

Programa de la asignatura:

Ingeniería ambiental de suelos



Información general de la
asignatura



DCSBA



TECNOLOGÍA
AMBIENTAL



Información general de la asignatura

Ficha de identificación

Nombre de la asignatura	Semestre	Horas de estudio
Ingeniería ambiental de suelos	Sexto	72
Clave de la asignatura		
ING: 17143633		
Tecnología Ambiental		



Índice

Índice	3
Presentación de la asignatura.....	4
Problema prototípico	5
Propósitos.....	12
Competencias a desarrollar	13
Competencia general	13
Competencias específicas.....	13
Temario.....	14
Metodología de trabajo	16
Evaluación	19
Fuentes de consulta.....	21



Presentación de la asignatura



Esta materia se cursa en el sexto semestre que pertenece al tercer módulo de la carrera de Ingeniería en Tecnología ambiental. Tiene relación con dos asignaturas antecedentes. La primera es *Química ambiental* en donde se identificaron contaminantes presentes en el suelo y su nivel de toxicidad; y la segunda asignatura es *Tecnologías ambientales de residuos, suelos y energía*, en donde se identificaron las tecnologías de saneamiento de suelos.

El contenido de esta asignatura contribuye en tu perfil de egreso como ingeniero, ya que proporciona los conocimientos y habilidades para definir las técnicas y procedimientos adecuados que aseguren la calidad ambiental del suelo bajo la normatividad vigente. Esta materia se compone de tres unidades.

En la primera unidad identificarás las características y los procesos que ocurren en los suelos, la interacción con diferentes contaminantes y los factores que intervienen en el transporte de éstos; en la segunda unidad estudiarás las diferentes técnicas de análisis y de muestreo que se realizan al suelo para identificar las sustancias contaminantes presentes; y finalmente, en la tercera unidad estudiarás las tecnologías remoción y separación de contaminantes más empleadas para remediar suelos.

Al final de la asignatura Ingeniería ambiental de suelos, serás capaz de identificar los contaminantes presentes en el suelo y realizar la caracterización fisicoquímica del mismo, conocerás los procesos fisicoquímicos - biológicos que ocurren entre el suelo con sustancias contaminantes y determinarás las tecnologías adecuadas para su remediación. Para lo cual, deberás realizar un proyecto de saneamiento de un suelo cercano a tu entorno.



Problema prototípico



El problema de salinidad en suelos es muy recurrente en todo el mundo. Éstos generalmente son frecuentes en suelos áridos y semiáridos que se utilizan para agricultura. En México la mayor parte del suelo salino está en las costas y zonas áridas que se han utilizado para la agricultura; tal es el caso de la comarca Lagunera, la cual consta de 150 000 hectáreas, 12% de la cuales, es decir, 18 000, están afectadas por sales o sodio en diferentes grados.

En esta localidad la salinidad se atribuye a que en la zona se concentran:

- Material aluvial rico en sales.
- Uso de agua de riego de mala calidad.
- Uso de suelos arcillosos sensibles a ensalitramiento.
- Explotación intensiva de agua y suelos durante todo el año.

Para la recuperación de suelos salinos y sódicos existen diferentes métodos, que se citan a continuación:

- Físicos: berbecho profundo, el subsuelo y la adición de arena o inversión del perfil.
- Biológicos: incorporación de estiércol, abonos verdes y establecimiento de cultivos tolerantes a las sales.
- Eléctricos: se hace pasar una corriente directa a un volumen de suelo.
- Hidrotécnico: se considera al lavado de suelo y el drenaje.
- Químico: se basa en el intercambio de sodio por calcio mediante el uso de las sales cálcicas de alta solubilidad, así como de ácidos y sustancias formadas de ácido, cuando el suelo contiene calcio en forma precipitada.

El método más utilizado para la recuperación de suelos salinos es el lavado o lixiviación de las sales solubles con agua de baja salinidad. Es importante resaltar que para lavar



un suelo salino es indispensable que el suelo sea permeable y que exista una salida para el agua de drenaje. También es importante la tolerancia del cultivo a establecer. Este método se escogió como la ideal para recuperar el suelo salino. Para ello se consultaron diferentes investigaciones de lavado de suelos para suelos salinos y la incorporación de estiércol en suelos.

Dentro de la comarca Lagunera se consideró un predio que cuenta con 95 hectáreas en las que se siembra alfalfa (*Medicago sativa* L.), maíz forrajero (*Zea mays* L.), avena (*Avena fatua* L.) y zacate ryegrass anual (*Lolium multiflorum* Lam.), cuyas producciones indican una variación del 20 a 40% por debajo de la media regional que es de 13 Mg/año de materia seca.

Los agricultores atribuyen esta baja productividad a las sales debido a que los cultivos afloran más en algunos lugares que en otros.

Hasta ahora la estrategia utilizada por los productores ha sido no sembrar en las zonas más dañadas, por lo que un grupo de especialistas pretende investigar si es posible la recuperación del suelo mediante la aplicación separada de varios niveles de láminas de agua (lavado) y distintas dosis de materia orgánica (estiércol), utilizando como referencia la producción de zacate ryegrass anual.

Para hacer la investigación para recuperar el suelo, primero se obtuvieron los siguientes datos: se selecciona un predio en donde se llevarán a cabo las pruebas, el cual está a 18.5 km al norte de Gómez Palacio, Durango, cuyas coordenadas son: 25°N 47'21" N y 103°32'54" O. El clima de la zona es del tipo Bwhw(e), lo que significa seco, árido y semicálido.

La temperatura máxima promedio en los meses de estudio (mayo de 1998 a junio de 1999) fue de 31.6 °C, la temperatura mínima promedio fue de 15.7 °C, y la temperatura media de 23.65 °C, la precipitación pluvial total fue de 93 mm.

Posteriormente, con ayuda de la carta edafológica del INEGI, se tienen los siguientes datos:

Los suelos del predio corresponden a los Typic natrargid, con profundidad mayor que 1.2 m, y el pH oscila entre 7.69 y 8.28. El % de materia orgánica está entre 1.31 y 1.65, y se clasifica en medianamente pobre. Tiene 7.14% de carbonatos totales (CO₃). Cuenta una conductividad eléctrica de 4.09 a 5.67 dS/m, con lo que se clasifica como salino. Cuenta con una capacidad de intercambio catiónico de 21.85 cmol, y un % de sodio intercambiable (PSI) menor que 13.22%.

Después de hacer la investigación de datos se realizaron pruebas para corroborar los datos recopilados, por lo que se analizó el suelo antes y después de aplicados los tratamientos. Adicionalmente se analizó el agua de riego proveniente de un pozo



profundo y el estiércol proveniente de un establo lechero de una granja; también se analizó el agua por gravedad proveniente del río Nazas (los análisis de agua se realizaron conforme la norma NOM-127-SSA1-1994). Las técnicas de suelo se realizaron considerando la NOM-021-semarnat-2001, la cual establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Las técnicas que se efectuaron fueron: AS-02 determinación de pH medido en el extracto de saturación, AS-05 humedad del suelo, AS-16 obtención del extracto de saturación, AS-17 determinación del % de saturación, AS-18 medición de la conductividad eléctrica, AS-19 determinación de cationes solubles (calcio, magnesio, sodio y potasio) en el extracto de saturación, AS-20 determinación de aniones solubles (carbonatos y bicarbonatos, cloruros y sulfatos) en el extracto de saturación, AS-21 determinación del % de saturación de bases (PSB), relación de adsorción de sodio (RAS) y % de sodio intercambiable (PSI). Para la determinación de materia orgánica se siguió el método Whiteh and Black, el cual no está estipulado en ninguna norma.

Después de hacer los análisis se desarrollaron dos experimentos; el primero de ellos consistió en:

Lavar el suelo con 0.9, 1.2 y 1.5 m de láminas de agua de riego, con 0 m de lámina de agua como testigo. Para lavar el suelo se utilizaron parcelas de 10x10 m con una separación entre ellas de 1 m. Al lado del lote de parcelas se cavó una zanja de 1.5 m de profundidad para ver la percolación de agua. En mayo se aplicaron las láminas de agua en cantidades sucesivas de 0.3 m cada una, con un intervalo de 15 días hasta completar el tratamiento.

El experimento 2 consistió en:

Aplicar tres dosis de estiércol de bovino lechero: 20, 40 y 60 Mg/ha, con 0 Mg/ha de estiércol como testigo. Cinco meses antes de la siembra, el estiércol se incorporó al suelo con una rastra de discos.

El tamaño de las parcelas fue de 3x3 m con 1 m de separación entre parcelas.

El arreglo de parcelas fue de acuerdo con el diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones.

Para validar los tratamientos se usó el programa de manejo de cultivos BANRURAL.

Cabe destacar que la eficacia del tratamiento se puede corroborar con el cambio de las propiedades del suelo como la textura, estructura del suelo, pH, contenido de materia orgánica y capacidad e intercambio catiónico. Sin embargo, se usará como referencia la producción de materia seca del zacate ryegrass anual, debido a que tiene un intervalo



amplio de adaptación, es decir, puede crecer a pH desde 5 a 7.8, además de que se puede utilizar para alimentación del ganado bovino.

Para el cultivo del zacate ryegrass anual se preparó el terreno por berbecho, posteriormente se sembró en el período óptimo recomendado del 15 de septiembre al 31 de octubre, utilizando la cantidad recomendada de 30 kg de semillas/ha. Se sembró a una profundidad de 0.1 a 0.15 m y se aplicaron 80 kg/ha de P_2O_5 más 40 kg de N a la siembra, y en la etapa productiva 60 kg de N entre cortes.

El riego para sembrar fue a tierra venida y después se dio un riego entre cortes con una lámina de agua promedio de 0.15 m por riego. El primer corte de la planta se hizo 70 días después de la siembra y se dejó de 25 a 30 días de intervalo entre cortes.

La producción de cada lote se cuantificó mediante el corte de una muestra circular de 0.25 m^2 en el centro de la parcela. El corte fue realizado por triplicado y la suma de los tres cortes se utilizó para el tratamiento estadístico.

Para todos los tratamientos se obtuvo la relación costo-beneficio.

Cabe destacar que después de realizar las técnicas de análisis y los experimentos, los análisis de los resultados que se obtengan servirán en la elaboración de una propuesta final de saneamiento de suelos.

Los resultados de la investigación fueron los siguientes:

El agua de riego fue analizada para determinar la conductividad eléctrica (3.18 dS/m) y la cantidad de sólidos (2985 mg/L). Aunque no hay restricciones para la conductividad eléctrica, sí lo hay para la cantidad de sólidos, la cual no debe ser superior a 2000 mg/L. Para el agua de riego por gravedad del río Nazas, se encontraron resultados similares; sólo la conductividad eléctrica fue menor (0.54 dS/m).

El análisis del estiércol permitió conocer la cantidad de nutrimentos principales y de sales solubles que se incorporan al suelo.

Los resultados para el experimento 1, es decir, el lavado de suelos, se obtuvieron así:

La concentración de nutrimentos antes y después del lavado no tuvo cambios, sin embargo, el pH y la conductividad eléctrica aumentaron ligeramente en cada uno de los tratamientos.

El contenido de NO_3 se disminuyó por el lavado de 0.9 m de agua de riego de 40 a 10 meq/L.

La mayor producción de materia seca (11.23 Mg/ha) se obtuvo con la aplicación de 1.5 m de lámina de agua, seguida por 10.48 Mg/ha obtenida al aplicar 0.9 m de agua y por



10.31 Mg/ha resultante de aplicar 1.2 m de agua. La producción de materia seca más baja (8.4 Mg/ha) fue para el testigo, es decir, sin aplicar el lavado de suelos.

En esta investigación no se alcanzó la mejor producción que fue de 13 Mg/ha para el zacate ryegrass anual. Esto se atribuye a que el pH del suelo no bajó al rango de 5.5 a 7.5, el cual es el pH óptimo de crecimiento del zacate ryegrass anual. Sin embargo, los resultados obtenidos fueron clasificados como aceptables al compararse lo obtenido con otros trabajos.

El mejoramiento en la producción con el lavado de suelos pudo deberse a que incrementó la humedad disponible para la planta y un desplazamiento de las sales hacia abajo, lo que disminuyó la presión osmótica del suelo y permitió a la planta un mejor aprovechamiento de agua y nutrientes.

Cuando el agua aplicada se incrementa y la humedad del suelo excede la capacidad de campo, el drenaje y el escurrimiento de las sales se inician, por lo que en este trabajo se esperaba que hubiera percolación en alguno de los tratamientos, pero esto no sucedió, quizás, por falta de pendiente, poca profundidad del drenaje construido la permeabilidad o suelo muy profundo lo que no permitió el drenaje horizontal.

La relación costo-beneficio demuestra que los costos por lavado de suelos con agua de riego son elevados, por lo que no es rentable; sin embargo, el lavado de suelos es rentable cuando se tiene un riego por gravedad.

Los resultados para el experimento 2, es decir, la aplicación de estiércol vacuno, se obtuvieron así:

La concentración de nutrientes en el suelo en estudio antes y después de aplicar los tratamientos de estiércol aumentó, aunque en el caso de Mg sucedió lo contrario en todos los niveles de estiércol.

El NO_3 fue el nutriente que aumentó su concentración con la aplicación de estiércol, aunque fue más notable con la dosis de 20 Mg/ha.

Con la aplicación de 60 Mg/ha de estiércol se obtuvieron 11.0 Mg/ha de materia seca de zacate ryegrass anual en tres cortes, en tanto que en la aplicación de 40 Mg/ha de estiércol, la producción de materia seca fue de 10.1 Mg/ha. Con 20 Mg/ha de estiércol de bovino lechero, la producción total de materia seca fue de 9.3 Mg/ha; y finalmente, al no aplicar ninguna cantidad de estiércol de bovino lechero, se obtuvo la producción de materia seca de zacate ryegrass anual más baja de 8.8 Mg/ha.

El incremento del zacate ryegrass anual es un reflejo del mejoramiento de las propiedades del suelo debido a la materia orgánica, la cual se comprobó con otros estudios que mejora la estructura del suelo y se añaden diversas cantidades de nutrientes.



En el proceso de descomposición de la materia orgánica, los microorganismos del suelo liberan CO_2 , el cual, al combinarse con el agua, forma ácido carbónico, que puede hacer solubles a sales de calcio precipitadas en el suelo. Además, esos abonos orgánicos juegan un papel muy importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales, haciéndolos más aprovechables por las plantas.

Con la aplicación de 60 Mg/ha se obtuvo 11.7 Mg/ha de materia seca, lo cual concuerda con trabajos de otros investigadores.

La relación beneficio-costos es positiva en todos los tratamientos; incluso se esperaría que, debido a la degradación paulatina del estiércol en el suelo, la producción de los cultivos que posteriormente sean establecidos sea mayor, con lo que la recuperación económica sería mayor.

Finalmente, a las conclusiones que llegaron, fueron:

La producción de materia seca de zacate ryegrass anual fue mayor en todos los tratamientos sobre el testigo, aunque para que sea económicamente costoso en el lavado de suelos, se debe usar agua de gravedad.

La dosis de estiércol que generó la más alta producción de materia seca y mayor beneficio económico fue la de 60 Mg/ha, aunque no hubo diferencia significativa en producción de materia orgánica con los demás tratamientos, pero se esperaría que en los próximos tres años la recuperación económica sea mayor.

Fuentes de consulta:

Serrato, S. R., Ortiz, A. A., Dimas, L. J. & Berumen, P. S. (2002). Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra Latinoamericana*, 20(3) 329-336. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320312>

A continuación, observarás un esquema del problema prototípico y lo que podrás consultar dentro de esta asignatura, así como sus implicaciones, disciplinas e intervenciones.





Propósitos



1

- Identifica y describe las propiedades de los suelos y los factores que intervienen en el transporte de contaminantes.

2

- Selección y manejo de técnicas de muestreo y de análisis de contaminantes de suelos.

3

- Selección e identificación de las distintas tecnologías de remediación de suelos.



Competencias a desarrollar

Competencia general

Elabora un proyecto de saneamiento de suelos para determinar las técnicas de análisis y tecnologías de remediación analizando sus propiedades y procesos de transporte de contaminantes.



SER ▶

SABER ▶

CONOCER ▶

Competencias específicas

- | | |
|---------------|--|
| Unidad | 1 Define los factores que facilitan el transporte de contaminantes en suelos para caracterizar sus propiedades fisicoquímicas y biológicas, identificando la interacción entre sus componentes. |
| Unidad | 2 Selecciona una técnica de análisis de suelo para distinguir contaminantes presentes, identificando los diferentes métodos descritos en la normatividad. |
| Unidad | 3 Aplica un método de saneamiento de suelos contaminados para elaborar un proyecto analizando las tecnologías de remediación de suelos. |



Temario



1. Caracterización de suelos

1.1. Clasificación del suelo

- 1.1.1. Formación y morfología del suelo
- 1.1.2. Composición del suelo. Fase sólida
- 1.1.3. Composición del suelo. Fase líquida y gaseosa

1.2. Propiedades del suelo

- 1.2.1. Propiedades físicas
- 1.2.2. Propiedades fisicoquímicas y biológicas

1.3. Factores que intervienen en el transporte de contaminantes

- 1.3.1. Agentes contaminantes
- 1.3.2. Procesos de distribución y acumulación
- 1.3.3. Fuentes contaminantes

2. Análisis de suelos

2.1. Antecedentes normativos en suelos

- 2.1.1. Normatividad vigente para análisis de suelos
- 2.1.2. Normatividad vigente para muestreo de suelos

2.2. Análisis fisicoquímico del suelo

- 2.2.1. Análisis fisicoquímicos
- 2.2.2. Detección y análisis de hidrocarburos

2.3. Análisis microbiológico del suelo

- 2.3.1. Microorganismos aerobios



2.3.2. Microorganismos anaerobios

2.4. Análisis toxicológico del suelo para cultivo

2.4.1. Prueba de germinación de semillas

2.4.2. Crecimiento de plantas terrestres y de alargamiento radicular

2.4.3. Prueba de toxicidad aguda con lombriz de tierra

3. Tecnologías de remediación de suelos

3.1. Tecnologías de separación

3.1.1. Lavado de suelo in situ, en situ y ex situ

3.1.2. Desorción con aire y con vapor

3.1.3. Extracción de gases

3.1.4. Paredes de retención

3.2. Tecnologías de remoción

3.2.1. Tratamiento biológico (bioremediación)

3.2.2. Tratamiento térmico

3.3. Tecnologías de estabilización y solidificación

3.3.1. Cementación

3.3.2. Vitrificación

3.3.3. Encapsulación



Metodología de trabajo



La asignatura de Ingeniería ambiental de suelos es una materia práctica que requiere comprender conceptos teóricos y aplicar técnicas de análisis, muestreo y tecnologías de remediación de suelos contaminados, por tanto, la metodología elegida es a base de un proyecto (ABPy) que involucre datos reales extraídos de tu entorno, para que de forma puedas asimilar adecuadamente el conocimiento. Es importante mencionarte que además de estar construyendo un proyecto, podrás consultar un problema prototípico, éste lo estarás analizando a lo largo de la asignatura a través de las actividades.

Por otro lado, la asignatura fue pensada con la intención de realizar tus actividades basadas en las competencias para discutir sobre la conveniencia de aplicar una determinada técnica de análisis como de remediación de suelos. Además, podrás desarrollar mapas conceptuales, reportes de investigación, infografías que te ayudarán a comprender los procesos y variables que facilitan el transporte de contaminantes en los suelos. Asimismo, la realización de un trabajo de investigación conlleva tu intervención directa ya que implica la toma de muestra de suelo, la elección de las técnicas más viables, tanto de análisis como las tecnologías de remediación del suelo, y la revisión de las tecnologías que se han empleado para resolver problemas de contaminación de suelos en México y el extranjero.

Para ello cuentas con diferentes herramientas en el aula, mismas que te podrán guiar en el proceso de aprendizaje; éstas son:



Foro de dudas



En él, plasmarás todas las inquietudes y cuestionamientos que te surjan al momento de consultar los contenidos (materiales por unidad), así como al realizar las actividades y la evidencia de aprendizaje. Tu docente en línea, en este espacio, realizará un diagnóstico de todos los conocimientos con los que cuentas relacionados con la asignatura, o bien, organizar equipos de trabajo para realizar alguna con tus compañeros(as).

Planeación didáctica del docente en línea



Este espacio fue diseñado para que el docente en línea plasme y comunique tanto las actividades determinadas para esta asignatura como las complementarias. Estas últimas te aportarán elementos para alcanzar la competencia específica, es decir tu objetivo por unidad. Asimismo, asignará fechas de entrega para tus actividades, con el objetivo de que autogestiones el tiempo que le dedicarás a esta asignatura. Es importante mencionar que deberás estar pendiente de este espacio porque el docente en línea puede comunicarse contigo y atender contingencias o problemáticas que vayan surgiendo durante el semestre. Asimismo, te compartirá o indicará materiales extra o complementarios de consulta y para enriquecer tu aprendizaje.

Actividades colaborativas



Estas actividades están planeadas para que trabajes en equipo de trabajo o compartas una opinión en particular de cierta temática, pueden estar configuradas en herramientas de foros, wikis o blogs, y en caso de que sea necesario tendrás la oportunidad de enviar **dos archivos**



Actividades individuales



por actividad. Recuerda entregarlas en tiempo y forma para que cuentes con una evaluación certera.

Estas actividades están planeadas para que entregues tu trabajo de forma individual, están configuradas en herramientas de tareas, tendrás la oportunidad de **dos archivos** por cada una de ellas. Recuerda entregarlas en tiempo y forma para que cuentes con una evaluación certera.

Evidencias de aprendizaje



Estas actividades están planeadas para que entregues tu trabajo final por unidad, están configuradas en herramientas de tareas, tendrás la oportunidad de **dos archivos** por cada una de ellas. Recuerda entregarlas en tiempo y forma para que cuentes con una evaluación certera.

Autorreflexiones



Aquí, realizarás la actividad mediante dos herramientas en el aula: la herramienta de avisos *Planeación del docente en línea* y una tarea. El docente en línea formulará preguntas detonadoras en la herramienta de avisos para que reflexiones respecto a lo revisado en cada unidad. Es importante mencionarte que sólo tendrás **dos** oportunidades para enviar tu archivo.

Asignación a cargo del docente en línea



En la sección *Asignación a cargo del docente en línea*, encontrarás, debidamente configurada, la herramienta tarea; cuyo número de envíos tan solo será **dos**. Aquí, deberás subir la respuesta de la actividad complementaria determinada y comunicada por tu docente en línea mediante la *Planeación del docente en línea*.

Unidades



Por último, recuerda consultar los materiales que fueron seleccionados, determinados y desarrollados por un equipo docente para cada unidad, ya que éstos son el conocimiento mínimo que debes aprender para realizar las actividades mencionadas, y así concluir con éxito la asignatura *Ética ambiental*.



Evaluación



En el marco del Programa de la UnADM, la evaluación se conceptualiza como un proceso participativo, sistemático y ordenado que inicia desde el momento en que el (la) estudiante interactúa con los diversos componentes educativos del aula virtual, por lo que se le considera desde un enfoque integral y continuo.

Por lo anterior, para acreditar la asignatura se espera la participación responsable y activa del estudiante contando con el acompañamiento y comunicación estrecha con su docente en línea quien, a través de la retroalimentación permanente, podrá evaluar de manera objetiva su desempeño. Para lograrlo es necesaria la recolección de evidencias que reflejen el logro de las competencias por parte de los (las) estudiantes.

En este contexto, la evaluación forma parte del proceso de aprendizaje, en el que la retroalimentación permanente es fundamental para promover el aprendizaje significativo y reconocer el esfuerzo. Es requisito indispensable la entrega oportuna de cada una de las tareas, actividades y evidencias, así como la participación en foros y demás actividades programadas en cada una de las unidades y conforme a las indicaciones dadas. Las rúbricas que el docente irá desarrollando para cada actividad contienen los criterios y lineamientos para realizarlas, por lo que es importante que el (la) estudiante la revise antes de elaborar sus actividades.

En cuanto a las Autorreflexiones es el ejercicio de interiorización que permite que los (las) estudiantes tomen conciencia de su proceso de aprendizaje y logren identificarlo y monitorearlo para regularlo y favorecer el desarrollo de su crecimiento, por lo anterior forma parte de su proceso formativo.



Por último, en lo que se refiere a la Asignación a cargo del docente en línea, este hará uso de una entrega correspondiente a la actividad complementaria determinada por el docente en línea, que permitirán retroalimentar y reforzar de manera pertinente a los (las) estudiantes de acuerdo al avance y características del grupo enriqueciendo su proceso formativo.

A continuación, presentamos el esquema general de evaluación.

Esquema de evaluación		
Evaluación continua	Actividades colaborativas	10%
	Actividades individuales	30%
E-portafolio	Evidencia de aprendizaje	40%
	Autorreflexiones	10%
Asignación a cargo del docente	Instrumentos y técnicas de evaluación propuestas por el docente en línea	10%
CALIFICACIÓN FINAL		100%



Fuentes de consulta



Bibliografía básica

1. Kostecki, P. T. y Calabrese, E. J. (1991). *Hydrocarbon Contaminated Soils and Groundwater*. Lewis Publishers. Michigan, USA. ISBN: 0873713834, 9780873713832.
2. Fernández, L. L., Rojas, A. G., Roldán C. T., Ramírez, I. M., Zegarra, M. H. Uribe, H. R., Reyes, A. R., Flores, H. D. y Arce, O. J. (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de suelos contaminados*. Instituto Mexicano del Petróleo; secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. ISBN: 968-489-039-7.
3. Marshall, T. J., Holmes, J. W. (1999). *Soil Physics*. (Third edition). Cambridge University Press. ISBN: 0-521-45151-5; 0-521-45766-1.

Bibliografía complementaria

4. Knox, R. C., Sabatini, D. A. y Canter, L. W. (1993). *Subsurface Transport and Fate Processes*. Lewis Publishers. Michigan, USA. ISBN: 0873711939, 9780873711937.
5. Jiménez Cisneros, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada*. Colegio de Ingenieros Ambientales de México A. C. – FEMISCA – Instituto de Ingeniería UNAM. México: Limusa – Noriega Editores. ISBN: 968186042X, 9789681860424.
6. Iturbe, A. R., Castro, R. A. y Madrigal, M. I. (diciembre de 1998). *Técnicas de rehabilitación de suelos y acuíferos*. Series del Instituto de Ingeniería 612. ISSN 0185-2345.