

## MODELACIÓN AMBIENTAL

ICYA 3406

Programa del Curso

Segundo Semestre de 2021

Profesor: Luis Alejandro Camacho Botero Oficina ML776, Tel: 3394949 Extensión 1731 – celular 3104764861

Horario Atención Estudiantes: Martes 12:00 pm -1:00 pm, Jueves 11:00 am – 12:00 pm.

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

Asistente graduado: Angie Carolina Barbosa Vivas [ac.barbosa@uniandes.edu.co](mailto:ac.barbosa@uniandes.edu.co)

Monitor del curso: Michael Santiago Moreno [ms.moreno@uniandes.edu.co](mailto:ms.moreno@uniandes.edu.co)

Clase magistral: Lunes 8:00 a 9:15 am virtual por zoom: <https://zoom.us/j/3104764861> y

Miércoles 8:00 a 9:15 am presencial con transmisión <https://zoom.us/j/3104764861>

Laboratorio Ambiental: Sección 1 Martes 2:00 a 3:15 pm; Sección 2 Jueves 2:00 a 3:15 pm

Primera parte del semestre Ag. 09 a Oct. 09 virtual por Teams

Segunda parte del semestre Oct. 11 a Dic 04 presencial con transmisión <https://zoom.us/j/3104764861>

### Objetivos y metas

Los estudiantes del curso se familiarizarán con ecuaciones, herramientas y métodos de modelación matemática de los procesos de transporte, cinética de reacciones, y transformaciones bioquímicas de determinantes convencionales de calidad del agua superficial y subterránea. Al final del curso los estudiantes podrán:

- Identificar, plantear, y resolver ecuaciones de conservación de la masa en reactores bien mezclados, ríos, y acuíferos utilizando métodos numéricos en Matlab o Excel y modelos existentes tales como QUAL2K.
- Analizar mediciones hidráulicas, de calidad del agua *in situ*, y muestras de agua y analizar datos de campo y laboratorio de determinantes convencionales en el marco de la legislación colombiana.
- Reconocer e identificar los conceptos físicos y bioquímicos que gobiernan el transporte y la cinética de reacciones de determinantes convencionales de calidad del agua.
- Implementar, calibrar y aplicar modelos matemáticos como herramientas de simulación, planificación, diseño, manejo y control ambiental.

## Metodología

El curso se basará en explicaciones magistrales del material repartido con anterioridad a las clases, lecturas de las referencias y solución de problemas en clase y fuera de ella. El curso tendrá un alto contenido de laboratorios computacionales llevados a cabo en la clase magistral para ser finalizados en la clase de laboratorio. Estos son ejercicios guiados que buscarán la familiarización del estudiante con el marco de modelación y herramientas modernas de simulación y modelos. El curso tendrá, si es posible, dos salidas de campo opcionales (no obligatorias) para la toma de datos utilizados en un laboratorio de transporte de solutos y en el proyecto del curso, en el cual se realizará un ejercicio completo de modelación de la calidad del agua utilizando datos reales de una corriente.

## Referencias

- 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, Modeling, 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

|  |            |
|--|------------|
| 3 Exámenes parciales (17% cada uno):                   | <b>51%</b> |
| Laboratorios, ejercicios de clase y tareas             | <b>19%</b> |
| Proyecto del curso (tres entregas y una sustentación): | <b>30%</b> |

*Exámenes:* Los exámenes contendrán la evaluación de conceptos y el control de lecturas mediante preguntas de selección múltiple, y contendrán 1 ejercicio de planteamiento y/o implementación de modelos y su solución mediante un modelo en Matlab o Excel. Los exámenes se realizarán desde la casa virtualmente en la plataforma Bloque Neón de Brightspace.

*Laboratorios computacionales y ejercicios de clase:* El curso tendrá un componente importante de laboratorios computacionales y ejercicios individuales que se desarrollarán en clase y algunos de los cuales se finalizarán en el laboratorio computacional semanal y se entregarán a través de Bloque Neón (Brightspace). Después de la clase donde se desarrollan los laboratorios o ejercicios, o después de la fecha acordada de entrega, se recibirán máximo en la siguiente clase y se calificarán sobre 4.0. Todos los trabajos se entregarán por Bloque Neón únicamente en formato pdf, xls o doc

*Proyecto:* se desarrollará en grupos de 10 estudiantes un proyecto de modelación de la calidad del agua de una corriente utilizando datos reales tomados campo. Se realizarán 2 entregas de informes parciales calificables (7.5% c.u./ 15% total), un informe final de ingeniería (15%) incluida la sustentación oral con el profesor y la co-evaluación. Después de la fecha acordada se recibirán entregas de proyecto máximo con una semana de retraso y se calificarán sobre 4.0. Para la sustentación deberá solicitarse por parte del grupo, después de entregar el informe de ingeniería, 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 (no a todo el grupo). Todos los trabajos se entregarán por Bloque Neón únicamente en formato pdf, xls o doc

*Control de ejercicios, lecturas y asistencia:* durante el desarrollo del curso se dejarán lecturas evaluables en los exámenes y se plantearán ejercicios dentro y fuera de clase que se deben entregar, a manera de tarea individual, únicamente en las fechas indicadas, los cuales serán calificados. Después de la fecha acordada se recibirán entregas de tareas y ejercicios, máximo en la clase siguiente y se calificarán sobre 4.0. Todos los trabajos se entregarán por Bloque Neón únicamente en formato pdf, xls o doc. En las clases virtuales se realizarán preguntas y se registrará la respuesta de los asistentes y se dará retroalimentación. Las respuestas correctas constituirán un bono en la nota de Laboratorios, ejercicios de clase y tareas.

*Material de clases:* en Bloque Neón estarán disponibles las presentaciones de clase en formato pdf. Éstas son para uso exclusivo de los estudiantes del curso. En Bloque Neón habrá material de soporte adicional. En cada clase se realizará la filmación o grabación la cual estará únicamente disponible para los estudiantes del curso.

*Aproximación de notas:* la Nota Definitiva será la nota final ponderada según los anteriores porcentajes, expresada con décimas y centésimas (por ejemplo, si 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). Excusas: se recibirán excusas de acuerdo con el artículo 43 del RGEPr las cuales si tienen un porcentaje igual o mayor al 10% de la nota total deberán ser entregadas a la secretaría del Departamento (Asistente Eliana Arévalo) y al profesor para su verificación y aprobación. La nota mínima aprobatoria del curso será 3.0.

### **Metas ABET esperadas como parte del curso**

- Habilidad de aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería. (a)
- Habilidad para diseñar y conducir experimentos, y para analizar e interpretar datos. (b)
- Habilidad para identificar, formular y solucionar problemas de ingeniería. (e)
- Habilidad para usar técnicas, destrezas y herramientas modernas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la profesión. (k)

Otra habilidad esperada en el curso es la de programar las soluciones de los problemas utilizando Excel o Matlab.

*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) [comiteacosocecu@uniandes.edu.co](mailto:comiteacosocecu@uniandes.edu.co)

### **Ajustes Razonables**

En este curso se tendrá en cuenta la política de ajustes razonables y la política de momentos difíciles a las que hace referencia el documento aprobado por el Consejo Académico el 17 de Julio pasado en el cual se definió el sistema de calificación para el semestre 2020-2.

*“Los ajustes razonables tienen el objetivo de eliminar las posibles barreras, visibles o invisibles, que impiden el pleno goce del derecho a la educación. En las circunstancias actuales, el protocolo de ajuste razonable se adapta para considerar las dificultades específicas que enfrentan los estudiantes, incluyendo barreras de conectividad, de acceso a recursos tecnológicos apropiados, barreras de salud física y mental de los estudiantes o de sus familiares, que se agudizan en el confinamiento.”*

Si usted lo considera necesario o importante, siéntase en libertad de informarme a mí como su profesor lo antes posible si existe, o se presenta en el desarrollo del curso, alguna barrera o dificultad, dentro de las señaladas anteriormente, y requiere de algún tipo de ajuste razonable para estar en igualdad de condiciones con los y las demás estudiantes. En ese caso envíeme un correo a [la.camacho@uniandes.edu.co](mailto:la.camacho@uniandes.edu.co) ó por favor solicíteme una cita para reunirnos por una plataforma virtual.

**Modelación ambiental - Contenido Detallado y Cronograma – Clases Magistrales**

| Clase | Fecha                | Tema   |
|-------|----------------------|--|
| 1     | Agosto 9             | Introducción al curso. Problemática de la contaminación hídrica. Importancia y utilidad de modelos en ingeniería ambiental. <i>Lectura individual artículo 1</i>   |
| 2     | Agosto 11            | Introducción al marco de modelación. <i>Lectura individual artículo 2.</i>   |
| 3     | Agosto 18            | Fundamentos de modelación. Conservación de la masa. Introducción a la cinética de reacciones de orden $n$ . Balance de masa en un reactor bien mezclado.   |
| 4     | Agosto 23            | Soluciones ecuación diferencial de primer orden de un reactor bien mezclado. Métodos analíticos y numéricos de Euler, Heun y Runge-Kutta. <i>Laboratorio 1</i>   |
| 5     | Agosto 25            | Modelación de mecanismos de transporte. Advección y difusión molecular y turbulenta. Dispersión longitudinal y transversal y longitud de mezcla en ríos.   |
| 6     | Agosto 30            | Experimentos con trazadores y aforos en ríos. Análisis de datos, tiempo de viaje, de arribo, de pasaje, momentos temporales y su significado. <i>Lectura individual artículo 3.</i>                                      |
| 7     | Septiembre 1         | Modelo de advección – dispersión ADE 1D, 2D y 3D.  |
| 8     | Septiembre 6         | <i>Laboratorio 2 – Traztool y Ejercicio ADE instantáneo</i>  |
| 9     | Septiembre 8         | Ejercicios de simulación de transporte de solutos en ríos Modelo ADE. Modelo de tiempos de viaje- Transporte de solutos. <i>Laboratorio 3</i>  |
|       | <b>Septiembre 11</b> | <b><i>Salida de campo 1: experimentos con trazadores (sábado 11 – opcional)</i></b>  |
| 10    | Septiembre 13        | Calibración de modelos de transporte en ríos. Ejercicios. <i>Laboratorio 4 Lectura individual artículo 4.</i>  |
| 11    | Septiembre 15        | Presentación Proyecto del curso. Preparación salida de campo. <i>Lectura individual Protocolo de monitoreo. Lecturas determinantes convencionales de calidad del agua, estándares de calidad, normas de vertimiento.</i> |
| 12    | Septiembre 20        | <b><i>Examen Parcial 1 (17%) Clases 1 – 11</i></b>   |

|    |                      |   |
|----|----------------------|---|
| 13 | Septiembre 22        | Modelación de organismos patógenos en ríos y lagos. Tasa de decaimiento por temperatura, salinidad, radiación, sedimentación y re-suspensión.   |
|    | <b>Septiembre 25</b> | <b>Salida de campo 2: monitoreo de la calidad del agua - Proyecto del Curso (sábado 25 - opcional)</b>  |
| 14 | Septiembre 27        | <b>Laboratorio 5: modelación de organismos patógenos</b>  |
| 15 | Septiembre 29        | Modelación de oxígeno disuelto en ríos y lagos. Saturación de oxígeno disuelto. Materia orgánica y Demanda bioquímica de oxígeno DBO.   |
|    | <b>Octubre 4-9</b>   | <b>SEMANA DE RECESO (octubre 4 - 9)</b>   |
| 16 | Octubre 11           | Modelación de transferencia de gases, volatilización, re-aireación. Modelo de DBO y OD en reactores bien mezclados y ríos. <b>Laboratorio 6</b>   |
| 17 | Octubre 13           | Modelación de condiciones anaerobias. Modelación de nitrógeno orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos. Modelación de fósforo. <b>Notas 30% Octubre 15</b>                              |
| 18 | Octubre 20           | Modelación de Fuentes distribuidas. Fotosíntesis, respiración. <b>Entrega 1 Proyecto</b>  |
| 19 | Octubre 25           | <b>Laboratorio 7 – Introducción Q2K</b>   |
| 21 | Octubre 27           | Problema de Eutrofización y nutrientes. Modelación del crecimiento de plantas e introducción a modelación de cadenas alimenticias.  |
| 22 | Noviembre 3          | <b>Examen Parcial 2 (17%) Clases 13 – 21 Clase Virtual no presencial</b>  |
| 23 | Noviembre 8          | <b>Laboratorio 8 – Simulación Q2K</b>   |
| 24 | Noviembre 10         | <b>Laboratorio 9 Calibración Q2K</b>  |
| 25 | Noviembre 17         | Introducción aguas subterráneas, flujo no saturado, saturado y conceptos de contaminación de acuíferos. Fuentes de contaminación. <b>Lectura individual calidad aguas subterráneas.</b> |
| 26 | Noviembre 22         | Hidrología de aguas subterráneas. Ley de Darcy, suposiciones de Dupuit Forchheimer. <b>Entrega 2 Proyecto</b>   |
| 27 | Noviembre 24         | Ecuaciones de flujo aguas subterráneas. Hidráulica de pozos   |

|    |                                     |  |
|----|-------------------------------------|--|
| 28 | Noviembre 29                        | <b>Laboratorio 10 aplicaciones de Ley de Darcy en Ingeniería Ambiental.</b>  |
| 29 | Diciembre 01                        | Modelación del transporte de contaminantes disueltos. ADE con adsorción. Zonas de captura. Introducción a modelos de aguas subterráneas. MODFLOW.<br><i>Lectura individual dispersión de la contaminación atmosférica</i>  |
|    | <b>Por definir</b>                  | <b>Examen Parcial 3 (17%) Clases 23 – 29 Se presenta en la fecha programada para el examen final</b>   |
|    | <b>Diciembre 4<br/>Diciembre 13</b> | <b>Entrega de proyecto final y sustentaciones entre diciembre 4 y diciembre 13</b><br><i>Para programar la sustentación por favor solicitar cita al profesor después de entregar el informe de ingeniería del proyecto final del curso. A más tardar el 13 de diciembre se podría sustentar. Para esto debe entregarse el informe escrito del proyecto en el enlace de Bloque Neón a más tardar diciembre 12. Notas en Banner deben estar a más tardar en Diciembre 16</i> |