



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS y NATURALES



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

Asignatura: **Fundamentos de Ingeniería Ambiental**

Código: 10-09055

RTF

7,5

Semestre: Quinto

Carga Horaria

80

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

40

Departamento: Producción, Gestión y Medio Ambiente

Correlativas:

- Biología y Ambiente
- Química Orgánica

Contenido Sintético:

- Factores ambientales: agua - suelo - aire - biota.
- Problemas ambientales, perturbaciones y contaminación de los factores ambientales.
- Fundamentos físicos, químicos y biológicos del estudio de los ecosistemas. Ecosistemas acuáticos epicontinentales.
- Procesos de transformación y transporte en relación con la contaminación del agua.
- Interpretación y aplicación de modelos de calidad de agua.
- Manejo de los sistemas acuáticos.
- Introducción a los sistemas de monitoreo de la contaminación.
- Análisis territorial y espacial, SIG y mapas ambientales.
- Normativa ambiental aplicada a los problemas ambientales.

Competencias Genéricas:

CG1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.

CG7: Comunicar con efectividad.

Aprobado por HCD: 954-HCD-2025

RES: Fecha: 1/12/2025

Competencias Específicas:

CE1.3: Planificar, diseñar, calcular, proyectar y construir obras e instalaciones para conducción, tratamiento, recuperación y disposición de efluentes cloacales en cualquier ámbito.

CE1.5: Planificar, diseñar, calcular y proyectar obras e instalaciones para el tratamiento y conducción de contaminantes atmosféricos urbanos, rurales e industriales, así como su dispersión final en el medio.

CE1.6: Planificar, diseñar, calcular y proyectar obras e instalaciones para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos, rurales e industriales.

CE1.7: Proyectar, calcular, dirigir y controlar la construcción de obras para tratamiento y disposición de efluentes urbanos, rurales e industriales en hormigón armado.

CE1.12: Interpretar la afectación antrópica en la contaminación de los ecosistemas.

CE2.3: Diseñar, proyectar, calcular, operar, mantener y controlar la construcción de obras para la remediación de pasivos ambientales, tales como los provenientes de canteras, actividad minera y las obras propias de la ingeniería ambiental.

CE2.8: Aplicar conceptos ecológicos para la conservación y recuperación de los ecosistemas.

CE3.4: Aplicar metodologías para evaluar procesos que involucren impacto ambiental, por el uso o funcionamiento de obras e instalaciones de ingeniería ambiental.

CE4.3: Analizar la contaminación atmosférica generada por las energías no renovables en relación con la huella de carbono y el uso racional de las mismas.

CE5.4: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con una situación de emergencia ambiental.

CE6.1: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con los riesgos para la salud e impactos ambientales negativos.

CE7.1: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de vigilancia, monitoreo y control de impactos ambientales.

CE7.3: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de adaptación, mitigación y remediación de impactos ambientales.

CE8.1: Proyectar, dirigir, certificar y evaluar riesgo ambiental e impacto ambiental.

-

Presentación

La asignatura Fundamentos de la Ingeniería Ambiental pertenece al tercer año (quinto semestre) de la Carrera de Ingeniería Ambiental. En este espacio curricular se atiende con especial énfasis a la formación humana y profesional del futuro egresado, en lo que se refiere a valorar efectivamente su responsabilidad social como profesional universitario y hombre de ciencia, al tiempo de estimular el desarrollo de su capacidad reflexiva y su espíritu científico, investigador e innovador.

En la carrera, este espacio integra los conocimientos de las ciencias básicas con materias tales como: Biología y Ambiente, Química General, Química Orgánica y Física entre las más relacionadas.

La asignatura es el primer contacto de los estudiantes con conocimientos específicos de la Carrera, en especial a los aspectos referidos a distintos problemas ambientales y su normativa vinculada, las relaciones entre los factores ambientales como área del conocimiento. La asignatura profundiza muy especialmente los aspectos relacionados con la contaminación y gestión de los ecosistemas de agua dulce y se interioriza de las normativas relevantes en este tema y que serán parte de su ejercicio profesional.

Se busca incentivar el pensamiento lógico, el trabajo cooperativo, promoviendo la integración del estudiante con otras disciplinas. Se trabaja en la racionalización de problemas ambientales identificando sus componentes y relaciones, las causas y consecuencias, así como introducirlos en la elaboración de soluciones creativas e innovadoras de los mismos.

Se propende a una capacitación que considere la pluralidad de aspectos ambientales y sociales. Y que al finalizar el cursado el estudiante haya obtenido un conjunto de conocimientos específicos sobre los factores ambientales: agua - suelo - aire – biota; los fundamentos físicos, químicos y biológicos del estudio de los ecosistemas acuáticos epicontinentales, así como el análisis e interpretación de los fenómenos de contaminación del agua y la aplicación de modelos sencillos de calidad de agua como elemento fundamental en la gestión de los ecosistemas acuáticos. Se introduce en el uso de las herramientas para la construcción de mapas ambientales y el análisis del territorio. Todos estos conceptos están ligados a la comprensión de la importancia del ambiente para el ser humano y la necesidad de valorarlo correctamente en todas sus dimensiones y tratarlo con un criterio de sustentabilidad.

Contenidos

Factores ambientales: agua - suelo - aire - biota.

Atmósfera. Composición química. Climatología y Meteorología.

Suelos. Constituyentes y perfil del suelo. Génesis. Física del suelo. Composición química.

Ciclos biogeoquímicos de los constituyentes del suelo.

Biota. Niveles de organización biológicos. Concepto de ecosistemas y sus componentes.

Materiales y Energías en los Ecosistemas.

Problemas ambientales.

Perspectiva histórica de los problemas ambientales. Escalas: global (deposición ácida, cambio climático global. gases de invernadero), regional y local. Principales problemas ambientales y su relación con el desarrollo de la normativa ambiental. La complejidad de los problemas ambientales desde una perspectiva social y del uso del territorio. Problemas ambientales urbanos, de los ecosistemas naturales y de los agroecosistemas. Gradientes ambientales, tolerancia, adaptación. Contaminantes químicos, físicos y biológicos. Contaminantes emergentes. Introducción a los sistemas de monitoreo. Residuos sólidos urbanos. Residuos peligrosos.

Ecotoxicología

Definiciones e introducción. Casos en la historia de la ecotoxicología. Contaminantes ambientales - Caracterización de la Exposición: Fuentes, vías de ingreso, distribución y permanencia de contaminantes. Incorporación, biotransformación, eliminación, bioacumulación y biomagnificación. Caracterización del efecto tóxico-Ensayos toxicológicos: Toxicidad, relación dosis/concentración - respuesta. Exposición y efecto. Efectos letales y subletales, agudos y crónicos. Tolerancia y resistencia. Ensayos de toxicidad. Tipos de ensayos. Organismos de prueba. Caracterización del efecto tóxico-Efectos de los contaminantes: Efectos a nivel subcelular, celular, tejidos, órganos, individuos, poblaciones y comunidades.

Fundamentos físicos, químicos y biológicos del estudio de los ecosistemas acuáticos epicontinentales.

Procesos que involucran la biota de los sistemas lóticos y lénticos. Clasificación de los lagos. Producción primaria, consumo, descomposición. Redes tróficas. Estratificación y sucesión del fitoplancton. Organismos del litoral: macrófitos. Organismos vertebrados, grupos funcionales y distribución en humedales. Procesos que involucran la biota en sistemas lóticos. Ecología fluvial. La biota de sistemas lóticos: organismos del plancton, necton y bentos. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua. Eutrofización.

Contaminación del agua, procesos de transformación y transporte.

Sistemas en estado de equilibrio, en estado estacionario y fuera del equilibrio. Sistemas abiertos, cerrados y aislados. Propiedades físicas y químicas de agua. Principales tipos de reacciones químicas y bioquímicas de implicancia ambiental. Reacciones de ácido-base, su incidencia en la composición de las aguas. Reacciones de óxido-reducción, su importancia en la degradación de la materia orgánica en los diferentes ambientes. El agua como disolvente. Los coloides. Gases en agua. Acidez y alcalinidad del agua: fuentes de contribución y efectos. Metales en el agua. Comportamiento de los iones metálicos. Compuestos de coordinación y quelatos.

Interpretación y aplicación de modelos sencillos de calidad de agua.

Contaminación del agua, procesos de transformación y transporte. Contaminación del agua. Aspectos cinéticos de la contaminación del agua. Calidad del agua en ríos y lagos, procesos físicos: Oxígeno disuelto y DBO en cuerpos de agua. Procesos de transformación y transporte.

Manejo de los sistemas acuáticos e introducción a los sistemas de monitoreo de la contaminación.

Interpretación y aplicación de modelos sencillos de calidad de agua. Calidad de sistemas acuáticos. Manejo de los sistemas acuáticos. Estándares y niveles guía. Sistemas de monitoreo de la contaminación. Instrumentos, métodos, técnicas, organismos bioindicadores de respuesta o acumulación de la contaminación.

Análisis territorial y espacial, SIG y mapas ambientales.

Teledetección ambiental. SIG. Modelos digitales del terreno. Elaboración de mapas ambientales. Instrumentos. Métodos y técnicas. Softwares específicos.

Marco Normativo Ambiental.

Legislación Ambiental en Argentina y su evolución. Acuerdos ambientales internacionales; problemas; referencias y lecturas de ampliación. Leyes nacionales de presupuestos mínimos del ambiente. Ley de Residuos peligrosos. Normativa ambiental de la Provincia de Córdoba (Ley 7343, ley 10208, decretos reglamentarios)

Metodología de enseñanza

La asignatura FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL se desarrolla sobre dos ejes en que se retroalimentan de manera permanente por un lado casos reales aportados por los docentes Y por el otro el abordaje que realiza el docente de los conocimientos necesarios relacionados con la actividad propuesta orientando la búsqueda y la lectura de un marco teórico específico.

Para lo cual los estudiantes deben constituir grupos de trabajo y elegir una organización de producción que les permita resolver los casos de estudio propuestos. Este enfoque se basa en el aprendizaje basado en problemas concretos, poniendo al estudiante en contacto con la realidad laboral. Aprender, analizar, evaluar y proponer soluciones sobre casos determinados. Se presenta como la dinámica con la que el estudiante aprende de modo colectivo, junto con sus compañeros.

Las intervenciones docentes se complementan respetando la secuencia del proceso de aprendizaje del estudiante y la pertinencia de la situación, guía e incentiva la búsqueda y selección de la información necesaria para resolver un problema o expone algunos contenidos que son sostén imprescindible para el desarrollo de las actividades planteadas

Evaluación y Condiciones de aprobación

Estudiantes Promocionales

Asistir al 80 % de las clases.

Aprobar las evaluaciones parciales escritas, acreditando el 70% de los conocimientos.

Aprobar los 3 (tres) ESPA relacionados a la resolución de problemas ambientales.

Aprobar los 2 (dos) informes de los TPC.

Aprobar el coloquio final.

Estudiantes Regulares

Asistir al 80 % de las clases.

Aprobar el 50% de las evaluaciones parciales escritas, acreditando el 70% de los conocimientos.

Aprobar 2 (dos) ESPA relacionados a la resolución de problemas

Nota: En caso de obtener calificación inferior al 70% en alguna de las evaluaciones parciales, el/la estudiante podrá recuperar sólo una de ellas. Quien no alcance la condición de estudiante regular quedará automáticamente en condición de estudiante libre. Quien alcance la regularidad, deberá rendir examen en tal condición, en el lapso estipulado por el Régimen de Estudiantes de la FCEFyN. Luego de ese lapso, la regularidad perderá su vigencia. El estudiante que no apruebe el examen final dentro de tal período quedará en condición de estudiante libre; pudiendo rendir examen en esa condición, o re-cursar la asignatura.

Actividades prácticas y de laboratorio

En el transcurso del dictado de la asignatura se realizarán dos trabajos prácticos de campo (TPC) que se desarrollarán en el marco de una propuesta de estudio de un caso concreto de desarrollo de una línea de base ambiental, resultando el caso el eje conductor del trabajo práctico. El objetivo de los mismos resulta en utilizar de manera concreta distintas herramientas y tecnologías para el análisis de los problemas ambientales.

En el TPC N°1 el objetivo es que los estudiantes desarrollen habilidades para la organización de la salida, el estudio del caso planteado, planteo de los objetivos, ubicación y mapeo del sitio a estudiar, evaluación del instrumental necesario para llevar adelante el trabajo práctico. Analizar los protocolos y normativas relacionados a la metodología de técnicas de monitoreo in situ de factores de agua y suelo.

En el TPC N°2 el objetivo es concretar las tareas de monitoreo in situ de parámetros fisicoquímico de agua y suelo. Técnicas de muestreo de agua y suelo para alcanzar los objetivos planteados. En campo los estudiantes podrán hacer uso de equipos menores de medición: GPS, equipos de muestreo y monitoreo in situ de suelo y de agua: Sondas multiparamétricas portátiles para medir múltiples parámetros en agua de forma simultánea, como pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez, transparencia y temperatura. También en esta instancia el alumno podrá realizar el ejercicio de: Georeferenciación de los sitios de muestreo y otros puntos de interés. Toma de muestras (de acuerdo con el análisis cartográfico y ambiental realizado) para la determinación de distintas variables: fisicoquímicos, hidrocarburos, bacteriológico, nutrientes en agua y suelo. Etiquetado. Acondicionamiento y traslado. Manejo de cadenas de custodia.

En las aulas taller/laboratorio los estudiantes realizarán la preparación de los equipos necesarios a llevar al campo, preparación de los diferentes tipos de muestreadores y envases a utilizar. Calibración de equipos. En tanto, aula de Computación realizarán las tareas de mapeo, cartografía previo y posterior a las tareas de campo y para la organización del informe final de campo.

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

Competencias Genéricas

CG1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

CG1.a. Capacidad para identificar y formular problemas

CG1.b. Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada

CG1.c. Capacidad para implementar tecnológicamente una alternativa de solución

1. Organiza los datos del problema de manera adecuada y coherente.
2. Puede evaluar el contexto del problema y relacionarlo con el núcleo de la situación.
3. Desarrolla una solución lógica para el planteo realizado.
4. Formula diferentes alternativas fundamentadas para dar solución al problema.
5. Selecciona con criterios de adecuación tecnológica, costos y disponibilidad la mejor alternativa.
6. Optimiza la selección de dispositivos tecnológicos disponibles para la implementación en la solución del problema.
7. Capacidad para elaborar informes, dar especificaciones y comunicar recomendaciones.

CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería

CG4.1: Ser capaz de acceder a las fuentes de información relativas a las técnicas y herramientas y de comprender las especificaciones de estas.

CG4.2: Ser capaz de conocer los alcances y limitaciones de las técnicas y herramientas a utilizar y de reconocer los campos de aplicación de cada una de ellas.

CG4.3: Ser capaz de elegir y seleccionar las técnicas y herramientas más adecuadas, analizando la relación costo/beneficio de cada alternativa mediante criterios de evaluación de costos, tiempo y disponibilidad, seguridad, etc.

1. Reconoce las tecnologías y metodología para la identificación e interpretación de los problemas ambientales.
2. Selecciona en forma correcta dichas técnicas y metodologías.
3. Emplea adecuadamente los recursos gráficos para la solución de problemas propuesto.
4. Explica en forma correcta los procesos de contaminación y su relación con los factores ambientales analizados.
5. Aplica las leyes de la física y de la química para la resolución de situaciones problemas y de manera adecuada a la tecnología e instrumentales disponibles.

CG7: Comunicarse con efectividad

CG7.1: Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita.

CG7.2: Ser capaz de producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes.

CG7.3: Ser capaz de manejar las herramientas informáticas apropiadas para la elaboración de informes y presentaciones.

CG7.4: Ser capaz de utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural).

1. Interpreta correctamente las instrucciones del equipo docente.
2. Produce gráficos aptos para un informe técnico.
3. Usa adecuadamente los tiempos verbales.
4. Emplea el vocabulario técnico adecuado a la disciplina.
5. Explica de manera adecuada el caso a resolver.
6. Propone soluciones acordes a la propuesta realizada.
7. Interpreta los resultados obtenidos y es capaz de dar los fundamentos.
8. Elabora conclusiones correctas.

Competencias Específicas

CE1.3: Planificar, diseñar, calcular, proyectar y construir obras e instalaciones para conducción, tratamiento, recuperación y disposición de efluentes cloacales en cualquier ámbito.

CE1.5: Planificar, diseñar, calcular y proyectar obras e instalaciones para el tratamiento y conducción de contaminantes atmosféricos urbanos, rurales e industriales, así como su dispersión final en el medio.

CE1.6: Planificar, diseñar, calcular y proyectar obras e instalaciones para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos, rurales e industriales.

CE1.7: Proyectar, calcular, dirigir y controlar la construcción de obras para tratamiento y disposición de efluentes urbanos, rurales e industriales en hormigón armado.

1. Reconoce los conceptos generales sobre efluentes cloacales y sus impactos.
2. Diferencia entre conceptos de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos.
3. Es capaz de reconocer, aplicando leyes de la física y de la química, en los diferentes sistemas de clasificación, los residuos sólidos urbanos, industriales y peligrosos.
4. Puede organizar la información y resolver problemas relacionados con el poder energético de los residuos sólidos urbanos.
5. Puede organizar la información relacionada a tratamientos biológicos de los residuos.
6. Emplea adecuadamente los recursos gráficos.

CE1.12: Interpretar la afectación antrópica en la contaminación de los ecosistemas.

1. Reconoce la contaminación como un problema ambiental real o potencial en los sistemas ecológicos en relación con los balances de materia y energía considerando estándares.
2. Identifica los principales factores ambientales afectados.
3. Aplica las leyes de la física y de la química para la resolución de problemas de contaminación.
4. Interpreta y selecciona la mejor alternativa para su estudio.
5. Emplea adecuadamente los recursos gráficos.
6. Explica en forma correcta los procesos de emisión y transporte de contaminantes.
7. Formula y utiliza modelos como aproximación de la realidad física-química, para el abordaje de las situaciones problemáticas del ambiente.

CE2.3: Diseñar, proyectar, calcular, operar, mantener y controlar la construcción de obras para la remediación de pasivos ambientales, tales como los provenientes de canteras, actividad minera y las obras propias de la ingeniería ambiental.

1. Identifica los problemas ambientales relacionados con la actividad minera.
2. Relaciona los conceptos de contaminación con los de pasivos ambientales.
3. Reconoce los factores ambientales afectados por pasivos ambientales y puede establecer los límites.

CE2.8: Aplicar conceptos ecológicos para la conservación y recuperación de los ecosistemas.

1. Justifica las decisiones tomadas en relación con el funcionamiento de los ecosistemas, a partir de la evaluación realizada con argumentación técnica sólida.
2. Aplica en forma apropiada los procedimientos técnicos para la solución de los problemas de recuperación de los ecosistemas.
3. Es capaz de emplear recursos gráficos en la solución de los problemas.
4. Reconoce la normativa y/o legislación necesaria para la conservación y recuperación de los ecosistemas

CE3.4: Aplicar metodologías para evaluar procesos que involucren impacto ambiental, por el uso o funcionamiento de obras e instalaciones de ingeniería ambiental.

1. Define los límites del sistema ambiental en estudio.
2. Reconoce los factores que actúan en los procesos dentro del sistema y sobre los que se podrán verificar impactos ambientales.
3. Establece las relaciones entre los factores intervinientes.
4. Explica la dinámica de las relaciones de los factores.
5. Reconoce la normativa y/o legislación necesaria para la evaluación del impacto ambiental

CE4.3: Analizar la contaminación atmosférica generada por las energías no renovables en relación con la huella de carbono y el uso racional de las mismas.

1. Interpreta el problema propuesto.
2. Reconoce los principales contaminantes atmosféricos relacionados con problemas ambientales globales, regionales y locales.
3. Analiza la normativa relacionada con estándares de calidad de aire.

CE5.4: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con una situación de emergencia ambiental.

1. Formula y utiliza modelos como aproximación de la realidad física-química, para el abordaje de la contaminación en relación con una emergencia ambiental.
2. Utiliza, interpreta y elabora modelos de dispersión de contaminación en particular del factor agua.

3. Planifica estrategias para la resolución y manejo de situaciones bajo incertidumbre, consolidando actitudes para la solución de problemas no tradicionales con predisposición a la adopción de soluciones en el trabajo interdisciplinario.

4. Utiliza conocimientos adquiridos previamente de la ingeniería, técnicas y herramientas tecnológicas disponibles, de referencias y actualizadas para la resolución de problemas.

CE6.1: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con los riesgos para la salud e impactos ambientales negativos.

1. Interpreta el problema propuesto.

2. Formula y utiliza modelos como aproximación de la realidad física-química, para el abordaje de la contaminación en relación con una emergencia ambiental.

3. Utiliza, interpreta y elabora modelos de dispersión de contaminación para la interpretación del impacto de las situaciones de contaminación sobre la salud humana.

4. Identifica y relaciona los sistemas de contaminación en relación con los diferentes factores ambientales y los ciclos biogeoquímicos.

5. Emplea adecuadamente los recursos gráficos para la solución de problemas

CE7.1: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de vigilancia, monitoreo y control de impactos ambientales.

1. Interpreta la información de los problemas propuestos.

2. Reconoce los factores del sistema y sus relaciones, para organizar tareas de monitoreo ambiental.

3. Planifica y desarrolla estrategias para su abordaje.

4. Utiliza conocimientos adquiridos: técnicas, herramientas tecnológicas e instrumental disponible, de referencias y actualizadas, para la resolución de problemas.

5. Posee capacidad para interpretar resultados obtenidos de monitoreos y su relación con la normativa vigente.

CE7.3: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de adaptación, mitigación y remediación de impactos ambientales.

CE8.1: Proyectar, dirigir, certificar y evaluar riesgo e impacto ambientales.

1. Puede distinguir entre proyectos de adaptación, mitigación y remediación de impactos ambientales.

2. Reconoce los factores involucrados en los mismos.

3. Relaciona las exigencias de la normativa vigente con este tipo de proyectos.

Bibliografía

Amé Valeria, et. al . 2021- Principios de ecotoxicología. Coordinación general de Pedro Carriquiriborde. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata; EDULP, 2021. Libro digital, PDF. ISBN 978-950-34-1987-8. 343 pp.

Aragoneses López, S. y Zarzosa González. (2020) H. FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DEL AGUA. Ed. Dextra.

Capó Martí, M. A. 2007. Principios de Ecotoxicología, Tébar, España, 320 pp.

- Chorus Ingrid and Welker Martin. (2021) Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. Second Edition. Ed CRS. Press. USA.
- Conesa V. y Fernández-Vítora (1997) Auditorías medioambientales: guía metodológica. Mundi-Prensa, Madrid España.
- Conesa, V y Fernández -Vítora. (2005). Guía Metodológica para la evaluación de Impacto Ambiental. Ed. Mundiprensa, Madrid.
- Davis, MacKenzie. (2005). Ingeniería y Ciencias Ambientales. Ed. Reverte. España
- Gimbert, Masters, Wendell. y Ela. (2008). Introducción a la Ingeniería Medioambiental. Ed. Bellisco Madrid-España
- Mackay, J. M. 2021. Multimedia environmental models The fugacity approach Third Edition. Taylor & Francis Group. Trent University. (2022, Julio). Recursos de Modelos. Obtenido de: <https://www.trentu.ca/cemc/resources-and-models>
- Markert B.A., Breure A.M. and Zechmeister, H. G. 2010. Bioindicators & Biomonitoring. Principles, Concepts and Applications, Elsevier.
- Massolo, Laura A. et al. 2022. Modelos de dispersión y distribución de contaminantes en el ambiente. Coordinación general de Laura Andrea Massolo.- 1a ed.- La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; EDULP, 2022. Libro digital, PDF -(Libro Digital) Archivo Digital: descarga ISBN 978-950-34-2160-4
- Masters, Gilbert et al. (2008). Introducción a la ingeniería medioambiental Edición: 3ª ed. Pearson Educación, Madrid, España.
- Mebane C.A., Chowdhury M.J., De Schamphelaere K.A.C. Lofts S., Paquin P.R., Santore R.C., Wood C.M, 2020. Metal Bioavailability Models: Current Status, Lessons Learned, Considerations for Regulatory Use, and the Path Forward. Environmental Toxicology and Chemistry, vol. 39(1): 60–84. DOI: 10.1002/etc.4560
- Orozco Barrenetxea, C. (2011). Contaminación ambiental. Una visión desde la química. Ed. Thomson International. Madrid.
- Santore, R.C., Ryan, A.C., 2015. Development and application of a multimetal multibiotic ligand model for assessing aquatic toxicity of metal mixtures. Environ. Toxicol. Chem. 34 (4), 777– 787. <http://dx.doi.org/10.1002/etc.2869>.
- Stanley E. Manahan. (2007). Introducción a la Química Ambiental. Ed. Reverte. España.
- Tundisi, José Galizia. (2008) Limnología. Ed. José Galizia Tundisi, Takako Matsumura. Tundisi. -- São Paulo: Oficina de Textos.

US EPA, 2016. Water Quality Standards Academy Biotic Ligand Model and Copper Criteria March 2016 Office of Science and Technology Office of Water US Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/wqs-tech/copper-biotic-ligand-model> (Acceso agosto 2023).