

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: **Toxicología Ambiental**

Carrera: **Ingeniería Ambiental**

Clave de la asignatura: **AMF-1023**

SATCA<sup>1</sup> **3 - 2 - 5**

## 2.- PRESENTACIÓN

### **Caracterización de la asignatura.**

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Ambiental capacidad para prevenir los efectos adversos de la contaminación química sobre la salud humana, así como Comprender las vías de exposición ante agentes químicos tóxicos, sus posibles efectos sobre los organismos vivos y las principales metodologías para valorar su toxicidad. Le aporta conocimientos de la importancia normativa en materia de residuos, suelos, calidad de aguas y calidad del aire.

Para integrarla se ha analizado el campo de la toxicología en su aplicación a la predicción de las repercusiones sobre la salud de la contaminación ambiental. Primeramente se presenta una introducción a la toxicología ambiental; seguidamente se analizan la toxicidad de los contaminantes, Efectos de sustancias tóxicas en el organismo, Evaluación de riesgo toxicológico cuya realización está configurándose como uno de los elementos obligados en la caracterización de terrenos contaminados y Farmacocinética.

### **Intención didáctica.**

Se organiza el temario en cinco unidades, donde en la primera unidad se cubren fuentes de contaminación, clasificación de los tipos de tóxicos, evaluación del grado de contaminación del ambiente, bioindicadores y biomarcadores.

En la segunda unidad se abarcan desde fundamentos de la toxicidad de los contaminantes, movilidad, persistencia y biodisponibilidad, factores que modifican la toxicidad de un contaminante, mecanismos de transformación de los contaminantes  
Hasta mecanismos de acción de contaminantes.

En la unidad tres se describen el comportamiento tóxico y medioambiental de los contaminantes químicos, los efectos de sustancias tóxicas en el organismo, el metabolismo de los tóxicos, absorción y fijación de los tóxicos (bioacumulación y biomagnificación), excreción de sustancias tóxicas del organismo, efectos no cancerígenos y efectos cancerígenos.

La unidad cuatro integra el proceso de evaluación de riesgo propiamente dicho, desde el acopio de datos y su valoración crítica a la caracterización de riesgo, pasando por las etapas de establecimiento de la relación dosis-respuesta y de evaluación de la exposición.

---

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

En la unidad cinco se estudian los procesos a los que un fármaco es sometido a través de su paso por el organismo. Se trata de dilucidar qué sucede con un fármaco desde el momento en el que es administrado hasta su total eliminación del cuerpo.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean construidos, artificiales, virtuales o naturales

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <p>Comprender los efectos de sustancias tóxicas en el organismo, para poder realizar un diagnóstico y evaluación de riesgo toxicológico, asimismo podrá determinar la metodología de la evaluación de riesgos y representar su estructura en forma esquemática.</p> <p>Conocer los procesos a los que un fármaco es sometido a través de su paso por el organismo, interpretar qué sucede con el fármaco desde el momento en el que es administrado hasta su total eliminación del cuerpo y aplicar los conocimientos de la toxicología ambiental para un correcto manejo de los fármacos.</p>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organizar y planificar</li><li>• Comunicación oral y escrita</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora para la realización de análisis.</li><li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones.</li></ul> <p><b>Competencias instrumentales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• competencias relacionadas con la comprensión y manipulación de ideas, metodologías, equipo y destrezas como las lingüísticas, de investigación, de análisis de información. Entre ellas se incluyen:</li><li>• Capacidades cognitivas, la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos.</li><li>• Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas.</li><li>• Destrezas tecnológicas relacionadas con el uso de maquinaria, destrezas de computación; así como, de búsqueda y manejo de información.</li><li>• Destrezas lingüísticas tales como la comunicación oral y escrita o conocimientos de una segunda lengua.</li><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organizar y planificar</li><li>• Conocimientos generales básicos</li><li>• Conocimientos básicos de la carrera</li><li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua</li><li>• Conocimiento de una segunda lengua</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li><li>• Habilidades de gestión de información(habilidad para buscar y analizar información proveniente de</li></ul>
--	---

fuentes diversas

- Solución de problemas
- Toma de decisiones.

**Competencias interpersonales:**

- Capacidad crítica y autocrítica
- Trabajo en equipo
- Habilidades interpersonales
- Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario
- Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas
- Apreciación de la diversidad y multiculturalidad
- Habilidad para trabajar en un ambiente laboral
- Compromiso ético

**Competencias sistémicas:**

Son las destrezas y habilidades que conciernen a los sistemas como totalidad. Suponen una combinación de la comprensión, la sensibilidad y el conocimiento que permiten al individuo ver como las partes de un todo se relacionan y se estructuran y se agrupan. Estas capacidades incluyen la habilidad de planificar como un todo y diseñar nuevos sistemas. Las competencias sistémicas o integradoras requieren como base la adquisición previa de competencias instrumentales e interpersonales.

**Competencias sistémicas:**

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- Habilidades de investigación
- Capacidad de aprender
- Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones
- Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)
- Liderazgo
- Conocimiento de culturas y costumbres de otros países
- Habilidad para trabajar en forma autónoma

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad para diseñar y gestionar proyectos</li><li>• Iniciativa y espíritu emprendedor</li><li>• Preocupación por la calidad</li><li>• Búsqueda del logro</li></ul>
--	---

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiaro y Villahermosa. Fecha: 17 de septiembre de 2009 a 5 de febrero de 2010	Representante de la Academia de Ingeniería Ambiental.	Análisis, enriquecimiento y elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la carrera de Ingeniería Ambiental.

#### 5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

Comprender los efectos de sustancias tóxicas en el organismo, para poder realizar un diagnóstico y evaluación de riesgo toxicológico, asimismo podrá determinar la metodología de la evaluación de riesgos y representar su estructura en forma esquemática.

Conocer los procesos a los que un fármaco es sometido a través de su paso por el organismo, interpretar qué sucede con el fármaco desde el momento en el que es administrado hasta su total eliminación del cuerpo y aplicar los conocimientos de la toxicología ambiental para un correcto manejo de los fármacos.

#### 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Tener conocimientos de fundamentos químicos, analíticos, matemáticos, estadísticos, ecológicos y bioquímicos.
- Leer formulas e interpretar reacciones químicas.
- Manejar equipos de laboratorio.
- Realizar cálculos para la preparación de soluciones.
- Interpretar los procesos metabólicos celulares.
- Relacionar las interacciones de los componentes bióticos y abióticos.
- Desarrollar modelos matemáticos.
- Manejar, interpretar y representar datos estadísticos.
- Analizar las condiciones de cultivo para cepas aerobias, anaerobias y facultativas
- Determinar parámetros relevantes en las cinéticas de crecimiento celular y de degradación de sustratos
- Conocer, aplicar y proponer técnicas de aislamiento, identificación y cuantificación de cepas microbiológicas de interés

#### 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción a la toxicología ambiental	1.1 Fuentes de contaminación 1.2 Clasificación de los tipos de tóxicos 1.3 Evaluación del grado de contaminación del ambiente 1.4 Bioindicadores y biomarcadores

2	Toxicidad de los contaminantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Movilidad, persistencia y biodisponibilidad</li> <li>2.2 Factores que modifican la toxicidad de un contaminante</li> <li>2.3 Mecanismos de transformación de los contaminantes</li> <li>2.4 Mecanismos de acción de contaminantes</li> </ul>
3	Efectos de sustancias tóxicas en el organismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Metabolismo de los tóxicos (biotransformación)</li> <li>3.2 Absorción y fijación de los tóxicos (bioacumulación y biomagnificación)</li> <li>3.3 Excreción de sustancias tóxicas del organismo</li> <li>3.4 Efectos no cancerígenos</li> <li>3.5 Efectos cancerígenos</li> </ul>
4	Evaluación de riesgo toxicológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Evaluación de la exposición</li> <li>4.2 Caracterización del escenario de exposición</li> <li>4.3 Identificación de las rutas de exposición</li> <li>4.4 Toxicidad aguda y crónica</li> <li>4.5 Bioensayos de toxicidad</li> <li>4.6 Legislación asociada a la toxicología ambiental</li> </ul>
5	Farmacocinética	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 Introducción</li> <li>5.2 Transporte a través de las membranas celulares</li> <li>5.3 Absorción</li> <li>5.4 Distribución</li> <li>5.5 Excreción</li> <li>5.6 Metabolismo</li> </ul>

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS (desarrollo de competencias genéricas)

El profesor debe:

Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida y como obstáculo para la construcción de nuevos conocimientos.

Propiciar actividades de meta cognición. Ante la ejecución de una actividad, señalar o identificar el tipo de proceso intelectual que se realizó: una identificación de patrones, un análisis, una síntesis, la creación de un heurístico, etc. Al principio lo hará el profesor, luego será el alumno quien lo identifique. Ejemplos: Evaluación del grado de contaminación del ambiente.

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Ejemplo: buscar y contrastar definiciones de las leyes identificando puntos de coincidencia entre unas y otras definiciones e identificar cada ley en situaciones concretas.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Ejemplo: al socializar los resultados de las investigaciones y las experiencias prácticas solicitadas como trabajo extra clase.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. Ejemplos: Factores que modifican la toxicidad de un contaminante.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que ésta da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante. Ejemplos: identificar las formas de contaminación del aire, agua y suelo, aplicando los temas de esta materia.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral. Ejemplos: trabajar las actividades prácticas a través de guías escritas, redactar reportes e informes de las actividades de experimentación, exponer al grupo las conclusiones obtenidas durante las observaciones.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una agricultura sustentable.
- Cuando los temas lo requieran, utilizar medios audiovisuales para una mejor comprensión del estudiante.



Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de la asignatura (procesador de texto, hoja de cálculo, base de datos, graficador, Internet, etc.).

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:

- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Introducción a la toxicología ambiental

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Adquirir conocimientos básicos relacionados con la toxicología ambiental mismos que aplicará en la unidades subsecuentes  Identificar y clasificar agentes tóxicos a los que se encuentran expuestos los organismos en áreas contaminadas  Identificar los diferentes tipos de exposición a los contaminantes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar sobre las distintas fuentes de contaminación.</li><li>• Buscar información en diversos medios sobre la clasificación de los tipos de tóxicos.</li><li>• Aplicar los procedimientos para evaluar el grado de contaminación del ambiente.</li><li>• Investigar acerca de bioindicadores y biomarcadores.</li></ul>

### Unidad 2: Toxicidad de los contaminantes

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Adquirir conocimientos relacionados con la toxicidad de los contaminantes ambientales, mismos que aplicará en las unidades 3 y 4.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar sobre la movilidad, persistencia y biodisponibilidad.</li><li>• Buscar información sobre los factores que modifican la toxicidad de un contaminante</li><li>• Investigar sobre los mecanismos de transformación y de acción de los contaminantes.</li></ul>

### Unidad 3: Efectos de sustancias tóxicas en el organismo

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
Comprender los efectos de sustancias tóxicas en el organismo, mismos que aplicará en la unidad de evaluación de riesgo toxicológico.  Reconocer los efectos tóxicos que producen las sustancias contaminantes  Describir la distribución y eliminación de los contaminantes tóxicos  Explicar la interacción de compuestos químicos y sus efectos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar acerca del metabolismo de los tóxicos.</li><li>• Buscar información sobre la absorción y fijación de los tóxicos.</li><li>• Buscar información sobre la excreción de sustancias tóxicas del organismo</li><li>• Investigar sobre los efectos no cancerígenos y cancerígenos</li></ul>

### Unidad 4: Evaluación del riesgo toxicológico

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
Conocer la metodología de la evaluación de riesgos y representar la estructura de la evaluación de riesgos en forma esquemática.  Evaluar el riesgo toxicológicos de los contaminantes  Elaborar curvas de dosis_respuesta a partir de datos de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buscar información sobre la evaluación de la exposición.</li><li>• Investigar sobre la caracterización del escenario de exposición.</li><li>• Investigar sobre identificación de las rutas de exposición</li><li>• Buscar información sobre toxicidad aguda y crónica.</li><li>• Buscar información sobre ensayos de toxicidad.</li><li>• Comparar la legislación asociada a la toxicología en distintos países.</li></ul>

### Unidad 5: Farmacocinética

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
Conocerá los procesos a los que un fármaco es sometido a través de su paso por el organismo, conocerá qué sucede con un fármaco desde el momento en el que es administrado hasta su total eliminación del cuerpo y aplicará lo anteriormente citado para un correcto manejo de los fármacos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buscar información relacionada con el transporte a través de las membranas celulares, con la absorción, la distribución, excreción y el metabolismo. Todo referido a la farmacocinética.</li></ul>

Entender la farmacocinética de los tóxicos	
--	--

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Albert Lilia A. Curso básico de toxicología ambiental. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos (INIREB). 1985.
2. Bello G. José y López D.C S. Adela. Fundamentos de ciencia toxicológica. Ediciones Díaz Santos S.A Madrid España. 2001.
3. E. Peña Carlos, E. Carter Dean y A. Fierro Félix. Toxicología Ambiental. Evaluación de riesgos y restauración ambiental. Southwest Hazardous Waste Program. The University of Arizona. 2001
4. Moreno Grau, Ma. Dolores. Toxicología Ambiental. Evaluación de Riesgo para la Salud Humana. España: Mc Graw Hil. 2003.
5. Klaassen, Curtis y Watkins III, John B. Fundamentos de Toxicología. McGraw Hill-Interamericana. México. 2006.
6. Ramírez Romero, Patricia y Mendoza Cantú, Ania. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. 2008.

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Realizar ensayo de toxicidad aguda con el cladóceros *Daphnia magna*.
- Realizar ensayo de toxicidad aguda con bulbos de cebolla *Allium cepa* L. mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces.
- Realizar ensayo de toxicidad aguda con el cnidario *Hydra attenuata*.
- Realizar ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga
- Realizar ensayo de toxicidad crónica con el alga *Selenastrum capricornutum* (*Pseudokirchneriella subcapitata*) por el método de enumeración celular basado en el uso de hemocitómetro Neubauer.
- Realizar ensayo de toxicidad crónica con microalgas clorofíceas
- Realizar ensayo de toxicidad aguda con cladóceros de la familia Daphnidae
- Realizar ensayo de toxicidad aguda con larvas y juveniles de los peces *Brachydanio rerio* y *Poecilia reticulata*
- Realizar ensayo de toxicidad aguda con el pez *Xiphophorus montezumae*
- Realizar ensayo de toxicidad con el nematodo *Panagrellus redivivus*
- Realizar ensayo de toxicidad aguda con la lombriz de tierra *Eisenia andrei*
- Realizar ensayo de citotoxicidad aguda con celomocitos de la lombriz de tierra *Eisenia foetida*

- Realizar ensayo de genotoxicidad con la lombriz de tierra *Eisenia andrei*
- Realizar ensayo de toxicidad subcrónica con la lombriz de tierra *Eisenia andrei*
- Realizar ensayo de inhibición de la germinación y del alargamiento radicular en semillas de cebolla *Allium cepa* y Soya *Glycine max*