

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Toxicología Ambiental
<b>Clave de la asignatura:</b>	AMF-1023
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Ambiental

## 2. Presentación

<b>Caracterización de la asignatura</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Ambiental la habilidad de realizar diagnósticos y evaluaciones de riesgo toxicológicos. Esto se logra gracias a la adquisición de conocimientos tales como la comprensión de las vías de exposición ante agentes químicos tóxicos, sus posibles efectos sobre los organismos vivos y las principales metodologías para valorar su toxicidad.</li> <li>• Es fundamental para la formación del Ingeniero Ambiental ya que sintetiza los conocimientos adquiridos en el área biológica y química, utilizándolos para inferir las posibles repercusiones que la contaminación ambiental tiene sobre la salud del ser humano. Es importante fomentar la concientización del alumno para que dimensione la relevancia de su quehacer, tanto del punto de vista técnico como de su responsabilidad social, ya que, al ser el experto en el área, queda bajo su responsabilidad el adecuado manejo de la información generada, así como la comunicación de la misma a otras personas expertas o no en la materia aun existiendo un conflicto de intereses.</li> <li>• La asignatura de Toxicología Ambiental inicia con una introducción en la que comprende los conceptos básicos a manejar, seguida de un análisis de los conceptos de farmacocinética y de los posibles efectos de sustancias tóxicas en el organismo, finalizando con la evaluación de riesgo toxicológico.</li> <li>• Se ubica posteriormente a la asignatura de microbiología debido a que requiere relacionar las características químicas y metabólicas de los microorganismos para utilizarlos como bioindicadores en el diagnóstico y evaluación de riesgos toxicológicos. Al mismo tiempo, sirve como base para todas aquellas asignaturas posteriores que requieren de la comprensión y aplicación de análisis toxicológicos para la integración de diagnósticos ambientales.</li> </ul>
<b>Intención didáctica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La asignatura se organiza en cinco temas, en el primero se cubren conceptos básicos como fuentes de contaminación, clasificación de los tipos de tóxicos, bioindicadores y biomarcadores.</li> <li>• En el segundo tema se abarcan vías de exposición, transporte a través de las membranas celulares, distribución de contaminantes en el organismo, metabolismo de los contaminantes (biotransformación), absorción y fijación de los tóxicos (bioacumulación y biomagnificación) y excreción.</li> <li>• En el tercer tema se revisan los conceptos de afinidad estructural, movilidad, persistencia y biodisponibilidad de los contaminantes, su toxicidad aguda y crónica, los factores que la modifican, así como los mecanismos de acción tóxica, además de sus efectos ya sean o no</li> </ul>

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

cancerígenos, teratogénicos o letales, para la elaboración de curvas dosis respuesta y el cálculo de índices tales como DL, DT, DNT, potencia, margen de seguridad, etc.

- El último tema integra métodos de recolección de muestras en organismos y ambientes como agua, suelo y aire, métodos para identificar y cuantificar tóxicos, caracterización de los escenarios e identificación de las rutas de exposición, realización de bioensayos de toxicidad, discusión de cuestiones de bioética, así como conocimiento de la legislación asociada a la toxicología ambiental.
- El enfoque sugerido para la asignatura requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja.
- En las 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 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. 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 quehacer 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. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 7 al 11 de septiembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería

	Papasquiario y Villahermosa.	Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Celaya del 8 al 12 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiario y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Villahermosa, del 19 al 22 de marzo de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cajeme, Campeche, Cd. Guzmán, Cd. Madero, Celaya, Centla, Champotón, Coacalco, Colima, Ixtapaluca, Lerdo, Los Ríos, Matamoros, Mérida, Minatitlán, Morelia, Múzquiz, Nuevo León, Oriente del Estado de México, San Andrés Tuxtla, San Martín Texmelucan, Santiago Papasquiario, Tehuacán, Tlajomulco y Villahermosa.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería Química, del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo,	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

	<p>Santiago Papasquiaro, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec.</p> <p>Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	
--	--	--

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica los tipos de contaminantes ambientales y comprende los efectos causados por éstos en el medio ambiente y en el ser humano para poder realizar un diagnóstico y evaluación de riesgo toxicológico.</li> </ul>

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>Lee fórmulas e interpreta reacciones químicas.</li> <li>Maneja correctamente equipos de laboratorio.</li> <li>Realiza cálculos para la preparación de soluciones.</li> <li>Percibe la importancia de los procesos metabólicos celulares.</li> <li>Relaciona las interacciones de los componentes bióticos y abióticos.</li> <li>Maneja, interpreta y representa datos estadísticos.</li> <li>Determina variables relevantes en las cinéticas de crecimiento celular y de degradación de sustratos</li> </ul>
---

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
<ul style="list-style-type: none"> <li>1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducción a la toxicología ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Conceptos básicos: Agente tóxico, toxicidad, dosis, exposición y tipos de exposición</li> <li>1.2 Fuentes de contaminación</li> <li>1.3 Clasificación de los tipos de tóxicos (físicos, químicos y biológicos)</li> <li>1.4 Bioindicadores y biomarcadores</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Farmacocinética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Vías de exposición</li> <li>2.2 Transporte a través de las membranas celulares</li> <li>2.3 Distribución de contaminantes en el organismo</li> <li>2.4 Metabolismo de los contaminantes (biotransformación)</li> <li>2.5 Absorción y fijación de los tóxicos (bioacumulación y biomagnificación)</li> <li>2.6 Excreción</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos de sustancias tóxicas en el organismo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.1 Afinidad estructural</li> <li>• 3.2 Movilidad, persistencia y biodisponibilidad de los contaminantes en relación con sus propiedades fisicoquímicas</li> <li>• 3.3 Toxicidad aguda y crónica</li> <li>• 3.4 Factores que modifican la toxicidad de contaminantes</li> <li>• 3.5 Mecanismos de acción tóxica de contaminantes</li> <li>• 3.6 Efectos no cancerígenos</li> <li>• 3.7 Efectos cancerígenos</li> <li>• 3.8 Efectos teratogénicos</li> <li>• 3.9 Efectos letales</li> <li>• 3.10 Curva dosis respuesta</li> <li>• 3.11 Cálculo de DL, DT, DNT (10, 50, 90 y 100), potencia, margen de seguridad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de riesgo toxicológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4.1 Métodos de recolección de muestras en organismos y ambientes (agua, suelo y aire)</li> <li>• 4.2 Métodos para identificar y cuantificar tóxicos</li> <li>• 4.3 Caracterización del escenario de exposición</li> <li>• 4.4 Identificación de las rutas de exposición</li> <li>• 4.5 Bioensayos de toxicidad</li> <li>• 4.6 Principios bioéticos aplicables</li> <li>• 4.7 Legislación asociada a la toxicología ambiental</li> </ul>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción a la toxicología ambiental	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquiere conocimientos básicos de toxicología ambiental para lograr un adecuado manejo de la terminología.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de gestión de la información.</li> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar información sobre las distintas fuentes de contaminación y la clasificación de los tipos de tóxicos.</li> <li>• Comparar las características entre biomarcadores y bioindicadores.</li> </ul>
Farmacocinética	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce los procesos a los que un agente tóxico se somete a través de su paso por el organismo para entender sus implicaciones.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de gestión de la información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar información relacionada con: exposición, transporte a través de membranas celulares, absorción, fijación, distribución, metabolismo y excreción.</li> <li>• Esquematar la información más relevante.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> </ul>	
<b>Efectos de sustancias tóxicas en el organismo</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconoce los efectos tóxicos que producen las sustancias contaminantes en el organismo para explicar su interacción y consecuencias.</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de gestión de la información.</li> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Resolución de problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilar información acerca de los efectos de los compuestos tóxicos.</li> <li>• Especificar los posibles efectos tóxicos en distintos organismos.</li> <li>• Realizar curvas dosis-respuesta a partir de datos experimentales.</li> <li>• Calcular parámetros de toxicidad a partir de ensayos de toxicidad.</li> </ul>
<b>Evaluación de riesgo toxicológico</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa los riesgos toxicológicos de los contaminantes para sustentar la toma de decisiones.</li> <li>• Reflexiona la pertinencia de la realización de análisis toxicológicos para considerar el punto de vista sustentable y bioético.</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Razonamiento crítico.</li> <li>• Resolución de problemas.</li> <li>• Adaptación a nuevas situaciones.</li> <li>• Compromiso ético.</li> <li>• Capacidad de gestión de la información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una evaluación de riesgo toxicológico.</li> <li>• Discutir conceptos de bioética en relación al análisis toxicológico.</li> <li>• Investigar acerca de la legislación ambiental vigente aplicable al área toxicológica.</li> </ul>

## 8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo de toxicidad aguda con el cladóceros <i>Daphnia magna</i>.</li> <li>• Ensayo de toxicidad aguda con la lombriz de tierra <i>Eisenia andrei</i>.</li> <li>• Ensayo de toxicidad aguda con bulbos de cebolla <i>Allium cepa</i> L. mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces.</li> <li>• Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga.</li> <li>• Ensayo de toxicidad crónica con microalgas clorofíceas.</li> <li>• Visitas a centros de trabajo para la evaluación del riesgo toxicológico</li> </ul>
---

## 9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fundamentación:</b> marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.</li> </ul>
--

- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias

- Ensayo
- Cuadro sinóptico
- Mesa de debates
- Glosario
- Reportes de prácticas de laboratorio
- Reportes de visitas industriales
- Cuadros comparativos
- Informes
- Mapas conceptuales
- Elaboración de material audiovisual
- Examen escrito
- Rúbricas de evaluación
- Listas de cotejo
- Portafolio de evidencias
- Rango de valoración
- Autoevaluación
- Co-evaluación

## 11. Fuentes de información

- Albert, L. A. (1985). Curso básico de toxicología ambiental. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos (INIREB).
- Bello Gutiérrez, J. & López de Cerain Salsamendi, A. (2001). Fundamentos de ciencia toxicológica. España: Ediciones Díaz Santos.
- Departamento Confederal de Medio Ambiente de CC.OO. (1999, mayo). Identificación de riesgos medioambientales. Guía de actuación. Boletín informativo sobre la prevención de la contaminación y la producción limpia. Número 16. Recuperado de: [http://www.ccoo.es/comunes/recursos/1/pub32\\_Daphnia\\_n\\_16.pdf](http://www.ccoo.es/comunes/recursos/1/pub32_Daphnia_n_16.pdf)
- Eguiarte L., Souza V. & Aguirre X. (2007). Ecología molecular. [Versión de SEMARNAT-INE]. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD000905.pdf>

- Fernández Bremauntz, A., Yarto Ramírez, M. & Castro Díaz, J. (2004). Las sustancias tóxicas persistentes en México. [Versión de SEMARNAT-INE]. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CG003708.pdf>
- Fernández Linares, L.C. et al. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. [Versión de Instituto Mexicano del Petróleo-SEMARNAT-INE]. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CG008215.pdf>
- Klassen, C. D. (2005). Fundamentos de Toxicología. España: McGraw Hill-Interamericana.
- Moreno Grau, M. D. (2003). Toxicología Ambiental: Evaluación de Riesgo para la Salud Humana. España: Mc Graw Hill.
- Peña C. E., Carter D.E. & Ayala-Fierro, F. (2001). Toxicología Ambiental. Evaluación de riesgos y restauración ambiental. [Versión de University of Arizona]. Recuperado de: <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/content/toxicologia-ambiental/>.
- Ramírez Romero, P. & Mendoza Cantú, A. (2008). Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. [Versión de SEMARNAT-INE] Recuperado de: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/descarga2.html>
- Repetto Jiménez, M. & Repetto Kuhn G. (2009). Toxicología ambiental. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Rosas, I., Cravioto, A. & Ezcurra, E. (2004). Microbiología ambiental. México: SEMARNAT-INE-UNAM-PUMA. Recuperado de: <http://seeycap.webcindario.com/files/440.pdf>
- Silbergeld, E.K. Toxicología. En INSHT (Ed.), Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. (33.1-33.83). Recuperado de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/33.pdf>
- Velasco, E. & Bernabé, R. M. (2004). Emisiones biogénicas. México: SEMARNAT-INE.
- Wright, D. A. & Welbourn, P. (2002). Environmental toxicology. United Kingdom: Cambridge University Press.