

PLANIFICACIÓN 2022

## Modelación Ambiental

### INFORMACIÓN GENERAL

<b>Carrera</b>	<b>Docente Responsable</b>
Ingeniería Ambiental	Leticia Beatriz Rodriguez
<b>Departamento</b>	<b>Carga Horaria</b>
Medio Ambiente	<b>Carga Horaria Cuatrimestral</b> <b>120 hs</b>
<b>Plan de Estudios</b>	<i>TEORÍA</i> 55 hs
Plan 2006	<i>PRÁCTICA</i>
<b>Carácter</b>	Formación Experimental 0 hs
Cuatrimestral	Resolución de Problemas 9 hs
<b>Equipo Docente</b>	Resolución de Problemas de Ingeniería 24 hs
Esteban Fornero	Proyectos y diseños de procesos 0 hs
Leticia Beatriz Rodriguez	<i>CONSULTAS Y OTRAS ACTIVIDADES</i> 13.5 hs
Emiliano Veizaga	<i>EVALUACIONES</i> 18.5 hs

### SITIO WEB DE LA ASIGNATURA

### CONTENIDOS MÍNIMOS DE LA ASIGNATURA

Revisión de unidades y de notación. Balances de materia y energía. Fenómenos de transporte. Difusión, dispersión. Modelos simples de transporte. Equilibrio químico. Estequiometría. Reacciones ácido-base y redox. Cinética química; constante de velocidad, orden de reacción y ecuaciones constitutivas. Reacciones simples; ciclos y redes de reacción. Calidad del agua y contaminación acuática. Demanda biológica de oxígeno y otros indicadores. Ríos, lagos y reservorios considerados como sistemas cerrados o en flujo. Productos orgánicos tóxicos y metales pesados. Modelado y ecuaciones de transporte de contaminantes en suelos.

### OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

Sobre la base de los antecedentes conceptuales e instrumentales adquiridos por el alumno durante el período de formación general en la carrera, son objetivos particulares de este curso el capacitarlo para:

- adquirir una adecuada comprensión acerca del destino y el transporte de contaminantes en agua, aire y suelo, cuantificando sus reacciones, especiación y movimiento;
- determinar concentraciones de exposición a agentes químicos de los organismos acuáticos y/o humanos en el pasado, presente o futuro y

- predecir condiciones futuras bajo variados escenarios de carga de contaminantes para ayudar a establecer alternativas de acción/decisión.

### CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS PREVIOS PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Cálculo diferencial e integral, con especial énfasis en ecuaciones diferenciales ordinarias.  
 Nociones de química general e inorgánica. Nociones de física, con especial énfasis en campo eléctrico.  
 Buen manejo de magnitudes y unidades.  
 Nociones firmes de equilibrio químico en sistemas homogéneos (físicoquímica).

Nociones básicas de mecánica de fluidos.

### METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Clases expositivas con participación de los estudiantes, aprendizaje basado en problemas (ABP), estudio de casos, trabajos grupales dirigidos.

### PROGRAMA ANALÍTICO

**Título:** Unidad Temática 1.  
**Descripción/** Alcances del modelado ambiental. Revisión de unidades de concentración.  
**Contenidos:** Balances de masa. Calibración y verificación de modelos. Modelado ambiental y ecotoxicología.

Carga horaria de teoría: 180 minutos.

**Título:** Unidad Temática 2.  
**Descripción/** Fenómenos de transporte: Difusión/dispersión. Transporte convectivo.  
**Contenidos:** Compartimentalización. Modelos simples de transporte en sistemas confinados (lagos) y de flujo (ríos).

Carga horaria de teoría: 360 minutos.

**Título:** Unidad Temática 3.  
**Descripción/** Revisión de Conceptos de Equilibrio químico. Estequiometría. Principios del equilibrio en fase homogénea. Sistemas abiertos: Precipitación y disolución.  
**Contenidos:** Acomplejamiento superficial y adsorción. Reacciones redox. Nociones de modelado computacional y de técnicas numéricas de resolución.

Carga horaria de teoría: 480 minutos.

**Título:** Unidad Temática 4.  
**Descripción/** Revisión de conceptos de cinética de las reacciones químicas. Ley de acción  
**Contenidos:** de masas. Constantes de velocidad; efecto de la temperatura. La teoría del estado de transición. Orden de reacción y ecuaciones constitutivas de la reactividad química. Reacciones consecutivas y reversibles. Reacciones paralelas, ciclos y redes de reacción. Relaciones lineales de energía libre.

Carga horaria de teoría: 240 minutos.

**Título:** Unidad Temática 5.  
**Descripción/Contenidos:** Calidad del agua en lagos y reservorios como sistemas cerrados. Eutrofización. Ciclos del fósforo y nitrógeno. El fósforo como nutriente limitante. Criterios de carga de nutrientes. Crecimiento de algas. Modelos dinámicos para evaluación de la eutrofización.

Carga horaria de teoría: 480 minutos.

**Título:** Unidad Temática 6.  
**Descripción/Contenidos:** Contaminantes convencionales en ríos como sistemas en flujo pistón. La ecuación de Streeter-Phelps y sus modificaciones. Calidad del agua y contaminación acuática. Demanda biológica de oxígeno (BOD) y otros indicadores. Asignaciones de carga de desechos. Modelos de mezcla

Carga horaria de teoría: 480 minutos.

**Título:** Unidad Temática 7.  
**Descripción/Contenidos:** Productos orgánicos tóxicos. Revisión de nomenclatura y reacciones. Reacciones orgánicas en lagos y reservorios. Reacciones orgánicas en ríos y estuarios.

Carga horaria de teoría: 480 minutos.

**Título:** Unidad Temática 8.  
**Descripción/Contenidos:** Contaminación por trazas de metales pesados. Nomenclatura y reacciones. Formación y solubilidad de complejos. Adsorción y acomplejamiento sobre superficies. Modelos de estado estacionario para trazas de metales en lagos. Balances de masa y asignación de cuotas de descarga en los ríos. Reacciones redox y metales microconcentrados (trazas). Migración de metales en suelos.

Carga horaria de teoría: 480 minutos.

**Título:** Unidad Temática 9.  
**Descripción/Contenidos:** Contaminación de aguas subterráneas. Ecuaciones de flujo. Ecuaciones de transporte de contaminantes disueltos. Sorción y 'retardo'. Biotransformaciones y reacciones redox. Líquidos no acuosos. Biofilms y biodisponibilidad. La zona insaturada. Remediación.

Carga horaria de teoría: 240 minutos.

Trabajo de Seminario (Análisis/elaboración personal de la UT 9): 240 minutos.

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

**Título:** Environmental modeling. Fate and transport of pollutants in water, air and soil.  
**Autores:** Jerald L. Schnoor  
**ISBN:** **Editorial:** J. Wiley & Sons, New York  
**Formato:** Hardcover - Hay traducción disponible en el Centro de Estudiantes

**Descripción:** Los temas señalados en el programa analítico serán desarrollados empleando como bibliografía básica el texto "**Environmental modeling. Fate and transport of pollutants in water, air and soil**" de Jerald L. Schnoor, J. Wiley & Sons, Inc. 1996.

Los otros libros recomendados para revisión o consulta se dividen en generales y específicos. En los generales el tratamiento de los temas fisicoquímicos o de transporte es general y no contemplan las particularidades del Modelado Ambiental. Por el contrario, en los específicos la temática ambiental es el punto central del desarrollo del libro.

#### Bibliografía General:

- Levenspiel, O., "Ingeniería de las Reacciones Químicas". Editorial Reverté, S.A., Barcelona, 1976.
- Laidler, K.J., "Cinética de Reacciones, Vol. 1 y 2, Editorial Alhambra, Madrid, 1966.
- Bird, R.B.; Stewart, W.E. y Lightfoot, E.N., "Fenómenos de Transporte", Editorial Reverté S.A., Barcelona, 1964.
- Basmadjian, D., "The Art of Modeling in Science and Engineering", Chapman & Hall/CRC, 1999.

#### Bibliografía Específica:

- Valsaraj, K.T., "Elements of Environmental Engineering. Thermodynamics and Kinetics, 2da. Edición, CRC Press, Boca Ratón, 2000.
- Stumm, W. y Morgan, J.J., "Aquatic Chemistry", J. Wiley, 1996.
- Thibodeaux, L.J., "Environmental Chemodynamics: Movement of Chemicals in Air, Water and Soil, 2da. Edición, J. Wiley, 1995.
- Weber Jr., W.J. y DiGiano, F.A., "Process Dynamics in Environmental Systems", J. Wiley, 1996.
- Clark, M.M. "Transport Modeling for Environmental Engineers and Scientists", J. Wiley, 1996.
- Stumm M. (Ed.), "Aquatic Chemical Kinetics-Reaction Rates of Proceses in Natural Waters", 3ra. Edición, J. Wiley, 1990.
- Zhen-Gang Ji. "Hydrodynamics and water quality. Modeling rivers, lakes and estuaries". 1ra Edición, Wiley. 2008

**Selección de Páginas:** Se usará el 80% del libro

**Título:** Surface Water Quality Modeling  
**Autores:** Chapra S  
**ISBN:** **Editorial:** Prentice Hall  
**Formato:**

**Selección de Páginas:** No se ha especificado la selección de páginas.

**BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

**Título:** Aquatic Chemical Kinetics-Reaction Rates of Proceses in Natural Waters  
**Autores:** Stumm M.  
**ISBN:** **Editorial:** 3ra. Edición, J. Wiley  
**Formato:**

**Selección de Páginas:** No se ha especificado la selección de páginas.

**Título:** Aquatic Chemistry  
**Autores:** Stumm, W. y Morgan  
**ISBN:** **Editorial:** J. Wiley  
**Formato:**

**Selección de Páginas:** No se ha especificado la selección de páginas.

**Título:** Elements of Environmental Engineering. Thermodynamics and Kinetics  
**Autores:** Valsaraj, K.T.  
**ISBN:** **Editorial:** 2da. Edición, CRC Press, Boca Ratón  
**Formato:**

**Selección de Páginas:** No se ha especificado la selección de páginas.

**Título:** Environmental Chemodynamics: Movement of Chemicals in Air, Water and Soil  
**Autores:** Thibodeaux, L.J.  
**ISBN:** **Editorial:** 2da. Edición, J. Wiley  
**Formato:**

**Selección de Páginas:** No se ha especificado la selección de páginas.

**Título:** Hydrodynamics and water quality. Modeling rivers, lakes and estuaries  
**Autores:** Zhen-Gang Ji  
**ISBN:** **Editorial:** 1ra Edición, Wiley.  
**Formato:**

**Selección de Páginas:** No se ha especificado la selección de páginas.

**Título:** Process Dynamics in Environmental Systems  
**Autores:** Weber Jr., W.J. y DiGiano, F.A.  
**ISBN:** **Editorial:** J. Wiley  
**Formato:**

**Selección de Páginas:** No se ha especificado la selección de páginas.

**Título:** Transport Modeling for Environmental Engineers and Scientists  
**Autores:** Clark, M.M.  
**ISBN:** **Editorial:** J. Wiley  
**Formato:**

**Selección de Páginas:** No se ha especificado la selección de páginas.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

**Actividad:** Unidad temática (UT) 1  
**Semana:** 1  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

**Actividad:** Problemas de repaso - UT1  
**Semana:** 1  
**Horas:** 3  
**Tipo:** EP  
**Docentes a Cargo:** Emiliano Veizaga

**Actividad:** UT 2 – Parte 1  
**Semana:** 1  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes. Formato virtual.

**Actividad:** UT 2 – Parte 2  
**Semana:** 2  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a** Esteban Fornero  
**Cargo:**  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

**Actividad:** Problemas UT2  
**Semana:** 2  
**Horas:** 3  
**Tipo:** EP  
**Docentes a** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga  
**Cargo:**

**Actividad:** UT 2 – Parte 3  
**Semana:** 2  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** TP  
**Docentes a** Esteban Fornero  
**Cargo:**  
**Descripción:** Clase teórica + resolución de problemas ejemplo.

**Actividad:** UT3-Parte 1  
**Semana:** 3  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a** Esteban Fornero  
**Cargo:**  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

**Observaciones:** Resolución de problemas abiertos

**Actividad:** Problemas UT2/3  
**Semana:** 3  
**Horas:** 3  
**Tipo:** PI  
**Docentes a** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga  
**Cargo:**

**Actividad:** UT3 - Parte 2  
**Semana:** 3  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero

**Actividad:** UT 3 - Parte 3  
**Semana:** 4  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** TP  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero  
**Descripción:** Clase teórica + resolución de problemas ejemplo.

**Actividad:** Problemas UT 3 – PA1 - PE1  
**Semana:** 4  
**Horas:** 3  
**Tipo:** PI  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga

**Actividad:** UT 4 Parte 1  
**Semana:** 4  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

**Actividad:** UT4 - Parte 2  
**Semana:** 5  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** TP  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero  
**Descripción:** Clase teórica + resolución de problemas ejemplo.

**Actividad:** Problemas UT 4  
**Semana:** 5  
**Horas:** 3  
**Tipo:** EP  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga



**Actividad:** Revisión/Consulta  
**Semana:** 6  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** C  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga  
**Descripción:** Consulta al finalizar la clase práctica (Problemas UT 4)

**Actividad:** Primer Parcial  
**Semana:** 6  
**Horas:** 3  
**Tipo:** E  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** UT 5 - Parte 1  
**Semana:** 6  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

**Actividad:** UT5 - Parte 2  
**Semana:** 7  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** TP  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez  
**Descripción:** Clase teórica + resolución de problemas ejemplo.

**Actividad:** Problemas UT5 - PA2 - PE2  
**Semana:** 7  
**Horas:** 3  
**Tipo:** PI  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** UT6 - Parte 1  
**Semana:** 7  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez

**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

-----

**Actividad:** Problemas UT6  
**Semana:** 8  
**Horas:** 3  
**Tipo:** PI  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

-----

**Actividad:** UT 6 – Parte 2  
**Semana:** 8  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

-----

**Actividad:** UT6-Parte 3  
**Semana:** 8  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** TP  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez  
**Descripción:** Clase teórica + resolución de problemas ejemplo.

-----

**Actividad:** UT 7 - Parte 1  
**Semana:** 9  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

-----

**Actividad:** Problemas UT6 - PA3  
**Semana:** 9  
**Horas:** 3  
**Tipo:** PI  
**Docentes a Cargo:** Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

-----

**Actividad:** UT 7 – Parte 2  
**Semana:** 9  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a** Esteban Fornero  
**Cargo:**  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

**Actividad:** PE3  
**Semana:** 10  
**Horas:** 0.5  
**Tipo:** E  
**Docentes a** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga  
**Cargo:**

**Actividad:** UT 7 - Parte 3  
**Semana:** 10  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** TP  
**Docentes a** Esteban Fornero  
**Cargo:**  
**Descripción:** Clase teórica + resolución de problemas ejemplo.

**Actividad:** UT8 - Parte 1  
**Semana:** 11  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a** Esteban Fornero  
**Cargo:**  
**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

**Actividad:** Problemas UT7 - PA4  
**Semana:** 11  
**Horas:** 3  
**Tipo:** PI  
**Docentes a** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga  
**Cargo:**

**Actividad:** UT8 - Parte 2  
**Semana:** 11  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** T  
**Docentes a** Esteban Fornero  
**Cargo:**

**Descripción:** Clase expositiva, interactiva con estudiantes.

**Actividad:** UT 8 – Parte 3

**Semana:** 12

**Horas:** 2.5

**Tipo:** TP

**Docentes a** Esteban Fornero

**Cargo:**

**Descripción:** Clase teórica + resolución de problemas ejemplo.

**Actividad:** Problemas UT 7/8 PA4

**Semana:** 12

**Horas:** 3

**Tipo:** PI

**Docentes a** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga

**Cargo:**

**Actividad:** UT9-Parte 1

**Semana:** 12

**Horas:** 2.5

**Tipo:** T

**Docentes a** Leticia Beatriz Rodriguez

**Cargo:**

**Actividad:** UT9-Parte 2

**Semana:** 13

**Horas:** 2.5

**Tipo:** T

**Docentes a** Leticia Beatriz Rodriguez

**Cargo:**

**Actividad:** Problemas UT8

**Semana:** 13

**Horas:** 3

**Tipo:** PI

**Docentes a** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga

**Cargo:**

**Actividad:** Revisión/consulta

**Semana:** 14

**Horas:** 2.5

**Tipo:** C

**Docentes a** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Cargo:**

**Actividad:** Segundo Parcial  
**Semana:** 14  
**Horas:** 3  
**Tipo:** E  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** Consulta  
**Semana:** 14  
**Horas:** 3  
**Tipo:** C  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** Recuperatorio Parcial 1  
**Semana:** 15  
**Horas:** 3  
**Tipo:** E  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** Consulta  
**Semana:** 15  
**Horas:** 2.5  
**Tipo:** C  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** Recuperatorio Parcial 2  
**Semana:** 15  
**Horas:** 3  
**Tipo:** E  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** CFI  
**Semana:** 16  
**Horas:** 3  
**Tipo:** E  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** Consulta CFI  
**Semana:** 16  
**Horas:** 3  
**Tipo:** C  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Leticia Beatriz Rodriguez, Emiliano Veizaga

**Actividad:** Recuperatorio CFI  
**Semana:** 17  
**Horas:** 3  
**Tipo:** E  
**Docentes a Cargo:** Esteban Fornero, Emiliano Veizaga

### REQUERIMIENTOS DE LA ASIGNATURA

Detallar cuanto sea necesario para que los alumnos no tengan dudas sobre cada uno de estos requerimientos:

**Para Regularizar:** Actividades contempladas durante el desarrollo de la asignatura (Entrega de resolución de problemas y problema abierto, parciales) llevadas a cabo satisfactoriamente, conforme lo establece el Régimen de Enseñanza.

Condiciones particulares:

- Asistencia a clases prácticas (80 %)
- Parciales escritos individuales (nota según régimen de enseñanza, es decir mayor o igual a 40% en cada uno de ellos)
- Resolución de problemas abiertos por grupo (nota mayor o igual a 40% en cada uno de ellos)
- Entrega de problemas seleccionados por unidad temática y por grupo en formato video (nota mayor o igual a 40% en cada uno de ellos)

**Para Promocionar:** Actividades contempladas durante el desarrollo de la asignatura (Entrega de resolución de problemas y problema abierto, parciales) llevadas a cabo satisfactoriamente, conforme lo establece el Régimen de Enseñanza. Además, conforme lo establece el Régimen de Enseñanza, aprobación satisfactoria del Coloquio Final Integrador.

Condiciones particulares:

- Asistencia a clases prácticas (80 %)
- Parciales escritos individuales (nota según régimen de enseñanza, es decir promedio 70% y mayor o igual a 60% en cada uno de ellos)

- Resolución de problemas abiertos por grupo (nota promedio 70% y mayor o igual a 60% en cada uno de ellos)
- Entrega de problemas seleccionados por unidad temática y por grupo en formato video. (nota promedio 70% y mayor o igual a 60% en cada uno de ellos)
- Preguntas de evaluación (nota mínima 60% en cada uno de ellos).
- Aprobación del CFI

### EXAMEN FINAL

**Para Alumnos Regulares:** Alumno regular: examen final escrito (posibilidad de examen oral para mejorar la nota).

---

**Para Alumnos Libres:** Alumno libre: examen final escrito y oral.

### EVALUACIONES

#### PARCIALES

**Fecha:** 20-04-2022      **Título:** Parcial 1 (Temas 1 a 4)

**Temas / Descripción:**

---

**Fecha:** 15-06-2022      **Título:** Parcial 2 (temas 5 a 8)

**Temas / Descripción:**

---

#### RECUPERATORIOS

**Fecha:** 22-06-2022      **Título:** Recuperatorio - Primer Parcial

**Temas / Descripción:**

---

**Fecha:** 24-06-2022      **Título:** Recuperatorio - Segundo parcial

**Temas / Descripción:**

---

Fecha: 06-07-2022

Título: Recuperatorio CFI

Temas /  
Descripción:

---

**COLOQUIOS**

Fecha: 29-06-2022

Título: Coloquio final integrador

Temas /  
Descripción:

---

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

No se ha ingresado información complementaria para esta asignatura