

Resolución Consejo Directivo FCEyN N° 184 / 2025

Santa Rosa, 22 de mayo de 2025

VISTO:

El expediente N° 315/25, iniciado por la Secretaría de Investigación, Posgrado y Extensión, “S/ Curso optativo de posgrado- Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico – Dra. Cristina DAPEÑA - MRH - FCEyN”; y

CONSIDERANDO:

Que por Resolución N° 132/2008 del Consejo Superior se crea la Carrera de Posgrado “Maestría en Recursos Hídricos” en el ámbito del Rectorado de la Universidad Nacional de La Pampa.

Que por Resolución N° 503/2017 del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) y Resolución N° 64/2018 del Consejo Superior se aprueba la transferencia de la Carrera Maestría en Recursos Hídricos a la FCEyN de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), con dependencia de la Secretaría de Investigación, Posgrado y Extensión de esa Facultad.

Que por Resolución N° 320/2018 del Consejo Directivo de la FCEyN, se aprobó el Reglamento de la Maestría en Recursos Hídricos.

Que por Resolución N° 373/2018 del Consejo Directivo de la FCEyN, se designó en el cargo de director de la Maestría en Recursos Hídricos al Dr. Eduardo Eleuterio MARIÑO.

Que por Resolución N° 374/2018 del Consejo Directivo de la FCEyN, se designó el Consejo Académico de la Maestría en Recursos Hídricos.

Que por Resoluciones N° 423/2019, 275/2020, 276/2020, 277/2020 y 127/2025 del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales se aprobó

la designación de docentes responsables, y programas de los cursos optativos del 2do año de la Maestría en Recursos Hídricos.

Que la secretaria de Investigación, Posgrado y Extensión Mg. Laura Mabel WISNER junto con el director de la Carrera Maestría en Recursos Hídricos, Dr. Eduardo Eleuterio MARIÑO, acordaron la apertura de una nueva cohorte 2024, siendo necesaria la actualización de los programas de los cursos optativos de 2do Año.

Que con fecha 8 de abril de 2025 el Consejo Académico de la Maestría en Recursos Hídricos, aprueba el Acta N° 35 con la propuesta del programa y docente responsable del curso optativo Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico del 2^{do} año de la carrera Maestría en Recursos Hídricos.

Que cuenta con el aval de la Escuela de Posgrado mediante Acta N° 5/2025 y de las Secretarías Académica y de Investigación, Posgrado y Extensión.

Que, en la sesión ordinaria del 22 de mayo de 2025, el Consejo Directivo aprobó por unanimidad, el despacho presentado por la Comisión de Perfeccionamiento Docente y Doctorado.

POR ELLO:

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

R E S U E L V E:

ARTÍCULO 1º: Designar a la Dra. Cristina DAPEÑA (DNI N° 11.529.116) como docente responsable del curso optativo “Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico” de la Maestría en Recursos Hídricos de la FCEyN de la UNLPam.

ARTÍCULO 2º: Aprobar el programa del curso optativo “Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico” de la Maestría en Recursos Hídricos que como Anexo forma parte de la presente Resolución.

ARTÍCULO 3º: Extender por Secretaría de Investigación, Posgrado y Extensión los certificados a las personas asistentes, aprobadas y responsable del dictado del curso mencionado en el artículo 1º.

ARTÍCULO 4º: Regístrese, comuníquese. Pase a conocimiento de Decanato, de las Secretarías de Investigación, Posgrado y Extensión, y Académica, y de las personas interesadas. Cumplido, vuelva.

Gabriela Raquel VIDOZ – Secretaria Consejo Directivo – FCEyN - UNLPam

Nora Claudia FERREYRA – Decana – FCEyN - UNLPam

ANEXO

PROGRAMA CURSO DE POSGRADO

“ISÓTOPOS AMBIENTALES EN EL CICLO HIDROLÓGICO”

Docente responsable

Dra. CRISTINA DAPEÑA.

Duración

60 horas.

Fundamentación

La creciente utilización de isótopos ambientales en la investigación de problemas hidrológicos ha culminado en una nueva rama de la Hidrología, denominada Hidrología Isotópica. Las técnicas isotópicas son herramientas de gran utilidad para identificar y validar el modelo conceptual de funcionamiento de los sistemas hidrológicos cuando se usan juntamente con técnicas hidroquímicas y la información geológica, biológica e hidrogeológica disponibles. Permiten resolver, en forma relativamente sencilla y a bajo costo, numerosos problemas relacionados con el origen y zona de la recarga de acuíferos, humedales, cuerpos lénticos y lóticos, relación agua superficial-subterránea, mecanismos de salinización, fuentes y mecanismos de contaminación, mezclas, procesos en la zona no saturada, balance hídrico, interpretación de fenómenos termales, etc. Actualmente se incluyen en la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo en países de todo el mundo con una creciente aplicación en el campo de los hidrocarburos y la minería.

Objetivos

Objetivo general

Introducir al alumno en los principios básicos y fundamentos que rigen el comportamiento de los isótopos estables de elementos livianos, además de la metodología de trabajo de campo y laboratorio y sus aplicaciones para resolver diversos problemas en sistemas naturales.

Objetivos particulares

- Adquirir conocimientos básicos sobre Isótopos estables livianos y sus principales procesos de fraccionamiento isotópico.
- Adquirir conocimientos básicos sobre los isótopos estables del agua y sus principales procesos de fraccionamiento isotópico.
- Introducir los principios básicos de la hidrología isotópica.
- Conocer las principales herramientas de muestreo y de interpretación isotópica.
- Introducir los principios básicos sobre datación de aguas
- Enseñar el campo de aplicación mediante la presentación de casos de estudio

Contenidos mínimos:

Isótopos estables e inestables. Mecanismos de fraccionamiento. Medidas isotópicas y estándares. Isótopos estables del O y del H en el ciclo hidrológico. Otros isótopos de interés ambiental (C, N, S, B, Li, Sr; Rn) Tritio y carbono-14. Redes de monitoreo. Utilización de datos isotópicos. Muestreo. Nociones de edad. Aplicaciones

Programa del curso

1. Introducción. Átomos e isótopos: conceptos básicos. Isótopos radioactivos. Isótopos estables de elementos livianos. Fraccionamiento isotópico. Isótopos Estables del H, C, O, N y S. Medidas isotópicas y estándares.
2. Hidrología isotópica. Concepto y aplicaciones.
3. Isótopos estables del agua (H y O). Fraccionamiento en el ciclo hidrológico.
4. Isótopos del H y O en el ciclo hidrológico: Isótopos en precipitación. Efectos. Recta meteórica global. Exceso de deuterio. Redes de monitoreo: GNIP. GNIR. Rectas meteóricas locales.
5. Isótopos del H y O en el ciclo hidrológico: aguas superficiales y aguas subterráneas. Aguas geotermales. Aguas de formación. Paleoaguas. Glaciares.
6. Otros isótopos de interés ambiental C, N, S, B, Li, Sr y Rn. Fraccionamiento. Aplicaciones.
7. Datos isotópicos. Utilización de datos isotópicos. Diagramas convencionales. Elaboración y utilización de rectas meteóricas locales. Criterios estadísticos.
8. Muestreo. Toma de muestras para diferentes propósitos y precauciones en el muestreo. Muestras representativas Envases y técnicas de conservación adecuadas. Problemas frecuentes derivados de un muestreo incorrecto.
9. Nociones sobre aplicaciones de los isótopos ambientales en la identificación de mecanismos de salinización y contaminación. Mezclas. Ejemplos
10. Nociones sobre datación de aguas. Ejemplos
11. Ejemplos integrados del uso de isótopos ambientales. Estudio de casos.

Cronograma de actividades

Teórico – práctico

Día 1:

Presentación del curso. Introducción. Átomos e isótopos: conceptos básicos. Isótopos radioactivos. Isótopos estables de elementos livianos. Fraccionamiento isotópico. Isótopos Estables del H, C, O, N y S. Medidas isotópicas y estándares. Hidrología isotópica. Concepto y aplicaciones. Isótopos estables del agua (H y O). Fraccionamiento en el ciclo hidrológico.

Discusión y Comentarios

Día 2

Isótopos estables del agua (H y O). Fraccionamiento en el ciclo hidrológico (continuación). Isótopos en precipitación. Efectos. Recta meteórica global. Exceso de deuterio. de monitoreo: GNIP. GNIR. RNC de Argentina. Rectas meteóricas. Aguas superficiales y aguas subterráneas. Aguas geotermales. Paleoaguas. Glaciares.

Discusión y Comentarios

Día 3

Datos isotópicos. Utilización de datos isotópicos. Diagramas convencionales. Elaboración y utilización de rectas meteóricas locales. Criterios estadísticos. Muestreo. Toma de muestras para diferentes propósitos y precauciones en el muestreo. Muestras representativas Envases y técnicas de conservación adecuadas. Problemas frecuentes derivados de un muestreo incorrecto.

Ejercicio práctico

Discusión y Comentarios

Día 4

Otros isótopos de interés ambiental C, N, S, Sr, B, Li y Rn. Aplicaciones.

Día 5

Nociones sobre aplicaciones de los isótopos ambientales en la identificación de mecanismos de salinización, contaminación. Mezclas. Ejemplos Nociones sobre datación de aguas subterráneas.

Ejemplos. Ejemplos integrados del uso de isótopos ambientales.

Discusión y comentarios

Cierre del curso

Modalidad de dictado

Presencial

Metodología de abordaje académico

Las clases serán teórico-prácticas, combinando el desarrollo de los fundamentos conceptuales con la resolución de ejercicios en cada uno de los módulos.

Carga horaria total

La carga horaria total es de 60 horas. Se prevé dictar 40 de ellas en forma presencial y acreditar el resto por la realización de actividades prácticas. El curso tendrá un examen final.

Bibliografía

Bibliografía. Material digitalizado o página web.

- Aggarwal, P., Gat, J. R., Froehlich, K. F.O., 2005. Isotopes in the Water Cycle: Past, Present and Future of a Developing Science. Springer. The Netherlands.
- Alexandre, P., 2020, Isotopes and the Natural Environment. 99pp Springer.
- Araguas-Araguas, L., Danesi, P., Froehlich, K., Rozanski, K., 1996. Global monitoring of the isotopic composition of precipitation. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Art. V205 (2): 189-200.
- Baskaran, M. (Ed) 2011. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. 952 pp. Springer.
- Capo, R. C., Stewart, B. W., Chadwick, O. A., 1998. Strontium isotopes as tracers of ecosystem processes: Theory and methods. *Geoderma* 82: 197– 225
- Chapman, E.C., Capo, R.C., Stewart, B.W., Kirby, C.S., Hammack, R.W., Schroeder, K.T, Denborn, H.M., 2012. Geochemical and strontium isotope characterization of produced waters from Marcellus Shale natural gas extraction. *Environ. Sci.Technol.* 46 (6), 3545–3553.
- Clark, I., 2015. *Groundwater Geochemistry and Isotopes.* 456 pp.CRC Press
- Clark, I. y Fritz, P., 1997. *Environmental Isotopes in hydrogeology.* Lewis Publishers. New York.
- Cook, P., 2022. *Introduction to Isotopes and Environmental Tracers as Indicators of Groundwater Flow.* The Groundwater Project, Guelph, Ontario, Canada. <https://doi.org/10.21083/978-1-7770541-8-2>.
- Craig, H., 1961. Isotope variations in meteoric waters. *Science*, 133: 1702-1703.

- Craig, H. y Gordon, L.I., 1965. Deuterium and oxygen-18 variations in the ocean and the marine atmosphere. En: E. Tongiorgi (De.), *Stable Isotopes in Oceanographic Studies and Paleotemperatures*. C.N.R., Laboratorio di Geologia Nucleare, Pisa: 9-130.
- Custodio, E., 2005. Técnicas hidroquímicas e isotópicas para el estudio de la relación agua subterránea-agua superficial. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la hidrología subterránea, Actas: 239-249. Río Cuarto, Argentina.
- Dansgaard, W., 1964. Stable isotopes in precipitation. *Tellus*, 16, 436–468
- Diamond, R.E. 2022. *Stable Isotope Hydrology*. The Groundwater Project, Guelph, Ontario, Canada. <https://doi.org/10.21083/978-1-77470-043-3>
- Fritz, P. y Fontes, J. Ch. (eds.), 1980. *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. The Terrestrial Environment, A. Volume 1*. Elsevier. 545pp.
- Fritz, P. y Fontes, J. Ch. (eds.), 1986. *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. The Terrestrial Environment, B. Volume 2*. Elsevier. 557pp.
- Fritz, P. y Fontes, J. Ch. (eds), 1989. *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. The Marine Environment, A. Volume 3*. Elsevier. 429pp.
- Gat, J.R., 1996. Oxygen and hydrogen isotopes in the hydrologic cycle. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 24: 225-262
- Gibson, J.J., Edwards, T.W.D., Birks, S.J., St Amour, N.a., Buhay, N.A., McEachern, P., Wolfe, B.B., Peters, D.L., 2005. Progress in isotope tracer hydrology in Canada *Hydrol. Process.* 19, 303–327.
- Gonfiantini, R., 1999. Investigating the hydrological cycle with environmental isotopes. Keynote. Proc. II South American Symp. on Isotope Geology, Córdoba, Argentina. Actas: 537-547.
- Hoefs, J.; 1987. *Stable Isotope Geochemistry*; Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin.
- Hoefs, J.; 2018. *Stable Isotope Geochemistry*; Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin
- Holland, H. D., Turekian, K. K. (Eds), 2014. *Treatise on Geochemistry. Second Edition.*:
- IAEA, 1981. *Stable isotope hydrology. Deuterium and oxygen-18 in the water cycle*. Technical Reports Series. Nº 210. Vienna, Austria. 340pp.
- IAEA, 1992. *Isotopes of noble gases as tracers in environmental studies*. 312p.
- IAEA, 1998. *Application of isotope techniques to investigate groundwater pollution TECDOC 1046*. VER por Boro
- IAEA, 2013. *Isotope Methods for Dating Old Groundwater*. STI/PUB/1587. 376p. IAEA, 2013. *Isotope Methods for Dating Old Groundwater*. STI/PUB/1587. 376p.
- Kharaka, Y.K., Hanor, J.S., 2014. Deep fluids in sedimentary basins. In: *Treatise of Geochemistry, Vol 7, 2nd Ed*. Elsevier, pp 471-516
- Kazemi, J.H., Gholam, A., P. Perrochet., 2006. *Groundwater age*. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 347p.
- Kendall, C. y McDonnell, J.J.(Eds), 1998. *Isotope Tracers in Catchment Hydrology*. Elsevier 840p
- Krouse H.R. y Grinenko, V.A. (Eds), 1991. *Stable Isotopes: Natural and Anthropogenic Sulphur in the Environment*. SCOPE 43. John Wiley and Sons, In 467 pp.
- Mook, W. Ed. 2000. *Environmental isotopes in the hydrological cycle; Principles and applications*. 6 Volumes. IAEA UNESCO, Paris.
- Revista Derbyana., 2021. *Aplicações de Isótopos em Estudos Hidrológicos e Ambientais*. Varios artículos V 42. <https://revistaig.emnuvens.com.br/derbyana>
- Risi, B. Braco, B. y Dotsika, E., 2016. *Groundwater Contamination Studies by Environmental Isotopes: A review*. En A. Scozzari and E. Dotsika (eds.), *Threats to the Quality of Groundwater Resources*:

- Prevention and Control, *Hdb Env Chem* (2016) 40: 115–150, DOI 10.1007/698_2014_281, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Rostron, B. y Arkadaskiy, S., 2014. Fingerprinting “Stray” Formation Fluids Associated with Hydrocarbon Exploration and Production. *Elements* 10: 285–290
- Rozanski, K., Araguas AraguaS, L., Gonfiantini, R. 1993. Isotopic patterns in modern global precipitation. *Climate Change in Continental Isotopic Records*, Geophysical Monograph 78, American Geophysical Union, 1-36.
- Plata Bedmar, A., 2006. Presente y futuro del tritio natural como herramienta de investigación hidrológica. *Ingeniería Civil* 143, 15p. España.
- Pistiner, J.S., Henderson, G.M., 2003. Lithium-isotope fractionation during continental weathering processes. *Earth Planet. Sc. Lett.* 214, 327–339
- Sharma, S., Mulder, M.L., Sack, A., Schroeder, K., Hammack, R., 2014. Isotope Approach to Assess Hydrologic Connections During Marcellus Shale Drilling. *Groundwater* 52 (3): 424–433.
- Sharp, Z., 2017. Principles of stable isotope geochemistry. 2nd Edition. Accesible en https://digitalrepository.unm.edu/unm_oer/1/
- Solomon, D. K., Gilmore, T. E., 2024. Age dating young groundwater: How to determine groundwater age from environmental tracer data. *The Groundwater Project*. <https://doi.org/10.21083/LIU2727>
- Taylor, R.E., Long, A., Kra, R. (Eds.), 1992. *Radiocarbon After Four Decades: An Interdisciplinary Perspective*, Springer Verlag.
- Tang, Y.J., Zhang, H.F., Ying, J.II., 2007. Review of the Lithium Isotope System as a Geochemical Tracer. *International Geology Review*, Vol.49: 374–388.
- Tomascak, P.B., 2004. Developments in the understanding and application of lithium isotopes in the earth and planetary sciences. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 55: 153–195.
- Tomascak, P.B., Magna, T., Dohmen, R., 2016. *Advances in Lithium Isotope Geochemistry*. Springer International Publishing.
- Vengosh, A., 1990. Boron isotope geochemistry in the sedimentary environment. Doctoral Dissertation. The Australian National University. 184 p. Accesible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/156739457.pdf>
- Vengosh, A. 2014. Salinization and Saline Environments. In: *Treatise in Geochemistry Second Edition*. Editors: Holland, H.D. and Turekian, K.T., Volume 11, 325-378, Elsevier Science. Chapter 9_Salinization_
- Vengosh, A., Heumann, G, Juraske, S., Kashers, R., 1994. Boron Isotope Application for Tracing Sources of Contamination in Groundwater. *Environ. Sci. Technol.* 28, 1968-1974
- Xiao, J., Xiao, Y.K., Jin, Z.D., He, M.Y., Liu, C.Q., 2013 Boron isotope variations and its geochemical application in nature. *Australian Journal of Earth Sciences* 60, 431–447,
- Warner, N.R., Jackson, R.B., Darrah, T.H., et al., 2012. Geochemical evidence for possible natural migration of Marcellus Formation brine to shallow aquifers in Pennsylvania. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109 (30), 11961–11966.

Cupo

20 participantes.

Destinatarios/os

Estudiantes de la Maestría en Recursos Hídricos de la UNLPam y graduados/as de carreras vinculadas con Ciencias de la Tierra y el Ambiente.

Arancel

El monto a pagar por los/las estudiantes se encuentra establecido por resolución Decana N° 11/2025, la misma fija los montos a abonar por los/las estudiantes regulares y vocacionales de la Maestría en Recursos Hídricos.

Requerimiento de espacios físicos, medios tecnológicos, plataformas virtuales, etc

Proyector u otro medio que permita proyectar desde una computadora portátil, pizarrón, para el trabajo práctico es necesario al menos una computadora cada dos personas inscriptas.

Inscripción

Mediante formulario correspondiente a cargo del área de Posgrado de la Secretaría de Investigación, Posgrado y Extensión de la FCEyN.

Fecha probable de inicio y finalización del curso

Fecha probable de inicio: lunes 6 de octubre de 2025.

Fecha probable de finalización: viernes 10 de octubre de 2025.

Lugar de realización

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam. Avda Uruguay N°151. Santa Rosa, La Pampa.

Formas de financiamiento

El curso se financiará mediante el cobro de los aranceles fijados por la Resolución Decana N° 11/2025, para las distintas categorías de asistentes, y será destinado para cubrir los gastos del desarrollo del curso.

Sistema de evaluación

Para aprobar este curso los/as alumnos/as deberán:

1) Asistir a un mínimo del 80% de las clases, 2) completar y aprobar los trabajos prácticos y 3) aprobar un examen final de los aspectos impartidos en el curso, al final del dictado de este para poner en uso habilidades adquiridas durante el desarrollo del mismo.

La aprobación mínima de las instancias evaluativas será con una calificación de 7/10 (siete sobre diez).

La calificación será con aclaración de nota numérica.

Tipo de certificación

Se entregará certificado de asistencia a quienes asistan a un mínimo del 80% de las clases y no superen la aprobación de las instancias evaluativas con al menos 7/10 (siete sobre diez).

Se entregará certificado de aprobación a quienes cumplan con los siguientes requisitos:

- Asistencia a un mínimo del 80% de las clases.
- Haber realizado y aprobado con una calificación de al menos 7/10 (siete sobre diez) en las instancias evaluativas.

Presupuesto

El monto de lo recaudado se destinará para cubrir todos los gastos ocasionados por el curso.

Hoja de firmas