

## **MODELACIÓN DE PROCESOS Y SISTEMAS AMBIENTALES**

ICYA 4102

Programa del Curso

Primer Semestre de 2020

Profesor: Luis Alejandro Camacho Botero Oficina ML629, Tel: 3394949 Extensión 1731

[la.camacho@uniandes.edu.co](mailto:la.camacho@uniandes.edu.co)

Horario Atención Estudiantes: Miércoles 10:00 am - 12:00 pm

Clase Magistral Lunes y Miércoles 17:00 am – 18:20 pm

### **Objetivos y metas**

El objetivo general del curso es lograr la familiarización del estudiante con modelos de procesos de transporte y transformaciones bioquímicas de contaminantes en el medio ambiente y de simulación de sistemas ambientales. Al final del curso el estudiante estará en capacidad de:

- Reconocer y aplicar en forma rigurosa el marco de modelación matemática de procesos en Ingeniería Ambiental.
- Formular y plantear ecuaciones y modelos matemáticos de procesos de transporte y reacción o transformación de determinantes o contaminantes en los diferentes medios y en sus interfaces, *i.e.* agua-aire-suelo, y solucionar las ecuaciones gobernantes mediante métodos analíticos o numéricos.
- Reconocer la importancia de contar con metodologías, protocolos, equipos y estaciones de medición de determinantes de calidad del agua y el aire específicas para la toma de datos de calibración y verificación de modelos de calidad del agua, de aire y el flujo en medios porosos y agua subterránea a nivel de cuenca o ecosistemas.
- Diseñar y conducir experimentos relacionados con la toma de datos útiles para la calibración de modelos de procesos de transporte y transformaciones de los contaminantes en el medio ambiente.
- Reconocer la utilidad y aplicar modelos matemáticos como herramientas de simulación, planificación, diseño, manejo y control ambiental de sistemas ambientales a nivel de cuenca hidrográfica, aguas superficiales continentales, ecosistemas, y el sistema climático a gran escala.

### **Metodología**

El curso se basará en lecturas previas y explicaciones magistrales del material repartido con anterioridad a las clases, lecturas posteriores y solución de problemas en clase y fuera de ella. El curso tendrá un alto contenido de laboratorios computacionales guiados y tareas que buscarán la familiarización del estudiante con el marco de modelación y herramientas modernas de simulación y modelos de los procesos y sistemas ambientales bajo estudio. El curso tendrá una salida de campo opcional (no obligatoria) para la toma de datos en un sistema en el cual se realizará un ejercicio completo de modelación ambiental.

## Referencias

- Wainwright J., Mulligan, M., (2004) Environmental modelling – Finding simplicity in complexity, John Wiley & Sons, Ltd.
- Chapra, S. C. (1997). Surface water quality modelling, Ed. McGraw-Hill, 1ª Ed., Nueva York
- Chapra, S.C. y Pellieter, G., (2003) Qual2k Documentation Manual, EPA.
- Martin, J., McCutcheon (1999) Hydrodynamics and transport for water quality modelling, Lewis, New York.
- Thibodeaux, L. J. (1996) Environmental chemodynamics, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York.
- James, A., (1993) An Introduction to water quality modelling, John Wiley & Sons, Chichester
- Kadlec, R. H., Knight, R. (1996) Treatment Wetlands, CRC Press LLC, Lewis Publishers, Boca Ratón.
- Thomann, R. V. and Mueller, J. A. (1987). Principles of surface water quality modelling and control, Ed. Harper and Row, 1ª Ed., Nueva York.
- Levenspiel O. (1972) Chemical reaction engineering, 2a Ed., John Wiley & Sons, Nueva York
- Chapman, D. (1992). Water quality assessments, Ed. E & FN Spon, UNESCO/WHO/UNEP Londres.
- Bartram, J., and Ballance, R. (1996). Water quality monitoring, Ed. E & FN Spon, UNESCO/WHO/UNEP Londres.
- Rutherford, J. C. (1994). River mixing, Ed. John Wiley & Sons, Chichester
- Salazar, A. (1996). Contaminación de Recursos Hídricos – Modelos y Control, AINSA, 2a. Edición, Medellín
- Weiming W. (2008) Computational River Dynamics, Talor & Francis, London
- Zhen-Gang, J. (2008) Hydrodynamics and Water Quality, Wiley, New Jersey.
- Stull, R. B. (2000) Meteorology for Scientists and Engineers, Brooks/Cole, 2a. Edición, Estados Unidos
- Karamouz, M., Ahmadi, A., Akhbari, M., (2011) Groundwater Hydrology, Engineering, Planning and Management, CRC Press Taylor & Francis Group, 1a. Edición, Boca Ratón.
- Benedini, M., Tsakiris, G., (2013) Water quality modelling for rivers and streams, Springer, Dordrecht
- Tchobanoglous, G., Schroeder E., D. (1987) Water quality – Characteristics, Modelling, Modification, Addison Wesley Longman, Reading

## Journals

Water Resources Research, AGU; Journal of Hydrology, Elsevier; Journals de la ASCE., e.g. Journal of Environmental Engineering, Earth System Sciences, Water Science and Technology, IAWQ, Environmental Fluid Mechanics (Springer), Environmental Modelling & Software (Elsevier).

## Sistema de Evaluación

Examen Parcial 1: 25% y Examen Parcial 2: 25%  
Laboratorios computacionales y tareas individuales 25%  
Proyecto en grupo: 25%

*Exámenes:* evaluarán el aprendizaje, alcance de metas y habilidades de modelación mediante ejercicios de planteamiento de ecuaciones gobernantes y/o implementación y solución de modelos ambientales. Los exámenes contendrán dos partes, una de conceptos y control de lecturas mediante preguntas abiertas o de selección múltiple, y otra de ejercicios con calculadora programable y/o computador.

*Laboratorios computacionales y tareas:* El curso tendrá un componente importante de tareas y laboratorios computacionales individuales o en grupos de dos personas que **deben entregarse en medio físico impreso únicamente en clase al profesor**. Después de la fecha acordada se recibirán solamente laboratorios a lo sumo con una semana de retraso y éstos se calificarán sobre 4.0.

*Proyecto:* se desarrollarán en grupo de máximo 6 estudiantes un proyecto de modelación de un sistema ambiental. Se realizarán entregas de informes parciales calificables, un informe final de ingeniería el cual deberá sustentarse oralmente al profesor. Se realizarán 2 entregas de informes parciales calificables (8%), un informe final de ingeniería (15%) y una sustentación oral (2%) con el profesor. Después de la fecha acordada se recibirán entregas de proyectos máximo con una semana de retraso y se calificarán sobre 4.0. Para la sustentación deberá solicitarse por parte del grupo una cita por escrito al profesor en las fechas establecidas para la misma. La no asistencia de un integrante a la sustentación se calificará con nota de 0.0 a esta persona.

*Lecturas y asistencia:* durante el desarrollo del curso se plantearán ejercicios dentro y fuera de clase que se deben entregar, a manera de tarea individual o en grupos de dos personas, únicamente en las fechas indicadas o máximo con una clase de retraso. El curso tendrá una alta asignación de lecturas previas y posteriores a las clases. Las lecturas que se indiquen como obligatorias podrán ser evaluadas en los exámenes mediante preguntas de selección múltiple o preguntas abiertas. La asistencia a clase se controlará en los términos indicados en el reglamento estudiantil.

*Material de clases:* en SICUA-PLUS estarán disponibles las presentaciones de clase en PowerPoint. Éstas son para uso exclusivo de los estudiantes del curso. En SICUA-PLUS habrá material de soporte y lecturas obligatorias (evaluables) y opcionales adicionales. La filmación o grabación de clases no está permitida sin previa autorización.

*Aproximación notas:* la Nota Definitiva será la nota final ponderada según los anteriores porcentajes, expresada con décimas y centésimas (por ejemplo, si la la nota final es 3.6783, la nota definitiva será 3.68; si la nota final es 3.6743, la nota definitiva será 3.67). La nota mínima aprobatoria será 3.00. Excusas: se recibirán excusas por inasistencia a los exámenes parciales de acuerdo con el artículo 43 del RGEPr las cuales deberán ser entregadas a la secretaria de la coordinación del Departamento y al profesor para su verificación y aprobación.

*Protocolo MAAD:* El miembro de la comunidad que sea sujeto, presencie o tenga conocimiento de una conducta de maltrato, acoso, amenaza, discriminación, violencia sexual o de género (MAAD) deberá poner el caso en conocimiento de la Universidad. Ello, con el propósito de que se puedan tomar acciones institucionales para darle manejo al caso, a la luz de lo previsto en el protocolo, velando por el bienestar de las personas afectadas.

Para poner en conocimiento el caso y recibir apoyo, usted puede contactar a:

1. Línea MAAD: [lineamaad@uniandes.edu.co](mailto:lineamaad@uniandes.edu.co)
2. Ombudsperson: [ombudsperson@uniandes.edu.co](mailto:ombudsperson@uniandes.edu.co)
3. Decanatura de Estudiantes: Correo: [centrodeapoyo@uniandes.edu.co](mailto:centrodeapoyo@uniandes.edu.co)
4. Red de Estudiantes:  
- PACA (Pares de Acompañamiento contra el Acoso) [paca@uniandes.edu.co](mailto:paca@uniandes.edu.co) -
5. Consejo Estudiantil Uniandino(CEU) [comiteacosoceu@uniandes.edu.co](mailto:comiteacosoceu@uniandes.edu.co)



**Modelación de procesos y sistemas ambientales - Contenido Detallado y Cronograma**  
**- Clases Magistrales**

Clase	Fecha	Tema
1	20 Enero	<b>Introducción al curso.</b> Importancia y utilidad de modelos de procesos y sistemas ambientales como ríos, cuencas, acuíferos, atmósfera. Introducción al marco general de modelación ambiental.
2	22 Enero	<b>Modelación Movimiento y transformación de contaminantes en el ambiente.</b> Fundamentos de modelación. Conservación de la masa e introducción a la cinética de reacciones de orden $n$ . Balance de masa en un reactor bien mezclado.
3	27 Enero	Soluciones a las ecuaciones diferenciales simples y acopladas de un reactor bien mezclado y de reactores en serie CSTRs o CIS. Métodos numéricos de Euler, Heun y Runge-Kutta
4	29 Enero	Laboratorio computacional solución ODEs simples y acopladas en MATLAB y SIMULINK - <i>Laboratorio 1</i>
5	3 Febrero	Laboratorio computacional calibración ODE simple y acopada en MATLAB con la herramienta Monte Carlo Analysis Toolbox (MCAT-GLUE)- - <i>Laboratorio 2</i>
6	5 Febrero	Procesos de transporte de solutos: Advección, Difusión, Dispersión longitudinal y transversal en agua y aire
7	10 Febrero	Experimentos con trazadores en ríos, aguas subterráneas y en la atmósfera.
8	12 Febrero	<b>Modelos de transporte de solutos.</b> Modelo ADE 1D, 2D, 3D y ADE-R. Métodos numéricos de solución de la ecuación ADE-R. <b>Salida de campo 1 (Sábado 15 Febrero– opcional).</b>
9	17 Febrero	Modelos alternativos de transporte de solutos en ríos. Modelo TS-R y ADZ-R.
10	19 Febrero	Laboratorio de simulación de modelos de transporte en ríos. OTIS y Transporte de solutos versión 1.0. - <i>Laboratorio 3</i>
11	24 Febrero	Laboratorio de calibración de modelos de transporte en ríos.
12	26 Febrero	<b>Transformación de contaminantes.</b> Procesos de reacción y transformación de contaminantes acoplados a procesos de transporte. Cinética modelo QUAL2K <b>Determinantes convencionales.</b> Reacciones de decaimiento natural. Organismos patógenos y sólidos suspendidos
13	2 Marzo	Transferencia aire-agua: Volatilización y reaireación oxígeno disuelto. Oxidación aerobia y anaerobia de materia orgánica
14	4 Marzo	Entrega enunciado del Proyecto del curso. <b>Preparación salida de campo.</b> Grupos de trabajo. Protocolo de monitoreo <b>Salida de campo (Sábado 7 Marzo– opcional).</b>
15	9 Marzo	Amonificación, nitrificación, des-nitrificación, hidrólisis de fósforo, interacciones agua sedimento

16	11 Marzo	<b>Examen Parcial 1 (20%) Clases 1- 15</b>
		<b>SEMANA de RECESO (16 – 21 de Marzo)</b>
17	25 Marzo	Modelación de pH, asimilación de nutrientes y crecimiento de plantas acuáticas.
	30 Marzo	Laboratorio de simulación de calidad del agua Q2K
18	1 Abril	Laboratorio de calibración modelo Q2K
		<b>SEMANA SANTA (6 - 10 de Abril)</b>
19	13 Abril	Introducción a cadenas alimenticias. Laboratorio modelo LAKE2K
20	15 Abril	<b>Modelación de sustancias tóxicas</b> y procesos de transferencia agua-suelo: I. Adsorción, II. Volatilización. III. Fotólisis, y bio-transformación materia orgánica.
21	20 Abril	IV. Modelación de equilibrio Químico Introducción visual MINTEQ
22	22 Abril	Modelación de sustancias tóxicas orgánicas y metales pesados
23	27 Abril	Laboratorio de simulación de sustancias tóxicas WASP
24	29 Abril	<b>Modelación de calidad del agua a nivel de cuenca.</b> Modelo INCA. Laboratorio modelo SVAT
25	4 Mayo	<b>Modelación del flujo en aguas subterráneas.</b> Ec. Darcy y Laplace
26	6 Mayo	Modelación del transporte de solutos y calidad del agua subterránea.
27	11 Mayo	Laboratorio de simulación del transporte en agua subterránea RBF
28	13 Mayo	Introducción al cambio climático <b>Modelación del clima y el sistema climático.</b> Climáticos Globales (MCG) o Modelos de Circulación General.
29	18 Mayo	<b>Modelos de dispersión atmosférica.</b> Introducción al down scaling y la modelación del impacto del cambio climático a nivel de cuenca.
30	20 Mayo	<b>Examen Parcial 2 (30%) Clases 17- 29</b>
		<b>Sustentaciones de Proyecto Final:</b> <i>Se realizan antes del 4 de junio. Por favor solicitar cita al profesor después de entregar el informe de ingeniería del proyecto final del curso.</i>