1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Biorremediación
Clave de la asignatura:	BTG-2303
SATCA[1]:	3-3-6
Carrera:	Ingeniería Bioquímica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La descontaminación de suelos y cuerpos de agua por métodos no biológicos implica por lo general procesos costosos, que consumen mucha energía y en ocasiones resultan poco sustentables. El desarrollo de metodologías alternativas basadas en el empleo de seres vivos o de alguno de sus constituyentes puede solventar algunos de estos problemas.

Desde esta perspectiva, en esta asignatura se estudian los procesos relacionados con la biorremediación en ambientes naturales mediante la implementación de distintas estrategias, que emplean tanto microorganismos como diferentes especies vegetales. Se revisarán los principales grupos de contaminantes que afectan al medio ambiente y el surgimiento histórico del uso de las técnicas de descontaminación desde la perspectiva biológica.

También se estudian los procesos de Biorremediación *ex situ* e *in situ* que existen, así como los agentes susceptibles de ser tratados. Adicionalmente se analizarán los mecanismos que poseen las plantas y microorganismos para realizar dichos procesos.

Dentro del marco de aplicación de la Biorremediación se revisarán los principales grupos contaminantes englobados en: hidrocarburos, metales pesados, pesticidas, plaguicidas, herbicidas, etc., y se analizarán casos particulares donde se apliquen estrategias biológicas para solucionar diferentes problemas de contaminación.

A través del desarrollo de los temas listados el estudiante adquirirá las habilidades para la identificación y la solución de problemas ambientales mediante el análisis de documentos científicos así como el desarrollo de un proyecto de investigación.

Intención didáctica

En el tema uno se revisarán los conceptos básicos de la contaminación, resaltando lo que es un contaminante, sus características y los principales grupos de contaminantes

[1] Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

©TecNM octubre 2019

que afectan al aire, agua y suelo. Se analizará lo que es el deterioro y el impacto ambiental. Se conocerá como surge la necesidad de remediar y recuperar sistemas deteriorados, así como las ventajas que presentan los sistemas biológicos sobre los tradicionales.

El tema dos se enfoca en el estudio de las técnicas de Biorremediación *in situ* y *ex situ*, que permitirá al estudiante conocer los mecanismos y sistemas microbianos que se involucran en cada una de ellas, así como las ventajas y desventajas de cada enfoque para que, en función de ello, puedan establecer la diferencia entre la verdadera y la falsa Biorremediación, considerando los procesos involucrados en esta última.

El tema tres está basado en el estudio de los diferentes mecanismos de fitorremediación para destoxificar ambientes contaminados empleando sistemas vegetales.

El tema cuatro se orienta hacia las aplicaciones de la Biorremediación en los problemas ambientales generados por los hidrocarburos, metales pesados, plaguicidas, herbicidas, pesticidas, etc.; en cada subtema se analizarán casos prácticos de las diferentes estrategias que se han utilizado a nivel local, nacional o internacional para la solución de situaciones particulares.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instalaciones de la Dirección General de Institutos Tecnológicos Descentralizados en la Ciudad de México, D.F. 16 y 17 de mayo de 2013.	Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Instituto Tecnológico Superior de los Ríos, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo, Instituto Tecnológico Superior de Ecatepec, Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Instituto Tecnológico Superior de del Sur de Yucatán.	Reunión de trabajo realizada por pares de los Institutos Tecnológicos Descentralizados para analizar las materias de la especialidad de la carrera de Ingeniería Bioquímica “Biotecnología” que oferta el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica, con el fin de adaptar los contenidos al sistema de competencias.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura

©TecNM octubre 2019

- Desarrolla una visión crítica e innovadora de la tecnología actual para la selección de un proceso de biorremediación de sitios contaminados de manera eficiente.
- Comprende los principios básicos de los métodos biológicos de recuperación de los sistemas deteriorados para lograr la apropiación del conocimiento de forma eficiente.

5. Competencias previas

- Dominio de aspectos fundamentales de la Biología, Bioquímica, Estadística, Química Orgánica, Química inorgánica, Química Analítica y Microbiología.
- Comunicación oral y escrita en la lengua propia.
- Dominio de la lengua inglesa a nivel de comprensión lectora.
- Manejo de la bibliografía científica como método de documentación.
- Capacidad de analizar, sintetizar y resumir diferentes fuentes de información de forma crítica.
- Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica.
- Realizar análisis estadísticos para datos biológicos de diversa índole: procedentes de un experimento, datos espacialmente explícitos, inventarios bióticos de comunidades.
- Preparar, procesar, interpretar y presentar datos utilizando técnicas de análisis cualitativas y cuantitativas.
- Capacidad de organizar y planificar proyectos.
- Uso de computadora, Windows, Internet.
- Trabajo en equipo.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Aspectos generales.	1.1 Contaminación ambiental. 1.2 Principales grupos contaminantes. 1.3 Comienzos históricos. 1.4 Ventajas de los métodos biológicos sobre los tradicionales (físicos y químicos).
2	Técnicas de Biorremediación.	2.1 Biorremediación ex situ, in situ e intrínsecas. 2.2 Definiciones de lixiviación, degradación, destoxificación, mineralización, biofertilización, etc. 2.3 Técnicas de Biorremediación in situ: 2.3.1 Bioestimulación. 2.3.2 Bioaumentación. 2.3.3 Bioventilación. 2.4 Técnicas de Biorremediación ex situ: 2.4.1 Biorreactores. 2.4.2 Composteo. 2.4.3 Labranza.

©TecNM octubre 2019

		2.4.4 Biopilas. 2.5 La falsa Biorremediación: pérdida abiótica de contaminantes.
3	Fitorremediación.	3.1 Introducción. 3.2 Mecanismos utilizados por las plantas en la degradación y acumulación de contaminantes en las partes aéreas y la rizósfera. 3.3 Ejemplos y análisis de casos prácticos.
4	Aplicaciones de Biorremediación.	4.1 Hidrocarburos. 4.1.1 Parámetros críticos en la biodegradación de hidrocarburos: fisicoquímicos, biológicos y ambientales. 4.1.2 Degradación de hidrocarburos aromáticos y halogenados. 4.1.3 Análisis de casos prácticos. 4.2 Metales pesados. 4.2.1 Bioacumulación de metales pesados. 4.2.2 Bioadsorción. 4.2.3 Biotransformación. 4.2.4 Ejemplos y análisis de casos prácticos. 4.3 Monitoreo del proceso de biorremediación mediante el uso de biorreporteros y biosensores. 4.3.1 Conceptos generales. 4.3.2 Genes reporteros. 4.3.3 Electrodos biológicos. 4.3.4 Análisis de casos.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Aspectos generales	
Competencias	**Actividades de aprendizaje**
Especifica(s):	• Investigar, conocer, comprender y elaborar un glosario con los

©TecNM octubre 2019

Comprende los principios básicos del empleo de los métodos biológicos en la recuperación de los sistemas deteriorados por diversos contaminantes. **Genérica(s):** • Capacidad de análisis y síntesis. • Resolución de problemas ambientales. • Toma de decisión aplicando valores éticos profesionales. • Trabajo en equipo en la propuesta y la ejecución de proyectos. • Visión crítica e innovadora de la tecnología actual. • Capacidad de Aprendizaje individual. • Habilidades de investigación.	diferentes términos implicados en el tema de contaminación, deterioro e impacto ambiental. • Investigar e identificar los diferentes tipos de contaminantes que afectan al suelo, agua y aire, así como las principales características de dichos grupos. • Investigar y explicar en plenaria las diferencias entre el impacto y el deterioro ambiental. • Analizar como surgen las primeras propuestas de recuperación de sitios deteriorados y realizar una discusión a nivel grupal.
2. Técnicas de biorremediación	
Competencias	**Actividades de aprendizaje**
Especifica(s): Conoce y comprende cuales son las diferentes técnicas utilizadas en Biorremediación y los principios que rigen cada una de ellas. **Genérica(s):** • Capacidad de análisis y síntesis. • Resolución de problemas. • Trabajo en equipo en la ejecución de proyectos. • Visión crítica e innovadora de la tecnología actual. • Tendencia hacia el autoaprendizaje y a la autoformación en su área, para lograr solucionar de manera eficiente y actuar ante los problemas en su campo de acción. • Capacidad para experimentar de una manera sistemática la búsqueda de soluciones adecuadas a la problemática que se le presente. • Capacidad de Aprendizaje individual. • Ser creativo. • Habilidades de investigación.	• Resumir los fundamentos de cada una de las técnicas comprendidas en Biorremediación. • Conocer e identificar las ventajas, desventajas y costos de cada una de las técnicas comprendidas en Biorremediación. • Analizar las características que definen a la falsa Biorremediación. • Investigar ejemplos de la falsa Biorremediación. • Realizar un cuadro comparativo de la falsa y verdadera Biorremediación.

©TecNM octubre 2019

3. Fitorremediación	
Competencias	**Actividades de aprendizaje**
Especifica(s): Comprende los principales mecanismos que utilizan las plantas para la remediación de contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos. **Genérica(s):** • Capacidad de análisis y síntesis. • Resolución de problemas. • Trabajo en equipo en la ejecución de proyectos. • Visión crítica e innovadora de la tecnología actual. • Tendencia hacia el autoaprendizaje y a la autoformación en su área, para lograr solucionar de manera eficiente y actuar ante los problemas en su campo de acción. • Capacidad para experimentar de una manera sistemática la búsqueda de soluciones adecuadas a la problemática que se le presente. • Capacidad de Aprendizaje individual. • Habilidades de investigación.	• Investigar, conocer, comprender y elaborar un glosario con los diferentes términos implicados en la Fitorremediación. • Investigar los diferentes mecanismos utilizados por las plantas en la degradación y acumulación de contaminantes en la parte aérea y en la rizósfera. • Identificar y analizar los parámetros y las variables que afectan los procesos de Fitorremediación.
4. Aplicaciones de la biorremediación	
Competencias	**Actividades de aprendizaje**
Especifica(s): Analiza, comprende y evalúa la eficiencia a través del monitoreo del proceso de biorremediación de hidrocarburos y metales pesados mediante el estudio de casos reales. **Genérica(s):** • Capacidad de análisis y síntesis. • Resolución de problemas. • Trabajo en equipo en la ejecución de proyectos. • Visión crítica e innovadora de la tecnología actual.	• Investigar, conocer y presentar en sesión plenaria las características de cada uno de los grupos contaminantes que se consideran en la unidad. • Identificar y analizar los parámetros y las variables que afectan los procesos de Biorremediación enfocados a cada uno de los contaminantes que se revisan en la unidad. • Lectura y discusión grupal de artículos relacionados con la biorremediación de hidrocarburos y metales pesados. Los artículos podrán relacionarse con casos reales como los derrames de

©TecNM octubre 2019

• Tendencia hacia el autoaprendizaje y a la autoformación en su área, para lograr solucionar de manera eficiente y actuar ante los problemas en su campo de acción. • Capacidad para experimentar de una manera sistemática la búsqueda de soluciones adecuadas a la problemática que se le presente. • Capacidad de Aprendizaje individual. • Habilidades de investigación.	petróleo del Exxon Valdez, Prestige o Deepwater Horizon.

8. Práctica(s)

No se desarrollarán prácticas.

9. Proyecto de asignatura

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

- Se realiza una investigación por parte del alumno para resolver un problema de su entorno o comunidad, en donde se tengan que emplear la mayoría de los conceptos y algunas de las técnicas de Biorremediación.
- Fundamentación: Define los antecedentes y la justificación del proyecto seleccionado o asignado, incluyendo el marco teórico.
- Planeación: Es recomendable definir un cronograma de actividades desde el comienzo del curso, para que sean cubiertas al final del ciclo en su totalidad.
- Ejecución: Las actividades se desarrollan en el entorno de los temas revisados durante el curso, trabajando de manera gradual conforme se vaya avanzando y de acuerdo al cronograma de actividades ejecutado durante la planeación.
- Evaluación. Se realizará mediante un reporte de proyecto y revisión de las evidencias de su investigación, se deja a consideración del profesor titular de la materia la presentación del proyecto para su defensa.

10. Evaluación por competencias

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

1. Lista de cotejo para tareas.
2. Control de asistencia.
3. Reporte de avance de proyecto (sólo si se desarrolla).

©TecNM octubre 2019

4. Examen.
5. Portafolio de evidencias.

11. Fuentes de información

1. A. Singh and O.P.Ward. 2004. Biodegradation and Bioremediation. Springer-Verlag Berlin Heidelberg ISBN: 978-3-540-21101-3
2. M. Alexander. 1999. Biodegradation and Biorremediation, Second edition, AcademicPress ISBN: 0-12-049861-8
3. I. MariÃÅn, J.L. Sanz y R. Amils. 2005. Biotecnología y Medio Ambiente, Editorial Ephemera ISBN: 84-609-7344-1
4. A. Singh y O.P.Ward. 2004. Applied Bioremediation and Phytoremediation. Springer- Verlag Berlin Heidelberg ISBN: 3-540-21020
5. R. M. Atlas, R. Bartha.2001. Ecología microbiana y microbiología ambiental ISBN: 8478290397. Madrid, Addison Wesley.

* American Psychological Association (APA)

©TecNM octubre 2019