

Evaluación de Riesgo Ambiental de Contaminantes: Fundamentos, Modelos y Aplicaciones

Docente responsable: Dr. César Rodríguez Bolaña

Docentes invitados: Dr. Franco Teixeira de Mello, Dr. Alejandro D'Anatro, Juan Manuel Gutiérrez

Dedicación horaria: 37 horas

Clases teóricas: 28 horas

Talleres teóricos: 9 horas

Objetivos

Brindar una formación integral en los principios y etapas de la evaluación de riesgo ambiental (ERA) de contaminantes químicos mediante el uso de herramientas cuantitativas y modelos predictivos aplicados al riesgo ecológico. Asimismo, busca desarrollar en los participantes las habilidades necesarias para analizar e interpretar datos ecotoxicológicos y ambientales, promoviendo la aplicación práctica del ERA en la gestión ambiental y la toma de decisiones informadas.

Contenidos

El curso abordará los fundamentos teóricos, metodológicos y aplicados de la Evaluación de Riesgo Ambiental (ERA), integrando enfoques ecotoxicológicos, estadísticos y de modelado. El contenido del mismo busca que los participantes sean capaces de comprender los fundamentos conceptuales, metodológicos y normativos del ERA. Comprender los procesos de transporte, destino, bioacumulación y biomagnificación de contaminantes en los ecosistemas. Aplicar modelos de exposición y caracterización del riesgo, tanto determinísticos como probabilísticos, tanto para contaminantes simples o mezclas. Además el curso fomentará la discusión crítica de artículos científicos, promoviendo el pensamiento reflexivo y la comunicación de los resultados.

Programa de contenidos teóricos y talleres

Clases teóricas

- Clase 1. Introducción a la evaluación de riesgo ambiental (ERA). Conceptos de peligro, exposición, riesgo y vulnerabilidad. Historia y evolución del ERA.
- Clase 2. Comportamiento ambiental de los contaminantes. Contaminantes de interés biológico (metales, plaguicidas, emergentes). Propiedades fisicoquímicas. Modelos de destino ambiental.
- Clase 3. Procesos de absorción, metabolismo y transferencia trófica. Conceptos de Bioconcentración (BCF), Bioacumulación (BAF) y Biomagnificación (BMF).
- Clase 4. Métodos de estimación experimentales y predictivos de BCF, BAF y BMF. Aplicaciones y Estudios de Caso (Mercurio, Plaguicidas)
- Clase 5. Evaluación del peligro (Hazard assessment). Ensayos ecotoxicológicos. Tipos de toxicidad (aguda, crónica, subletal), endpoints ecotoxicológicos y derivación de valores críticos (LC_{50} , NOEC, PNEC, EC_{10} , LOEC).
- Clase 6. Modelos de sensibilidad de especies (SSD) y derivación de valores guía (HC5).
- Clase 7. Evaluación de la exposición ambiental (Exposure assessment). Estimación de concentraciones ambientales (PEC). Modelos de transporte para predecir concentración (Aquatox, USEtox, Swat).
- Clase 8. Caracterización del riesgo (risk characterization). Cálculo de cociente de riesgo (RQ). Métodos probabilísticos. Evaluación de mezclas y escenarios múltiples.
- Clase 9. Análisis de incertidumbre. Fuentes e interpretación de resultados. Comunicación científica y social del riesgo ecotoxicológico. Estudios de caso.
- Clase 10. Biomarcadores en la evaluación de riesgo. Clasificación biomarcadores. Estrés oxidativo.
- Clase 11. Ensayos de genotoxicidad (Cometa, micronúcleos). Aplicaciones de herramientas Ómicas (Genómica) en ecotoxicología.
- Clase 12. Especies centinela en toxicología ambiental. Conceptos y criterios de selección de especies centinela. Niveles de integración biológica. Ejemplos y estudios de caso.
- Clase 13. Monitoreo Biológico. Importancia de los programas de biomonitoreo como generadores de datos ecotoxicológicos. Especies centinela. Casos de biomonitoreo multimatriz de plaguicidas en Uruguay y la región.
- Clase 14. Gestión, mitigación y políticas públicas. Evaluación de riesgo y toma de decisiones.

Teóricos tipo Talleres

- Taller 1. Base de datos de toxicidad (PPBD, Ecotox). Cálculo e interpretación de RQ en biota a partir de datos reales. Cálculo de SDD.

Taller 2. Herramientas cuantitativas y modelado. Uso de software específico (SDD toolbox) y R. Modelos lineales mixtos. Curvas dosis–respuesta. Visualización de resultados

Taller 3. Marco normativo internacional (EPA, Unión Europea, América Latina, Uruguay).

Estudios de casos regionales e internacionales.

Taller final. Presentación de un breve proyecto final de evaluación de riesgo ambiental a un problema real o hipotético, desde la recopilación de datos hasta la propuesta de gestión.

(informe + exposición oral).

Metodología:

Todas las clases serán obligatorias. Se dictarán 2 horas de clases teóricas y 2 horas de talleres, salvo el taller final que será de 3 horas. Ambas modalidades se dictarán en modalidad virtual de manera sincrónica. Las clases teóricas consistirán en sesiones magistrales de conceptos teóricos y discusión grupal de artículos científicos que serán previamente enviados a los estudiantes. Los talleres se desarrollarán con datos reales y modelado, usando software especializado (e.g., SDDtoolbox), y el uso de R para el análisis estadístico, modelado de riesgo y visualización de resultados.

Evaluación:

Todas las clases teóricas y talleres serán en modalidad virtual. Todos los talleres serán obligatorios para aprobar el curso.

Taller final. En base a las herramientas brindadas en el curso se presentará un breve proyecto final sobre evaluación de riesgo ambiental a un problema real o hipotético, desde la recopilación de datos hasta la propuesta de gestión. Se presentará un informe escrito, el cual deberá ser defendido en una presentación oral de 15 minutos. Esta actividad es grupal.

Bibliografía:

Arnot, J. A., & Gobas, F. A. (2004). A food web bioaccumulation model for organic chemicals in aquatic ecosystems. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(10), 2343-2355.

Aronson, J. K., & Ferner, R. E. (2017). Biomarkers—a general review. *Current protocols in pharmacology*, 76(1), 9-23.

Bertrand, L., Iturburu, F.G., 2023. Pesticides bioassays using neotropical aquatic species: trends during the last twenty years and future challenges in Argentina. *Chemosphere*, 326, 138369.

Chatterjee, M., & Roy, K. (2022). Recent advances on modelling the toxicity of environmental pollutants for risk assessment: from single pollutants to mixtures. *Current Pollution Reports*, 8(2), 81-97.

Feng, C., Yu, L., Xiao, Y., & An, C. (2020). Environmental behavior and effects of pollutants in water. *Journal of Chemistry*, 2020.

Gobas, F. A., Mayer, P., Parkerton, T. F., Burgess, R. M., Van de Meent, D., & Gouin, T. (2018). A chemical activity approach to exposure and risk assessment of chemicals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(5), 1235-1251.

Kelly, B. C., Ikonomou, M. G., Blair, J. D., Morin, A. E., & Gobas, F. A. P. C. (2007). Food Web-Specific Biomagnification of Persistent Organic Pollutants. *Science*, 317(5835), 236-239.

Klaassen, C. D., & Amdur, M. O. (Eds.). (2013). *Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons* (Vol. 1236, pp. 189-190). New York: McGraw-Hill.

Maertens, A., Golden, E., Luechtefeld, T.H., Hoffmann, S., Tsaïoun, K., Hartung, T., 2022. Probabilistic risk assessment—the keystone for the future of toxicology. *Altex* 39(1), 3.

Mentzel, S., Grung, M., Tollefsen, K.E., Stenrød, M., Petersen, K., Moe, S.J., 2022. Development of a Bayesian network for probabilistic risk assessment of pesticides. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 18 (4), 1072–1087.

Nagai, T., 2017. Studies on ecological risk assessment of pesticide using species sensitivity distribution. *J. Pestic. Sci.* 42 (3), 124–131.

Olker, J. H., Elonen, C. M., Pilli, A., Anderson, A., Kinziger, B., Erickson, S., ... & Hoff, D. (2022). The ECOTOXicology knowledgebase: A curated database of ecologically relevant toxicity tests to support environmental research and risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 41(6), 1520-1539.

Rodríguez-Bolaña, C., Pérez-Parada, A., Niell, S., Heinzen, H., & de Mello, F. T. (2024). Comparative deterministic and probabilistic approaches for assessing the aquatic ecological risk of pesticides in a mixed land use basin: A case study in Uruguay. *Science of The Total Environment*, 910, 168704.

USEPA. 2014. Probabilistic Risk Assessment to Inform Decision Making: Frequently Asked Questions. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency

Van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 13(2), 57-149.