

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 1 de 9

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Biorremediación de Suelos Agrícolas
Clave de la asignatura:	FID-2307
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería en Agronomía

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
La presente asignatura se ubica en el módulo de especialidad de la carrera de Ingeniería en Agronomía, que puede ser cursada desde el séptimo semestre. Está conformada por 4 temas, que en conjunto pretenden dotar al estudiante de las herramientas necesarias para sugerir alternativas de solución para el mejoramiento de suelos agrícolas perturbados. En el tema 1 se introduce a la terminología técnica y conceptos de la asignatura. En el tema 2 se provee de información para conocer los cambios físicos, químicos y biológicos que se presentan en un suelo degradado o contaminado, se aborda el concepto de contaminación y se conocen los contaminantes de índole física, química y biológica que pueden presentar los suelos y sus causas. El tema 3 tiene como intención dar a conocer cuáles son los microorganismos y plantas, o productos de ambos, que fungen como degradadores de contaminantes de suelos, siendo también un objetivo obtener alguno de ellos para utilizarlo como remediador biológico. En el tema 4 se estudian las técnicas biotecnológicas que existen para remediar suelos agrícolas, con el objetivo de desarrollar, aplicar y evaluar alguna de ellas, siendo una opción la biotecnología desarrollada en el tema anterior.
Intención didáctica
El propósito de esta asignatura es que el estudiante analice los procesos biológicos, físicos y químicos que inciden en la contaminación y remediación de los suelos, que le permitan diseñar y aplicar tecnologías de biorremediación factibles para la recuperación de suelos de uso agrícola. Con las competencias previas de las asignaturas de química analítica, biología, edafología, microbiología, entre otras, el estudiante será capaz de poner en práctica sus conocimientos en el análisis de problemáticas de contaminación de suelos. Deberán abordarse los temas de manera práctica, permitiéndole al estudiante en todo momento desarrollar habilidades técnicas, para que sea capaz de proponer mejoras.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración	Participantes	Observaciones

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 2 de 9

o revisión		
Tecnológico Nacional de México campus Valle del Guadiana. 28 de febrero de 2023	Dra. en Cs. Ixchel Abby Ortiz Sánchez M.C. Sonia Valdez Ortega M.C. Erika Cecilia Gamero Posada Dra. en Cs. Carmen Zulema Quiñones Pérez	Desarrollo de la especialidad en Ingeniería en Agronomía con Especialidad en Agricultura Sustentable 2023

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Analiza los procesos biológicos, físicos y químicos que inciden en la contaminación y descontaminación de los suelos, que permita diseñar y aplicar tecnologías de biorremediación factibles para la recuperación de suelos de uso agrícola.

5. Competencias previas

✓ Obtención de microorganismos <i>in vitro</i> y su caracterización. ✓ Determinación de propiedades físicas: textura, densidad aparente, porosidad, infiltración y compactación. ✓ Determinación de propiedades químicas: pH, conductividad eléctrica, aniones, cationes, metales pesados y materia orgánica.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1.	Introducción.	1.1 Conceptos básicos y colaterales de la Biorremediación. 1.2 Historia de la Biorremediación. 1.3 Casos de estudio.
2.	Contaminantes del suelo.	2.1. Concepto de contaminación. 2.2. Orgánicos: hidrocarburos y agroquímicos. 2.3. Minerales: metales pesados y fertilizantes. 2.4. Biológicos: nematodos, hongos y bacterias.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 3 de 9

		2.5. Cambios físicos, químicos y microbiológicos en el suelo ocasionados por contaminación. 2.6. Identificación de suelos contaminados.
3.	Organismos remediadores del suelo.	3.1. Microorganismos del suelo degradadores de contaminantes 3.2. Plantas degradadoras de contaminantes 3.3. Rutas metabólicas en el proceso de biodegradación de contaminantes 3.4. Degradación de contaminantes por microorganismos y plantas
4.	Tecnologías de biorremediación de suelos.	4.1. Factores que afectan la biorremediación: caracterización del contaminante y del suelo. 4.2. Optimización de la biorremediación. 4.3. Ventajas y desventajas de la biorremediación en comparación con otras tecnologías 4.4. Tecnologías in situ: biorremediación pasiva, laboreo de tierras, camas preparadas, biopilas, bioventeo, fitorremediación, restauración de aguas subterráneas. 4.5. Tecnologías ex situ: composteo, biorreactores, biofiltros. 4.6. Uso de tecnologías combinadas. 4.7. Monitoreo de la biorremediación.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje

	Nombre del documento: Formato de	Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad	Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.3, 8.3.1	Página 4 de 9

Específica(s): ✓ Conoce el origen y generalidades de la biorremediación de suelos agrícolas. ✓ Analiza casos de estudio de biorremediación de suelos. Genéricas: ✓ Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. ✓ Comunicación oral y escrita. ✓ Capacidad crítica y autocrítica. ✓ Trabajo en equipo. ✓ Habilidades de investigación.	✓ Elaborar una síntesis del material expuesto por el profesor. ✓ Realizar una investigación documental de casos de estudio de biorremediación de suelos. ✓ Realizar un debate de los casos de estudio y entregar un ensayo con las conclusiones obtenidas. ✓ Realizar el reconocimiento en campo de sitios contaminados y muestrear suelo degradado.
--	---

2. Contaminantes del suelo

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): ✓ Conoce el concepto de contaminación de suelos. ✓ Describe y diferencia los tipos de contaminantes: Orgánicos, Minerales y Biológicos del suelo. ✓ Caracteriza adecuadamente los cambios físicos, químicos y microbiológicos en el suelo por contaminación; así mismo es capaz de determinar el porcentaje de degradación de suelo por contaminantes. Genéricas: ✓ Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. ✓ Capacidad de análisis y síntesis. ✓ Comunicación oral y escrita. ✓ Toma de decisiones. ✓ Capacidad crítica y autocrítica. ✓ Trabajo en equipo.	✓ Realizar un mapa conceptual del material expuesto por el profesor y complementarlo con una investigación documental utilizando diversos medios y entregar el documento escrito. ✓ Realizar un análisis físico-químico y microbiológico de una muestra de suelo para determinar el índice de contaminación.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 5 de 9

3. Organismos remediadores del suelo	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Conoce y aplica biotecnologías factibles (microorganismos, plantas y sus productos) en la recuperación de suelos agrícolas. Genéricas: ✓ Capacidad de análisis de rutas metabólicas ✓ Aplica habilidades de laboratorio desarrolladas previamente en el mejoramiento de la rizosfera. ✓ Trabajo en equipo e individual.	✓ Elaborar un cuadro sinóptico de los diferentes microorganismos y plantas, y/o productos de éstos, con actividad biodegradadora de contaminantes. ✓ Explicar en ponencias orales las rutas metabólicas del proceso de biodegradación de contaminantes en plantas, bacterias y hongos. ✓ Desarrollar alguna de las biotecnologías disponibles para tratar suelo agrícola perturbado: producción de fijadores de nitrógeno, descomponedores de materia orgánica, degradador de hidrocarburos, etc. ✓ Aplicación de la biotecnología desarrollada.
4. Biorremediación de suelos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): ✓ Conoce e identifica las diferentes técnicas de biorremediación de suelos contaminados. ✓ Determina cuál es la alternativa adecuada para biorremediar un suelo contaminado de acuerdo a sus características. Genéricas: ✓ Capacidad de análisis y síntesis. ✓ Capacidad de organizar y planificar. ✓ Comunicación oral y escrita. ✓ Solución de problemas. ✓ Toma de decisiones.	✓ Elaborar un cuadro de las biotecnología existentes y disponibles, comparando su factibilidad y eficacia ✓ Evaluación de la tecnología aplicada en el tema 3

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 6 de 9

✓ Capacidad crítica y autocrítica. ✓ Trabajo en equipo. ✓ Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. ✓ Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). ✓ Búsqueda del logro.	
---	--

8. Práctica(s)

✓ Reconocimiento en campo de sitios contaminados y muestreo de un suelo degradado ✓ Establecimiento de un experimento para evaluar la biorremediación de un suelo ✓ Determinación de metales pesados. ✓ Reconocimiento en campo de sitios contaminados y muestreo de un suelo degradado. ✓ Establecimiento de un experimento para evaluar la biorremediación de un suelo tratado por contaminación ✓ Obtención <i>in vitro</i> de fijadores de nitrógeno, descomponedores de materia orgánica, degradador de hidrocarburos, etc. para su posterior aplicación y evaluación en biorremediación de suelos agrícolas. ✓ Aplicación y evaluación de un biorremediador en suelo agrícola perturbado.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 7 de 9

9. Proyecto de asignatura

“Aplicación y evaluación de un proceso biológico como medida remediación para recuperar un suelo contaminado”

Cada estudiante será responsable de su muestra y será la que va trabajar a lo largo del semestre. Conforme vaya adquiriendo las competencias, podrá desarrollar su proyecto, al ir seleccionando la técnica biotecnológica a aplicar.

- Reconocimiento en campo de sitios contaminados y muestreo de un suelo degradado.
- Establecimiento de un experimento para evaluar la biorremediación de un suelo.
- Evaluación del proceso de remediación de un suelo: propiedades físicas y químicas del suelo y niveles de contaminación inicial, CO₂, bacterias, hongos, variables agronómicas, y propiedades físicas y químicas de suelos y niveles de contaminación final.
- Informe final del experimento.
- Presentación de los resultados en un seminario.

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 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 comunitaria, 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.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 8 de 9

- **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 formativa deberá ser constante durante todo el curso, siendo indispensable establecer una evaluación diagnóstica de competencias previas, al inicio del semestre. Al final deberá realizarse una evaluación sumativa. Durante la evaluación formativa deberán tomarse en cuenta todas las actividades de aprendizaje realizadas por el estudiante, asignando una ponderación adecuada a cada una de ellas.

11. Fuentes de información

- Alexander, M. 1999. Biodegradation and bioremediation. Academic Press. San Diego. 453p.
- Botello, A.V., Rendón, V. J. O., Gold-Bouchot, G. y Agraz, H. C. 2005. Golfo de México contaminación e impacto ambiental. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, SEMARNAT, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 695 p.
- Da Matta e A., J.C., De Lucena, T. S. R. y Mahler, C. F. 2007. Fitorremediação. O uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. Oficina de Textos. São Paulo. 176 p.
- Doménech, X. 2000. Química del suelo el impacto de los contaminantes. Miraguano Ediciones. Madrid. 190 p.
- Dragun, J. 1998. The soil chemistry of hazardous materials. Amhest Scientific publishers. Massachusetts. 862 p.
- Eweis, J. B., Ergas, S. J., Chang, D. P. Y. y Shroeder, E. D. 1998. Biorremediation principles. McGraw Hill. Series in Water Resources and Environmental Engineering. New York.
- Fernández, B. A., Yarto, R. M. y Castro, D. J. 2004. Las sustancias tóxicas persistentes. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México. 257 p.
- Uribe H., Reyes, A. R. J., Flores, H. D. y Arce, O. J. M. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del petróleo, SEMARNAT, Instituto de Ecología. Mexico. 177 p.

	Nombre del documento: Formato de		Código: TecNM-AC-PO-007-02
	Programa de Estudio de asignatura de Especialidad		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015	8.3, 8.3.1	Página 9 de 9

- Fiorenza, S., Oubre, C. L. y Ward, C. H. 2000. Phytoremediation of hydrocarbon contaminated soil. Lewis Publishers. Washington. 164 p.
- Leeson, A. y Allegan, B. C. 1999. Phytoremediation and innovative strategies for specialized remedial applications. Battelle Press. Columbus. 338 p.
- Leiffield, J., Siebert, S. y Kogel-Knabner, I. 2002. Changes in the chemical composition of soil organic matter after application of compost. European Journal of Soil Science 53:299-309.
- Li, X., Feng, Y. y Sawatsky, N. 1997. Importance of soil-water relations in assessing the endpoint of bioremediated soils. Plant growth. Plant and Soil 192:219-226.
- Maier R. M., Pepper, I. L. y Yerba, Ch. P. 2000. Environmental microbiology. Academic Press. San Diego. 585 p.
- Olguín, E.J., Sánchez, G. y Hernández, E. 2000. Environmental biotechnology and cleaner bioprocesses. Taylor & Francis. London. 319 p.
- Porta, J., López, A. M. y Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. 2ª. Edición. Madrid, España. 849 p.
- Riser-Roberts, E. Remediation of petroleum contaminated soils. Lewis Publishers. Boca Raton. 542 p.
- Semple, K.T., Reid, B. J. y Fermor, T. R. 2001. Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. Environmental Pollution 112: 269-283.
- Volke, S. T., Velasco, T. J. A. y De la Rosa, P. D. A. 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México D.F. 141 p.