

Asignatura: Ecotoxicología y Evaluación de Riesgos
Correspondiente a la Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental

Asignatura del octavo semestre de la Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental, teórico- experimental y seminarios de resolución y discusión de problemas, con una carga horaria de 9 horas por semana.

1- Objetivos

Se estudia el destino, la exposición y los efectos biológicos de contaminantes tóxicos sobre distintos niveles de organización y complejidad de la biota y ecosistemas, junto a estrategias de evaluación ecotoxicológica. Se analizan y estudian aplicaciones de herramientas bioanalíticas. Se definen conceptos de evaluación de riesgo ambiental y aplican metodologías estandarizadas al estudio de casos específicos con diferente nivel de complejidad. Se prevé el desarrollo de capacidades que permiten estudiar el comportamiento ambiental de compuestos tóxicos mediante desarrollo y aplicación de metodologías estandarizadas de evaluación y diagnóstico ambiental.

2- Contenidos

2.a- Contenidos mínimos previstos en el plan de estudios:

Ecotoxicología y toxicología ambiental, definiciones y alcances. Exposición y efectos. Métodos de evaluación. Tipos de efectos. Puntos finales de evaluación. Efecto de xenobióticos a nivel individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas. Evaluación y cuantificación de efectos. Metodologías estandarizadas. Biomonitorio. Indicadores ambientales. Evaluación de Riesgos. Estrategias y metodologías estandarizadas. Estudio de sitios contaminados, registro de sustancias tóxicas. Accidentes, emergencias.

2.b- Desarrollo Programático

I- Introducción

Ecotoxicología: Definiciones y alcances. Relación con otras disciplinas. Conceptos generales: Tóxico. Tóxicos ambientales. Toxicidad, relación dosis/concentración-respuesta. Exposición y efecto. Efectos letales y subletales, agudos y crónicos. Tolerancia y resistencia. Efectos a nivel subcelular, celular, tejidos, órganos, individuos, poblaciones y comunidades. Estrategias para la evaluación de efectos biológicos de contaminantes tóxicos y su destino.

II- Contaminantes ambientales.

Procesos de transporte y destino de los contaminantes en el ambiente. Partición, especiación, degradación. Procesos de transformación de contaminantes en los organismos. Incorporación, biotransformación, detoxificación, eliminación y acumulación.

Bioacumulación, bioconcentración, biomagnificación. Biodisponibilidad. Métodos de evaluación para organismos acuáticos y terrestres. Modelos teóricos.

Concepto de familias químicas. Descriptores moleculares topológicos y electrónicos. Relaciones cuantitativas estructura- propiedad-actividad. Modelos matemáticos sencillos. Aplicaciones. Nuevas estrategias de abordaje.

III- Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación para el estudio del efecto de los contaminantes.

Métodos para evaluar el efecto. Puntos finales de evaluación. Evaluación de efectos con pruebas de laboratorio y de campo en ambientes acuáticos y terrestres.

Efectos moleculares y biomarcadores. Concepto de biomarcador. Biomarcadores de exposición y de efecto. Evaluación de efectos a nivel de células, tejidos y órganos.

Efectos agudos y crónicos sobre individuos. Ensayos de toxicidad. Tipos de ensayos.

Organismos de prueba. Pruebas estandarizadas de laboratorio.

Efectos sobre poblaciones. Epidemiología, dinámica de población y demografía.

Interacciones intra-especie. Genética poblacional.

Efectos sobre comunidades y ecosistemas. Definiciones. Interacciones entre especies.

Índices. Parámetros de calidad de los ecosistemas.

Métodos estadísticos para el análisis de datos y la interpretación de resultados.

Aplicación de métodos paramétricos y no paramétricos.

Uso de la información y aplicaciones al diagnóstico ambiental.

IV- Evaluación de riesgos.

Escuelas de evaluación ambiental. Logística de la evaluación de riesgo. Concepto de riesgo. Identificación de la fuente de riesgo. Evaluación de la exposición. Sistemas y escalas de ponderación. Caracterización y cuantificación del riesgo. Manejo del riesgo.

Datos toxicológicos y ecológicos para el análisis de riesgo.

Evaluación del riesgo ecológico. Definición de punto final, escalas espacio- temporales y niveles de organización ecológica.

Métodos de evaluación: modelos físicos, estadísticos, mecanicistas y de validación.

Probabilidad, Incertidumbre y Riesgo. Predicción del riesgo químico. Evaluación retrospectiva de riesgo. Evaluación regional de riesgo.

V- Materiales peligrosos.

Marco normativo para el transporte y disposición de materiales peligrosos. Sistemas de identificación nacional e internacional. Métodos de reconocimiento de materiales peligrosos. Fuentes de información bibliográficas y bases de datos. Respuesta a emergencias. Equipos de protección. Instrumental de detección. Operaciones para control de riesgos. Organismos e instituciones que actúan en incidentes. Emergencias toxicológicas masivas, derrames accidentales, etc.

3- Descripción de las actividades teóricas y prácticas

El curso estará basado en actividades en clase con dictado teórico, desarrollo de problemas y/o trabajos experimentales, discusión y lectura de problemas ambientales relacionados a contaminantes tóxicos de interés (artículos científicos, informativos, técnicos, de difusión), reconocimiento de problemas en campo, cuestionarios en clase, con lectura de temas requeridos para la clase o desarrollados en la clase previa.

La temática se desarrolla a lo largo del segundo semestre de cada año, según calendario oficial. Se dictan 2 clases por semana, una de 3 horas para introducir temas a desarrollar en una segunda clase de 6 horas, en la cual se analizan a fondo, se realizan seminarios y culmina con la planificación y desarrollo experimental.

Seminarios y Trabajos Experimentales.

SEMINARIO 1: "INTRODUCCIÓN A LA ECOTOXICOLOGÍA"

Objetivo: introducir a los alumnos a la Ecotoxicología, sus objetivos alcances y aplicaciones.

Definición de conceptos generales. Marco conceptual y relación con otras disciplinas.

1) La ecotoxicología

☐ Definición y alcance

☐ Metas científicas, tecnológicas y prácticas de la disciplina

☐ Organización jerárquica de los tópicos en la materia y relevancia ecológica

☐ Relación con otras disciplinas. Relación con la Toxicología y la Ecología.

2) Conceptos generales:

☐ Tóxico, contaminante y contaminación.

☐ Toxicidad, relación dosis/concentración- respuesta.

☐ Principios toxicológicos y marco conceptual (Exposición-Partición-Potencia).

☐ Tipos de efectos (ej. letal/sublethal, agudo/crónico) y niveles de evaluación (ej. sub-individual/individual/población/comunidad/ecosistema).

☐ Bioensayos, Interpretación de Datos y su inclusión en la Gestión y legislación ambiental.

SEMINARIO 2: BIOACUMULACIÓN Y TRANSFERENCIA TRÓFICA DE LOS CONTAMINANTES

Objetivo: Comprender los mecanismos que explican la bioacumulación y transferencia trófica de los contaminantes.

Temario: a. bioacumulación; b. bioconcentración; c. biomagnificación; d. carga corporal



SEMINARIO 4: EFECTOS BIOLÓGICOS II, BIOMARCADORES, BIOINDICADORES, INDICES BIÓTICOS, y BIOMONITOREO

Objetivos: Incorporar los conceptos de biomarcadores, bioindicadores e índices bióticos y su utilización en ecotoxicología para evaluar efectos adversos inducidos por contaminantes ambientales a diferentes niveles de organización biológica.

Temario:

- *Definiciones: biomarcador, bioindicador a índice biótico*
- *Conceptos básicos sobre mecanismos y modos de acción de los contaminantes*
- *Indicadores a nivel sub-individual: biomarcadores*
- Efectos e indicadores a nivel ecológico: bioindicadores e índices bióticos
- Biomonitorio



Seminario 3: Efectos biológicos I

Efectos biológicos: Conceptos generales y bioensayos de toxicidad

Objetivos:

Adquirir los conceptos generales sobre los diferentes efectos biológicos inducidos sobre los organismos por los contaminantes en función de la concentración y del tiempo de exposición. Incorporar el concepto de bioensayo e identificar los elementos necesarios para su realización, considerando los aspectos vinculados a su diseño, condiciones de ejecución, organismos, al mantenimiento de biomasa y al análisis de datos.

Seminario 4: Efectos biológicos II

Efectos biológicos inducidos por contaminantes ambientales sobre los individuos a nivel molecular, bioquímico, histológico, fisiológico y comportamental.

Objetivos:

Identificar y comprender los efectos inducidos por concentraciones subletales de contaminantes ambientales sobre los individuos, ya sea sobre.

Analizar críticamente trabajos que evalúen estos tipos de respuestas, focalizando en las metodologías de evaluación, y en el análisis e interpretación de la información.

Conocer los protocolos más ampliamente utilizados para la evaluación de efectos sobre los individuos.

Seminario 5

Biomarcadores.

Objetivos:

Reconocer que son los biomarcadores, que propiedades poseen y como se los clasifica.

Identificar su utilización como herramienta ecotoxicológica.

Analizar críticamente trabajos que evalúen estos tipos de respuestas, focalizando en las metodologías de evaluación, y en el análisis e interpretación de la información.

Conocer los protocolos más ampliamente utilizados para la evaluación de efectos sobre los individuos.

¿?Efectos sobre Poblaciones y comunidades

Poblaciones. Propiedades emergentes, parámetros poblacionales y su uso como puntos finales de evaluación de efectos biológicos de contaminantes tóxicos a nivel poblacional.

Esquemas de Evaluación de Peligrosidad y Categorización de Sustancias y Mezclas

SEMINARIO Nº 6: Evaluación de riesgo ecológico. Probabilidad, incertidumbre y riesgo. Distribución de sensibilidad entre especies. Concentraciones de peligrosidad.

Sustancias peligrosas, residuos peligrosos, legislación relacionada

Los seminarios y trabajos prácticos que a continuación se detallan se desarrollan en una o más clases, según el tema:

Los TP se realizan siguiendo procedimientos estandarizados IRAM, ASTM, USEPA, Environment Canada, OECD, IDRC-IMTA.

- Diseño de Experimentos para la evaluación de efectos biológicos en ensayos de laboratorio y campo. Objetivos: Analizar los diseños a realizar en los distintos trabajos experimentales a desarrollarse durante el curso. Ej.: Bioensayo de toxicidad, Bioconcentración, Biodisponibilidad, Biomarcador. Agudo-crónico, organismos acuáticos-terrestres, efectos letales-subletales.
- Uso de programas estadísticos para la estimación de puntos finales provenientes de ensayos de toxicidad. Objetivo: análisis de datos, utilización de programas para la estimación de puntos finales estadísticos (letales y subletales, puntos finales de evaluación continuos o discretos). Análisis e interpretación de resultados.
- Bioensayo de toxicidad aguda de laboratorio, efectos letales, con el cladócero *Daphnia* sp. Objetivo: reconocer todos los aspectos vinculados con la cría y mantenimiento de organismos, selección de organismos de prueba, ejecución de prueba de toxicidad. Control positivo. Acondicionamiento de muestra para la realización de pruebas. Lectura de resultados. Aceptabilidad de resultados. Cálculo de puntos finales.
- Biodisponibilidad. Factores que afectan la concentración de compuestos químicos en el ambiente y su biodisponibilidad. Objetivo: Realizar un ensayo de toxicidad aguda, efectos letales y subletales, utilizando como organismo diagnóstico el celenterado *Hydra attenuata*, en distintos medios de ensayo con el fin de observar la biodisponibilidad de sales de cadmio y cobre. Lectura de resultados, interpretación e informe.
- Bioconcentración. Estudio de la acumulación de cobre en larvas de del anuro *Hypsiboas pulchellus* (Anura: Hylidae) o el pez *Cnesterodon decenmaculatus*. Objetivo: Establecer si los organismos expuestos acumulan cobre en sus tejidos a lo largo del tiempo de exposición. Determinar parámetros característicos.
- Evaluación de efectos biológicos de contaminantes sobre plantas vasculares. Objetivo: valorar efectos de contaminantes (fracción soluble de muestras ambientales) sobre la germinación y elongación de raíz utilizando semillas de *Lactuca sativa*. Acondicionamiento de muestra para la realización de pruebas. Lectura de resultados. Aceptabilidad de resultados. Cálculo de puntos finales.
- Ensayo para medir Biomarcadores. Con peces

4- Bibliografía:

- Manahan S. 2007. Introducción a la Química Ambiental. Reverté UNAM, México DF.
- Marquita Hill K. 2010 Understanding Environmental Pollution. Cambridge University Press, Cambridge.
- Castillo G (Ed). 2005. Metodologías Bioanalíticas de Control de Calidad de Agua. Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones, IMTA – IDRC. México DF.
- Klaassen, CD (Ed). 2001. Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons, Edited by: McGraw-Hill. New York
- Newman M.C., Unger M.A. (Eds.) 2003. Fundamentals of Ecotoxicology. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Rand G.M. (1995). Fundamentals of aquatic toxicology: Effects, environmental fate, and risk assessment. Second ed. Rand G.M., Taylor & Francis (Eds.); North Palm Beach, Florida.
- Walker, C.H.; Hopkin, S.P.; Sibly, R.M. and Peakall, D.B. 2006. Principles of Ecotoxicology. CRC Taylor and Francis.
- Zhang Chunlong (Carl), 2007. Fundamentals of Environmental Sampling and Analysis. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ.

Para trabajos prácticos

- Procedimientos estandarizados IRAM, USEPA, Environment Canada, ISO, OECD, ASTM.

5- Metodología de enseñanza y forma de evaluación

La asignatura permite al estudiante analizar el ambiente en presencia de tóxicos, estudiar y comprender sus consecuencias, conocer la distribución y el destino de los tóxicos en el ambiente, la exposición de los organismos a los mismos, los efectos relacionados a distintos niveles de organización del sistema y los riesgos asociados.

Se ha diagramado de forma tal que permite el dictado conjunto de la asignatura asumiendo la metodología teórico-práctica y seminario, para un mejor aprovechamiento de los alumnos de los conocimientos impartidos. En cada clase se dictan conceptos teóricos sobre el tema a desarrollar, seguido de la resolución de problemas de aplicación del mismo, junto a la planificación de trabajos prácticos de laboratorio y muestreos/ monitoreo en campo.

El alumno podrá reconocer problemas ambientales relacionados con la toxicidad de compuestos, relacionar respuestas adversas asociadas, manejar conceptos y parámetros característicos de la ecotoxicología, realizar pruebas ecotoxicológicas, interpretar resultados, reconocer limitaciones, aplicar métodos de valoración de riesgos, proyectar conocimientos específicos en áreas aplicadas de protección y diagnóstico ambiental.

En lo referente a la evaluación, los exámenes serán de características comprensivas, cubriendo todas las actividades realizadas. Promocionarán aquellos estudiantes que

hayan asistido al menos al 80% de las clases teórico-prácticas (con no más del 10% de inasistencias en clases de carácter experimental), y hayan aprobado los exámenes parciales dentro del cronograma del ciclo lectivo. Se propenderá a la entrega de informes de TP y seminarios para su evaluación, corrección discusión con el alumno, detectando de esa forma posibles dificultades u obstáculos en el aprendizaje. Está previsto a la finalización del curso un coloquio final optativo que permita mejorar la calificación final, sin desmedro de la ya adquirida en los parciales.

El cronograma de las evaluaciones se llevará a cabo según las normas vigentes en la Facultad. Se tomarán dos exámenes parciales teórico-práctico, con una recuperación cada uno de ellos y una fecha adicional para aquellos alumnos que debieran recuperar uno sólo de los parciales. La semana en que se toma el parcial no hay otra actividad. Cada parcial cubre aproximadamente el 50% de los temas del total de los contenidos. El segundo parcial incluye además conocimientos adquiridos en la primer parte del curso que mejoran la integración de contenidos. La última semana del curso se reserva para la evaluación adicional (flotante). Para aprobar el curso por promoción sin examen final, el alumno debe obtener un promedio igual o mayor a seis, de acuerdo a lo designado por el reglamento para este propósito. Si el alumno ha obtenido notas mayores o iguales a cuatro con promedio inferior al requerido para la promoción, tendrá derecho a rendir un examen final.