

Inteligencia Artificial Aplicada al Manejo de Cuencas Hidrográficas

Héctor Francisco del Valle ¹, Alejandra Geraldí ^{2,3} y Federico Barragán ²

¹ Centro Regional de Geomática (Corego), Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT),
Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER)

² Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)

³. Instituto Argentino de Oceanografía - CONICET

Fundamentos

La gestión de los recursos hídricos enfrenta desafíos críticos en múltiples escalas, derivados de fenómenos interrelacionados que comprometen la sostenibilidad ambiental y el desarrollo humano. Entre estos factores, el cambio climático ha generado perturbaciones significativas, como la intensificación de las sequías y la variabilidad en los patrones de precipitación, impactando la disponibilidad y la calidad del agua (Mukherjee et al., 2018). Adicionalmente, el crecimiento de la población y las demandas derivadas de la actividad humana han acentuado la presión sobre los recursos hídricos, mientras que las infraestructuras existentes suelen ser insuficientes para responder a las exigencias contemporáneas. Esta combinación de factores ha evidenciado una brecha que limita la capacidad de adaptación frente a los retos emergentes (Biswas et al., 2025).

En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) ha demostrado ser una herramienta innovadora con un potencial significativo para transformar los modelos tradicionales de administración hídrica. Su aplicación permite optimizar procesos clave, como la previsión de demanda, la identificación de patrones de consumo y la detección de fugas en los sistemas de distribución. Además, el análisis con la IA brinda herramientas que contribuyen a mejorar la gestión del tratamiento de aguas residuales, promoviendo una mayor eficiencia operativa y sostenibilidad del recurso hídrico (Hajirad, 2025). A través de su capacidad de analizar grandes volúmenes de datos, incluyendo imágenes satelitales y radar de apertura sintética, la IA facilita una comprensión más detallada del ciclo del agua, proporcionando información esencial para la planificación estratégica de cuencas y

la mitigación de riesgos asociados al cambio climático (Morán et al., 2024; Zhang et al., 2023).

La presente propuesta de curso de posgrado tiene un enfoque eminentemente práctico, basado en principios de aprendizaje fundamentales que los asistentes aplican de manera directa mediante materiales proporcionados por el docente.

Se presentan de manera híbrida sesiones teóricas, en las que se abordan y fundamentan los conceptos clave, con actividades colaborativas y ejercicios teórico-prácticos (presencial) basados en datos reales, lo que favorece la consolidación de los conocimientos adquiridos.

Objetivo General

Desarrollar capacidades para el análisis crítico y la implementación de soluciones basadas en **Inteligencia Artificial (IA) en el ámbito de la gestión de cuencas hidrográficas a partir de datos geoespaciales y herramientas de Geomática.**

Objetivos Específicos

- **Analizar** los fundamentos teóricos conceptuales de la IA aplicada a geotecnologías con especial énfasis en el análisis espacial y la toma de decisiones informadas en manejo de cuencas hidrográficas.
- **Aplicar** técnicas avanzadas de IA para el **procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos geoespaciales relevantes para cuencas hidrográficas**, como información hidrológica, geomorfológica y de uso del suelo, derivando conocimiento clave para su gestión.
- **Desarrollar y optimizar** modelos predictivos basados en IA para la **simulación y pronóstico de fenómenos hidrológicos y ambientales específicos de cuencas**, tales como caudales, niveles de agua, calidad del agua y riesgos de inundación.
- **Comparar y Evaluar críticamente** la **efectividad y el valor añadido de las soluciones de IA** en estudios geotécnicos aplicados al manejo de cuencas, contrastándolos con metodologías convencionales para identificar sus ventajas y limitaciones.

Contenidos y Cronograma

El curso incluye una parte virtual (videos) que estarán disponibles a todos los alumnos, con sesiones para instalación de software, dudas en horarios a convenir con los docentes.

Los contenidos teóricos se detallan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Estructura de Clases Teóricas Magistrales: Inteligencia Artificial en Cuencas Hidrográficas (lunes a viernes de 9 a 13 Presencial)

Octubre	Título de la Clase Magistral	Temas Clave
Lunes 13 (por la mañana)	Fundamentos de la Inteligencia Artificial para la Hidrografía	Introducción a la Hidro informática; Conceptos de <i>Machine Learning</i> (ML) y <i>Deep Learning</i> (DL); Tipos de aprendizaje (supervisado, no supervisado); Redes neuronales y su aplicación; IA como solución estratégica.
Martes 14 (por la mañana)	Adquisición de Datos y Monitoreo Inteligente de Cuencas	Técnicas de Teledetección (satélites, sensores aerotransportados y drones); Internet de las Cosas (IoT) y redes de sensores; Integración de datos multi-fuente; Desafíos y oportunidades en la calidad y cantidad de datos.
Miércoles 15 (por la mañana)	Modelado Predictivo y Optimización con Inteligencia Artificial	Aplicaciones de ML (regresión, clasificación, <i>clustering</i>) en hidrografía; Sistemas Expertos y Lógica Difusa para la toma de decisiones; Modelado hidrológico e hidráulico asistido por IA; Optimización de la gestión de recursos hídricos.
Jueves 16 (por la mañana)	IA para la Resiliencia Hídrica y Adaptación al Cambio Climático	Sistemas de Ayuda a la Decisión (SAD) y Alerta Temprana (SAT); Predicción y gestión de eventos hidrometeorológicos extremos (inundaciones, sequías); Gestión inteligente de presas y embalses; El papel de los Gemelos Digitales en la adaptación.
Viernes 17 (por la mañana)	Innovación, Gobernanza y Futuro de la IA en la Gestión del Agua	Tendencias y tecnologías emergentes (<i>blockchain</i> , 5G, materiales innovadores); Consideraciones éticas, privacidad y seguridad de datos; El equilibrio entre la IA y la experiencia humana; Colaboración internacional y concienciación pública.

La semana del lunes 13 al viernes 17 de octubre por la tarde comprenderá la parte práctica (**Tabla 2**) de manera presencial en los horarios de 14 a 18 hs (40 horas cátedra) que sumadas a las horas virtuales (10 hs), arroja un total de 50 horas.

Tabla 2. Resumen de Ejercicios Prácticos de IA en la Gestión de Cuencas Hidrográficas

Octubre	Título del Ejercicio	Herramienta(s) Principal(es)	Concepto Clave de IA/ML	Aplicación en Gestión de Cuencas
Lunes 13 (14-18 hs)	Modelado espacial de la Vulnerabilidad a Inundaciones: Un Enfoque de Aprendizaje Automático con GEE para Cuencas	Google Earth Engine (GEE)	Clasificación Supervisada (Random Forest), Índices Espectrales	Identificación y modelado de áreas propensas a inundaciones
Martes 14 (14-18 hs)	Modelado espacial Predictivo de la Calidad del Agua: Integrando QGIS con Aprendizaje Automático Espacial	QGIS, Python (ML Libraris) / Orange Data Mining	Regresión/ Clasificación Espacial, Interpolación con ML	Predicción de la distribución espacial de la calidad del agua.
Miércoles 15 (14-18 hs)	Resiliencia a la Sequía: Estimación de la Evapotranspiración con SNAP ESA y Datos Satelitales para el Monitoreo de Cuencas	SNAP ESA	Fusión de Datos Multi-sensor (ML Sharpening), Cálculo de ETa	Monitoreo de la sequía, gestión del agua agrícola
Jueves 16 (14-18 hs)	Detección de Anomalías en la Calidad del Agua: Un Enfoque de Minería de Datos Visual con Orange	Orange Data Mining	Detección de Anomalías (Unsupervised ML)	Alerta temprana de eventos de contaminación o fallas del sistema
Viernes 17 (14-18 hs)	Seguimiento de Cuerpos de Agua: Análisis de Cambios a Largo Plazo en el Agua Superficial en Cuencas Mediante GEE y Aprendizaje Automático de Series Temporales	Google Earth Engine (GEE)	Clasificación Supervisada, Análisis de Series Temporales, Detección de Cambios	Planificación de recursos hídricos, adaptación al cambio climático

Requisitos

Los asistentes al curso deberán tener conocimientos básicos en geomática. No es indispensable que sepan lenguajes de programación, para este curso introductorio. A su vez, deberán traer su notebook o laptop personal (o compartir una de a 2 asistentes), pero éstas deben constar con las siguientes características mínimas: procesador Intel i7 o superior con 32 Gb de RAM, velocidad del procesador mayor a 1.6 GHz y disco rígido con capacidad mínima libre de 60 Gb, y Windows 11. Tener instalado el Windows Office (365 Familia o el Pro, preferentemente). Navegadores Microsoft Edge y Google Chrome (últimas versiones). Previo a la práctica tendrá lugar una charla para la instalación de softwares y uso de plataformas, con las herramientas IA que se usarán en el curso.

Evaluación para los asistentes

Para la aprobación del curso se evaluará de manera presencial tanto el aspecto cognitivo (comprensión, análisis, y síntesis de conceptos) como el aspecto de habilidades prácticas (aplicación de técnicas, herramientas y resolución de problemas). Para la aprobación del curso se evaluará de manera presencial con la presentación de algún proyecto sobre los temas tratados en el curso, el cual se podrá formular de a dos personas y se deberá exponer el último día del curso.

Evaluación de los docentes y aspectos organizativos

Se implementará a través de un cuestionario anónimo.

Referencias citadas en Fundamentos

Mukherjee, S., Mishra, A. & Trenberth, K.E. (2018). Climate Change and Drought: A Perspective on Drought Indices. *Current Climate Change Report* 4:145–163.

<https://doi.org/10.1007/s40641-018-0098-x>

Biswas, A., Sarkar, S., Das, S., Dutta, S., Roy Choudhury, M., Giri, A., ... & Banerjee, K. (2025). Water scarcity: A global hindrance to sustainable development and agricultural production – A critical review of the impacts and adaptation strategies. *Cambridge Prisms: Water*, 3, e4. <https://doi.org/10.1017/wat.2024.16>

Hajirad, I. (2025). Role of Artificial Intelligence in Improving Water Resource Management: From Demand Forecasting to Waste Reduction and Water Crisis Mitigation. *Journal of Nutrition and Food Processing*, 8(5). <https://doi.org/10.31579/2637-8914/305>

Morain, A., Ilangoan, N., & Anandhi, A. (2024). Artificial Intelligence for Water Consumption Assessment: State of the Art Review. *Water Resources Management*, 38(9), 3113–3134. <https://doi.org/10.1007/s11269-024-03823-x>

Zhang, L., Li, Y., & Wang, J. (2023). Harnessing Deep Learning for Water Cycle Analysis Using Synthetic Aperture Radar Data. *Remote Vending o Envaronen*, 270, 112980. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112980>

Recursos disponible

Artificial Intelligence in Hydrology: Advancements in Soil, Water Resource Management, and Sustainable Development - MDPI, <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/5/2250>

Google Earth Engine for Water Resources Management (Full Course), <https://courses.spatialthoughts.com/gee-water-resources-management.html>

¿Cómo ayudan las matemáticas y la inteligencia artificial a la gestión del agua? - agua, <https://www.iagua.es/respuestas/como-ayudan-matematicas-y-inteligencia-artificial-gestion-agua>

AI in water management: Balancing innovation and consumption | White & Case LLP, <https://www.whitecase.com/insight-our-thinking/ai-water-management-balancing-innovation-and-consumption>

SIG para recursos hídricos | Gestión de cuencas hidrográficas - Esri, <https://www.esri.com/es-es/industries/water-resources/overview>

Estimating Daily Actual Evotranspiration using Remote Sensing in ..., <https://www.mapmyops.com/estimating-daily-actual-evotranspiration-at-field-scale-using-remote-sensing>

SNAP - ESA Earth Online - European Space Agency, <https://earth.esa.int/eogateway/tools/snap>

QGIS: an effective tool in assessing the quantity and quality of ..., <https://iwaponline.com/ws/article/25/1/48/106713/QGIS-an-effective-tool-in-assessing-the-quantity>

QGIS - Software for Data Analysis - Research Guides at University of ..., <https://guides.lib.uci.edu/c.php?g=988129&p=8437291>

Orange Data Mining Tool-on-Windows-Server2022 - Microsoft Azure Marketplace, <https://azuremarketplace.microsoft.com/en-us/marketplace/apps/apps-4-rent.orange-data-mining-tool-on-windows-server2022?tab=Overview>

Enhancing flood prediction through remote sensing ... - Frontiers,

<https://www.frontiersin.org/journals/water/articles/10.3389/frwa.2025.1514047/full>