
MODELACIÓN EN HIDROLOGÍA – ICYA 4710

Horario de clase: lunes y miércoles 5:00 p.m. – 6:20 p.m.
Salón: Edificio SD 306

Profesor: Juan Sebastián Hernández Suárez
Oficina: ML714; Tel: 3394949 Ext. 1685
Correo electrónico: js.hernandezs@uniandes.edu.co

Horario de atención a estudiantes: cita previa por correo electrónico

Descripción del curso

La modelación en hidrología constituye una herramienta fundamental para analizar y predecir los procesos que intervienen en el ciclo hidrológico, permitiendo una visión integrada de la disponibilidad y uso del agua en diferentes escalas espaciales y temporales. El desarrollo y la aplicación de modelos hidrológicos resulta clave para la toma de decisiones informada, ya sea en la gestión de cuencas hidrográficas, la planificación y diseño de sistemas de abastecimiento, drenaje, generación de energía hidroeléctrica o riego, la formulación de políticas y estrategias relacionadas con el manejo del agua, o la gestión del riesgo de desastres.

Este curso presenta métodos computacionales esenciales para la representación y simulación de procesos hidrológicos, abarcando desde modelos conceptuales y empíricos hasta enfoques más avanzados, como los basados en física, probabilidad y estadística, y herramientas de aprendizaje de máquina. Asimismo, se introducen técnicas para la calibración, validación y evaluación de la confiabilidad de modelos, con el fin de cuantificar su desempeño bajo diversos escenarios que consideran variabilidad y cambios en el clima, así como dinámicas en el uso de la tierra.

Los temas presentados a lo largo del curso incluyen la estimación de balances hídricos en cuencas hidrográficas, tránsito hidrológico en ríos y canales, flujo subsuperficial, evapotranspiración, y consideraciones en el diseño hidrológico, incluyendo la evaluación de eventos extremos, como inundaciones y sequías. Se pondrá especial énfasis en el uso de software y lenguajes de programación de libre acceso, de manera que las y los estudiantes desarrollen las competencias necesarias para implementar y analizar modelos hidrológicos en situaciones reales, contribuyendo así a la gestión eficiente y sostenible del agua en relación con otros recursos naturales y dinámicas socioambientales cambiantes.

Objetivo y alcance

Este curso es una introducción al marco de modelación matemática en hidrología que comprende el planteamiento y formulación de problemas y objetivos, conceptualización de modelos, selección o desarrollo de códigos de modelación, adquisición y procesamiento de datos, definición y ejecución de estrategias de estimación de parámetros (calibración), selección de métricas de desempeño, validación de modelos, análisis de sensibilidad e incertidumbre, y uso de modelos para predicción o pronóstico en contextos de planificación, operación y diseño hidrológico.

Al finalizar el curso, el estudiante podrá:

- Identificar, plantear y resolver numéricamente ecuaciones que representan procesos hidrológicos utilizando herramientas de programación y de simulación.
- Tener una comprensión general y manejo de diferentes tipos de aproximaciones de modelación en hidrología, incluyendo perspectivas determinísticas y probabilísticas.
- Analizar series de tiempo hidrológicas.
- Implementar de forma responsable protocolos robustos de modelación hidrológica.

Metodología

El curso se desarrollará teniendo en cuenta diferentes aspectos pedagógicos como son:

- Clases magistrales presenciales, en donde el profesor explica el tema en el salón de clase.
- Trabajo fuera de clase, ya sea individual o por grupos, por parte de los estudiantes.
- Realización de laboratorios computacionales en clase para familiarizar al estudiante con técnicas de modelación y herramientas de programación, simulación, y adquisición y procesamiento de datos.
- Discusión en clase de artículos de investigación, acompañados de controles de lectura.

Lenguaje de programación y software de modelación: Los materiales de este curso estarán basados principalmente en Python, R y Matlab, y se ofrecerá soporte en estos lenguajes. Sin embargo, el estudiante es libre de trabajar con cualquier lenguaje de programación que desee. En relación con modelos de dominio público existentes, se hará énfasis en HEC-HMS y SWAT.

Contenido

El curso se desarrollará de acuerdo con el siguiente cronograma:

SEMANA	FECHA		TEMA
1	Enero	Lunes 20	No hay clase
		Miércoles 22	Introducción, ciclo hidrológico
2		Lunes 27	Marco de modelación
		Miércoles 29	Taller 0: Tutorial python
3	Febrero	Lunes 3	Agua en la atmósfera: relacion presión - temperatura - densidad, proceso adiabático y pseudo-adiabático, presión de vapor, humedad en la atmósfera, agua precipitable, precipitación, interacción superficie-atmósfera, estabilidad atmosférica.
		Miércoles 5	
4		Lunes 10	Taller 1: Agua en la atmósfera
		Miércoles 12	Productos basados en sensores remotos: reanálisis, modelos climáticos, corrección del sesgo y desescalamiento, Google Earth Engine y otras fuentes de datos.
5		Lunes 17	
		Miércoles 19	Taller 2: Sensores remotos

SEMANA	FECHA		TEMA
6	Lunes	24	Evapotranspiración: aproximación de transferencia de masa, balance de energía, métodos de combinación, transpiración, ecuación de Penman-Monteith, balance hídrico tipo Thornthwaite.
	Miércoles	26	
7	Lunes	3	Flujo subsuperficial: ascenso capilar, ley de Darcy, relaciones presión-humedad, curvas de retención de humedad, aproximaciones analíticas, funciones de pedotransferencia, ecuación general de flujo no saturado, ecuación de Richards, modelación de la toma de agua por plantas.
	Miércoles	5	
8	Lunes	10	Taller 3: Modelo SVAT
	Miércoles	12	Examen de mitad de periodo (contenido semanas 1 a la 7)
	Lunes	17	Semana de trabajo independiente (17 al 22 de marzo)
	Miércoles	19	
9	Lunes	24	Festivo
	Miércoles	26	Generación de escorrentía
	Viernes	28	Reporte 30%
10	Lunes	31	Modelos lluvia - escorrentía: hidrograma unitario, tránsito hidrológico, HEC-HMS.
	Miércoles	2	
11	Lunes	7	Modelos de cuencas hidrográficas: SWAT, TOPMODEL, calibración, validación, análisis de incertidumbre.
	Miércoles	9	
	Viernes	11	Límite retiro de clases
	Lunes	14	Semana Santa (14 al 19 de abril)
	Miércoles	16	
12	Lunes	21	Taller 4: Modelos lluvia - escorrentía
	Miércoles	23	
13	Lunes	28	Estadística en hidrología, análisis de frecuencias.
	Miércoles	30	
14	Lunes	5	Hidrología estocástica, aproximaciones basadas en datos, análisis de series de tiempo, aproximaciones híbridas, nuevas perspectivas en modelación hidrológica.
	Miércoles	7	
15	Lunes	12	
	Miércoles	15	
16	Lunes	19	
	Miércoles	21	
Examen Final (contenido semanas 8 a la 15)			
Semana 26 - 30 de mayo: Entrega y sustentación del proyecto final			

Referencias

- Bedient, P.B., Wayne, C.H., Baxter, E.V., 2013. *Hydrology and Floodplain Analysis*. Pearson.
- Beven K.J., 2012. *Rainfall – Runoff Modelling: The Primer*, John Wiley & Sons Ltd.
- Blöschl, G., Sivapalan, M., Wagener, T., Viglione, A., Savenije, H., 2013. *Runoff prediction in ungauged basins: Synthesis across processes, places and scales*.
- Bras, R.L., 1990. *Hydrology: An Introduction to Hydrologic Science*, Addison Wesley.
- Bras, R.L., Rodríguez-Iturbe, I., 1985. *Random Functions and Hydrology*, Addison Wesley.
- Chow, V.T., Maidment, D. R., Mays, L.W., 1988. *Applied Hydrology*, McGraw-Hill.
- Díaz-Granados, M.A., 2023. *Hidrología: Una Síntesis Probabilística*.
- Dingman, S.L., 2015. *Physical hydrology*. Waveland press.
- Jain, S.K., Singh, V.P., 2019. *Engineering hydrology: an introduction to processes, analysis, and modeling*. McGraw-Hill.
- Jayawardena, A.W., 2014. *Environmental and hydrological systems modelling*. CRC Press.
- Margulis, S.A., 2017. *Introduction to Hydrology*. <https://margulis-group.github.io/textbook/>
- Musy, A., Hingray, B. and Picouet, C. eds., 2014. *Hydrology: a science for engineers*. CRC press.
- Singh, V.P., 2015. *Handbook of Applied Hydrology* (2nd Ed.). McGraw-Hill
- Shaw, E. M., Beven. K.J., Chappell, N.A., Lamb, R., 2011. *Hydrology in Practice*, Spon Press
- Smith, R.C., 2013. *Uncertainty quantification: theory, implementation, and applications*. Siam.
- Wanielista, M.P., Kersten, R., Eaglin, R., 1996. *Hydrology: Water quantity and quality control*. John Wiley & Sons.
- Young, P.C., 2011. *Recursive estimation and time-series analysis: An introduction for the student and practitioner*. Springer Science & Business Media.

Journals

Nature (Springer), Science (AAAS), PNAS (NAS), Hydrology and Earth System Sciences (EGU), Journal of Hydrology (Elsevier), Water Resources Research (AGU), Environmental Modelling & Software (Elsevier), Advances in Water Resources (Elsevier), Hydrological Processes (Wiley), Hydrological Sciences Journal (Taylor & Francis), Ecohydrology (Wiley), Journal of Hydrologic Engineering (ASCE), JAWRA Journal of the American Water Resources Association (Wiley), Water (MDPI)

Evaluación

Dos exámenes (20-20%), proyecto en grupo (20%), talleres (40%)

Talleres y laboratorios computacionales: El curso tendrá un componente importante de trabajos individuales y en grupo. Después de la fecha fijada, se descontará el 20% de la nota por cada día de retraso en la entrega. Se deben entregar a través de Bloque Neón en la fecha indicada.

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 los artículos 45 del Reglamento General de Estudiantes de Pregrado, 42 del Reglamento General de Estudiantes de Especialización, 45 del Reglamento General de Estudiantes de Maestría y 56 del Reglamento General de Estudiantes de Doctorado. Allí se establece que el estudiante que desee justificar su ausencia, deberá hacerlo dentro de los tres (3) días calendario siguientes a la fecha de la actividad académica, además solo serán válidas excusas médicas emitidas por instituciones, centros o empresas prestadoras de servicios de salud, entre otras consideraciones.

Ajustes razonables

En este curso se tendrá en cuenta la política de *ajustes razonables* a las que hace referencia el Consejo Académico de la Universidad. Estos se entienden como todas las acciones, estrategias, apoyos, recursos y adaptaciones empleadas para garantizar a las y los estudiantes que tienen una discapacidad o condición médica especial su participación, desarrollo y aprendizaje en educación superior, favoreciendo la equiparación de oportunidades y garantía de sus derechos. Estos ajustes tienen el objetivo de eliminar las posibles barreras visibles o invisibles, que impidan el pleno goce del derecho a la educación. Estos son *ajustes* porque se adaptan a la condición específica de cada estudiante, y *razonables* porque no imponen una carga desproporcionada o indebida a la Universidad. La Decanatura de Estudiantes es la unidad que acompaña a los estudiantes en la identificación e implementación de este tipo de ajustes.

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:

- ✓ Línea MAAD: lineamaad@uniandes.edu.co
- ✓ Ombudsperson: ombudsperson@uniandes.edu.co
- ✓ Decanatura de Estudiantes: centrodeapoyo@uniandes.edu.co
- ✓ Red de Estudiantes – PACA (Pares de Acompañamiento contra el Acoso) paca@uniandes.edu.co
- ✓ Consejo Estudiantil Uniandino (CEU): comiteacosoceu@uniandes.edu.co