



Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Escuela de Posgrado
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

SALTA, 15 de octubre de 2021

EXPEDIENTE N° 10.660/2021

R- CDNAT- 2021 N° 285

VISTO:

Las presentes actuaciones relacionadas con el dictado del Curso de Posgrado, titulado **"ISÓTOPOS RADIOGÉNICOS Y SU APLICACIÓN EN GEOLOGIA REGIONAL"**, en el marco de los cursos programados para el Doctorado en Ciencias Geológicas; y

CONSIDERANDO:

Que, el dictado de este Curso estará a cargo de la Dra. Natalia HAUSER (Universidad de Brasilia), como Directora responsable, con el siguiente Cuerpo Docente: Dr. Maximiliano NAIPAUER (INGEIS – Universidad de Buenos Aires) y Dra. Natalia HAUSER;

Que el presente Curso es de Posgrado, tiene una carga horaria de 40 (cuarenta) horas teóricas -prácticas;

Que tiene por objetivo general brindar a los estudiantes una visión general de los principales conceptos de la geocronología, de la geología isotópica y de la espectrometría de masa aplicados en la geología. Se hará una descripción de las bases de los principales métodos de datación usados en geología, su rango de aplicación en función de las edades, de los materiales usados (roca total o mineral) y de las temperaturas de cierre de cada sistema isotópico en la datación de determinados eventos geológicos y se presentaran los principales problemas de cada método. Una síntesis de los espectrómetros de masa montados en el laboratorio de Geocronología de la Universidad de Brasilia (UnB) y de los principales sistemas isotópicos implementados también será abordada

En el aspecto práctico, se pretende trabajar con datos Sr-Nd, U-Pb Y Lu-Hf reales obtenidos a partir de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que representen problemas geológicos comunes, con el objetivo de interpretar la edad obtenida para cada tipo de roca y entender el campo de acción de cada método. Se hará uso del programa ISOPLOT (ISOPLOT 4.15 o ISOPLOTR) para la obtención de diferentes tipos de gráficos utilizados frecuentemente en geocronología (isócrona, concordia, diagrama de frecuencia de edades) en función del problema que se esté abordando. Se presentarán ejemplos donde la aplicación de los diferentes métodos geocronológicos contribuye a resolver problemas de la geología regional de Argentina, Brasil y Bolivia;

Que la fecha de dictado se fija entre los días 1,3,5,8 y 9 de noviembre de 2021;

Que la metodología del curso consistirá en el dictado de clases teórico-prácticas, con examen final escrito, nota de 1 a 10, aprobación con 6 (seis) y asistencia mínima de 90 % a las clases;

Que este curso está dirigido a alumnos de posgrado, profesionales, docentes. El cupo es de 10 participantes como mínimo y 15 participantes como máximo (en caso de no alcanzar un cupo mínimo de 10 participantes se cancelará).



Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Escuela de Posgrado
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.660/2021

R- CDNAT- 2021 N° 285

Que se fijan los siguientes aranceles:

- Alumnos de Posgrado UNSa: \$3.500 (pesos tres mil quinientos)
- Alumnos de Posgrado de otras universidades: \$4.000 (pesos cuatro mil)
- Docentes y Profesionales de Organismos Públicos: \$5.000 (pesos cinco mil)
- Profesionales independientes o de empresas: \$6.500 (pesos seis mil quinientos)
- Alumnos avanzados de grado UNSa (2): Gratis;

Que a fs. 24 de estas actuaciones obra Dictamen de la Comisión Académica del Doctorado en Ciencias Geológicas que dice: ***"Visto la presentación efectuada por la Dra. Carolina Montero y el Dr. Raúl Becchio, esta Comisión Académica ACONSEJA: autorizar los siguientes ítems: fecha de dictado, carga horaria, modalidad, presupuesto, aranceles, docentes, programa y demás aspectos particulares del Curso de posgrado: "ISOTOPOS RADIOGÉNICOS Y SU APLICACIÓN EN GEOLOGÍA REGIONAL."***

Esta comisión considera que la temática involucrada en el programa del curso, a desarrollar en los distintos módulos, teórico y prácticos son de interés para ser incluido dentro de las actividades académicas de la Carrera de Posgrado y conformarán seguramente un aporte significativo hacia los estudiantes de postgrado participantes.

La Coordinación del curso estará a cargo de la Dra. Carolina Montero y el Dr. Raúl Becchio ambos de IBIGEO, UNSa-CONICET."

Que a fs. 25 obra Dictamen de la Comisión de Docencia y Disciplina, en igual sentido;

Que a fs. 26 obra Despacho N° 519/21 de Consejo y Comisiones que informa que el Consejo Directivo de esta Facultad en su Reunión Extraordinaria N° 17-21 del 5 de octubre de 2021, APROBÓ el Despacho de Comisión de Docencia y Disciplina de fs. 25;

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
(En su sesión Extraordinaria N° 17/21 del 5 de octubre de 2021)
R E S U E L V E:

ARTÍCULO 1º.- AUTORIZAR el dictado del Curso de Posgrado N° 5 -21 titulado: **"ISÓTOPOS RADIOGÉNICOS Y SU APLICACIÓN EN GEOLOGIA REGIONAL"**, a cargo de la Dra. Natalia HAUSER (Universidad de Brasilia), como Directora responsable, con el siguiente Cuerpo Docente: Dr. Maximiliano NAIPAUER (INGEIS – Universidad de Buenos Aires) y Dra. Natalia HAUSER, en el marco de los cursos programados para el Doctorado en Ciencias Geológicas.



Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Escuela de Posgrado
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.660/2021

R- CDNAT- 2021 N° 285

ARTÍCULO 2º.- APROBAR los objetivos, modalidad, programa, bibliografía y demás aspectos particulares de este Curso de Posgrado, que obran en fs. 1 a 7 y que como Anexo I forman parte de la presente.

ARTÍCULO 3º.- INDICAR que este curso tiene una carga horaria de 40 (cuarenta) horas teóricas -prácticas. La fecha de dictado se fija entre los días 1,3,5,8 y 9 de noviembre de 2021;

Se requerirá el 90 % de asistencia como mínimo;

Está dirigido a alumnos de posgrado, profesionales, docentes. -

ARTÍCULO 4º.- FIJAR los siguientes aranceles:

\$3.500 (pesos tres mil quinientos): Alumnos de Posgrado UNSa.

\$4.000 (pesos cuatro mil): Alumnos de Posgrado de otras universidades

\$5.000 (pesos cinco mil): Docentes y Profesionales de Organismos Públicos.

\$6.500 (pesos seis mil quinientos): Profesionales independientes o de empresas

Cupo:

Máximo: 15 participantes.

Mínimo: 10 participantes. (en caso de no alcanzar un cupo mínimo de 10 participantes se cancelará)

El pago del arancel debe realizarse en la Dirección General Administrativa Económica de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.

ARTÍCULO 5º.- DESIGNAR como Coordinadores Académicos de este Curso a la Dra. Carolina MONTERO y Dr. Raúl BECCHIO, por las razones mencionadas en el exordio.-

ARTÍCULO 6º.- ESTABLECER la distribución de los fondos generados por aranceles de este Curso de Posgrado, de acuerdo a lo dispuesto en la R-CDNAT-2015-539, de la siguiente manera:

- 5% a la Cuenta "Ingresos No Tributarios" de la Facultad de Ciencias Naturales, según Res. C.S. N° 128/99 y C.S. N° 122/03.

- 95% para el desarrollo del presente Curso de Posgrado: Se deberán atender los siguientes rubros:

1.- 70%: Gastos en concepto de Pasajes, Viáticos, Traslados en taxi o similares, honorarios, gastos de cafetería, gastos de librería.

2.- 20% para la Escuela de Posgrado para atender contratos del personal de apoyo universitario.

3.- 5% para la carrera que organiza la actividad.



Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Escuela de Posgrado
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.660/2021

R- CDNAT- 2021 N° 285

ARTÍCULO 7°.- HÁGASE SABER a los mencionados en la presente, remítanse copias a la Escuela de Posgrado, Dirección Administrativa Económica, Tesorería General de la Universidad, y siga a Dirección Administrativa de la Escuela de Posgrado, para que, a través de la Directora del Curso, informe la nómina de participantes y los resultados obtenidos.

ARTÍCULO 8°.- PUBLÍQUESE en la página de Internet de la Universidad Nacional de Salta.
ifa/cng.

Esp. ANA P. CHÁVEZ
SECRETARIA ACADÉMICA
Facultad de Ciencias Naturales

Dr. Julio R. NASSER
DECANO
Facultad de Ciencias Naturales



Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Escuela de Posgrado
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.660/2021

R- CDNAT- 2021 N° 285

ANEXO I

CURSO DE POSGRADO: “ISÓTOPOS RADIOGÉNICOS Y SU APLICACIÓN EN GEOLOGIA REGIONAL”

Objetivos del Curso

El objetivo general del curso es brindar a los estudiantes una visión general de los principales conceptos de la geocronología, de la geología isotópica y de la espectrometría de masa aplicados en la geología. Se hará una descripción de las bases de los principales métodos de datación usados en geología, su rango de aplicación en función de las edades, de los materiales usados (roca total o mineral) y de las temperaturas de cierre de cada sistema isotópico en la datación de determinados eventos geológicos y se presentaran los principales problemas de cada método. Una síntesis de los espectrómetros de masa montados en el laboratorio de Geocronología de la Universidad de Brasilia (UnB) y de los principales sistemas isotópicos implementados también será abordada.

En el aspecto práctico, se pretende trabajar con datos Sr-Nd, U-Pb Y Lu-Hf reales obtenidos a partir de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que representen problemas geológicos comunes, con el objetivo de interpretar la edad obtenida para cada tipo de roca y entender el campo de acción de cada método. Se hará uso del programa ISOPLOT (ISOPLOT 4.15 o ISOPLOTR) para la obtención de diferentes tipos de gráficos utilizados frecuentemente en geocronología (isócrona, concordia, diagrama de frecuencia de edades) en función del problema que se esté abordando. Se presentarán ejemplos donde la aplicación de los diferentes métodos geocronológicos contribuye a resolver problemas de la geología regional de Argentina, Brasil y Bolivia.

Pre-requisitos:

El curso está dirigido a estudiantes avanzados de grado y/o profesionales del área de las Geociencias. Se requiere que los participantes tengan instalado o ISOPLOT 4.15 en la computadora (<https://www.bgc.org/isoplot>) o usen el ISOPLOTR (<https://www.ucl.ac.uk/~ucfbpve/isoplotr/home/index.html>) que es online.



R- CDNAT- 2021 N° 285

Contenidos

Modulo I, II, III e IV

Parte teórica

Módulo I: Introducción: isótopos, isótonos e isóbaros. Abundancia isotópica. Estabilidad nuclear y mecanismos de decaimiento radioactivo. Ecuación fundamental de la geocronología, concepto de vida media y temperatura de cierre del sistema isotópico

Módulo II: Espectrometría de masa: definición y principios del método. Tipos de espectrómetros y partes fundamentales de los mismos. Espectrómetros instalados en la Universidad de Brasilia y principales sistemas isotópicos medidos: TIMS, ICP-MC-MS, QICP, Element I, Noble gas. Diferencia entre los diferentes instrumentos, ventajas y desventajas del uso de los mismos para determinadas metodologías. Principales sistemas isotópicos usados en geología.

Módulo III: Sistemas Rb/Sr y Sm/Nd

-Aspectos teóricos de los sistemas isotópicos y ecuación de decaimiento radioactivo.

-Obtención de los isótopos de interés: preparación de muestras: colecta y digestión en laboratorio. ¿Qué es la dilución isotópica (ID) y cuando debe ser usada? Separación de los elementos Rb, Sr, Sm y Nd usando columnas de intercambio catiónico. Medición de los isótopos de interés usando espectrometría de ionización térmica (TIMS).

-Resultados Rb-Sr obtenidos, interpretación de los datos y gráficos. Resultados Sm-Nd obtenidos. Definición de los parámetros Épsilon Nd y edades modelo (T_{DM}), significado e interpretación, gráficos.

-Aplicaciones: dataciones de diferentes tipos de rocas, en estudios petrológicos y de evolución cortical, en conjunto con los sistemas Rb/Sr y Lu/Hf. Ejemplos.

-Problemas más frecuentes: rocas alteradas y mixtura de fuentes.

-Ventajas y desventajas de los métodos.

-Ejemplos.

Módulo IV: Parte práctica

1- Manejo del programa ISOPLOT: principios básicos.

2- Realización de ejercicios para la obtención de isócronas Rb-Sr y Sm-Nd para datar rocas ígneas y metamórficas.



R- CDNAT- 2021 N° 285

Modulos V y VI

Módulo V: Sistemas U/Pb

- Aspectos teóricos del sistema y ecuaciones del decaimiento radioactivo.
- Características físicas y químicas del circón y su importancia en el sistema isotópico U-Pb. Técnicas de estudio, simple y compleja, de la morfología externa y texturas interna de los circones: microscopio óptico y electrónico de barrido, imágenes de CL y BSE. Tipo de circones según su origen en rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias.
- Preparación de muestras: colecta, pre-concentrado y montaje de los granos en función del tipo de roca. Principales errores cometidos.
- Obtención de los resultados: análisis de los granos usando LASER ABLATION-ICP-MC-MS (NEPTUNE). Reducción de los datos usando planillas de Excel. Representación de los datos obtenidos usando ISOPLOT: diagramas de la concordia de Wheterill y Tera-Wasserburg, Probability density plot diagram, Weithged Average Age. Interpretación de las edades obtenidas. Problemas más frecuentes: pérdida de Pb y Pb común. Principales errores cometidos.
- Aplicaciones: datación de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, ¿qué significado tiene una edad de acuerdo al tipo de roca? Ejemplos.
- Ventajas y desventajas del método.

Módulo VI: Sistema Lu/Hf en circón

- Aspectos teóricos del sistema y ecuación de decaimiento radioactivo. –
- Sistema Lu/Hf en circón: utilización de muestras previamente analizadas mediante la metodología U-Pb, análisis de evolución cortical.
- Resultados obtenidos. definición de los parámetros Épsilon Hf y edades modelo (T_{DM}), significado e interpretación, gráficos. Comparación con las edades modelo Nd obtenidas en roca total, ¿cómo interpretarlos en conjunto?
- Aplicaciones en estudios de evolución cortical en conjunto con los sistemas U/Pb y Sr-Nd Ejemplos.
- Ventajas y desventajas del método.

Modulos VII

Módulo VII: Análisis de procedencia

- Propiedades de los minerales pesados y sus implicancias en el análisis de procedencia sedimentaria.
- Aplicación de los métodos radimétricos (K-Ar, Rb-Sr, U-Pb y Lu-Hf) en la cuenca paleozoica del Sistema de Ventana. Edades U-Pb de cristalización del basamento. Patrones de edades detríticas de las secuencias sedimentarias paleozoicas:



Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Escuela de Posgrado
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.660/2021

R- CDNAT- 2021 N° 285

implicancias en la estratigrafía, estructura, áreas fuente, correlaciones a través del Gondwana y en los modelos de evolución tectónica de la Patagonia.

-Dataciones U-Pb con los métodos TIMS, SHRIMP y LA-IPC-MS en la cuenca Neuquina. Edades de cristalización de las rocas volcánicas y de las tobas intercaladas durante la sedimentación mesozoica. Caracterización de los patrones de edades U-Pb en circones detríticos de la etapa de extensional, de retro-arco y antepaís. Aportes en la evolución de la cuenca y de las regiones fuente. Ambiente tectónico de sedimentación y su relación con los patrones de edades U-Pb: casos de estudios en afloramiento y en el subsuelo.

-Ejemplos aplicados en la cuenca Austral. Edades U-Pb LA-IPC-MS en circones detríticos separados de secuencias cretácicas del norte de la cuenca y correlaciones hacia el sur.

Módulos VIII (1 día)

Módulo VIII: Sistemas U/Pb y Lu/Hf en análisis de rocas metamórficas e ígneas: Ejemplos del basamento de Bolivia y del NOA argentino.

Metodología de enseñanza: clases teórico-prácticas.

Instancias de evaluación: Examen final escrito con nota a de 1 a 10, aprobación con 6.

Requisitos de aprobación del curso: asistencia mínima de 90% a las clases.

Cronograma de Dictado (acorde a la carga horaria del curso)

Noviembre

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Semana 1	1		3		5
Semana 2	8	9			
Módulos I,II;III y IV					

Destinatarios del Curso: Alumnos de posgrado, profesionales, docentes.

Cupo: El cupo máximo, 15 personas. Cupo mínimo, 10 personas. (en caso de no alcanzar un cupo mínimo de 10 participantes se cancelará)



R- CDNAT- 2021 N° 285

Carga Horaria Total

Carga horaria total: 40 hs. teórico-prácticas

Bibliografía:

- Allègre, C.L., 2007. Isotope Geology. Cambridge, University Press.
- Dickin, A.P., 2005. Radiogenic isotope geology. Second Edition, Cambridge, University Press.
- Faure, G., Mensing, T.M., 2005. Isotopes: principles and applications. Third Edition, Wiley.
- Geraldies, M.G., 2010. Introdução à Geocronologia. Sociedade Brasileira de Geologia.
- Jäger, E., Hunziker, C., 1979. Lectures in Isotope Geology. Springer-Verlag 1979.
- Schoene, B., 2014, U-Th-Pb geochronology, in Rudnick, R.L., ed., Treatise on Geochemistry (second edition), Volume 4: The Crust: Oxford, UK, Elsevier, p. 341–378, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00310-7>.
- Tolstikhin, I., Kramers, J., 2008. The evolution of matter: From the Big Bang to the Present Day. Cambridge, University Press.

Bibliografía sobre análisis de proveniencia:

- Andersen, T., Kristoffersen, M., Elburg, M.A., 2018. Visualizing, interpreting and comparing detrital zircon age and Hf isotope data in basin analysis—a graphical approach. Basin Res. 30 (1), 132–147.
- Andersen, T., Elburg, M.A., Magwaza, B.N., 2019. Sources of bias in detrital zircon geochronology: discordance, concealed lead loss and common lead correction. EarthSci. Rev. 102899.
- Corfu, F., Hanchar, J.M., Hoskin, P.W., Kinny, P., 2003. Atlas of zircon textures. Rev.Mineral. Geochem. 53 (1), 469–500.
- Dickinson, W.R., Gehrels, G.E., 2009. Use of U–Pb ages of detrital zircons to infer maximum depositional ages of strata: a test against a Colorado Plateau Mesozoic database. Earth Planet. Sci. Lett. 288 (1–2), 115–125.
- Gehrels, G., 2014. Detrital zircon U–Pb geochronology applied to tectonics. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 42, 127–149.
- Vermeesch, P., 2018. IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology. Geosci. Front. 9 (5), 1479–1493.
- Zimmermann, S., Mark, C., Chew, D., Voice, P.J., 2018. Maximizing data and precision from detrital zircon U–Pb analysis by LA–ICPMS: the use of core–rim ages and the single-analysis Concordia age. Sediment. Geol. 375, 5–13.

Bibliografía sobre metodología U-Pb en circón de terrenos metamórficos:

- Harley, S., Kelly, N., Moller, A., 2007. Zircon Behaviour and the Thermal Histories of Mountain Chains. Elements, vol. 3.
- Kröner, A., Wan, Y., Liu, X., Liu, D., 2014. Dating of zircon from high-grade rocks: Which is the most reliable method? Geoscience Frontiers 5.
- Kunz, B., Regis, D., Engi, M., 2018. Zircon ages in granulite facies rocks: decoupling from geochemistry above 850 °C? Contributions to Mineralogy and Petrology, 173:26.
- Rubatto, D., 2017. Zircon: The Metamorphic Mineral. Reviews in Mineralogy & Geochemistry Vol. 83 pp. 261–295, Copyright © Mineralogical Society of America.



Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Escuela de Posgrado
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL./FAX: 54 -0387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.660/2021

R- CDNAT- 2021 N° 285

Bibliografía sobre metodología U-Pb en circón ígneo:

Miller, J.S., Matzel, J.E.P., Miller, C.F., Burgess, S.D., Miller, R.B., 2007. Zircon growth and recycling during the assembly of large, composite arc plutons. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 167, 282–299.

Siégel, C., Bryana, S.E., Allena, C.M., Gust, D.A., 2018. Use and abuse of zircon-based thermometers: A critical review and a recommended approach to identify antecrystic zircons. *Earth-Science Reviews*, 176, 87–116.

Bibliografía sobre metodología Lu-Hf en circón:

Bea, F., Montero, P., Molina, J.F., Scarrow, J.H., Cambeses, A., Moreno, J.A., 2018. Lu-Hf ratios of crustal rocks and their bearing on zircon Hf isotope model ages: The effects of accessories. *Chemical Geology* 484, 179–190.

Spencer, C.J., Kirkland, C.L., Prave, A.R., Strachan, R.A. Pease, V., 2019a. Crustal reworking and orogenic styles inferred from zircon Hf isotopes: Proterozoic examples from the North Atlantic region. *Geoscience Frontiers* 10, 417-424.

Spencer, C.J., Kirkland, C.L., Roberts, N.M.W., Evans, N.J., Liebmann, J., 2019b. Strategies towards robust interpretations of in situ zircon Lu-Hf isotope analyses. *Geoscience Frontiers*, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.09.004>

Vervoort, J.D., 2014. Lu-Hf Dating: The Lu-Hf Isotope System. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods* DOI 10.1007/978-94-007-6326-5_46-1.

Vervoort, J.D., Kemp., A.I.S., 2016. Clarifying the zircon Hf isotope record of crust–mantle evolution. *Chemical Geology* 425, 65–75.