas de nuevas especialidades.

### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Que la o el estudiante comprenda la naturaleza y la importancia de la biorremediación; posea conocimiento de los impactos de las características contaminantes en el proceso de biorremediación; comprenda el uso de la biorremediación en aplicaciones del mundo real, aplique los conocimientos que permitan eliminar agentes contaminantes presentes en los diversos sistemas acuáticos o terrestres.

### 5. Competencias previas

Que la o él estudiante posea conocimientos de química inorgánica, química orgánica, análisis instrumental, química analítica, análisis de datos experimentales, así como maneje herramientas y técnicas de expresión escrita para que escriban y reporten resultados y comprenda textos científicos en inglés.
--

### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la Biorremediación	1.1 Concepto e importancia de la biorremediación. 1.1.1. Papel de los microorganismos en la biorremediación. 1.1.2. Estrategias microbianas para eliminar contaminantes 1.1.3. Indicadores de la actividad microbiana



		<p>1.2. Contaminantes susceptibles a la biorremediación</p> <p>1.2.1. Hidrocarburos y derivados del petróleo</p> <p>1.2.2. Compuestos halogenados</p> <p>1.2.3. Compuestos nitroaromáticos</p> <p>1.2.4 Metales</p> <p>1.3 Tipos de Biorremediación</p> <p>1.3.1. Entornos susceptibles a la biorremediación</p> <p>1.3.2. Biorremediación in situ</p> <p>1.3.3. Biorremediación ex situ</p> <p>1.3.4. Bioaugmentación</p> <p>1.3.5. Biofiltros</p> <p>1.3.6. Biorreactores</p> <p>1.3.7. Bioestimulación</p> <p>1.3.8. Landfarming</p> <p>1.3.9. Compostaje y biopilas</p> <p>1.3.10 Fitorremediación.</p>
2	Microorganismos en biorremediación	<p>2. 1. Estructura de las células microbianas.</p> <p>3.1.4. Clasificación de los microorganismos según su fuente de energía</p> <p>3.2. Principales rutas catabólicas microbianas</p> <p>3.3. Principales rutas anabólicas microbianas.</p> <p>2.1.1. Morfología de los dominios Bacteria y Archaea</p> <p>2.1.2 Estructura, función y transporte de nutrientes de la membrana</p> <p>2.1.3 Estructura de la pared celular en los dominios Bacteria y Archaea.</p> <p>2.1.4 Otras estructuras superficiales e inclusiones celulares</p> <p>2.1.5 Clasificación de bacterias y Archea</p> <p>2.4.2 Morfología.</p> <p>2.4.3 Manejo de bacterias, medidas de bioseguridad</p> <p>2.2 Células microbianas eucariotas</p> <p>2.3 Hongos y levaduras.</p> <p>2.3.1 Clasificación</p> <p>2.3.2 Morfología.</p> <p>2.3.3 Manejo de los hongos y levaduras, medidas de bioseguridad.</p>
3	Métodos y técnicas para el cultivo	3.1. Cultivo de microorganismos



	<p>de microorganismos</p>	<p>3.1.1 Definición y tipos de medios de cultivo 3.1.2 Preparación de medios de cultivo 3.2. Morfología microscópica 3.2.1 Preparaciones en fresco 3.2.2 Tinciones 3.3 Aislamiento e identificación microbiana 3.3.1 Aislamiento por la técnica de diluciones y estría cruzada. 3.3.2 Morfología colonial 3.3.3 Pruebas bioquímicas, moleculares y serológicas 3.4 Conservación de cepas 3.5. Crecimiento y control microbiano 3.5.1. La división celular bacteriana: fisión binaria. 3.5.3. Curva de crecimiento 3.5.4. Recuento por microscopía. 3.5.5. Recuento de células viables 3.5.6. Medición de crecimiento por espectrofotometría. 3.5.7. Efecto de la temperatura, solutos, pH y concentración de oxígeno en el crecimiento microbiano. 3.6. Control del crecimiento microbiano 3.6.1. Control del crecimiento microbiano por calor 3.6.2. Otros métodos físicos de control: radiación y filtración. 3.6.3. Control químico del crecimiento microbiano.</p>
<p>4</p>	<p>Biorremediación de suelos y aguas</p>	<p>4.1. Suelos 4.1.1. Características de la materia orgánica del suelo 4.1.2. Microorganismos asociados con plantas 4.1.3. Pesticidas y microorganismos 4.1.4. Hidrocarburos contaminantes de suelos y microorganismos 4.1.5. Residuos industriales en suelos 4.1.6. Biotecnología para la remediación ex situ de suelos 4.1.7. Tecnologías para la remediación in situ de suelos 4.1.8. Fitorremediación para la descontaminación de suelos</p>



		<p>4.2. Aguas</p> <p>4.2.1. Contaminantes en Agua subterránea</p> <p>4.2.2. Descontaminación de las aguas subterráneas</p> <p>4.2.3. Biorremediación in situ de Aguas Subterráneas</p> <p>4.2.4. Tecnologías de Biotratamiento de Aguas Residuales Industriales</p> <p>4.2.5. Biotratamiento de aguas superficiales</p> <p>4.2.6. Biorremediación de Metales en aguas.</p>
--	--	--



**7. Actividades de aprendizaje de los temas**

Tema 1. Introducción a la biorremediación	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende la problemática de forma amplia e integral de la contaminación ambiental y la importancia del uso de sistemas biológicos para la biorremediación.</li> <li>• Adquiere Compromiso ético y responsabilidad ambiental.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <p><b>Competencias instrumentales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Comunicación oral y escrita</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>• Solución de problemas</li> <li>• Toma de decisiones.</li> </ul> <p><b>Competencias interpersonales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> </ul> <p><b>Competencias sistémicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construye una línea del tiempo con los principales aportes desde los orígenes de la biorremediación, hasta los avances actuales enfatizando los modelos biológicos utilizados.</li> <li>• Realiza en equipos una investigación bibliográfica en libros y revistas científicas el concepto y los diferentes tipos de biorremediación.</li> <li>• Elabora un ensayo de forma individual abordando la problemática de la contaminación ambiental y los microorganismos usados para recuperar el medio ambiente alterado.</li> <li>• Por equipo: Detecta en la comunidad donde vive uno o todos los tipos de contaminación susceptibles de aplicar alguna de las técnicas de biorremediación.</li> </ul>
Tema 2. Microorganismos en biorremediación	



Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende las principales características, tipos de metabolismo y potencial de aplicación de los diferentes microorganismos aplicados en procesos de biorremediación.</li> <li>• Adquiere Compromiso ético y responsabilidad ambiental.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <p><b>Competencias instrumentales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Comunicación oral y escrita</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>• Solución de problemas</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Manejo de un segundo idioma.</li> </ul> <p><b>Competencias interpersonales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> </ul> <p><b>Competencias sistémicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elabora tabla que incluya las características generales de bacterias y hongos.</li> <li>• Investiga rutas metabólicas de microorganismos e integrarlas mediante diagramas.</li> <li>• Colecta muestras para su posterior identificación en laboratorio.</li> <li>• Diseña las prácticas que se realizarán de acuerdo al material colectado.</li> <li>• Compara mediante una tabla los diferentes metabolismos microbianos.</li> </ul>



<p>ideas (creatividad)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	
<p>Tema 3. Métodos y técnicas para el cultivo de microorganismos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p><b>Específica(s):</b> Conoce, comprende y aplica los métodos de aislamiento y cultivo de los microorganismos. Maneja y aplica las técnicas de microscopía, tinción, coloración, así como la morfología colonial y celular de los microorganismos.</p> <p><b>Genéricas:</b> Capacidad de organización y planificación. Comunicación oral y escrita. Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica</p>	<p>Investiga y clasifica los diferentes tipos de medios de cultivo.</p> <p>Realiza una investigación sobre las técnicas de cultivo en medio sólido.</p> <p>Realiza prácticas de laboratorio para preparación de medios de cultivo.</p> <p>Investiga las técnicas de tinción microbiana y clasifica a los microorganismos con base en las tinciones.</p>
<p>Tema 4. Biorremediación de aguas y suelos.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): profundizar en los conocimientos de las técnicas naturales y de ingeniería útiles en los tratamientos de descontaminación ambiental de suelos y aguas, con una parte importante de descripción de la degradación microbiana de contaminantes</p> <p>Genéricas:</p> <p><b>Competencias instrumentales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad de organizar y planificar.</li> </ul>	<p>Realiza un cuadro en el que se ubiquen los hongos y bacterias de acuerdo a sus características biológicas y bioquímicas con las que estos microorganismos son aptos para un proceso de biorremediación en aguas y suelos.</p> <p>Realiza una investigación sobre la importancia del uso de plantas para la biorremediación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elabora un resumen sobre técnicas de muestreo en la biorremediación para aguas y suelos a partir de artículos y revistas científicas.</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"><li>• Comunicación oral y escrita</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li><li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones.</li></ul> <p><b>Competencias interpersonales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li><li>• Trabajo en equipo.</li><li>• Habilidades interpersonales.</li></ul> <p><b>Competencias sistémicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li><li>• Habilidades de investigación.</li><li>• Capacidad de aprender.</li><li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li><li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Por equipo detectar en la comunidad donde vive los tipos de contaminación susceptibles de aplicar alguna de las técnicas de biorremediación.</li></ul>
---	--

## 8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar una práctica de laboratorio para preparar medios de cultivo.</li><li>• Realizar una práctica de campo para observar y diferenciar los organismos presentes en cada muestra.</li><li>• Realizar una práctica de campo en distintos tipos de suelos y realizar un muestreo en cada uno de ellos.</li></ul>
---



## 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

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerarse el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, en especial en:

- Evaluar la ejecución de actividades asignadas (mapas, listas de cotejo, etc.).
- Evaluación de habilidades y técnicas de procesos de degradación de residuos.
- Evaluar la observación y análisis de fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Exámenes escritos.
- Exposición de resultados de artículos técnico científicos relacionados a la biorremediación.

## 11. Fuentes de información

Arboleda, V. (2008). *Biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos de la central hidroeléctrica del campamento de secolya mediante el Landfarmig- Chimborazo*: EditorialB-Escuela Superior de Chimborazo.

Committee on In Situ Bioremediation, Water Science and Technology Board, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council. (1993). *In Situ Bioremediation. When does it work? United States of America: National Academy of Sciences*.

Crawford, R. L. (2005). *Bioremediation: Principles and Applications*. (J. Lynch, Ed.) Moscow, Idaho, United States of America: Cambridge University Press.

Gadd, G. M. (Ed.). (2001). *Fungi in bioremediation*. Cambridge, U. K.: Cambridge University Press.

Gadd, G. M. (Ed.). (2001). *Fungi in bioremediation*. Cambridge, U. K.: Cambridge University Press.

Gonzalez, M. (2009). *Biorremediación y tratamiento de efluentes*. Editorial El Cid editor.

Madueño, L. (2015). *La biorremediación en la era post-genómica*. Editorial Revista Química viva- Universidad de Buenos Aires Argentina.

Mardigan, M. (2015). *Biología de los microorganismos* (10ª ed.). Madrid: Editorial Pearson.

Prasat, R., & Aranda, E. (Edits.). (2018). *Approaches in Bioremediation. The New Era of Environmental Microbiology and Nanobiotechnology*. Springer.



Roca, P. (2004) *Bioquímica: Técnicas y métodos*. Editorial Hélice.

Rodríguez, J. (2009) *Tratamiento de residuos de refinería mediante técnicas de biorremediación*. Oviedo: Editorial Ediuno-Universidad de Oviedo.

Sanjeetha, J., Thangadurai, D., David, M., & Abdullah, M. A. (Edits.). (2017). *Environmental Biotechnology*. Waretown, N. J., United States of America: Apple Academic Press.

Thieman, W. (2010). *Introducción a la biotecnología* (2ª ed.). Madrid: Editorial Pearson.

Velazco, J. (2009). *El composteo una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelo en México*. Editorial D-Instituto Nacional de Ecología.