

# Arquitecturas de inferencia estocástica y modelado multicriterio para la vigilancia de la integridad biogeoquímica en sistemas lóticos antropizados

Carlos Gustavo Lopez  
[gustavolopez@uno.edu.ar](mailto:gustavolopez@uno.edu.ar)

Enrique Fernandez  
[enfernandez@uno.edu.ar](mailto:enfernandez@uno.edu.ar)

Martin Pastorini  
[mpastorini@uno.edu.ar](mailto:mpastorini@uno.edu.ar)

Marcelo Fabián Esperanza  
[maresperanza9@hotmail.com](mailto:maresperanza9@hotmail.com)

María Alejandra Ochoa  
[mochoa@uno.edu.ar](mailto:mochoa@uno.edu.ar)

Eugenia Artola  
[ecartola@hotmail.com](mailto:ecartola@hotmail.com)

Ismael Jeder  
[jederismael@gmail.com](mailto:jederismael@gmail.com)

Universidad Nacional del Oeste  
Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías

## Introducción

La integridad de los ecosistemas fluviales es un factor determinante para la estabilidad climática y la biodiversidad regional. Sin embargo, el monitoreo tradicional de estos sistemas es una actividad de **alta intensidad de capital**, que demanda técnicos cualificados, reactivos de precisión y protocolos logísticos complejos.

La escasez de series temporales extensas impide la aplicación directa de minería de datos convencional, lo que exige la implementación de procesos **iterativos e incrementales** basados en aprendizaje automático.

Este proyecto se fundamenta en la capacidad de los **Índices de Calidad del Agua (ICA)** para actuar como descriptores sintéticos que simplifican la complejidad multidimensional de la química del fluido en un valor escalar.

El uso de herramientas de **simulación y jerarquización** permite no solo diagnosticar el estado actual del río, sino también proyectar su comportamiento ante variables hidrometeorológicas fluctuantes, como las sequías extremas y periodos de pluviosidad anómala registrados recientemente.

## Líneas de Investigación y Desarrollo

El proyecto se inscribe en las siguientes dimensiones de desarrollo del Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías:

- **Modelado Estocástico y Mitigación de Impacto:** Estudio de nuevas técnicas de simulación para la predicción de escenarios de degradación ambiental.
- **Arquitecturas de Inteligencia Artificial y Cloud Computing:** Implementación de algoritmos de aprendizaje profundo y procesamiento de grandes volúmenes de datos para aplicaciones específicas de ingeniería.
- **Sistemas de Decisión Multicriterio (MCDM):** Aplicación de métodos de jerarquización para la optimización de procesos técnicos y reducción de costos operativos en la vigilancia ambiental.

## Resultados obtenidos

1. **Validación de un ICA Ad Hoc:** Consolidación de un índice de calidad adaptado específicamente a las singularidades hidrogeográficas de la cuenca alta del Reconquista.
2. **Optimización Operativa del Muestreo:** Reducción del 40% en los costos de prospección mediante la priorización de los seis parámetros de mayor impacto relativo identificados por el algoritmo AHP.
3. **Sistema de Inferencia para Alerta Temprana:** Desarrollo de una red neuronal entrenada para discriminar desviaciones anómalas en la composición química del fluido, permitiendo una respuesta inmediata ante vertidos accidentales o picos de contaminación.
4. **Repositorio de Información Histórica:** Construcción de una base de datos robusta que incluya parámetros fisicoquímicos, hidrológicos y microbiológicos para la consulta de organismos estatales como ADA y COMIREC.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está formado por tres doctores, dos ingenieros, dos licenciados y un estudiante adscripto, que combinan conocimientos en áreas de la Informática y de la Química.

Se prevé desarrollar Tesis de grado, trabajos profesionales y Trabajos Finales de Especialización vinculados al tema central del proyecto por estudiantes de la Universidad Nacional del Oeste. El equipo ya ha presentado algunos trabajos relacionados a la presente línea de investigación.

El proyecto opera como una plataforma para la **capacitación de cuadros técnicos de alto nivel** y la transferencia de conocimientos dentro de la Universidad Nacional del Oeste. La estructura del equipo garantiza la mentoría académica a través de:

- **Dirección y Co-dirección Especializada:** El Dr. López y el Dr. Fernández, ambos investigadores categoría III, aportan experiencia en Inteligencia Artificial y sistemas inteligentes para la dirección de tesis de grado y posgrado.
- **Interdisciplinariedad:** La integración de perfiles en Ingeniería Química y especialistas en Ingeniería de Software asegura que los investigadores en formación dominen tanto las técnicas de laboratorio como las herramientas de **minería de datos y simulación**.
- **Investigación Aplicada:** El grupo involucra activamente a docentes e investigadores en el desarrollo de protocolos de bioseguridad y gestión de residuos especiales, fortaleciendo las competencias en buenas prácticas de laboratorio.

## Bibliografía

- [1] Carlos Lopez, Enrique Fernandez, Natanael Ferrán, Martín Pastorini, Nicolás Coronel, Marcelo Esperanza; "Análisis del Río de la Reconquista"; Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Nro. 149; ISSN 0328 2937; octubre 2023
- [2] Carlos Gustavo Lopez, Enrique Fernandez, Marcelo Fabián Esperanza, Martín Pastorini, Natanael Ferrán. 2024. Simulador de Ensayos de Laboratorio para Análisis de Calidad del Agua. Proceedings XXVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. ISBN 978-987-3984-85-3
- [3] Carlos Gustavo Lopez, Enrique Fernandez, Marcelo Fabián Esperanza, Martín Pastorini, Natanael Ferrán, María Alejandra Ochoa. 2024. Contratación de Métodos de Simulación para Ampliar Evidencias con Vistas a Desarrollar un Proceso de Minería de Datos (Un Testigo Basado en los parámetros del Índice de Calidad del Agua). XXX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC). ISBN: 978-950-34-2428-5
- [4] Castilla V., Canevaro, S., López, B. Migración, degradación ambiental y percepciones del riesgo en la cuenca del río (Buenos Aires, Argentina), Revista de Estudios Sociales [En línea], 76 | 01 abril de 2021, Publicado el 04 abril 2021, consultado el 15 julio 2022. URL: <http://journals.openedition.org/revestudsoc/49626>

- [5] Consejo Hídrico Federal. Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos. 2007
- [6] ACUMAR, Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo, [https://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/CDCA\\_ACUMAR\\_INFO\\_AGUA\\_abril-2022\\_completo-web-con-anexos\\_compressed.pdf](https://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/CDCA_ACUMAR_INFO_AGUA_abril-2022_completo-web-con-anexos_compressed.pdf) Accessed 2022.
- [7] Acero Vargas, J. Desde el fondo: espacio, conflicto y acción colectiva en la periferia bonaerense. Universidad Nacional de Colombia. 2021.
- [8] Metodologías de Ingeniería Informática; Ochoa, A. Fernández, E., Britos, P., García-Martínez, R. 2008. Editorial Nueva Librería. 869 páginas. ISBN 978-987-1104-54-3
- [9] Natanael Ferrán, Martín Pastorini, Carlos Gustavo Lopez, Enrique Fernandez, Marcelo Esperanza. 2024. Hallazgo De Patrones De Datos En Muestras De Agua Del Río De La Reconquista. 7° Congreso Argentino de Ingeniería / 18° Congreso Argentino de Enseñanza en Ingeniería (CADI / CAEDI)