

**NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE.****REMEDIACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS  
(ASIGNATURA OPTATIVA)****CICLO  
OPTATIVA****CLAVE DE LA ASIGNATURA  
CA-818****OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA**

Las diversas actividades relacionadas con el consumo, explotación y producción de bienes con valor agregado, han llevado a que los ecosistemas se encuentren impactados de manera adversa por diversos contaminantes. Por ello es necesario implementar, a partir de la comprensión y aplicación de nuevas tecnologías de remediación, medidas que permitan disminuir el riesgo asociado a la dispersión de los contaminantes en suelos, con los mejores criterios de selección para diversos escenarios. Esta asignatura tiene por objetivo proporcionar al estudiante los fundamentos de la remediación de áreas con disturbios originados por actividades mineras y metalúrgicas, así como las principales tecnologías de remediación de sitios industriales contaminados por metales tóxicos, como parte de estrategias de cierre o clausura de la operación. Esta asignatura es impartida en el Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Nuestros estudiantes tienen la oportunidad de cursar esta asignatura como materia optativa en el marco del convenio de colaboración suscrito entre esa institución y el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

**TEMAS Y SUBTEMAS****Unidad 1: Conceptos Fundamentales**

1. Definiciones Importantes
  - 1.1. Remediación, restauración, solidificación y estabilización
  - 1.2. Tratamiento *ex situ* e *in situ*
  - 1.3. Contaminación antropogénica y natural
  - 1.4. Disponibilidad y biodisponibilidad.
2. Clasificación de tecnologías para el tratamiento de residuos peligrosos y remediación de sitios contaminados.
  - 2.1. Tratamientos físicos, químicos y biológicos.
  - 2.2. Ventajas y desventajas
  - 2.3. Criterios de selección
3. Pruebas de Disponibilidad y Bioaccesibilidad:
  - 3.1. Biodisponibilidad en humanos
  - 3.2. Biodisponibilidad en especies vegetales
  - 3.3. Caracterización de superficies biológicas
4. Análisis Físicoquímicos
  - 4.1. Potencial REDOX y pH
  - 4.2. Análisis químicos totales
  - 4.3. Extracción selectiva
  - 4.4. Materia orgánica total

**Unidad 2: Técnicas de Caracterización de Sitios Contaminados**

1. Muestreo de suelos
  - 1.1. Tamaño de muestra
  - 1.2. Distancia de muestreo
  - 1.3. Selección del tipo de muestreo
  - 1.4. Recolección de muestras
  - 1.5. Observaciones de campo
  - 1.6. Preparación y almacenamiento de muestras
2. Análisis Físicos
  - 2.1. Granulometría
  - 2.2. Permeabilidad
  - 2.3. Compactación
  - 2.4. Porosidad
3. Análisis Mineralógicos
  - 3.1. Difracción de rayos X
  - 3.2. Espectrometría de fluorescencia de rayos X
  - 3.3. Microscopía electrónica

### **Unidad 3: Tecnologías para la remediación de sitios contaminados**

1. Tratamientos químicos
  - 1.1. Estabilización química
  - 1.2. Solidificación con cemento
  - 1.3. Lixiviación
2. Tratamientos Biológicos.
  - 2.1. Bioremediación
    - 2.1.1. Barreras biológicas
    - 2.1.2. Bacterias sulfato-reductoras.
  - 2.2. Fitoremediación
    - 2.2.1. Rizosfera y micorrizas
    - 2.2.2. Fitoremediación natural y asistida
3. Tratamientos físicos
  - 3.1. Diseño de celdas de disposición
  - 3.2. Diseño de cubiertas (Geomembranas y materiales de cubierta)
4. Bases de ingeniería para barreras reactivas permeable
  - 4.1. Ecuaciones de Flujo
  - 4.2. Definición del conjunto de Reacciones en el sistema (complejación, adsorción, óxido-reducción y formación de fases secundarias)
  - 4.3. Ecuaciones de transporte de soluto en medios porosos
  - 4.4. Métodos numéricos y soluciones particulares definidas y condiciones de frontera

### **Unidad 4: Casos de Estudio**

1. Caso de Minimata, Japón
2. Caso Cerro de San Pedro, San Luis Potosí
3. Caso de la Comarca Lagunera, Coahuila
4. Caso de Tultitlán, Edo. de México
5. Otros

### **ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

El curso contempla sesiones teóricas, sesiones de revisión y discusión de artículos relacionados a los diferentes tópicos, y una vista de campo para el análisis de estudios de caso específicos, a partir del cual los estudiantes analizarán las condiciones para la remediación del sitio contaminado, lo cual será complementado con información detallada disponible o con nueva información técnica (analítica y/o experimental) que será obtenida por el cuerpo de estudiantes. El estudiante deberá dedicar un total de 160 hs a esta asignatura, de las cuales 64 serán presenciales y las restantes 96 hs serán dedicadas a la lectura de textos, escritura de ensayos y preparación de presentaciones (créditos totales = 10).

### **CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION**

Para tener derecho a examen es requisito tener un mínimo del 90% de asistencia en los cursos teóricos y la participación en la práctica de campo. Además, para acreditar el curso, el estudiante deberá presentar la totalidad de los reportes de tareas y el reporte del estudio de caso. Las tareas equivaldrán al 20% de la calificación final, y el reporte del estudio de caso el 40% de la misma. El restante 40% de la calificación final lo otorgará un examen sumativo que se llevará a cabo al final del curso. Todas estas actividades serán evaluadas en la escala de 1.0 a 10.0 y el estudiante deberá obtener una calificación final mínima de 7.0 para acreditar la asignatura.

### **LIBROS GUIA:**

- Dzombak DA & Morel MMF (1990) Surface Complexation Modeling: Hydrous Ferric Oxide. John Wiley & Sons, UK.
- Hurst CJ, Knudsen GR, Mcinerney MJ, Stetzenbach LD & Walter MV (1997) Manual of Environmental Microbiology. American Society for Microbiology, USA.
- Iskandar IK & A Iskandar (1999) Environmental Restoration of Metals-Contaminated Soils. CRC Press USA.
- McBirde MB (1994) Environmental Chemistry of Soils. Oxford University Press, UK.
- National Research Council, Commission on Intrinsic Remediation (2000) Natural Attenuation for Ground Water Remediation. National Academy Press, USA.
- Otten A, Alphenaar A, Pijls C, Spuji F & De Wit H (1977). In Situ Soil Remediation. Kluwer, USA.
- Sparks DL (2003) Environmental soil chemistry. Academic Press, USA.

Sposito G (1989) The chemistry of soils. Oxford University Press, UK.

Stevenson FJ (1994) Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons, UK.

Stumm W (1987) Aquatic Surface Chemistry: Chemical Processes at the Particle-Water Interface. Wiley, USA.

Tate RL (1992) Soil Organic Matter: Biological and Ecological Effects. Krieger, USA.

Yong RN (2001) Geoenvironmental engineering contaminated soils, pollutant fate and mitigation. CRC Press, USA.