

## **CURSO DE POSGRADO**

### **APLICACIONES HIDROGEOLÓGICAS EN LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Docentes:** Dra. Silvina Carretero (CEIDE-FCNyM, CONICET); Dr. Leandro Rodrigues Capítulo (CEIDE-FCNyM, CONICET); Dra. Nora Gómez (ILPLA-CONICET)

#### **Justificación o Fundamentación**

Actualmente el estudio de los sistemas hidrológicos es abordado desde diferentes puntos de vista, entre ellos desde el biológico, en especial en su asociación con los ecosistemas. Estos estudios frecuentemente incluyen un alto grado de detalle, alcanzado en algunos casos, la escala microscópica. Sin embargo, en dichos análisis normalmente se omite el entendimiento del sistema agua superficial-agua subterránea así como de los procesos hidrodinámicos e hidroquímicos. En numerosos casos una interpretación de los datos obtenidos en el campo y en el laboratorio que no está acorde con el comportamiento conceptual del sistema.

Los contenidos abordados en este curso son desarrollados de forma tal que el alumno de posgrado, investigador o profesional de las ciencias biológicas pueda comprender adecuadamente el ciclo del agua en sus distintas escalas espaciales y temporales. Se inducirá al alumno a desarrollar la capacidad de realizar, en primera instancia, el análisis hidrogeológico en un marco regional, y luego, en sucesivas aproximaciones llegar a un mayor detalle.

Este enfoque resulta básico y fundamental para la investigación aplicada, estudio y/o gestión integral de cualquier sistema acuático.

#### **Objetivo general**

El objetivo general del curso es otorgar a los alumnos las bases teóricas y las herramientas prácticas necesarias para el estudio y manejo de datos hidrológicos aplicados a los ecosistemas.

Al final del curso el alumno debería ser capaz de aplicar los conocimientos adquiridos sobre hidrología en los diversos campos de las ciencias naturales.

#### **Objetivos particulares**

- Introducir los conceptos básicos de la hidrogeología.
- Comprender integralmente el funcionamiento de los acuíferos y su relación con los cuerpos lénticos y lóticos.
- Conocer las principales herramientas de muestreo, monitoreo e interpretación de datos hidrogeológicos.
- Proponer la aplicación de la hidrogeología según la presentación de casos de estudio

## **Programa teórico**

### **Tema 1a: El ciclo hidrológico. Aguas superficiales.**

Origen y variaciones de las precipitaciones. Procesos atmosféricos y su relación con la precipitación. Toma de datos e interpretación. Mediciones puntuales y estimaciones areales. Métodos de estimación. Naturaleza del escurrimiento fluvial. Concepto de cuenca hidrológica e hidrográfica. Cursos de agua. Diseño individual de los cursos y su influencia hidrológica. Régimen de los ríos. Medición de caudales. Aspectos limnológicos físicos. Relación con la dinámica de escurrimientos y ciclo hidrológico. Características del escurrimiento superficial. Modelos de hidrogramas. Crecidas. Mecanismos de respuesta de una red de drenaje. Tránsito de flujos en cuencas de distintos tamaños. Relación precipitación-escurrimiento. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia.

### **Tema 1b: El ciclo hidrológico. Aguas Subterráneas.**

El ciclo hidrológico: natural y modificado por el hombre. Balance hidrológico en régimen permanente y no permanente. Zona No Saturada y su importancia ambiental. Infiltración. Zona saturada. Características hidrolíticas: acuífero, acuitardo, acuicludo, acuífugo. Tipos de acuíferos: freáticos, semiconfinados, confinados. Conceptos de isotropía y anisotropía, homogeneidad y heterogeneidad en acuíferos. Parámetros hidrogeológicos.

### **Tema 2: El flujo del agua en medios porosos**

Ley de Darcy. Zonas de recarga (tipos de recarga), circulación y descarga en acuíferos freáticos, semiconfinados y confinados. Relación agua superficial – agua subterránea. Humedales en relación con el agua subterránea. Interpretación de cartografía hidrodinámica. Mapas equipotenciales (isofreáticos, isopiécicos), redes de flujo.

### **Tema 3: Hidroquímica**

Composición química del agua. Elementos mayoritarios, trazas y oligoelementos. Evolución hidroquímica de acuíferos y principales procesos modificadores de su calidad. Tratamientos de datos y su representación: diagramas de Piper-Hill, Stiff, circulares, mapas de distribución, etc. Aplicación de isótopos estables (deuterio y oxígeno-18).

### **Tema 4: Técnicas de monitoreo**

Red de monitoreo para la medición de variables hidrodinámicas e hidroquímicas. Requisitos que debe tener una red de monitoreo. Análisis de las variaciones espaciales y temporales para la distribución de los puntos. Equipamiento. Diseño y construcción de freatómetros. Nivelación. Mediciones de caudales. Muestreo.

### **Tema 5: Indicadores ambientales de humedales.**

Indicadores de calidad del agua: conceptos de contaminación, evaluación, monitoreo, principales tipos de contaminación, indicadores de eutrofización. Indicadores de la calidad biótica: conceptos de bioindicadores, biomonitores, niveles de estudio y tipos de respuestas, principales métodos para la evaluación y biomonitoreo. Indicadores de calidad del hábitat: concepto, principales indicadores para el diagnóstico y el monitoreo. Concepto de calidad ecológica. Servicios ecosistémicos que brindan los humedales.

### **Tema 6: Sistemas hidrológicos antropizados**

Modificaciones antrópicas que afectan los sistemas hidrológicos. Selección, estudio y monitoreo de las variables que permiten identificar las afectaciones antrópicas del comportamiento hidrológico de los sistemas naturales. Integración de contenidos en base al análisis de casos de estudios.

### **Actividades prácticas**

**TP 1. Hidrodinámica:** Construcción de mapas de flujo. Cálculo de gradientes y velocidades asociados

**TP 2. Hidroquímica:** A partir de los análisis químicos otorgados realizar un diagrama de Piper-Hill. Conversión de unidades para su representación. Clasificar el tipo de agua según corresponda. Construcción de mapas de isocontenido. Evaluar las zonas de recarga, conducción y descarga.

**TP 3. Red de monitoreo:** Diseño de un sistema de monitoreo a partir de casos de estudio presentados.

**TP 4. Indicadores ambientales de humedales:** Cálculo, empleo y aplicación de índices bióticos para determinar el estado trófico de los cuerpos de agua y capacidad de autodepuración.

### **Cronograma de Actividades Diarias**

DÍA	ACTIVIDAD
-----	-----------

<p style="text-align: center;">CLASE 1 (de 8:30 a 17:30hs)</p>	<p>Mañana: Tema 1: El ciclo hidrológico Tema 2: El flujo del agua en medios porosos</p> <p>Tarde: TP 1: Hidrodinámica</p>
<p style="text-align: center;">CLASE 2 (de 8:30 a 17:30hs)</p>	<p>Mañana: Tema 3: Hidroquímica TP 2: Hidroquímica</p> <p>Tarde: Tema 4: Técnicas de monitoreo TP 3: Monitoreo</p>
<p style="text-align: center;">CLASE 3 (de 8:30 a 17:30hs)</p>	<p>Mañana: Tema 5: Indicadores ambientales de humedales.</p> <p>Tarde: TP4: Indicadores ambientales de humedales</p>
<p style="text-align: center;">CLASE 4 (de 8:30 a 17:30hs)</p>	<p>Mañana y tarde: Tema 6: Sistemas hidrológicos antropizados (Parte 1)</p>
<p style="text-align: center;">CLASE 5 (de 8:30 a 17:30hs)</p>	<p>Mañana: Tema 6: Sistemas hidrológicos antropizados (Parte 2)</p> <p>Tarde: Evaluación Final</p>

**Destinatarios:** Profesionales o estudiantes de posgrado de las Ciencias Naturales con orientación biología, ecología, zoología. También se admitirían agrónomos.

**Cupo:** máximo 20 alumnos

**Método enseñanza:** Teórico-práctico. Discusión de casos de estudio.

**Mecanismos de evaluación:** Al finalizar el curso se tomará un examen sobre los contenidos conceptuales de los temas tratados o la resolución de un problema-ejercicio.

**Carga Horaria:** 45 hs (5 días de 9 horas)

**Material y Bibliografía:** Se entregarán a los participantes la presentación de las clases en pdf, textos básicos, libros y artículos.

**Requerimientos:** aula, cañón con conexión hdmi o adaptador, pizarrón.

**Fecha propuesta:** 21 al 25 de octubre de 2019

**Contactos para realizar difusión:**

ILPLA: [secretaria@ilpla.edu.ar](mailto:secretaria@ilpla.edu.ar); Directora Dra. NORA GÓMEZ: [nora@ilpla.edu.ar](mailto:nora@ilpla.edu.ar)

CEPAVE: [cepave@cepave.edu.ar](mailto:cepave@cepave.edu.ar); Directora Dra. Graciela Navone: [gnavone@cepave.edu.ar](mailto:gnavone@cepave.edu.ar)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP: Dra. Corina GRACIANO, Prosecretaria de Posgrado: [prosecposgrado@agro.unlp.edu.ar](mailto:prosecposgrado@agro.unlp.edu.ar)

Posgrado UNRC [posgrado@exa.unrc.edu.ar](mailto:posgrado@exa.unrc.edu.ar)

Posgrado UNLPam [seccyt@unlpam.edu.ar](mailto:seccyt@unlpam.edu.ar) ; [maestria-hidrica@unlpam.edu.ar](mailto:maestria-hidrica@unlpam.edu.ar)

Posgrado UNSL [posgrado@unsl.edu.ar](mailto:posgrado@unsl.edu.ar)

Posgrado UNSA Escuela de Posgrado [postgradofcn@unsa.edu.ar](mailto:postgradofcn@unsa.edu.ar)

Posgrado UNS [posgrado@uns.edu.ar](mailto:posgrado@uns.edu.ar)

Posgrafo FICH UNL [posgrado@fich.unl.edu.ar](mailto:posgrado@fich.unl.edu.ar)

Posgrado UNLar [spg@unlar.edu.ar](mailto:spg@unlar.edu.ar)

Postgrado UNCA [academica@unca.edu.ar](mailto:academica@unca.edu.ar)

Postgrados UNPata [secextension@unpata.edu.ar](mailto:secextension@unpata.edu.ar)

Posgrado FCFN-UNSJ: [posgrado.fcefn@gmail.com](mailto:posgrado.fcefn@gmail.com)

Postgrado UNRN: [posgrado.andina@unrn.edu.ar](mailto:posgrado.andina@unrn.edu.ar)

FCEN UBA: [postgrado@de.fcen.uba.ar](mailto:postgrado@de.fcen.uba.ar)

Departamento de Biología FCEN UBA: [todos@bg.fcen.uba.ar](mailto:todos@bg.fcen.uba.ar)

CONICET prensa [prensa@conicet.gov.ar](mailto:prensa@conicet.gov.ar)

Consejo Profesional de Cs Naturales [info@cpcnpba.org.ar](mailto:info@cpcnpba.org.ar)

## BIBLIOGRAFÍA

- Aizaki, M. Otsuki, O. Fukushima, M. Hosomi, M. & Muraoka. (1981). Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. Verh. Internat. Verein Limnol. 21:675-681.
- Appelo C.A.J. & Postma D. (2005). Geochemistry, groundwater and pollution. 2nd. Ed., CRC Press, Boca Ratón.
- Barbour M.T., Gerritsen J., Snyder B.D. & Stribling J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA/841-B-99-002. U.S. EPA, Office of Water, Washington, D.C
- Bergamino L., Schuerch M., Tudurí A., Carretero S., García-Rodríguez F. (2017). Linking patterns of freshwater discharge and sources of organic matter within the Río de la Plata estuary and adjacent marshes. Marine and Freshwater Research 68(9) 1704-1715, <http://dx.doi.org/10.1071/MF16286>
- Blesa M. [et al.] (2018). Aguas + Humedales. 1a ed.-San Martín: UNSAM EDITA. Disponible en: [https://www.funintec.org.ar/\\_dev/wp-content/uploads/Agua-y-Humedales-Serie-FUTUROS-FUNINTEC-compressed.pdf](https://www.funintec.org.ar/_dev/wp-content/uploads/Agua-y-Humedales-Serie-FUTUROS-FUNINTEC-compressed.pdf)
- Carlson, R.E. (1977). A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr. 22: 361- 369
- Carretero S. & Kruse E (2017). Hydrological Variations Associated with Geomorphological Changes in a Sand Dune Barrier of the Partido de La Costa, Province of Buenos Aires. En: Jorge Rabassa (Ed). Advances in Geomorphology and Quaternary Studies in Argentina. Springer Earth System Sciences. ISBN: 978-3-319-54370-3, DOI 10.1007/978-3-319-54371-0, pp 108-118.
- Carretero S. & Kruse E. (2014). Impacto de la urbanización en la infiltración en un área costera, Argentina. Tecnología y Ciencias del Agua.: volumen V, núm. 6, noviembre-diciembre de 2014: 5-24.
- Carretero S. (2011). Comportamiento hidrológico de las dunas costeras en el sector nororiental de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. La Plata. Argentina: Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/search/request.php?id\\_documento¼ARG-UNLP-TPG-0000002075&request¼request](http://sedici.unlp.edu.ar/search/request.php?id_documento¼ARG-UNLP-TPG-0000002075&request¼request)
- Carretero S., Braga F., Kruse E. & Tosi L. (2014). Temporal analysis of the changes in the sand-dune barrier in the Buenos Aires Province, Argentina, and their relationship with the water resources. Applied Geography (54): 169-181.

- Carretero S., Dapeña C. & Kruse E. (2013). Hydrogeochemical and isotopic characterisation of groundwater in a sand-dune phreatic aquifer in the northeastern coast of the province of Buenos Aires. Argentina. *Isotopes in Environmental & Health Studies* 49(3): 399-419 doi: 10.1080/10256016.2013.776557
- Carretero S., Kruse E. & Rojo A. (2013). Condiciones hidrogeológicas en Las Toninas y Santa Teresita, Partido de La Costa. En: N. González, E. Kruse, M.M. Trovatto y P. Laurencena (Editores) *Temas actuales en hidrología subterránea* 2013. ISBN 978-987-1985-03-6. La Plata, EDULP, pp 28-35.
- Carretero S., Rapaglia J., Bokuniewicz H. & Kruse E. (2013). Impact of sea level rise on saltwater intrusion length into the coastal aquifer, Partido de La Costa, Argentina. *Continental Shelf Research*: (61-62): 62-70 doi. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2013.04.029>
- Carretero, S.C., Rodrigues Capitulo, L. & Kruse E.E., 2017. Groundwater extraction methods in coastal aquifers of limited saturated thickness. 2017. *Water Management*.
- Castany, G. (1971). *Tratado práctico de las aguas subterráneas*. Ed. Omega, Barcelona
- Catalán Lafuente, J. (1969). *Química del agua*. Ed. Blume. Madrid.
- Chapelle, F. H. (2001). *Ground – Water Microbiology and Geochemistry*. 2ª. Ed., John Willey & Sons, Inc., N. York.
- Chow, V.T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. Mc Graw Hill. New York.
- Chow, V.T., Maidment D.R. & Mays L.W. (2000). *Hidrología Aplicada*". Mc. Graw Hill. Bogotá.
- Clark, I. & Fritz, P. (1999). *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. 2nd Print., CRC Press, Boca Ratón.
- Clark, I. (2015). *Groundwater Geochemistry and Isotopes*. CRC Press. Boca Ratón.
- Cochero J, Cortezzi A., Tarda A.S & Gómez N. (2016). An index to evaluate the fluvial habitat degradation in lowland urban stream. *Ecological Indicators*. 71: 134–144.
- Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea. (2009). *Hidrogeología, conceptos básicos de hidrología subterránea*. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona.
- Custodio E. (2010). Aguas subterráneas y humedales en zonas llanas. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras, 39–49.
- Custodio, E. & M. R. Llamas. (1983). *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega (2a.Ed.) Barcelona
- Custodio, E., M. R. Llamas & J. Samper. (1997). *La evaluación de la recarga a los acuíferos en la Planificación Hidrológica*. IRGM. Madrid.
- Davis, S. N. & R. J. De Wiest. (1971). *Hidrogeología*". Ariel. Barcelona.

- De Wiest, R. J. (1965). *Geohydrology*. J. Willey & Sons. N. York.
- FCIHS (2008). "Hidrogeología". Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea FCIHS. Barcelona.
- Fetter, C. W. (2001). *Applied Hydrogeology*. Prentice-Hall. 2001
- Foster, S., B. Adams, M. Morales & S. Tenjo. (1992). *Estrategias para la protección de aguas subterráneas*". Cent. Panam. de Ing. Sanit y Cs. del Ambiente. CEPIS. Lima.
- Gómez N. & Cochero J. (2013). Desarrollo de un índice del hábitat para el sector costero de agua dulce del Río de la Plata (Franja Costera Sur). *Ecología Austral* 23: 18-26. Argentina, Buenos Aires, Asociación Argentina de Ecología.
- Gómez N., Licursi M., Bauer D.E., Ambrosio E.S. & Rodrigues Capítulo A. (2012). Assessment of biotic integrity of the Coastal Freshwater Tidal Zone of a temperate estuary of South America through multiple indicators. *Estuaries and Coasts* 35 (5):1328-1339. Alemania, Berlín, Springer Ltd.
- Gómez N., Rodrigues Capítulo A., Colautti D., Mariñelarena A., Licursi M., Cochero J., Armendariz L., Maroñas M., Donadelli J., Jensen R., García De Souza J., Maiztegui, T., García I., Sathicq, M. B., Suarez J. & Cortese B. (2016). La puesta en valor de los servicios ecosistémicos que ofrecen los arroyos de llanura como una medida de mitigación de las inundaciones: el caso del A° Del Gato en el Partido de La Plata. *Ecología y manejo de ecosistemas acuáticos pampeanos*. (VIII EMEAP). Ed. A V.Volpedo, L. de Cabo, S. Arreghini , A. Fernández Cirelli. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2016. ISBN 978-987-42-0925-2.
- González, N., M. A. Hernández & C. R. Vilela. (1986). *Léxico hidrogeológico*. C.I.C. Pcia. Bs.As. Publ. Especial, La Plata.
- Healy R.W & Scanlon B.R. (2010). *Estimating Groundwater Recharge*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hem, J.D. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. Third Edition U.S Geological Survey Water-Supply Paper 2254. United States Government Printing Office, USA
- Kadlec, R. H. & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands*. 2ª. Ed.,CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Ratón.
- Kendall, C. & McDonnell, J.J. (2006). *Isotope Tracers in Catchment Hydrology*". Elsevier, Amsterdam, 1998. Reprint.
- Langmuir, D. (1997). *Aqueous Environmental Geochemistry*. Prentice Hall, New Jersey, USA
- Lerner, D. N., Issar A. S. & Simmers I. (1990). *Groundwater recharge*. IAH Vol. 8. Heise Ed. Hannover.



- Licursi M. & Gómez N. (2004). Aplicación de Índices bióticos en la evaluación de la calidad del agua en sistemas lóticos de la llanura pampeana a partir del empleo de diatomeas. *Biología Acuática* 21: 31-49 (versión electrónica). Argentina, La Plata, Instituto de Limnología Dr. R. A. Ringuelet.
- Markert, B. N., Breure, A.M. & Zechmeister, H.G. (2003). Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment, in: Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister H.G. (Eds.), *Bioindicators and Biomonitoring Principles, Concepts and Applications* Amsterdam: Elsevier. pp. 3-39.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Perdomo S., Carretero S., Kruse E. & Ainchil J. (2013). Identificación de la intrusión salina en Santa Teresita (Buenos Aires), mediante la aplicación de métodos eléctricos. En: N. González, E. Kruse, M.M. Trovatto y P. Laurencena (Editores) *Temas actuales en hidrología subterránea 2013*. ISBN 978-987-1985-03-6. La Plata, EDULP, pp 44-49.
- Pernía Llera, J. M. & Fornés Azcoiti, J.M. (2008). *Cambio Climático y Agua Subterránea. Visión para los próximos decenios*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid.
- Quevauviller, P., Fouillac, A.-M., Grath, J. & Ward, R. (2009). *Groundwater Monitoring*. John Wiley & Sons, Ltd. United Kingdom.
- Rodrigues Capítulo, I. & Kruse E., 2017. Evolución geomorfológica, recurso hídrico y emprendimientos urbanísticos en la costa oriental de la provincia de Buenos Aires. *Geología aplicada a la ingeniería*.
- Rodrigues Capítulo, L. & Kruse E., 2017. Relationship between geohydrology and upper pleistocene-holocene evolution of the eastern region of the province of Buenos Aires, Argentina. *Journal of south american earth sciences*. Doi: 10.1016/j.jsames.2017.03.011.
- Rodrigues capítulo, L., Carretero, S.C. & Kruse E., 2017. Comparative study of urban development and groundwater condition in coastal areas of Buenos Aires, Argentina. *Hydrogeology journal*. J doi: 10.1007/s10040-017-1544-x
- Rodrigues Capítulo, I., Carretero, S.C. & Kruse E.E., 2017. Forest planning and their consequences in the recharge of a shallow coastal aquifer. A study case: Partido of Pinamar, Argentina. *Journal of Environmental Sciences*.
- Rodrigues Capítulo, L., Carretero, S.C. & Kruse, E.E. (2018). Impact of afforestation on coastal aquifer recharge. Case study: eastern coast of the Province of Buenos Aires, Argentina. *Environ Earth Sci* 77:74, <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7258-0>
- Sabater S. & Elosegui A. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial* Fundación BBVA, Madrid. pp: 466).

- Schuerch M., Scholten J., Carretero S., García-Rodríguez F., Kumbier K., Baechtiger M. & Liebetrau V. (2016). The effect of long-term and decadal climate and hydrology variations on estuarine marsh dynamics: an identifying case study from the Río de la Plata. *Geomorphology* 269: 122–132 doi:10.1016/j.geomorph.2016.06.029
- Sládeček, V. & Sládečková, A. (1998): Revision of polysaprobic indicators. - *Verh. Int. Verein. Limnol.* 26: 1277-1280.
- Sládeček, V. (1973): System of Water Quality from the Biological Point of View. - *Arch. Hydrobiol., Beih. Ergebn. Limnol.* 7: 1-218.
- Struckmeier, W. F. & J. Margat. (1995). Hydrogeological maps. A guide and a standard legend. IAH, Vol. 17. Hannover.
- Viessman, W. Jr. & Lewis, G.L. (2003). Introduction to Hydrology. 5th. Ed., Prentice Hall, N. Jersey.
- Vrba, J. & Zaporozec A. (1994). Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH Vol. 16, Hannover.