



## FORMATO INSTITUCIONAL DE CURSOS REGULARES

PROGRAMA DE POSTGRADO: HIDROCIENCIAS

CURSO: HID-609 CONTAMINACIÓN DE SUELOS, AGUAS, PLANTAS Y ATMÓSFERA.  
Hidrociencias

PROFESOR TITULAR: Dr. Abdul Khalil Gardezi

COLABORADOR (ES): \_\_\_\_\_

COLABORADOR (ES): \_\_\_\_\_

CORREO ELECTRÓNICO: kabdul@colpos.mx

TELÉFONO (EXT.): 55- 58045900      EDIFICIO (OFICINA): Hidrociencias/Planta  
595- 9520200      Baja, oficina 120  
Ext. 1165 o 1168

CLAVE DEL CURSO: HID-609      PRE-REQUISITOS: \_\_\_\_\_

TIPO DE CURSO:

- Teórico
- Práctico
- Teórico-Práctico

PERIODO:

- Primavera
- Verano
- Otoño
- No aplica

SE IMPARTE A :

- Maestría en Ciencias
- Doctorado en Ciencias
- Maestría Tecnológica

MODALIDAD:

- Presencial
- No presencial
- Mixto

CREDITOS: 3

HORAS CLASE:

Presenciales	<u>40</u>	LABORATORIO	<u>12</u>
Extra clase	<u>120</u>	CAMPO	<u>8</u>
Total	<u>192</u>	INVERNADERO	<u>12</u>

Nota: Un crédito equivale a 64 horas totales (presenciales y extra clases)

**OBJETIVO GENERAL DEL CURSO**

\*El objetivo principal del curso es dar al estudiante los elementos necesarios para comprender el papel que juega la contaminación de los suelos, de las aguas, plantas y atmósfera en el desarrollo de las plantas cultivadas. El curso permitirá al estudiante: \*Conocer los elementos contaminantes más importantes que inciden directamente en la producción de los cultivos agrícola.

\*Analizar las formas en que los contaminantes se comportan en los suelos, las aguas y la atmósfera, así como los efectos sobre la fisiología de las plantas.

\*Utilizar herramientas metodológicas que permitan analizar las soluciones de mayor viabilidad a los problemas de contaminación en el corto, mediano y largo plazo.

HORAS ESTIMADAS	TEMAS Y SUBTEMAS	OBJETIVOS DE LOS TEMAS
4.5 HORAS	<b>1.El Sistema Agua-Suelo-Planta-Atmósfera</b> 1.1 Interacción de la planta con el agua, el suelo y la atmósfera.	Conocer los intercambios de las plantas con el agua, el suelo y la atmosfera.
4.0 HORAS	<b>II Contaminación ambiental</b> 2.1. Definición de contaminantes 2.2. La contaminación en el tiempo 2.3. Origen de los contaminantes 2.4. Capacidad de carga de los contaminantes	Estudiar las fuentes de contaminación ambiental que afecta el crecimiento de las plantas.
6.0 HORAS	<b>III. Contaminación de aguas</b> 3.1. Disponibilidad de agua dulce 3.2. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. 3.3. Uso de aguas contaminadas para riego agrícola. 3.4. Depuración de aguas contaminadas.	Estudiar las fuentes de contaminación de las aguas que afectan el crecimiento de las plantas.
8.0 HORAS	<b>IV. Contaminación de suelos</b> 4.1 Origen de los suelos y contaminantes. 4.2. Residuos de explotaciones mineras e industriales, municipales y otros desechos. 4.3. Contaminación por agua de riego y agroquímicos. 4.4. Efectos de la contaminación edáfica en el desarrollo de las plantas.	Estudiar las fuentes de contaminación de suelos que afectan el desarrollo de los cultivos.
6.0 HORAS	<b>V. Contaminación de la Atmósfera.</b> 5.1. Fuente de contaminación Atmosférica. 5.2. Vegetación y contaminación Atmosférica. 5.3. Contaminación Atmosférica y la fisiología de las plantas.	Estudiar las fuentes de contaminación que afectan el crecimiento de las plantas.
8.0 HORAS	<b>VI. Microorganismos benéficos</b> 6.1. Micorriza 6.2. Bacterias fijadoras de Nitrógeno. 6.3. La triada benéfica: hongos-bacterias-plantas.	Estudiar los principales microorganismos benéficos y su interacción con el crecimiento de las plantas.
6.0 HORAS	<b>VII. Contaminación por metales pesados.</b> 7.1. Características de los metales pesados. 7.2. Comportamiento de los metales pesados en la Atmósfera. 7.3. Toxicología de los metales pesados.	Estudiar los principales metales pesados que afectan el crecimiento de las plantas.
8.0 HORAS	<b>VIII. Biorremediación</b> 8.1. Bioestimación. 8.2. Bioaumentación.	Definir los principales sistemas de Biorremediación.

<p>8.0 HORAS</p>	<p>8.3. Bioventeo. 8.4. Fitorremediación. 8.5. Biodiversidad 8.6. Lluvia ácida 8.7. Hidrosfera 8.8. Biosfera 8.9. Litosfera</p> <p><b>IX. Fitorremediación.</b> 9.1. Fitotransformación. 9.2. Biodegradación. 9.3. Fitoestabilización. 9.4. Fitoextracción. 9.5. Rizofiltración.</p>	<p>Definir los principales sistemas de fitorremediación.</p> <p>Conceptos e importancia de la Biodiversidad</p> <p>Mostrar los beneficios de la fitorremediación y su relación con la agricultura.</p>
<p>16.0 HORAS</p>	<p><b>X. Fitorremediación aplicada.</b> 10.1. Relación entre las leguminosas y los microorganismos benéficos del suelo. 10.2. Inoculación con los microorganismos benéficos del suelo. 10.3. Efectos benéficos de la triada: hongos –bacteria-planta, en suelos contaminados. 10.4. Ejemplos de fitorremediación. 10.5. Beneficios económicos de la fitorremediación.</p> <p><b>LISTA DE PRACTICAS.</b></p> <p>1. Muestreo de suelos y preparación de muestras.</p> <p>2. Preparación de material para el establecimiento de un bioensayo con suelos contaminados (realizada en varias sesiones).</p> <p>3. Los microorganismos como agentes potenciadores de la actividad de biorremediación de las plantas., 3.1. Identificación de los microorganismos bacterianos que son capaces de desarrollarse en ambientes contaminados.</p> <p>4. Capacidad de las plantas para desarrollarse en ambientes contaminados en presencia de metales pesados . 4.1. El cobre como elemento de contaminación, así como su papel promotor de la germinación. Determinación del papel del cobre en la capacidad de las semillas para germinar.</p> <p>5. Determinación de la capacidad de germinación de las semillas en un medio contaminado con metales pasados.</p> <p>6. Procedimiento práctico para la inoculación de las raíces de las plantas de manera indirecta mediante la mezcla de las semillas con suspensiones celulares</p>	<p>3.0 HORAS</p> <p>3.0 HORAS</p> <p>3.0 HORAS</p> <p>2 HORAS</p> <p>2 HORAS</p> <p>2 HORAS</p>

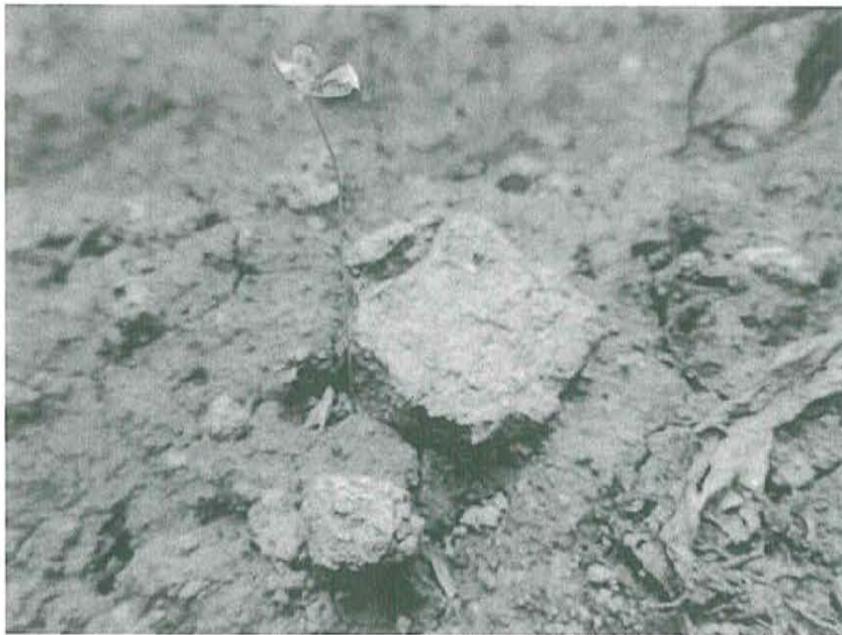
	<p>Contenido</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Introducción</li><li>2. Objetivos</li><li>3. Materiales y métodos</li><li>4. Procedimiento</li><li>5. Resultados</li><li>6. Discusión</li><li>7. Conclusión</li><li>8. Bibliografía</li><li>9. Anexos fotográficos.</li></ol> <p>Normas y procedimiento de evaluación.</p> <p>Normas de evaluación:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. La calificación mínima aprobatoria 8.0</li><li>2. Lecturas individuales para su análisis y crítica de publicaciones recientes en circulación nacional e internacional de mayor interés.</li><li>3. Discusión en grupo de las lecturas con la finalidad de que todos participen de manera reflexiva y crítica.</li><li>4. Recepción de las prácticas, entregadas en forma individual impresas.</li></ol> <p>PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN:</p> <table><tr><td>Tarea y Presentación</td><td>35%</td></tr><tr><td>Reporte final</td><td>35%</td></tr><tr><td>Evaluación final (2 exámenes)</td><td>30%</td></tr></table> <p>Bibliografía.</p> <p>Judith Prieto Méndez, Cesar A. González Ramírez, Alma D. Román Gutiérrez y Francisco Prieto García. 2009. Contaminación y Fitosanidad en plantas por metales pesados proveniente de suelos y agua. <i>Tropical Agroecosystems</i>. 10: 29-44.</p> <p>Nguyen Ninh Hug, Nguyen Viet Hiep, Bui Ngoc Dung and Nguyen Xuan Hai. 2014. Lead accumulation in different parts of Okra plant (<i>Abelmoschus esculentus</i>). <i>ARPJ, Journal of Agriculture and Biological Sciences</i>. 9 (6): 190-194.</p> <p>Abatenh E, Gizaw B., Tsegaye, M. 2017. Application of Microorganisms in bioremediation- review. <i>Journal of Environmental Microbiology</i> December 2017, 1(1):02-09.</p> <p>Sierra. V.R. (2006) Fitoremediación de un suelo contaminado con Pb por actividades industriales. Tesis de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de ciencias del suelo. Coahuila México.</p> <p>Toledo, M.B. 2009. Aplicación de procesos biológicos como medida de remediación para recursos de suelos Limo-Arcillosos</p>	Tarea y Presentación	35%	Reporte final	35%	Evaluación final (2 exámenes)	30%	
Tarea y Presentación	35%							
Reporte final	35%							
Evaluación final (2 exámenes)	30%							

	<p>contaminados con gasolina. Tesis de grado de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ciencias de la Tierra. Guayaquil Ecuador.</p> <p>Nguyen Ninh Hug, Nguyen Viet Hiep, Bui Ngoc Dung and Nguyen Xuan Hai. 2014. Lead accumulation in different parts of Okra plant (<i>Abelmoschus esculentus</i>). ARPN, Journal of Agriculture and Biological Sciences. 9 (6): 190-194.</p> <p>Abatenh E. Gizaw B. Tsegaye M. 2017. Applications of microorganims in bioremediation-review. Journal of Environmental Microbiology . December 2017, 1(1):02-09.</p> <p>Padmavathiamma P. K., Li L.Y. 2007. Phytoremediation technology: Hyperaccumulation Metals in Plants. Waster, Air, &amp; Soil Polution. 184: 105-126.</p> <p>Reeves, R. D. 2006. Hyperaccumulation of trace elements by plants. In: Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils. Springer Neatherlands (ed) ISBN 978-1-4020-4686-5. 25-52.</p> <p>Reeves, R. D., Baker, A. j. m. Borhidi, A. Berazain, R. 1999. Nickel hyperaccumjulation in the serpentine flora of Cuba. Annals of Botany. 83: 29-39.</p> <p>P. Díaz Vargas, R Ferrera-Cerrato, J.J. Almaraz-Suarez y G. Alcántar González. 2001. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga . Terra19: 327-335.</p> <p>Edgar O. Rueda-Puente, Jorge A. Villegas-Espinoza, Luis E. Gerlach-Barrera, Mario A. Tarazón-Herrera, Bernardo Murillo-Amador, José Luis García-Hernández, Enrique Troyo Diéguez y Pablo Preciado-Rangel. 2009. Efecto de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre la germinación de <i>Salicornia Bigelovii</i>, veresion on-line ISSN 2395-8030, versión impresa ISSN 0187-579. Terra19: 327-335.</p>	
--	---	--



## BIORREMEDIACION DE SUELOS Y AGUAS

### MANUAL DE PRACTICAS



Suelo en proceso de biorremediación en el Estado de Hidalgo.

Dr. Abdul Khalil Gardezi

## Prácticas de laboratorio del curso

### BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUAS (HID 613)

PRACTICA 1:"LAS BACTERIAS COMO AGENTES QUE REDUCEN LA TOXICIDAD DE METALES PESADOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS".

PRACTICA 2:" ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD DE LA SEMILLA AL SULFATO DE COBRE (CuSO<sub>4</sub>)".

PRACTICA 3:" BACTERIAS PRESENTES EN SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS".

PRACTICA 4: "ESTUDIO DE LAS PROTEÍNAS PRESENTES EN LA GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS EN PRESENCIA DE COBRE".

## Prácticas de laboratorio del curso

### CONTAMINACIÓN DE SUELOS, AGUA, PLANTA Y ATMÓSFERA.

1. Los microorganismos como agentes potenciadores de la actividad de biorremediación de las plantas. 1.1. Identificación de los microorganismos bacterianos que son capaces de desarrollarse en ambientes contaminados.
2. Capacidad de las plantas para desarrollarse en ambientes contaminados en presencia de metales pesados. 2.1. 3. El cobre como elemento de contaminación, así como su papel promotor de la germinación. Determinación del papel del cobre en la capacidad de las semillas para germinar.
3. Determinación de la capacidad de germinación de las semillas en un medio contaminado con metales pasados.
4. Procedimiento práctico para la inoculación de las raíces de las plantas de manera indirecta mediante la mezcla de las semillas con suspensiones celulares.



## ÍNDICE

PRESENTACION .....	4
INTRODUCCION .....	5
PRÁCTICA 1: MUESTREO DE AGUAS Y SUELOS, Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS .....	6
Revisión de literatura .....	6
PRACTICA 1a. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL .....	7
Compuestos orgánicos biodegradables .....	8
Materiales y métodos .....	8
Cristalería .....	8
Procedimiento .....	9
Sólidos Totales .....	11
Sólidos Disueltos .....	11
Sólidos Suspendidos .....	11
Sólidos Sedimentables .....	11
Sólidos Fijos y Sólidos Volátiles .....	11
Temperatura .....	12
Conductividad .....	12
Conductividad, temperatura y sólidos disueltos .....	13
PRACTICA 1b. MUESTREO SUELO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA .....	14
Materiales y métodos .....	15
Desarrollo experimental .....	15
Toma de muestras .....	15
Análisis cualitativo de materia orgánica y carbonatos .....	15
Preparación de las muestras para el análisis .....	16
Secado al aire .....	16
Determinación de humedad .....	16
Resultados y discusión .....	17
Conclusiones .....	17
Evaluación .....	17
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	17
PRÁCTICA 2. PREPARACIÓN DE MATERIAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN BIOENSAYO CON SUELOS CONTAMINADOS (REALIZADA EN VARIAS SESIONES) .....	18
PROTOCOLO .....	19
Introducción .....	19
Revisión de literatura .....	19
PRACTICA 2.A. PRUEBA DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS .....	20
Materiales y métodos .....	21
Procedimiento .....	21
Prueba de viabilidad .....	21
Resultados y discusión .....	22
Conclusiones .....	23
PRÁCTICA 2B. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS .....	23
.....	23



Materiales y métodos .....	23
Soluciones y reactivos .....	24
Procedimiento .....	24
Resultados y discusión .....	24
Conclusiones.....	25
Evaluación .....	25
BIBLIOGRAFIA .....	25
<b>PRÁCTICA 3.TOMA DE DATOS DE UN BIOENSAYO CON SUELOS CONTAMINADO (REALIZADO EN VARIAS SESIONES) .....</b>	<b>26</b>
<b>PROTOCOLO .....</b>	<b>27</b>
Introducción .....	27
Revisión de literatura .....	27
Materiales y métodos .....	28
Resultados y discusión .....	28
Conclusiones.....	28
Evaluación .....	28
BIBLIOGRFIA CONSULTADA .....	29
<b>PRÁCTICA 4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE UN BIOENSAYO CON SUELOS CONTAMINADO (REALIZADA EN VARIAS SESIONES) .....</b>	<b>30</b>
<b>PROTOCOLO .....</b>	<b>30</b>
Introducción .....	30
Revisión de literatura .....	30
Materiales y métodos .....	31
Resultados y discusión .....	31
Conclusiones.....	31
Evaluación .....	31
BIBLIOGRFIA CONSULTADA .....	31
<b>PRÁCTICA 5. VISITA A LA UNAM PARA OBSERVAR PROYECTOS DE BIORREMEDIACIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>PROTOCOLO .....</b>	<b>33</b>
Introducción.....	33
Revisión de literatura .....	33
Materiales y Métodos .....	34
Resultados y discusión .....	34
Conclusiones.....	34
Evaluación .....	34
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	34
<b>PRÁCTICA 6. VISITA A LA CUENCA DEL RÍO TULANCINGO, HGO. PARA EL ANÁLISIS DE UN CASO DE CONTAMINACIÓN. ....</b>	<b>35</b>
<b>PROTOCOLO .....</b>	<b>35</b>
Introducción.....	36
Revisión de literatura .....	36
Materiales y Métodos.....	37
Resultados y discusión .....	37
Conclusiones.....	37
Evaluación .....	38
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	38



**Clave y nombre:** HID- Biorremediación de suelos y aguas

**Tipo de curso:** Teórico-Práctico

**Horas clase/semana:** 2 sesiones por semana, de 1.5 horas cada una; 14 semanas por cuatrimestre; 42 horas totales. Una sesión de prácticas de 2.5 horas por semana; 32 horas totales.

**Titular del curso:** Dr. Abdul Khalil Gardezí Gardezí

**Prerrequisitos:** Ninguno

**Dirigido a:** Estudiantes de postgrado (Maestría y Doctorado) en Hidrociencias.

Resumen del curso: La contaminación es un problema que afecta cada vez más al agua para riego. La escasez del agua ha obligado a los productores al uso de aguas contaminadas y residuales. Esta necesidad se acentúa en las zonas áridas y semiáridas. Los rendimientos obtenidos con esta agua suelen ser mejores debido a la presencia de nitrógeno, fósforo y de materia orgánica. Sin embargo, existe el riesgo de la proliferación de enfermedades relacionadas con los excrementos. Además, dichas aguas pueden estar contaminadas con metales pesados y otras sustancias potencialmente tóxicas tanto para las plantas, como para los seres vivos que se alimentan de ellos. Estas alternativas para reducir los daños originados por aguas contaminadas y residuales a través de organismos vivos se conoce como "Biorremediación" y será la materia de estudio principal de este manual de prácticas.



### **OBJETIVO GENERAL DEL CURSO**

El objetivo principal del curso es presentar la información más relevante y reciente sobre la biorremediación de aguas y suelos. El curso permitirá al estudiante:

- Analizar las causas y consecuencias de la contaminación de suelos y aguas.
- Analizar las formas en las cuales los procesos de biorremediación pueden mitigar los efectos de la contaminación de suelos y aguas.
- Utilizar herramientas metodológicas que permitan analizar las soluciones de mayor viabilidad usando los procesos de biorremediación en el corto, mediano y largo plazo.

### **PRESENTACION**

Este manual tiene como finalidad ser una herramienta de aprendizaje en la utilización en el curso Biorremediación de suelos y agua, pero también puede ser una herramienta de autoaprendizaje si es empleado como material de consulta para personas que se desempeñen en el área de la biorremediación. Por tanto, este material está pensado para facilitar la preparación de muestras de suelo, agua y aquel empleando en un bioensayo.

Indiscutiblemente este manual es susceptible a nuevas modificaciones, ya que a medida que se avanza en las aportaciones de la biorremediación, éstas serán incorporadas en el documento. Por tanto, está diseñado para facilitar al profesional de la biorremediación las técnicas empleadas en el área. Esto implica que al momento de diseñar la planificación de bioensayos como materia de análisis de contaminantes presentes en suelos y aguas.

Cada una de esas secciones contiene una breve introducción, revisión de literatura, materiales y métodos, equipo y reactivos necesarios, procedimiento y forma de analizar los resultados de la técnica, así como los criterios para su interpretación.

A t e n t a m e n t e

Dr. Abdul Khalil Gardezí  
Postgrado de Hidrociencias  
Colegio de Postgraduados  
Montecillo, Estado de México



## INTRODUCCION

Las capacidades de las tecnologías de remediación pueden variar ampliamente en función de las condiciones específicas del sitio. Las tecnologías de remediación pueden actuar conteniendo la contaminación, separando el contaminante del suelo o destruyendo el contaminante. El uso de una tecnología en particular depende, además de los factores mencionados, de su disponibilidad, fiabilidad, estado de desarrollo y de su costo (Volke y Velasco, 2002).

El término “tecnología de tratamiento” implica cualquier operación unitaria o serie de operaciones unitarias que altera la composición de una sustancia peligrosa o contaminante a través de acciones químicas, físicas o biológicas de manera que reduzcan la toxicidad, movilidad o volumen del material contaminado (EPA, 2001). Por tanto, el uso de una tecnología de remediación depende, además de los factores específicos del sitio y de las propiedades fisicoquímicas del contaminante, de su disponibilidad, de la fiabilidad demostrada i proyectada, de su estado de desarrollo (laboratorio, escala piloto o gran escala) y de su costo (Sellers, 1999)

El término biorremediación se utiliza para describir una variedad de sistemas que utilizan organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc.) para degradar, transformar o remover compuestos orgánicos tóxicos a productos metabólicos inocuos o menos tóxicos. Esta estrategia biológica depende de las actividades catabólicas de los organismos, y por consiguiente de su capacidad para utilizar los contaminantes como fuente de alimento y energía (Van Deuren *et al.* 1997).

De acuerdo a Volke y Velasco, 2002, puede decirse que la selección de una tecnología de remediación para un suelo con características particulares, contaminado con uno o más contaminantes en particular, básicamente depende de los siguientes criterios:

- Características ambientales, geográficas, demográficas, hidrológicas y ecológicas del sitio.
- Tipo de contaminante (orgánico o inorgánico), concentración y características fisicoquímicas.
- Propiedades fisicoquímicas y tipo de suelo a tratar.
- Costo de las posibilidades tecnológicas a aplicar.

Cuando se toma la decisión de limpiar una extensión de terreno que se contaminó, lo primero que debe hacerse es conocer la magnitud de la contaminación y para esto hay un procedimiento que se llama “Caracterización del sitio contaminado” y después se propone una técnica de remediación (así se llama al termino para limpiar suelos contaminados en México). Una de las técnicas para limpiar los suelos contaminados es la biorremediación (Iturbide, 2010).



## PRÁCTICA 1: MUESTREO DE AGUAS Y SUELOS, Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

### Introducción

Contaminación del agua es un concepto poco preciso que no nos dice nada del tipo de material contaminante ni de su fuente. El modo de atacar el problema de los residuos depende de si los contaminantes demandan oxígeno, favorecen el crecimiento de algas, son infecciosos, tóxicos o simplemente de aspecto desagradable. La contaminación de nuestros recursos hidráulicos puede ser consecuencia directa del desagüe de aguas municipales o de descargas industriales (fuentes puntuales), o indirecta de la contaminación del aire o de desagües agrícolas o urbanos (fuentes no puntuales). Las aguas residuales municipales, también llamadas "aguas negras", son una mezcla compleja que contiene agua (por lo general más del 99%) mezclada con contaminantes orgánicos e inorgánicos tanto en suspensión como disueltos.

Cuando se pretende el reconocimiento de suelos para su clasificación, el objetivo del muestreo es localizar una zona en la que se observará el perfil del suelo y la presencia de horizontes del mismo, describiéndose en el campo las características morfológicas de cada horizonte (espesor, color estructura, consistencia, presencia de elementos gruesos, reacción, actividad radicular, etc.). Cuando se pretende realizar recomendaciones sobre el uso y manejo del suelo, la información más relevante se encuentra en la zona superficial del suelo (más afectadas por las actividades agrícolas). Como las propiedades del suelo varían en el espacio, una única muestra no es representativa de toda la parcela. Para obviar el problema de la variabilidad espacial, se toman varias muestras, se mezclan y homogeniza con el fin de obtener una única muestra representativa de toda la parcela. A esta muestra se la denomina muestra compuesta o muestra media.

### Revisión de literatura

El suelo constituye un recurso natural que desempeña diversas funciones en la superficie de la tierra, proporcionando un soporte mecánico así como nutrientes para el crecimiento de las plantas y micro organismos. La matriz del suelo está formada por cinco componentes principales: minerales, aire, agua, materia orgánica y organismos vivos. Los materiales minerales son los principales componentes estructurales y constituyen más del 50% del volumen del suelo. El aire y el agua juntos ocupan el volumen de los espacios, y usualmente conforman de 25% a 50% del volumen total. La proporción relativa de aire/ agua fluctúa considerablemente con el contenido de la humedad del suelo. El material orgánico ocupa entre el 3% y 6% del volumen promedio, mientras que los organismos vivos constituyen menos del 1 % (Eweis, et al. 1998).

Hay muchas formas de contaminar los suelos y los acuíferos. Por ejemplo, si el drenaje que lleva el agua sucia de nuestras casas tiene fugas, el agua sucia se va a ir hacia abajo,



hacia el subsuelo, y puede llegar al acuífero y contaminarlo. Los plaguicidas que se usan en el campo para eliminar la fauna nociva de los cultivos están hechos con compuestos químicos que en su mayoría son tóxicos y se deben usar sólo en las dosis requeridas. Pero, por lo general, se aplican en cantidades mayores que las requeridas y entonces, al regar los cultivos, estos químicos ingresan al suelo, al subsuelo y pueden llegar al acuífero. Lo mismo sucede con los fertilizantes, que aunque son buenos para estimular el crecimiento de los cultivos, están hechos con nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos que también pueden contaminar los suelos si se aplican en cantidades mayores de lo necesario. Las industrias utilizan gran cantidad de compuestos químicos, metales, plásticos, disolventes, etc. Cuando las industrias no trabajan adecuadamente o tienen accidentes, pueden tener derrames de alguna de estas sustancias que van directamente a contaminar el suelo (Iturbide, 2010).

En la actualidad, el monitoreo ambiental recurre a una terna de técnicas de diagnóstico, complementarias entre sí, que se indican a continuación: a) monitoreo de efectos biológicos con ensayos de toxicidad, b) monitoreo biológico de campo, y c) medición de parámetros químicos convencionales en descargas y cuerpos receptores. Los niveles guía de calidad ambiental representan concentraciones máximas permitidas en el ambiente de sustancias individuales a las cuales se considera la inexistencia de efectos adversos significativos. Estos niveles pueden ser utilizados para determinar estándares (límites legales) u objetivos que pueden ser medidos o evaluados en el ambiente. El monitoreo es retrospectivo, pero los niveles guía pueden ser utilizados de manera predictiva, preventiva o reglamentaria (Castillo, 2004).

#### **PRACTICA 1a. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL**



## Compuestos orgánicos biodegradables

### Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO

Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas y aguas residuales es el ensayo de DBO a cinco días. Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica

biodegradable, bajo condiciones aerobias, en un período de 5 días y a 20 °C. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a 5 días representa en promedio un 65 a 70 % del total de la materia orgánica oxidable. Para las aguas residuales la DBO representa aproximadamente las dos terceras partes de la demanda que sería ejercida si se oxidara toda la materia orgánica por vía biológica. El ensayo de DBO es un proceso de oxidación húmeda en la cual los microorganismos son el medio para oxidar la materia orgánica en dióxido de carbono y agua.

Es posible interpretar los valores de DBO en términos de materia orgánica mediante relaciones cuantitativas que expresan matemáticamente la relación entre la concentración de materia orgánica y la cantidad de oxígeno requerido para convertirla en dióxido de carbono, agua y amoníaco. En la realización de la prueba deben considerarse dos aspectos importantes: primero, el agua puede tener un inóculo adecuado de bacterias, pero si se trata de agua residual industrial poco cargada de bacterias, habrá que añadir un inóculo. El segundo, la solubilidad del oxígeno en el agua es muy limitada, por lo que para valores altos de DBO deben hacerse diluciones. El agua de dilución se prepara conteniendo los nutrientes necesarios para la actividad biológica, además se airea para saturarla de oxígeno, antes de mezclarla con el agua residual.

### Materiales y métodos

#### Cristalería

- Frascos Winkler (4)
- Pipetas (8)
- Bureta y soporte universal
- Probetas
- Matraces Erlenmeyer Reactivos
- Agua de dilución - Agua destilada - Sulfato de Magnesio - Cloruro Férrico - Cloruro de Calcio - Solución amortiguadora
- Sulfato Manganoso
- Alkali - Yoduro - Nitruro
- Ácido Sulfúrico concentrado
- Tiosulfato de Sodio (0.025 N)



- Almidón

### Equipo

- Bomba de vacío y presión
- Incubadora
- Parrilla agitadora

### Procedimiento

La  $DBO_5$  se obtiene como el cociente de la diferencia de oxígeno disuelto en el agua de muestra en el primer día ( $OD_{inicial}$ ) menos el oxígeno disuelto al quinto día ( $OD_{final}$ ), sobre el porcentaje de dilución (en forma decimal) al cual se realiza la prueba.

$$DBO_5 = (OD_{inicial} - OD_{final}) / \% \text{ de dilución}$$

Para la preparación del agua de dilución se requiere airearla hasta la saturación y agregar 1 ml de cada uno de los nutrientes por cada litro de agua de dilución. En esta práctica se realizará la prueba de  $DBO$  para 2 diluciones. Por lo tanto, se requiere preparar 2 litros de agua de dilución.

Para preparar 2 litros de agua de dilución:

1. Aforar 2 litros de agua destilada, colocar en un recipiente y agregar:

- 2 ml de solución amortiguadora.
- 2ml de Sulfato de Magnesio
- 2ml de Cloruro de Calcio
- 2ml de Cloruro Férrico.

2. Mezclar perfectamente.

3. Instalar el aireador en el recipiente que contiene el agua destilada con nutrientes. Se recomienda usar dos diluciones diferentes, para prepararlas seguir el procedimiento que se indica a continuación:

4. Con ayuda de una probeta, agregar las cantidades correspondientes según sea el caso:

Dilución al 0.5%	Dilución al 1%	Dilución al 5%
5 ml de agua de muestra	10 ml de agua de muestra	50 ml de agua de muestra
995 ml de agua de dilución	990 ml de agua de dilución	950 ml de agua de dilución

5. Llenar 2 frascos Winkler de 300ml con cada una de las diferentes diluciones, rotular (con fecha y %de dilución)

6. Guardar un frasco de cada dilución en la incubadora a  $20^{\circ}C$ , para su análisis posterior.

7. Con los 2 frascos Winkler restantes se determinará el oxígeno disuelto inicial.

8. Con ayuda de una pipeta graduada, agregar a cada frasco Winkler:



- 2ml de Sulfato Manganoso
- 2ml de Alcali-Yoduro-Nitruro

9. Tapar el frasco, verter el excedente y mezclar invirtiéndolo 15 veces. Se formará un precipitado blanco indica ausencia de oxígeno Precipitado café o amarillo indica presencia de oxígeno

10. Esperar a que sedimente el precipitado hasta el hombro de la botella, y vuelva a mezclar nuevamente.

11. Añadir 2ml de Ácido Sulfúrico 0.2N tapar y mezclar. El precipitado se disolverá y el oxígeno quedará fijado.

12. Con ayuda de una probeta medir 200 ml de la muestra y colocarlos en un matraz Erlenmeyer.

13. Agregar 2 gotas de Almidón que actuará como indicador.

14. Llenar una bureta con Tiosulfato de Sodio 0.025N hasta la marca de cero.

15. Colocar el matraz en el agitador (debajo de la bureta) y añadir una pastilla agitadora y encender el agitador.

16. Dosificar el Tiosulfato de Sodio hasta que la muestra regrese al color original, (frasco Winkler), cuantificar la cantidad necesaria de Tiosulfato para el cambio de color.

La cantidad en ml de Tiosulfato utilizado corresponde directamente a los mg/l de oxígeno disuelto en dicha muestra.

El valor obtenido con este procedimiento corresponde al valor de OD inicial, repetir este procedimiento a los 5 días de incubación de las muestras para obtener el valor de OD final. En caso de realizar la prueba para otro periodo de incubación hay que corregir éste valor y transformarlo a  $DBO_{5,20}$ . Si se tiene un valor determinado de DBO para un tiempo de incubación  $t$  y una temperatura  $T$ , hay que obtener la DBO última ( $L$ ).

$$L = DBO_{t,T} / (1 - e^{-k(T)t})$$

A partir de la DBO última ( $L$ ) se puede obtener el valor de  $DBO_{t,T}$  (a cualquier tiempo y temperatura de incubación).

$$DBO_{t,T} = L(1 - e^{-k(T)t})$$

Para el caso particular de  $DBO_{5,20}$  se tiene:

$$DBO_{5,20} = L(1 - e^{-k(20)5})$$

## 1.2 Sólidos

Incluye toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde agua potable, aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales, incluyendo los lodos producidos en los procesos de tratamiento.



### **Sólidos Totales**

Se define como sólidos totales a la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluyen material disuelto y no disuelto. Para su determinación, la muestra se evapora en una cápsula a peso constante previamente pesada, sobre un baño María, y luego se seca a 103 – 105 °C en un horno. El incremento de peso, sobre el peso inicial dividido entre el volumen de la muestra, representa el contenido de sólidos totales en mg/l.

### **Sólidos Disueltos**

También llamados residuo filtrable, son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos suspendidos y los sólidos totales. Si la determinación es directa, se filtra la muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch; el filtrado se evapora en una cápsula de peso conocido sobre un baño María y el residuo de la evaporación se seca a 103 – 105°C. El incremento de peso sobre el de la cápsula vacía dividido entre el volumen de muestra, representa los sólidos disueltos o residuo filtrable en mg/l.

### **Sólidos Suspendidos**

También denominados residuo no filtrable o material no disuelto, son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a 103 – 105°C; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos o residuo no filtrable.

### **Sólidos Sedimentables**

Ésta denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentan, bajo condiciones tranquilas, por acción de la gravedad. La determinación se hace llenando un cono Imhoff de un litro y midiendo el volumen de material sedimentado en el cono al cabo de una hora, en ml/l. La determinación de sólidos sedimentables es básica para el diseño de tanques de sedimentación, y en la operación para cuantificar su eficiencia.

### **Sólidos Fijos y Sólidos Volátiles**

En aguas residuales y lodos, se acostumbra hacer esta determinación con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. El procedimiento estándar consiste en someter las cápsulas que contienen los sólidos totales se calcinan en una mufla a una temperatura de 550°C, durante una hora. La pérdida de peso se registra como mg/l de sólidos volátiles y el residuo como mg/l de sólidos fijos. El contenido de sólidos volátiles se interpreta en términos de materia orgánica, teniendo en cuenta que a 550°C la materia orgánica se oxida formando CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O que se volatilizan.



Si consideramos un promedio de 500 g de sólidos totales de una muestra de agua residual, la mitad serían sólidos disueltos tales como calcio, sodio y compuestos orgánicos solubles. Los 250 g restantes serían insolubles. La fracción insoluble consiste en aproximadamente 125 g de material que puede sedimentarse en 30 minutos si se deja el agua en reposo. Los 125 g restantes permanecerán en suspensión por largo tiempo.

### Temperatura

La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, muchos fenómenos que ocurren en el agua se relacionan con la temperatura, por ejemplo: el grado de saturación de OD y la actividad biológica. La temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo. Normalmente, la determinación de la temperatura se hace con un termómetro de mercurio de buena calidad. El termómetro debe sumergirse en el agua, preferiblemente con el agua en movimiento, y la lectura debe hacerse después de la estabilización del nivel del mercurio.

### Conductividad

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para trasportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de aguas para obtener una estimación rápida del contenido de sólidos disueltos.

La forma más usual de medir la conductividad del agua es mediante instrumentos comerciales de lectura directa en  $\mu\text{mho/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$  con un error menor del 1%. La conductividad leída es igual a la conductividad eléctrica de la muestra medida entre caras opuestas de un cubo de 1 cm, como se muestra en seguida. La resistencia específica de un conductor es función de sus dimensiones y puede expresarse como:

$$C = RA / L$$

donde:

C = resistencia específica [ohmio x cm]

R = resistencia [ohmio]

A = área de la sección transversal del conductor [ $\text{cm}^2$ ]

L = longitud del conductor [cm] La conductancia específica de un conductor es igual al inverso de su resistencia específica:

$$K = 1/C = L / RA$$

Donde

K = conductancia específica [ $\text{mho/cm}$ ]



En otras palabras, la conductancia específica, es la conductancia de un conductor de 1 cm de longitud y una sección transversal de 1 cm<sup>2</sup>, por lo tanto, numéricamente es igual a la conductividad. Como en el agua dulce el valor de la conductividad es muy pequeño, se expresa en  $\mu\text{mho/cm}$  o en unidades del sistema internacional  $\mu\text{siemens/cm}$

1 mho = 1 siemens

Material, Equipo y Reactivos

Cristalería

- Conos Imhoff (3)
- Cápsulas de porcelana
- Desecador

Equipo

- Conductímetro
- Horno
- Muffa
- Balanza analítica

### Procedimiento

#### Conductividad, temperatura y sólidos disueltos

El conductímetro determina directamente los parámetros de: conductividad eléctrica, temperatura y sólidos disueltos; éste es un aparato electrónico que al introducir su electrodo en la muestra nos proporciona directamente las lecturas de dichos parámetros con solo accionar el botón correspondiente a ellos, mostrando en una pantalla digital los valores con sus unidades.

17. Introduzca el electrodo del conductímetro dentro de la muestra y haga las lecturas correspondientes de: temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos y registre los valores en las unidades adecuadas. Enjuague el electrodo con agua destilada al finalizar cada una de las pruebas. Sólidos sedimentables, totales, fijos y volátiles.

18. Colocar un litro de agua residual, previamente agitada, en cada uno de los 3 conos denominados Imhoff. Los cuales cuentan con una graduación en su parte inferior en ml/l.

19. Esperar 45 minutos a que los sólidos presentes en la muestra se sedimenten.

20. Al cumplirse el tiempo golpear las paredes de los conos propiciando la precipitación de los sedimentos adheridos a las paredes de los mismos, esperar 15 minutos más.

21. Medir en la parte inferior de los conos la cantidad de sólidos en ml/l.

22. Realizar un promedio entre las tres lecturas de los conos, informar el resultado de sólidos sedimentables en ml/l.

23. Poner una cápsula de porcelana a peso constante, registrar su peso ( $W_0$ ) con la balanza analítica y añadir 20 ml de agua de muestra.



24. Colocar la cápsula en baño María, para que el calor evapore el agua de muestra dejando únicamente los sólidos contenidos en el agua, esto tardará aproximadamente 1 hora.

25. Una vez seca la cápsula de porcelana, introducirla dentro del horno durante una hora a 103 °C, para que pierda totalmente la humedad que se encuentra en el recipiente.

26. Volver a pesar la cápsula en la balanza analítica ( $W_1$ ), y de la diferencia de pesos final e inicial, dividida entre el volumen de la muestra analizada, obtener los sólidos totales en mg/l, registrar el resultado.

$$S_T = (W_1 - W_0) / V$$

27. Poner la cápsula de porcelana usada en los numerales del 23 al 26 dentro de la mufla, a 550 °C durante 1 hora. Dejar enfriar por 15 minutos en un desecador.

28. Pesarse la cápsula, en la balanza analítica ( $W_2$ ), y de la diferencia de peso entre  $W_2$  menos  $W_0$  se obtiene el parámetro de sólidos fijos. Los sólidos volátiles se obtienen directamente de la diferencia de  $W_1$  menos  $W_2$  dividido entre el volumen empleado.

$$S_F = (W_2 - W_0) / V$$

$$S_V = (W_1 - W_2) / V$$

$$S_T = (W_F - W_V) / V$$

#### PRACTICA 1b. MUESTREO SUELO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.



### **Materiales y métodos**

Pala o azadón Bolsas de plástico resistente de 2 Kg

Malla de 5 mm de tamaño de poro

Periódico

Crisoles de porcelana

Balanza analítica

Estufa de desecación

2 portaobjetos

Solución de HCl al 10%

Solución de peróxido de hidrógeno al 30%

### **Desarrollo experimental**

#### **Toma de muestras**

a) La toma de muestras de suelo deben efectuarse de acuerdo con un método normalizado, teniendo en cuenta las características del terreno. Por medio de una pala o azadón, se cava un hoyo, en forma de v, de unos 20 cm de profundidad, se corta una rebanada de uno de los lados y la parte central de la rebanada se pasa a la bolsa, despreciando los bordes.

Cualquiera que sea el medio utilizado, se repite la misma operación unas veinte veces, poniendo todas las sub muestras así tomadas en un saco de tela o en bolsa o cubeta de plástico, hasta completar unos 2 Kg. de suelo. Estas tomas de sub muestras se efectuarán recorriendo la parcela en zigzag.

b) Realizar el croquis del lugar de muestreo anotando los siguientes datos:

- Fecha de muestreo
- Tipo de muestreo
- Profundidad de muestreo
- Uso de suelo
- Tipo de flora y fauna
- Fotografía del lugar
- Autores del muestreo

**Análisis cualitativo de materia orgánica y carbonatos.**



En dos portaobjetos limpios y secos, coloca una muestra de suelo, en uno de ellos adicionar unas gotas de HCl al 10%. En la otra muestra adicionar unas gotas de peróxido de hidrógeno. En cada caso observar con cuidado si hay formación de pequeñas burbujas, ¿la formación es escasa o abundante? Explicar que sucede en cada caso.

### Preparación de las muestras para el análisis

#### Secado al aire

Antes de proceder a los análisis, la muestra de suelo debe ser secada al aire a temperatura ambiente durante un mínimo de veinticuatro horas, ya que en el campo los suelos poseen grados muy diferentes de humedad. Los resultados analíticos se refieren al peso de la muestra secada al aire. Todas las muestras serán tamizadas a través de una malla de 5 mm de tamaño de partícula (las muestras no deben ser secadas al sol).

La determinación de ión ferroso intercambiable, potasio intercambiable, fósforo extraíble con soluciones ácidas y fracciones orgánicas de nitrógeno (amonio intercambiables, nitratos y nitritos) deben realizarse utilizando muestras húmedas, inmediatamente después de tomarlas, debido a las rápidas transformaciones que sufren estos iones por efecto de los microorganismos y de las variaciones de temperatura, aireación o humedad; de lo contrario deberán guardarse en el refrigerador a 4°C.

#### Determinación de humedad

En estos casos se determina la humedad en otra sub muestra. Generalmente se seca a 100 – 110 °C, expresando los resultados en forma de porcentajes, respecto al peso del suelo desecada en esta forma.

- Pesar 25 g de suelo seco al aire en un crisol de porcelana o charola de aluminio
- Colocar la muestra en la estufa a temperatura 100-110°C durante mínimo 24 h.
- Sacar la muestra de la estufa y colocarla en un desecador hasta que alcance la temperatura ambiente.
- Pesar la muestra y anotar el peso de suelo seco en la estufa.
- Calcular el porcentaje de humedad

$$(fh) = (msa / mse) \times 100$$

Donde:

mse= masa de suelo secado en estufa a 100°C

msa= masa de suelo secado al aire



4.2.1 Si la muestra esta seca guardarla en bolsa de plástico perfectamente etiquetada, para realizar los análisis durante todo el semestre. Si la muestra es húmeda deberá guardarse en refrigeración a 4°C y secarse al aire lo más pronto posible.

### Resultados y discusión

Reportar todos los datos que haya anotado a la hora de tomar la muestra Anexar Croquis y fotografía del lugar de muestreo anotando los siguientes datos: Fecha de muestreo, Tipo de muestreo, Profundidad de muestreo, Uso de suelo, Tipo de flora y fauna, y Autores del muestreo. Para el croquis auxiliarse con el programa satelital "google earth"

### Conclusiones

### Evaluación

Normas de evaluación:

- La calificación mínima es 8.0
- La práctica se envía para su evaluación por correo electrónico a [kabdul@colpos.mx](mailto:kabdul@colpos.mx), anexando documentos de trabajo y bases de datos correspondientes.
- Todas las prácticas cuentan con el mismo valor proporcional para la obtención de la calificación final de prácticas del curso.

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Volke, T. S. y T. J.A. Velasco. 2002. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Instituto Nacional de Tecnología (INE-SEMARNAT), México, DF, 62 pp.

Sellers, K. 1999. Fundamentals of hazardous waste site remediation. Lewis Publishers. 326 pp.

Van Deuren, J., Z. Wang, Z. Y J. Ledbetter. 1997. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide. Third edition. Technology Innovation Office, EPA. <http://www.epa.gov/tio/remed.htm>.

Iturbide, A.R. 2010. ¿Qué es la biorremediación?. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciencia de boleto, No. 21. 22 pp.

Eweis, J.B., S.J. Ergas, D.P. Chang y E.D. Schroeder. 1998. Biorremediation Principles. McGraw-Hill International Editions. 296 pp.

Castillo, G. 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Centro Internacional de



**BIORREMEDIACION DE SUELOS Y AGUAS  
MANUAL DE PRACTICAS**

Investigaciones para el Desarrollo e Instituto Mexicano de Tecnología del agua,  
México-Canadá. 179 pp.

**PRÁCTICA 2. PREPARACIÓN DE MATERIAL PARA EL  
ESTABLECIMIENTO DE UN BIOENSAYO CON SUELOS CONTAMINADOS  
(REALIZADA EN VARIAS SESIONES)**



## PROTOCOLO

### Introducción

Las plantas son esenciales en los ecosistemas porque son las responsables de transformar la energía solar en energía química, al tiempo que absorben dióxido de carbono. De esta manera proveen de alimento y oxígeno al resto de los organismos. Además, las plantas son uno de los componentes más importantes de los ecosistemas terrestres porque proporcionan refugio y sitio de anidamiento para numerosos organismos, y participan de forma primordial en el reciclaje de nutrientes y en la estabilización de los suelos (Wang y Freemark, 1995).

Un aspecto de gran importancia a tener en cuenta en los ensayos biológicos es el traslado, la conservación, la preparación de las muestras de agua y el tratamiento durante el ensayo, especialmente cuando se realizan pruebas con aguas y aguas residuales que contengan compuestos inestables o fácilmente removibles (Castillo, 2004). Consideraciones asociadas con el manejo de problemas que surjan de la naturaleza y disponibilidad de los compuestos en la muestra, y de la conveniencia del diseño de ensayo seleccionado son fundamentales para una correcta evaluación de los efectos de compuestos tóxicos presentes (ISO 5667-16).

### Revisión de literatura

Previo a la implementación de la prueba es recomendable verificar que cada lote nuevo de semillas que se utilice tenga un porcentaje de germinación superior al 90%, sincronización en la germinación y baja variabilidad de la elongación de la radícula e hipocotilo ( $CV < 30\%$ ). Es necesario, además, caracterizar las condiciones de germinación del lote de semillas evaluando la respuesta frente a la luz (fotoblastismo positivo o negativo: germinación en presencia o ausencia de luz, respectivamente) y la temperatura óptima de germinación (Castillo, 2004).

Comparado con los árboles y arbustos, las plantas herbáceas, especialmente los pastos, tienen características de rápido crecimiento, cualidad que las hace excelentes organismos de prueba para la evaluación de los parámetros biométricos, asimismo pueden ser utilizados como puntos finales de respuesta tóxica (ISO 11269-1, 1994).

La cuenta viable de microorganismos del suelo puede realizarse por la técnica de cuenta en placa o la técnica del número más probable (NMP). Los principios fundamentales de estas técnicas son (1) dispersión de una muestra en un diluyente apropiado (solución fisiológica), (2) distribución de una alícuota a un medio apropiado de crecimiento, (3) incubación bajo condiciones óptimas, y (4) conteo de las colonias desarrolladas o lectura de tubos NMP (Germida, 1993).

Existen diferentes técnicas para determinar el número de microorganismos en suelos o aguas, tanto directas como indirectas. Para la determinación de microorganismos heterótrofos totales e hidrocarbonoclastas aerobios, se seleccionó la cuenta microbiana



por dilución en placa. Es una técnica indirecta de cuantificación; sin embargo, provee una medición de la viabilidad microbiana, permite determinar indirectamente el potencial de biodegradación en un suelo contaminado, es la más adecuada para medios con hidrocarburos como sustrato, es rápida de efectuar y no requiere de mucho material (Lorch et al., 1995; Bossert y Kosson, 1997).

#### **PRACTICA 2.A. PRUEBA DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS**



Este bioensayo es una prueba aguda, con exposición a 14 días, en la que se exponen las semillas a varias diluciones de los extractos del suelo problema, y posteriormente se mide la inhibición de la germinación y del crecimiento temprano de las plántulas.

### Materiales y métodos

- Cajas de Petri
- Contenedores de vidrio Pyrex de 150 x 75 mm
- Vasos de precipitados Pyrex de 125 y 300 mL
- Matraz Soxhlet
- Matraz volumétrico de 100 mL
- Papel filtro del No. 1 o 40
- Pipeta graduada de 10 mL
- Regla graduada o vernier
- Matraz aforado de 500 mL
- Balanza analítica
- Cámara oscura con temperatura controlada Horno
- Ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) con pureza > 98 %, de preferencia 99.5 %
- Agua destilada
- 2,3,5-cloruro de trifeniltetrazolio con pureza > 98 %
- Diclorometano grado HPLC
- Hipoclorito de sodio ( $NaClO$ ) al 5 % o blanqueador comercial
- Sulfato de sodio anhidro ( $NaSO_4$ ) grado analítico

### Soluciones

- Solución de cloruro de trifeniltetrazolio al 1 %. Pesar 10 g de 2,3,5-cloruro de trifeniltetrazolio y depositar en matraz aforado de 1000 mL, aforando y mezclando suavemente con agua destilada. El pH debe estar entre 6 y 8.
- Solución de hipoclorito de sodio al 5 %. En un matraz aforado de 500 mL, adicionar 25 mL de  $NaClO$  y aforar con agua destilada, agitando lentamente. Se puede utilizar blanqueador comercial, que contiene comúnmente 6 % de hipoclorito.
- Solución de ácido bórico. Pesar 25 g de  $H_3BO_3$ , depositar en un matraz y aforar a 1 litro con agua desionizada.

### Procedimiento

#### Prueba de viabilidad



Antes de realizar los bioensayos de toxicidad, se deberá determinar la viabilidad de las semillas mediante el método químico de cloruro de trifeniltetrazolio (Moore, 1985) modificado. Este método, también llamado prueba rápida de germinación, consiste en probar en un periodo de 24 a 48 h la capacidad de germinación de un lote (más una réplica) de 50 semillas tomadas al azar.

Esta prueba se basa en la actividad de las enzimas deshidrogenasas, particularmente las deshidrogenasas del ácido málico, que reduce la sal de tetrazolio en los tejidos vivos de las semillas. En esta reacción los iones  $H^+$  son transferidos a la referida sal. Cuando la semilla se sumerge en la solución de cloruro de trifeniltetrazolio, ocurre la reacción de reducción en las células vivas y se forma un compuesto de color rojo (trifenilformazán) que indica la presencia de actividad respiratoria en las mitocondrias y, consecuentemente, que el tejido es viable. Los tejidos muertos (no viables) no reaccionan con la solución y conservan su color natural (Russi *et al.*, 2007).

Para llevar a cabo la prueba de viabilidad se siguen los pasos que a continuación se describen:

1. Se remojan 50 semillas de la especie seleccionada en agua destilada o en papel filtro humedecido con agua destilada durante 4 a 18 h a temperatura ambiente.
2. Si se usan semillas grandes, como las del maíz, estas se tiñen en un vaso de precipitados de 250 mL adicionando aproximadamente de 150 a 200 mL de la solución de cloruro de trifeniltetrazolio. Si son semillas más pequeñas, como las de tomate, se utiliza un vaso de precipitado de 125 mL y se adicionan de 80 a 100 mL de la misma solución. Se dejan reposar 2 h si son semillas pequeñas y hasta 24 h si son semillas grandes (tabla 3.1) a una temperatura de 30 °C en la oscuridad (Moreno, 1984; Moore, 1985).
3. Se lavan las semillas con agua corriente bajo un flujo reducido y posteriormente se observa el cambio de coloración en el embrión.

### Resultados y discusión

Cálculos:

Una vez que los datos han sido registrados, se realizan los siguientes cálculos:

- El porcentaje de viabilidad de cada especie seleccionada.
- El porcentaje de las semillas germinadas en cada especie.
- El promedio, la desviación estándar y el porcentaje de producción de biomasa y de elongación de la radícula y el hipocótilo de las plántulas de cada especie seleccionada.



**Conclusiones**

**PRÁCTICA 2B. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

**OBJ:**

**Materiales y métodos**



- 24 Tubos de vidrio de 15 ml para cultivo con 9 ml de solución salina 0.85% estéril.
- 24 Matraz Erlenmeyer con tapa con 99 ml de solución salina 0.85% estéril.
- 24 Pipetas de 1 ml y de 0.2 ml, estériles.
- 24 Vórtex.
- 24 Balanza.
- 24 Espátulas.
- 24 Campana de flujo laminar o área estéril. 24
- Cajas de Petri con medio de cultivo-agar. 24
- Varilla de vidrio.
- 24 Muestra de suelo o agua.
- 24 Incubadora.
- 24 Papel aluminio esteral.

### Soluciones y reactivos

1) Solución salina 0.85% estéril.

Adicionar 8.5 g de cloruro de sodio (NaCl) en 1 L de agua destilada.

2) Cajas de Petri con medio de cultivo adecuado para el crecimiento.

3) Etanol (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH).

### Procedimiento

1) En condiciones estériles (trabajar en campana de flujo laminar), adicionar 1 g del suelo a una botella de dilución o matraz con tapa de rosca con 99 ml de solución salina isotónica estéril. Dispersar el suelo y homogeneizar con agitación vigorosa en vórtex.

2) Tomar 1 ml y transferirlo a un tubo con 9 ml de solución salina estéril (dilución 10<sup>-3</sup>). De ahí se hacen diluciones sucesivas hasta completar diluciones decimales hasta 10<sup>-10</sup> o las adecuadas, asegurándose de utilizar una punta o pipeta estéril diferente en cada paso. Agitar de forma constante con vórtex en cada paso.

3) Tomar 0.1 ml de la dilución seleccionada y colocarla en el centro de la superficie del medio de cultivo seleccionado para el crecimiento. Realizar esto por triplicado y con tres diluciones próximas (ej. 10<sup>-3</sup>, 10<sup>-4</sup> y 10<sup>-5</sup>) para asegurar la cuenta.

4) Extender la alícuota en la superficie de la placa con una varilla de vidrio previamente esterilizada (inmersa en alcohol y pasándola por la flama del mechero permitiendo su enfriamiento). Asegurar una distribución homogénea por toda la superficie del medio.

5) Incubar las placas de forma invertida a 30 C en ausencia de luz.

6) Después de un periodo de incubación (de 3 a 7 días, dependiendo del tipo de microorganismo), contar el número de colonias y reportar como unidades formadoras de colonias (UFC)/ g de suelo seco.

### Resultados y discusión



Cálculos:

- 1) Contar sólo aquellas cajas (diluciones) que contengan de 30 a 300 colonias.
- 2) Con la siguiente ecuación calcular las UFC/g s.s.  $UFC/g \text{ s.s.} = (NC * 1/FD * 1/ V) / (P * FH)$ .

Donde:

UFC/ g s. s. = unidades formadoras de colonias / g de suelo seco.

NC = número de colonias en una caja.

FD = factor de dilución que corresponde a la dilución de donde se tomó la muestra con la que se inocula la caja (10<sup>-2</sup> a 10<sup>-10</sup>). V= volumen inoculado en la caja = 0.1 ml.

P = peso de la muestra húmeda = 1 g.

FH = factor de corrección de humedad (1-(%humedad/100)).

### Conclusiones

### Evaluación

Normas de evaluación:

- La calificación final de la práctica 2 se compone por el conjunto de las prácticas 2A y 2B.
- La calificación mínima es 8.0
- La práctica se envía para su evaluación por correo electrónico a [kabdul@colpos.mx](mailto:kabdul@colpos.mx), anexando documentos de trabajo y bases de datos correspondientes.
- Todas las prácticas cuentan con el mismo valor proporcional para la obtención de la calificación final de prácticas del curso.

### BIBLIOGRAFIA

Castillo, G. 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo e Instituto Mexicano de Tecnología del agua, México-Canadá. 179 pp.

ISO 5667-16:1998, *Water Quality-Sampling-Part 16: Guidance on Biotesting of Samples*.

ISO 11269-1.1994. Soil Quality Determination of the effects of pollutants on soil flora. Part 1. Method for the measurement of inhibition of root growth.



Lorch H. J., Benckieser G. and Ottow J. C. G. 1995. Basic methods for counting microorganisms in soil and water. In: Methods in applied soil microbiology and biochemistry. K. Alef and P. Nannipieri (Eds). Academia Press, pp.146-161.

Germida J. J. 1993. Cultural methods for soil microorganisms. In: Soil sampling and methods of analysis. M. R. Carter editor. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, pp. 263-275.

Bossert I. D. and Kosson D. S. 1997. Measurement of hydrocarbon degradation in soils. In: Manual of environmental microbiology. C. J. Hurst, G. R. Knudsen, M. J. McInerney, L. D. Stetzenbach, M. V. Walter (Eds). American Society for Microbiology Press, pp. 738-752.

Wang, W., Freemark, K. 1995. Use of plants for environmental monitoring and assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 30, 289-301.

Russi, D., Bartosik, R., Rodríguez, J. Peretti, A. 2007. Adaptación del test de tetrazolio para la detección rápida de daño en la calidad del trigo por altas temperaturas durante el secado. IX Congreso Argentino de Ingeniería Rural y I del MERCOSUR. Argentina.

Moore, R.P. 1985. *Handbook on Tetrazolium Testing*. International Seed Testing Association. Michigan, EUA.

Moreno, M. E. 1984. *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

**PRÁCTICA 3.TOMA DE DATOS DE UN BIOENSAYO CON SUELOS  
CONTAMINADO (REALIZADO EN VARIAS SESIONES)**



## PROTOCOLO

### Introducción

Los ensayos biológicos son herramientas de diagnóstico adecuadas para determinar el efecto de agentes físicos y químicos sobre organismos de prueba bajo condiciones experimentales específicas y controladas. Estos efectos pueden ser tanto de inhibición como de magnificación, evaluados por la reacción de los organismos, tales como muerte, crecimiento, proliferación, multiplicación, cambios morfológicos, fisiológicos o histológicos (Castillo, 2004).

La determinación de los índices de toxicidad en el medio ambiente requiere de la ejecución de experimentos encaminados a evaluar los efectos generados en la biodiversidad de los ecosistemas. Es necesario, una vez identificado el impacto ambiental, realizar una evaluación de su nivel de afectación en el medio ambiente (Ortuño et al, 2009).

Los microorganismos juegan un papel dual con relación a la actividad de los metales en el suelo, por una parte participan aumentando la concentración de ellos, debido al consumo de compuestos orgánicos que los contienen; por otra, reducen la actividad debido a que en su crecimiento poblacional los incorporan a su biomasa, aun cuando no sean esenciales para su desarrollo. De acuerdo con Kabata y Pendias (1986), esta inmovilización de metales es importante puesto que impide que las formas asimilables se incrementen substancialmente (Gardezí et al, 2006).

### Revisión de literatura

El empleo de un diseño experimental de bloques completamente al azar en arreglo factorial, por ejemplo, es de utilidad en el análisis estadístico, además de sus repeticiones correspondientes. La prueba de comparación de medias se puede realizar con el método de Tukey ( $P < 0.05$ ) (Gardezi et al, 2006).

De acuerdo a Ortuño (2009) los ensayos biológicos son herramientas de diagnóstico adecuadas para determinar el efecto de agentes físicos y químicos sobre organismos de prueba bajo condiciones experimentales específicas y controladas. Los propósitos de la realización de los bioensayos son:

- Evaluar la toxicidad química de los desechos industriales que afecten la vida acuática.
- Determinar los efectos de los contaminantes en organismos acuáticos dentro de su medio natural o en condiciones controladas de laboratorio.
- El laboratorio para ensayos biológicos deberá contar con equipamiento apropiado para realizar este tipo de pruebas. Dentro de los requerimientos



básicos y condiciones deseables para la realización de tareas, se considera imprescindible contar con:

- Abundante suministro de agua de calidad adecuada para cultivo, mantenimiento y realización de pruebas.
- Infraestructura de iluminación adecuada para los organismos, con áreas de trabajo y de mantenimiento de cultivos con temperatura ambiente estable de  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Los resultados de los bioensayos se refieren, en primer lugar, a los organismos usados en el ensayo y las condiciones estipuladas en el procedimiento de prueba. Un efecto nocivo evaluado por medio de ensayos biológicos normalizados puede indicar niveles de peligrosidad trasladables y asimilables a organismos que forman parte de los sistemas naturales y la biocenosis (Castillo, 2004).

### **Materiales y métodos**

Las variables de respuesta a emplear en el análisis estadístico corresponden a los efectos de los tratamientos en la especie de leguminosa empleada, además de los efectos en el suelo al inicio y fin de la aplicación de los mismos, es decir:

#### **En plantas:**

- Altura de la planta (cm)
- Diámetro del tallo (cm)
- Longitud radicular (cm)
- Volumen radicular (cm<sup>3</sup>)
- Biomasa total (g)
- Porcentaje de colonización radical

#### **En suelo:**

- Propiedades del suelo después de los tratamientos: características químicas (contenido de nutrientes) y características físicas (Temperatura, Humedad, pH)

### **Resultados y discusión**

#### **Conclusiones**

#### **Evaluación**



- La calificación mínima es 8.0
- La práctica se envía para su evaluación por correo electrónico a [kabdul@colpos.mx](mailto:kabdul@colpos.mx), anexando documentos de trabajo y bases de datos correspondientes.
- Todas las prácticas cuentan con el mismo valor proporcional para la obtención de la calificación final de prácticas del curso.

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Kabata-Pendias, A. y H. Pendias. 1992. Trace element in soils and plants. 2nd ed. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.

Gardezi, A.K., I. D. Barcelo-Quintal, V.M. Cetina-Alcalá, L.B. Anne, J. Pérez-Nieto y M. A. Borja-Salin. 2006. Absorción de cobre y características de *Leucaena leucocephala* asociada con *Glomus* spp. y *Rhizobium* en suelo contaminado del Río Lerma. Terra Latinoamericana, vol. 24, núm. 3, julio-septiembre, pp. 347-354.

Ortuño, L.B., R.E.U. Sosa, A.D.G. Giles. 2009. Ejecución de bioensayos y asistencia de estudios de impacto ambiental. Subsecretaría de Educación Media Superior, SEP. 120 pp.

Castillo, G. 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo e Instituto Mexicano de Tecnología del agua, México-Canadá. 179 pp.



## PRÁCTICA 4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE UN BIOENSAYO CON SUELOS CONTAMINADO (REALIZADA EN VARIAS SESIONES)

### PROTOCOLO

#### Introducción

Los bioensayos son por definición, pruebas en las que se usan organismos vivos para detectar o medir la presencia y efectos de una o más sustancias tóxicas, así como determinar el límite de tolerancia de dichas sustancias con respecto a los organismos (Ortuño et al, 2009). Para la elaboración de una prueba de toxicidad se deben seguir los principios básicos planteados para el diseño de experimentos. Esto implica un número razonable de repeticiones (dependiendo de la prueba), aleatorización de las dosis en las unidades experimentales y un control para lograr una estimación válida del error experimental (Castillo, 2004).

Sin embargo, algunos factores que afectan los bioensayos son nutrición, dinámica de la población, estrés por depredación, etc. Estas variables pueden ser controladas o eliminadas con las poblaciones de laboratorio. Sin embargo, el objetivo primordial de un bioensayo es reflejar la realidad de cómo afectaría a los organismos vivos en su medio natural y para ello es recomendable paralelamente investigar continuamente las comunidades en su propio hábitat (Ortuño et al, 2009).

#### Revisión de literatura

En México, se han establecido normas cuyos criterios permiten determinar los índices de toxicidad que se encuentren en el medio ambiente acuático y que ocasionan una afectación en la vida de los organismos a corto, largo y mediano plazo (Ortuño et al, 2009).

El uso de bioensayos para la evaluación de toxicidad de sustancias liberadas al medio ambiente, ha llevado a la utilización de organismos propios de los ambientes evaluados. Sin embargo, la variabilidad en la aplicación de las técnicas para el mantenimiento de organismos silvestres afecta la interpretación y comparación de los resultados entre laboratorios (Ortuño et al, 2009).

Desde el punto de vista estadístico, el tipo de variable generada por la respuesta influye en gran medida el tipo de análisis a aplicar sobre los datos. En este sentido, se pueden encontrar variables cualitativas (muerto-vivo, ausente-presente), cuantitativas discretas (núm. de muertos, % de muertos) y cuantitativas continuas (reducción del crecimiento en longitud o peso). En el caso de las variables cualitativas, debido a sus características, es muy difícil establecer relaciones cuantitativas con la dosis y, en general, se diseñan los experimentos de manera tal para evaluar respuestas cuantitativas. El principio básico en el diseño estadístico es la aleatorización, por ello los esfuerzos y el tiempo dedicados a cumplir con este principio producirán resultados más confiables y



reproducibles, ya que el concepto de muestra aleatoria es un requisito indispensable para la validez de cualquier prueba estadística (Castillo, 2004).

### **Materiales y métodos**

Se analizarán estadísticamente los resultados obtenidos en el experimento a fin de encontrar, si existe, la mejor combinación de factores que permita la posterior valoración económica del uso de una tecnología alternativa en la biorremediación de suelos, es decir, se usará el cálculo de ANOVA (Analysis of variance) y la prueba de comparación de medias para determinar las mejores combinaciones de factores empleados en los bioensayos interactúan en conjunto, mediante el uso del programa R version 3.3.0, 2016 (R, 2016) y SAS (SAS, 2016).

Se determinará estadísticamente la respuesta de las plántulas. Además, se evaluarán las propiedades del suelo después de los tratamientos.

### **Resultados y discusión**

### **Conclusiones**

### **Evaluación**

- La calificación mínima es 8.0
- La práctica se envía para su evaluación por correo electrónico a [kabdul@colpos.mx](mailto:kabdul@colpos.mx), anexando documentos de trabajo y bases de datos correspondientes.
- Todas las prácticas cuentan con el mismo valor proporcional para la obtención de la calificación final de prácticas del curso.

### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

SAS Studio University Edition © 2016 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. All rights reserved.

R version 3.3.0 (C) 2016 The R Foundation for Statistical Computing, Platform: x86\_64-apple-darwin13.4.0.

Ortuño, L.B., R.E.U. Sosa, A.D.G. Giles. 2009. Ejecución de bioensayos y asistencia de estudios de impacto ambiental. Subsecretaría de Educación Media Superior, SEP. 120 pp.

Castillo, G. 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Centro Internacional de



**BIORREMEDIACION DE SUELOS Y AGUAS  
MANUAL DE PRACTICAS**

Investigaciones para el Desarrollo e Instituto Mexicano de Tecnología del agua,  
México-Canadá. 179 pp.

**PRÁCTICA 5. VISITA A LA UNAM PARA OBSERVAR PROYECTOS DE  
BIORREMEDIACIÓN**



## PROTOCOLO

### Introducción

El incremento de la actividad industrial y el manejo inadecuado de residuos peligrosos ha ocasionado graves problemas de contaminación en suelos, cuerpos de agua y mantos freáticos tanto en México como en otras partes del mundo. Los metales más utilizados en la industria y por lo tanto asociados a graves problemas de contaminación son Cr, Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, y Zn. La toxicidad de estos metales depende tanto de su concentración como del estado de oxidación en el que se encuentren. Estas características en conjunto con el pH determinan su solubilidad y por lo tanto su movilidad en el ambiente. Cada metal tiene diferentes efectos tóxicos tanto en organismos eucariotas como procariotas. Las principales vías de toxicidad consisten en la competencia con los metales esenciales resultando en la alteración de funciones celulares, generación de estrés oxidativo, muta génesis, hiperacumulación y muerte celular (López, J.K, 2015).

La biorremediación puede emplear organismos propios del sitio contaminado (autónomos) o de otros sitios (exógenos), puede realizarse in situ es situ, en condiciones aerobias (en presencia de oxígeno) o anaerobias (sin oxígeno) (Eiwis et al, 1998). Aunque no todos los compuesto orgánicos son susceptibles a la biodegradación, los procesos de biorremediación se han usado con éxito para tratar suelos, lodos y sedimentos contaminados con hidrocarburos del petróleo (http), solventes (benceno y tolueno), explosivos (TNT), clorofenoles (PCP), pesticidas (2, 4-D), conservadores de madera (cresota), etc. (Van Deuren et al, 1997, Semple et al, 2001)

### Revisión de literatura

Saval reporta en 1998 que las tecnologías de biorremediación han surgido a nivel mundial como alternativa atractiva para el saneamiento de suelos y acuíferos contaminados, por ser económicos, limpias, afectivas y seguras. Los problemas de contaminación que en la actualidad se han hecho evidentes en México, ha promovido la llegada de gran variedad de ofertas de biorremediación de todo tipo, sin embargo, se percibe un vacío en su manejo y en el conocimiento de sus bondades y limitaciones.

Sin embargo, ante el aumento desenfrenado de la contaminación en nuestro planeta, y específicamente en nuestro país, la biorremediación se presenta como una alternativa a los métodos tradicionales de limpieza de residuos peligrosos persistentes en el medio ambiente al aprovechar la gran diversidad metabólica existente en microorganismos, plantas y hongos, la cual que se ve reflejada en los diversos tipos de alimentación, respiración y hábitat. Es por ello importante estudiar las causas y posibles soluciones desde un punto de vista biotecnológico que puedan tener un impacto en la recuperación de acuíferos y suelos (López, J.K, 2015).



En el mercado ambiental existen diversas tecnologías para la limpieza de suelos acuíferos y cuerpos de agua. La opción tecnológica más conveniente, se define de acuerdo a criterios técnicos establecidos para cada caso en particular. De las opciones tecnológicas de remediación que se han comprobado se pueden citar : biorremediación, extracción, fijación, incineración y filtración. No todas las tecnologías son aplicables a todos los casos, por lo que siempre se recomienda la realización de estudios de trazabilidad a nivel de laboratorio, con el fin de obtener información relacionada con su efectividad, su aplicación a gran escala en campo, la estrategia de operación, así como tiempo y costo de operación (Saval 1996).

### **Materiales y Métodos**

Esta práctica se realizará en una etapa:

1. Se realizará un recorrido por las diferentes instalaciones de la UNAM con presencia de las diferentes tecnologías de biorremediación, observando y describiendo los equipos y materiales empleados, así como la descripción de cada una de sus partes, realizando posteriormente los diagramas correspondientes. Además, se elaborará una encuesta que permita conocer la información más importante sobre los trabajos de biorremediación.

### **Resultados y discusión**

### **Conclusiones**

### **Evaluación**

- La calificación mínima es 8.0
- La práctica se envía para su evaluación por correo electrónico a [kabdul@colpos.mx](mailto:kabdul@colpos.mx), anexando documentos de trabajo y bases de datos correspondientes.
- Todas las prácticas cuentan con el mismo valor proporcional para la obtención de la calificación final de prácticas del curso.

### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

Semple, K.T., B.J. Reid y T.R. Fermor. 2001. Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environ Pollution* 112:269-283.

López, J.K. 2015. Cursos y tópicos : Semestre 2015-1. Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias bioquímicas. 6 pp.

Saval, B.S. 1997. La reparación del daño. Aspectos técnicos: Remediación y restauración. *Diario Oficial de la Federación, México*. Pág 209-235.



Saval, B.S. 1998. Situación actual y perspectivas de la Biorremediación de suelos y acuíferos en México. Instituto de Ingeniería Ambiental, UNAM, México. Pág. 72-76.

**PRÁCTICA 6. VISITA A LA CUENCA DEL RÍO TULANCINGO, HGO. PARA  
EL ANÁLISIS DE UN CASO DE CONTAMINACIÓN.**

**PROTOCOLO**



## Introducción

Según Rubiños el río Tulancingo nace en los límites del Estado de Puebla con el nombre de Río San Lorenzo, su caudal es regulado por la presa La Esperanza, que tiene una capacidad de 2.5 millones de metros cúbicos, cambiando de nombre (Río Santa María, Río Tulancingo, Río Grande, en este trayecto el agua es aprovechada en parte para la irrigación de tierras de Distrito de Riego 028, de Tulancingo ( de 250 a 500 lps, sin considerar los escurrimientos máximos ) . También toma los nombres de Río Acoculco, Río Mesillas, Río Metepec, Río Meco, hasta su cruce con la carretera México-Tampico, en el poblado puente de venados, Río Venados), llegando a la laguna de Metztlán, donde es aprovechado para uso piscícola. En su recorrido se van acumulando sólidos disueltos y suspendidos, los cuales contienen desechos humanos, (Según el censo de población realizado por INEGI, para el año 2000, existía una población total de 505 263 habitantes distribuidos en 1,388 localidades), de animales e industriales, principalmente.

Tulancingo se ubica aproximadamente entre los 2200 y 2400 metros sobre el nivel del mar y lo localizamos geográficamente en las siguientes coordenadas; latitud norte 20° 04' 53'', longitud oeste 98° 22' 07' del Meridiano de Greenwich. Colinda con los siguientes municipios; al norte con el municipio de Metepec, al este con Acaxochitlán y Cuauhtec y al oeste con Acatlán y Singuilucan. Se encuentra a 93 kilómetros de México, D.F. (vía corta Pirámides y a una distancia de Pachuca, capital del Estado de 46 km).

## Revisión de literatura

De acuerdo a Cabrera et al 2003, la economía en el estado está basada en gran medida en la agricultura; sus productos agrícolas más importantes son maíz, cebada y café. Los municipios más productivos son Tula, Actopan, Ixmiquilpan, Huichapan, Tulancingo y Metztlán. La presencia industrial está diversificada con la instalación de plantas cementeras en Tula y plantas textiles en Santiago Tulantepec y Tulancingo a finales del siglo XIX. A partir de 1960 se desarrollan diversas zonas industriales en el estado como son las establecidas en Tizayuca, Tula, Pachuca, Tulancingo y Cd. Sahagún (en el municipio de Tepeapulco). Tales zonas tenían el fin de reactivar la economía estatal, pues las actividades tradicionales se encontraban en decadencia. Estos parques industriales se mantienen hasta la fecha, siendo los únicos existentes en el estado (INEGI 1995).

La producción de lácteos en el Valle de Tulancingo ha aumentado considerablemente en los últimos años, a la par de este desarrollo se ha presentado un problema ambiental debido a la producción de lactosuero y a sus constantes descargas al ambiente. El lactosuero puede aprovecharse para la obtención de nuevos productos; conocer las características del suero que se produce en la región de Tulancingo, contribuye a plantear una opción de uso y así evitar su desecho. En el caso del suero de requesón, es



una mezcla del suero ácido y el suero dulce, presenta menor cantidad de sólidos totales en comparación con el suero dulce, ya que durante la elaboración del requesón se elimina la mayor cantidad de sólidos presentes. En general se observó que el lactosuero proveniente de la elaboración de requesón tiene valores bajos de DQO en comparación con el lactosuero dulce, sin embargo los valores son muy altos, es por ello que se presentan afectaciones en el ambiente cuando este subproducto es descargado a cuerpos de agua o suelos (Rodríguez, 2010).

## Materiales y Métodos

### 1. Fase previa

Previo a la salida de campo, se procederá a la identificación de la zona mediante cartografía de INEGI y el uso de Sistemas de Información Geográfica, donde se localizarán los diferentes usos de suelo y vegetación, además de las actividades productivas como focos de contaminación.

### 2. Fase de campo

a. Identificación de los factores de destrucción de los recursos forestales. Con este propósito se hará un recorrido de campo en las vertientes del área seleccionada para identificar las causas y efectos de los factores de destrucción, así como las alternativas de solución a cada problema. Durante el recorrido se puede observar la dinámica de producción en relación a la contaminación de suelos y aguas, relacionado con la tecnología disponible y la economía del área de interés.

b. En campo se tomarán muestras de suelo, para su posterior tratamiento en laboratorio.

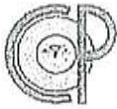
c. Análisis de la Cuenca del Río Tulancingo como ejemplo de destrucción y restauración forestal.

El análisis contempla los siguientes aspectos:

- i. Descripción del lugar.
- ii. Antecedentes históricos de la región.
- iii. Origen de los problemas de contaminación
- iv. Causas de los problemas de contaminación en la cuenca del Río Tulancingo.
- v. Consecuencias ecológicas, económicas y sociales del deterioro ambiental en la zona de interés.
- vi. Alternativas de solución al problema de contaminación de la Cuenca del Río Tulancingo.

## Resultados y discusión

### Conclusiones



## Evaluación

Normas de evaluación:

- La calificación mínima es 8.0
- La práctica se envía para su evaluación por correo electrónico a [kabdul@colpos.mx](mailto:kabdul@colpos.mx), anexando documentos de trabajo y bases de datos correspondientes.
- Todas las prácticas cuentan con el mismo valor proporcional para la obtención de la calificación final de prácticas del curso.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).1995a. Imágenes Económicas. Censos Económicos. Ags. Ags. México, 93 p.

Cabrera, C.R.B.E., M.A.J. Gordillo, B.A. Cerón. 2003. Inventario de contaminación emitida a suelo, agua y aire en 14 municipios del estado de Hidalgo. Universidad del Estado de Hidalgo, México. Rev. Int. Contam. Ambient. 19 (4) 171-181.

Álvarez, M. J.J. 2011. Levantamiento aerofotogramétrico para el proyecto del libramiento sur de Tulancingo, Hidalgo. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. 99 pp.

Rubiños, P. E., A. J. Amado, A. C. Ramírez, E. A. Hernández, F.R. Gavi, E. S. Mejía y E. S. Salazar. 2006. Contaminación del agua en el río Tulancingo, Estado de Hidalgo. Colegio de Postgraduados, México. 1 pp.

INEGI.2000. XII Censo General de Población y vivienda. Aguascalientes Ags: México.

Rodríguez, G.W.J., G.C.A. Aldapa, C.R.J. Castro, C.A.G. Ramírez y E.M. S. López. 2010. Caracterización fisicoquímica del lactosuero en el valle de Tulancingo. Universidad Autónoma de Hidalgo, XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 8 pp.