



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513

SALTA, 1 de abril de 2022

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

VISTO:

Las presentes actuaciones relacionadas con el dictado del Curso de Posgrado, titulado "**GÉNESIS DE YACIMIENTOS DE LITIO: PEGMATITAS Y SALMUERAS CONTINENTALES**", 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. Vanina L. LÓPEZ de AZAREVICH (UNSa - CONICET), como Directora responsable;

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

Que tiene por objetivos:

- o Conocer el contexto del mercado del Litio, sus usos, recursos y reservas, y expectativas del mercado a futuro.
- o Reconocer los procesos geológicos endógenos responsables de la génesis de pegmatitas enriquecidas en Li, edades de formación en la Argentina y el mundo.
- o Reconocer las dimensiones y morfología de las pegmatitas, su mineralogía de mena y ganga, zonaciones, leyes, productos y subproductos.
- o Efectuar un análisis geotectónico vinculado a la génesis de pegmatitas litíferas, reconociendo asociaciones petrogenéticas y provincias metalogénicas.
- o Conocer los proyectos mineros de pegmatitas litíferas en Argentina y el mundo.
- o Reconocer los procesos geológicos exógenos responsables de la acumulación de salmueras enriquecidas en Li, edades de formación en la Argentina y el mundo.
- o Reconocer la magnitud de espesor y extensión de los acuíferos que alojan salmueras, las firmas geoquímicas de salmueras, leyes, productos y subproductos.
- o Efectuar un análisis geotectónico vinculado a la génesis y la evolución de cuencas endorreicas y salares, diferenciando facies y provincias metalogénicas;

Que la fecha de dictado se fija entre los días 27 de junio al 1 de julio de 2022;

Que la metodología del curso consistirá en el dictado de clases teórico- prácticas, presenciales.

Los participantes deberán cumplir con un mínimo de asistencia del 85 % de las clases teóricas-prácticas, examen escrito al finalizar el curso (aprobación con 7 puntos sobre 10 puntos), y desarrollo de una monografía sobre un tema de interés directo para el alumno con referencia a alguno de los puntos del curso;

Que este curso está dirigido a estudiantes de posgrado e investigadores y docentes de las carreras de Geología, Ingeniería en Minas, Ingeniería en Perforaciones y afines (Alumnos avanzados: requerimiento: Geología Histórica (aprobada), Geología de los Recursos Mineros (aprobada). El cupo es 20 participantes como máximo;

Que se fijan los siguientes aranceles:

- Graduados y Alumnos de Posgrado: \$3.750 (pesos tres mil setecientos cincuenta)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- Profesionales docentes de Universidades Nacionales: \$4.500 (pesos cuatro mil quinientos)
- Profesionales pertenecientes a Organismos Nacionales: \$6.000 (pesos seis mil)
- Profesionales de otras empresas o entidades: \$ 8.500 (pesos ocho mil quinientos);

Que a fs. 33 vta. y 38 de estas actuaciones obran Dictámenes de la Comisión Académica del Doctorado en Ciencias Geológicas que recomiendan autorizar el dictado de este Curso de posgrado, programa, aranceles, fecha y modalidad;

Que a fs. 39 obra Dictamen de la Comisión de Docencia y Disciplina, en igual sentido;

Que a fs. 40 obra Despacho N° 0137/22 de Consejo y Comisiones que transcribe lo aconsejado por la Comisión de Docencia y Disciplina (fs. 39), y que, solicita emisión de la presente "Ad- Referéndum del Consejo Directivo", debido a la urgencia que reviste el presente trámite;

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

EL DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
(Ad Referéndum del Consejo Directivo)
R E S U E L V E:

ARTÍCULO 1°.- AUTORIZAR el dictado del Curso de Posgrado N° 03 -22 titulado: "GÉNESIS DE YACIMIENTOS DE LITIO: PEGMATITAS Y SALMUERAS CONTINENTALES", a cargo de la Dra. Vanina L. LÓPEZ de AZAREVICH (UNSa - CONICET), como Directora responsable, en el marco de los cursos programados para el Doctorado en Ciencias Geológicas.

ARTÍCULO 2°.- APROBAR los objetivos, modalidad, programa, bibliografía y demás aspectos particulares de este Curso de Posgrado, que obran en fs. 1 a 14 y que como Anexo I forman parte de la presente.

ARTÍCULO 3°.- INDICAR que este curso tiene una carga horaria de 40 (cuarenta) horas teóricas -prácticas. La fecha de dictado se fija entre los días 27 de junio al 1 de julio de 2022.

Se requerirá el 85 % de asistencia como mínimo de clases teóricas-prácticas;

Está dirigido a estudiantes de posgrado e investigadores y docentes de las carreras de Geología, Ingeniería en Minas, Ingeniería en Perforaciones y afines. -

ARTÍCULO 4°.- FIJAR los siguientes aranceles:

\$3.750 (pesos tres mil setecientos cincuenta): Graduados y Alumnos de Posgrado

\$4.500 (pesos cuatro mil quinientos): Profesionales docentes de Universidades Nacionales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

\$6.000 (pesos seis mil): Profesionales pertenecientes a Organismos Nacionales
\$ 8.500 (pesos ocho mil quinientos): Profesionales de otras empresas o entidades

Cupo:

Máximo: 20 participantes.

Mínimo: 8 participantes.

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

ARTÍCULO 5°.- DESIGNAR como Coordinadora Académica de este Curso a la Dra. Vanina L. LÓPEZ de AZAREVICH, por las razones mencionadas en el exordio. -

ARTÍCULO 6°.- 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.

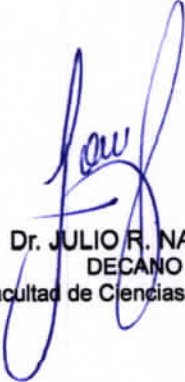
2.- 20% para la Escuela de Posgrado para atender contratos del personal de apoyo universitario.

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

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 ELÉVESE al Consejo Directivo solicitando la convalidación de la presente.

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. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

ANEXO I

CURSO DE POSGRADO: "GÉNESIS DE YACIMIENTOS DE LITIO: PEGMATITAS Y SALMUERAS CONTINENTALES"

Objetivos del Curso

Los objetivos del curso de posgrado 'GÉNESIS DE YACIMIENTOS DE LITIO: PEGMATITAS Y SALMUERAS CONTINENTALES', para cada parte de este son:

I. INTRODUCCIÓN

o Conocer el contexto del mercado del Litio, sus usos, recursos y reservas, y expectativas del mercado a futuro.

II. PEGMATITAS

- o Reconocer los procesos geológicos endógenos responsables de la génesis de pegmatitas enriquecidas en Li, edades de formación en la Argentina y el mundo.
- o Reconocer las dimensiones y morfología de las pegmatitas, su mineralogía de mena y ganga, zonaciones, leyes, productos y subproductos.
- o Efectuar un análisis geotectónico vinculado a la génesis de pegmatitas litíferas, reconociendo asociaciones petrogenéticas y provincias metalogénicas.
- o Conocer los proyectos mineros de pegmatitas litíferas en Argentina y el mundo.

III. SALMUERAS CONTINENTALES

- o Reconocer los procesos geológicos exógenos responsables de la acumulación de salmueras enriquecidas en Li, edades de formación en la Argentina y el mundo.
- o Reconocer la magnitud de espesor y extensión de los acuíferos que alojan salmueras, las firmas geoquímicas de salmueras, leyes, productos y subproductos.
- o Efectuar un análisis geotectónico vinculado a la génesis y la evolución de cuencas endorreicas y salares, diferenciando facies y provincias metalogénicas.

Fundamentación

La progresiva incorporación y utilización del Litio (Li) en las diferentes industrias (industria de baterías, aluminio y sus aleaciones, vidrio y cerámica, grasas y lubricantes, aire acondicionado, medicina y farmacéutica, polímeros, energía nuclear), ha generado un incremento en la demanda mundial de sus compuestos Li_2CO_3 , LiCl e LiOH , que son informados en general como carbonato de litio equivalente (LCE). Su utilización en baterías de ion Li está vinculada a la generación de "energías limpias" (eólica, solar), que necesita de estas baterías para su acumulación. Si consideramos los recursos de Li según la tipología de yacimiento, el 58% corresponde a Li en salmueras continentales y el 26% a Li en pegmatitas, mientras que los recursos porcentuales de Li por país indican



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

localización del 26% en Bolivia y de un 24% en Argentina (MINEM 2017, 2020). La situación de demanda de LCE produjo que, en los últimos 15 años, en nuestro país se hayan incrementado los proyectos mineros cuyo objetivo es la exploración de yacimientos de Li, tanto en rocas (pegmatitas de San Luis, Córdoba, La Rioja, Catamarca, Salta) como en salmueras continentales (alojadas en salinas y salares del noroeste argentino-NOA). En el NOA, se encuentran en exploración las pegmatitas del Distrito El Quemado en la provincia de Salta y los salares de la Puna en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. Éstos últimos incluyen proyectos en etapas de exploración, pre- y factibilidad, construcción y producción (Hombre Muerto y Olaroz).

La génesis de los yacimientos de Li responde a: i) Procesos del ciclo endógeno, relacionados a la diferenciación magmática; ii) Procesos del ciclo exógeno, relacionados a la concentración de iones en solución durante el relleno de cuencas endorreicas. A su vez, la erosión y lixiviación de las pegmatitas litíferas puede aportar a la concentración de Li en las cuencas aguas abajo. La comprensión de la dinámica geológica y el resultado de los procesos actuantes (tanto endógenos como exógenos) contribuyen al conocimiento de cada yacimiento y de las condiciones de formación y concentración en ambiente endógeno y exógeno de Li.

Por lo tanto, este curso de posgrado es de importancia para el desarrollo científico a futuro, para la formación de científicos pertenecientes a diferentes grupos de trabajo, y sus contenidos pueden extrapolarse como guía de exploración en los proyectos en curso y nuevos proyectos mineros.

La vinculación con diferentes grupos y la experiencia de la disertante aseguran un adecuado conocimiento de la temática y un fluido intercambio interdisciplinario que contribuirá al fortalecimiento de los estudios de posgrado en esta Universidad. A su vez, la aplicación de conocimientos en el campo de la exploración minera podrá contribuir a mejorar las estrategias y guías de exploración vigentes.

Contenidos

I. INTRODUCCIÓN

- I.1. Litio: características, isótopos, minerales, compuestos
- I.2. Usos, recursos y reservas, producción y comercialización, oferta y demanda a futuro.
- I.3. Historia de exploración de Li en Argentina.
- I.4. Ejercicios prácticos:
 - I.4.1. Confección de diagramas de Pareto, acumulativos y de torta.
 - I.4.2. Análisis estadístico de datos oficiales, comparación de diversas fuentes.
 - I.4.3. Proyección de consumo futuro considerando diversas situaciones potenciales.

II. PEGMATITAS

- II.1. Procesos geológicos endógenos: magmatismo y metamorfismo, relación con la génesis de pegmatitas. Ejercicios prácticos:
 - II.1.1. Análisis de campos P-T para definir procesos metamórficos y magmáticos, consideración de diversos protolitos y magmas parentales, y las características de los



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

procesos y sus productos.

II.1.2. Análisis satelital de zonas cratónicas y de macizos ígneo-metamórficos, identificando relaciones entre pegmatitas y metamorfitas.

II.2. Pegmatitas: Definición, texturas y estructuras, mineralogía, zonaciones, clasificación, dimensiones y morfología, relaciones de emplazamiento. Ejercicios prácticos:

II.2.1. Análisis de zonas cratónicas y de macizos ígneo-metamórficos, identificando dimensiones y morfología de las pegmatitas.

II.2.2. Análisis de composición mineral de diversas pegmatitas, zonación interna, y su clasificación en Tipos y Subtipos.

II.2.3. Análisis de paragénesis y sucesión paragenética.

II.3. Ambiente geotectónico: Ambientes tectónicos de formación de pegmatitas litíferas, magmas parentales, diferenciación, enriquecimiento, geoquímica. Ejercicios prácticos:

II.3.1. Análisis de procesos de fusión, contaminación, asimilación, mezcla, residencia y enriquecimiento en zonas de arco magmático y colisionales, y potenciales productos pegmatíticos enriquecidos en Li.

II.3.2. Análisis de ambientes tectónicos de generación de magmas I, S y A y su afinidad geoquímica, y relación con la formación de pegmatitas litíferas.

II.4. Metalogénesis: Petrogénesis y asociaciones petrogenéticas, condiciones de P-T y fO_2 , geoquímica, definición de provincialismo, edades de formación en la Argentina y el mundo. Ejercicios prácticos:

II.4.1. Proyección de las especies minerales a formarse en función de diferente composición del magma fraccionado, la fO_2 , fS_2 , P-T del sistema, estados críticos e hiper-críticos.

II.4.2. Análisis de zonaciones pegmatíticas dentro de la Provincia Pegmatítica Pampeana.

II.5. Yacimientos de pegmatitas litíferas: Minerales de mena y ganga, leyes, espesores mineralizados, productos y subproductos. Proyectos mineros de pegmatitas litíferas en Argentina y el mundo. Ejercicios prácticos:

II.5.1. Análisis de leyes de Li a partir de la mineralogía de mena.

II.5.2. Cálculo de recursos brutos y finos considerando distribución y zonación de una pegmatita y la composición mineral de cada zona.

II.5.3. Consideraciones sobre el avance de la exploración a partir de un yacimiento dado.

III. SALMUERAS CONTINENTALES

III.1. Procesos geológicos exógenos: meteorización, erosión, lixiviación, transporte y acumulación, evaporación, balance hídrico; relación con la concentración de Li en salmueras continentales. Ejercicios prácticos:

III.1.1. Análisis de datos climáticos y confección de gráficas relacionadas.

III.1.2. Análisis comparativos de EVT, balance hídrico y leyes de Li en salmueras.

III.2. Salares y salmueras: Definición, facies y evapofacies, geoquímica, parámetros físicos (T, TSD, pH, salinidad, conductividad) clasificación hidroquímica, alojamiento de



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

salmueras en niveles porosos, edades. Ejercicios prácticos:

III.2.1. Confección de un diagrama de correlación de facies y leyes de Li correspondientes.

III.2.2. Cálculo de leyes medias y relaciones Li/Mg, Li/K, Li/B, Li/Cond, etc.

III.2.3. Análisis de hidroquímica de una salmuera, clasificación, evolución.

III.3. Ambiente geotectónico: Ambientes tectónicos de formación de salares, evolución de las cuencas, zonación regional. Ejercicios prácticos.

III.3.1. Análisis de distribución actual de cuencas salinas en el NOA y su relación a cuencas continentales cretácicas y terciarias previas.

III.3.2. Análisis de evolución tectónica de la Puna y los cambios en las condiciones climáticas en relación a la formación de salares.

III.4. Metalogénesis: Fuentes de Li, asociaciones geoquímicas, condiciones climáticas y de régimen hídrico, concentración en salmueras, permanencia en solución, edades de formación en la Argentina y el mundo. Ejercicios prácticos:

III.4.1. Proyección de las especies minerales a formarse en función de diferente composición de las rocas circundantes.

III.4.2. Análisis de los iones que acompañan al Li en diversas salmueras de salares de la Puna, en relación a las zonas de aporte (rocas expuestas, fuentes termales, disolución de evaporitas, etc).

III.4.3. Análisis de la evolución y balance hidrodinámico en una cuenca salina debido a: i) aporte de agua dulce, ii) evaporación, iii) bombeo.

III.5. Yacimientos de salmueras enriquecidas en Li: Leyes, espesores, porosidad total y efectiva, productos y subproductos. Proyectos mineros de salmueras litíferas en Argentina y el mundo. Ejercicios prácticos:

III.5.1. Análisis de variación de leyes según la profundidad de muestreo en salares de la Puna, e identificación de niveles con mayor potencial productivo.

III.5.2. Análisis de variación de leyes en salares de la Puna Norte y Sur.

III.5.3. Cálculo de volúmenes de salmueras, regímenes de explotación y años de vida útil de un proyecto minero.

Metodología de enseñanza

El curso se desarrollará de manera presencial.

Dictado: Teórico / Práctico

Asistencia mínima: 85%

Instancias de evaluación

Examen escrito al finalizar el curso (aprobación con 7 puntos sobre 10 puntos), y desarrollo de una monografía sobre un tema de interés directo para el alumno con referencia a alguno de los puntos del curso.

Requisitos de aprobación del curso

Se otorgará certificado de asistencia a los alumnos que alcancen el 85% de asistencia a



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

clases. Se otorgará certificado de Aprobación a los graduados, previa evaluación.

Destinatarios del Curso

Estudiantes de posgrado e investigadores y docentes de las carreras de Geología, Ingeniería en Minas, Ingeniería en Perforaciones y afines. Podrán participar:

- o Alumnos avanzados: requerimiento: Geología Histórica (aprobada), Geología de los Recursos Mineros (aprobada).
- o Graduados y Alumnos de posgrado
- o Profesionales docentes de Universidades Nacionales
- o Profesionales pertenecientes a Organismos Nacionales
- o Profesionales de otras empresas o entidades

Cupo: El cupo máximo, 20 personas. Cupo mínimo, 8 personas.

Carga Horaria Total

Carga horaria total: 40 hs. teórico-prácticas

Modalidad de dictado

Presencial

Bibliografía:

Para Introducción:

COCHILCO, 2017. Guía Minera, www.guiaminera.cl/mercado-internacional-del-litio-y-su-potencial-en-chile/.

COCHILCO, 2020. Oferta y demanda de litio hacia el 2030. Dirección de Estudios y Políticas Públicas. Agosto 2020, Chile. 46 pp.

de Oliviera G.A.C., Bustillos J.O.V., Ferreira J.C., Bergamaschi V., de Moraes R.M., Gimenez M.P., Miyamoto F.K., Senada J.A., 2017. Applications of lithium in nuclear energy. International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2017. Associação Brasileira De Energia Nuclear – ABEN. Belo Horizonte, MG, Brazil.

Dessemond C., Lajoie-Leroux F., Soucy G., Laroche N., Mgnan J-F., 2019. Spodumene: The Lithium Market. Resources and Processes. Minerals 9(6): 334. <https://doi.org/10.3390/min9060334>.

Dirección General de Desarrollo Minero, 2018. Perfil del Litio – 2018, Estados Unidos Mexicanos, Secretaría de Minería. México, 43 pp.

Garrett D.E., 2004. Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride: Their Deposits, Processing, Uses and Properties. 1st edition. Elsevier Academic Press. 488 p.

Hains D.H., 2012. CIM Best Practice Guidelines for Resource and Reserve Estimation for Lithium Brines. CIM Estimation Best Practice Committee, 10 pp.

Houston J., Butcher A., Ehren P., Evans K., Godfrey L., 2011. The Evaluation of Brine Prospects and the Requirement for Modifications to Filing Standards. Economic Geology, 106: 1225-1239.

IEA, International Energy Agency, 2021. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. World Energy Outlook Special Report, Mayo 2021. 287 p.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- Jephcott B., 2016. Lithium Industry Analysis 2016. How long will the Lithium Prices continue to rise for? En: Golden Dragon Capital, pp. 1-19.
- LeBlanc D., 2010. Molten salt reactors: A new beginning for an old idea. Nuclear Engineering and Design, 240(6): 1644-1656.
- Lithium Americas 2019. NI 43101 Technical Report. Updated Feasibility Study and Mineral Reserve Estimation to Support 40,000 tpa Lithium Carbonate Production at the Cauchari-Olaroz Salars, Jujuy Province, Argentina. 387 pp.
- López de Azarevich, V., Schalamuk, I., Azarevich, M., 2020. Proyecto: Instalación de una planta de carbonato de sodio en el noroeste argentino, para la producción de carbonato de litio. En: El litio en la Argentina: visiones y aportes multidisciplinarios desde la UNLP, Díaz, F. (Coord.): 221-231. ISBN: 978-987-8348-83-4.
- Ministerio de Energía y Minería de la República Argentina – MINEM, 2017. Mercado del Litio. Situación actual y perspectivas. Buenos Aires, Mayo 2017. Argentina. 27 p.
- Ministerio de Energía y Minería de la República Argentina – MINEM, 2019. Argentina: Advanced Lithium Projects in Salars. Marzo 2020, Argentina. 52 p.
- Ministerio de Energía y Minería, Presidencia de la Nación Argentina, – MINEM, 2019. Argentina, Proyectos avanzados de Litio en salares, Junio 2019, 81 pp.
- Ministerio de Energía y Minería de la República Argentina – MINEM, 2020. South America's Lithium Triangle and the Future of the Green Economy – Argentina. Enero 2020, Argentina. 21 p.
- Nicolli H.B., Suriano J.M., Kimsa J.F., Brodtkorb A., 1980. Características geoquímicas generales de aguas y salmueras de la Puna argentina. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Miscelánea N° 63, 38 p.
- Nicolli H.B., Suriano J.M., Méndez V., Gómez Peral M.A., 1982. Salmueras ricas en metales alcalinos del Salar del Hombre Muerto, provincia de Catamarca, República Argentina. V Congreso Latinoamericano de Geología, Actas III: 187-204. Argentina.
- Schalamuk I., Fernández R., Etcheverry R., 1983. Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región NOA. Ministerio de Economía, Subsecretaría de Minería, Anales XX, 196 pp.
- USGS, 2021. National Minerals Information Center, Lithium Statistics and Information. 2p.
- Zappettini E.O. (Ed.), 1999. Recursos Minerales de la República Argentina. Tomo I y II. SEGEMAR, Anales N° 35. Buenos Aires, 2173 pp.
- Informes de exploración de DGFM en: <https://repositorio.segemar.gov.ar/>

Para Pegmatitas:

- Angelelli V., Brodtkorb M.K., Gordillo C., Gay H.D., 1983. Las Especies Minerales de la República Argentina. Servicio Minero Nacional. Buenos Aires. 528 pp.
- Badanina E.V., Sitnikova M.A., Gordienko V.V., Melcher F., Gabler H-E., Lodziak J., Syritzo L.F., 2015. Mineral chemistry of columbite-tantalite from spodumene pegmatites of Kolmozero, Kola Peninsula (Russia). Ore Geol Rev 64:720-735.
- Beurlen H., Da Silva M.R.R., Thomas R., Soares D.R., Olivier P., 2008. Nb-Ta-(Ti-Sn) oxide mineral chemistry as tracer of rare-element granitic pegmatite fractionation in the Borborema Province, Northeastern Brazil. Mineral Deposita 43:207-228.
- Blasco G., Zappettini F.O., Hongn F., 1996. Hoja Geológica San Antonio de los Cobres, 2568-I, Provincias de Jujuy y Salta, República Argentina. Bol. 217, 126 pp., Subsecret. de Minería de la Nación, Dir. Nac. Serv. Geol., Buenos Aires.
- Breaks F.W., Selway J.B., Tindle A.G., 2005. Fertile peraluminous granites and related rare-element pegmatite mineralization, Superior Province of Ontario. In: R.L. Linnen & I.M. Samson (Eds.), Rare-Element Geochemistry and Mineral Deposits. Geol Assoc Canada Short Course Notes 17:87-125.
- Brown C.D., Wise M.A., 2001. Internal zonation and chemical evolution of the Black Mountain granitic pegmatite, Maine. Can Mineral 39:45-55.
- Černý P., 1989. Characteristics of pegmatite deposits of tantalum. In: Möller, P., Černý, P., Saupe, F. (Eds.), Lanthanides Tantalum and Niobium. Springer Verlag, Heidelberg, pp. 195-235.
- Černý P., 1991a. Rare-element granitic pegmatites. I. Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. Geosci



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- Canada 18(2):49–67.
- Černý P., 1991b. Rare-element granitic pegmatites. II. Regional to global environments and petrogenesis. *Geosci Canada* 18(2):68-81.
- Černý P., 1992. Geochemical and petrogenetic features of mineralization in rare-element granitic pegmatites in the light of current research. *Appl Geochem* 7:393–416.
- Černý P., 1998. Magmatic vs. metamorphic derivation of rare-element granitic pegmatites. *Kristallinikum* 24:7-36.
- Černý P., Hawthorne F.C., 1982. Selected peraluminous minerals. *Mineral Assoc Canada Short Course Handbook* 8:163–186.
- Černý P., Ercit T.P., 2005. Classification of granitic pegmatites revisited. *Can Mineral* 43:2005-2026.
- Černý P., Blevin P.L., Cuney M, London D., 2005. Granite-Related Ore Deposits. *Econ Geol* 100th Anniversary volume:337-370.
- Chappell B.W., White A.J.R., 1992. I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 83, 1 -26.
- Chudlík P., Uher P., Gadas P., Skoda R., Prsek J., 2011. Niobium-tantalum oxide minerals in the Jezuitské Lesy granitic pegmatite, Bratislava Massif, Slovakia: Ta to Nb and Fe to Mn evolutionary trends in a narrow Be, Cs-rich and Li, B-poor dike. *Mineral Petrol* 102:15-27.
- Coira B., Toselli A., Koukharsky M., Rossi de Toselli J., Kay S.M., 1999. Magmatismo famatiniano. En: González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, J. (Eds.) *Geología del noroeste Argentino, 14° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 1*, 189-211, Salta.
- Dahlquist J., Alasino P., Eby N., Galindo C., Casquet C., 2010. Fault controlled Carboniferous A-type magmatism in the proto-Andean foreland: Geochemical constraints and petrogenesis. *Lithos*, 115, 65-81.
- Dahlquist J., Pankhurst R., Gasching R., Rapela C., Casquet C., Alasino P., Galindo C., Baldo, E., 2013. Hf and Nd isotopes in Early Ordovician to Early Carboniferous granites as monitors of crustal growth in the Proto-Andean margin of Gondwana. *Gondwana Research*, 23, 1617–1630.
- Dill H.G., 2015. *The Hagendorf-Playstein Province: the center of pegmatites in an ensialic orogeny*. Springer International Publishing Switzerland, pp. 474.
- Eagle R.M., Birch W.D., McKnight S., 2015. Phosphate minerals in granitic pegmatites from the Mount Wills district, north-eastern Victoria. *Royal Society of Victoria* 127:55-68.
- Ercit T.S., 2005. REE-enriched pegmatites. In: R.L. Linnen & I.M. Samson (Eds.), *Rare-Element Geochemistry and Mineral Deposits*, *Geol Assoc Canada Short Course Notes* 17:175-199.
- Evans A.M., 1993. *Ore geology and industrial minerals*. 3° Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 390 pp.
- Feng Y., Liang T., Yang X., Zhang Z., Wang Y., 2019. Chemical Evolution of Nb-Ta Oxides and Cassiterite in Phosphorus-Rich Albite-Spodumene Pegmatites in the Kangxiwa–Dahongliutan Pegmatite Field, Western Kunlun Orogen, China. *Minerals* 9: 166. doi:10.3390/min9030166.
- Galliski M.A., 1981. *Estructura, Mineralogía y Génesis de las Pegmatitas de El Quemado, Salta, República Argentina*. PhD thesis. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, 143pp.
- Galliski M.A., 1983a. Distrito minero El Quemado, departamento La Poma y Cachi, provincia de Salta; I, el basamento del tramo septentrional de la sierra de Cachi. *Rev Asoc Geol Argentina* 38: 209-224.
- Galliski M.A., 1983b. Distrito minero El Quemado, departamentos La Poma y Cachi, Provincia de Salta. II: *Geología de sus pegmatitas*. *Rev Asoc Geol Argentina* 38:340-380.
- Galliski M.A., 1999. Distrito pegmatítico Ancasti, Catamarca. En: Zappetini (Ed.), *Recursos minerales de la República Argentina*. Instituto de Geología y Recursos 637 Minerales, SEGEMAR 35: 393-396.
- Galliski M.A., 1999. Distrito pegmatítico Conlara, San Luis. En: Zappetini (Ed.), *Recursos Minerales de la República Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR 35: 365–368.
- Galliski M.A., 2007. Geoquímica de las Formaciones Puncoviscana y Cachi, Sierra de Cachi, Salta. *Discusión*. *Rev Asoc Geol Argentina* 62:475-477.
- Galliski M.A., 2009. The Pampean Pegmatite Province, Argentina: a review. *Estudios Geológicos* 19:30-34.
- Galliski M.A., Upton I.L., 1992. Composición y propiedades de minerales de niobio y tantalio de las pegmatitas graníticas de El Quemado, Provincia de Salta. *Rev Asoc Geol Argentina* 47:323-331.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- Galliski M.A., Černý P., 2006. Geochemistry and structural state of columbite-group minerals from granitic pegmatites of the Pampean ranges. *Can Mineral* 44:645–666.
- Galliski M.A., Marquez-Zavalla M.F., Pagano D.S., 2019. Metallogensis of the Totoral LCT rare-element pegmatite district, San Luis, Argentina: A review. *J South Am Earth Sci* 90:423–439.
- Galliski MA, Saavedra J, Marquez-Zavalla MF (1999) Mineralogía y geoquímica de las micas en las pegmatitas Santa Elena y el Peñón, Provincia Pegmatítica Pampeana, Argentina. *Rev Geol Chile* 26:125–137.
- Galliski M.A., Toselli A., Saavedra J., 1990. Petrology and geochemistry of the Cachi high-alumina trondhjemites, northwestern Argentina. En: Kay, S. and C. Rapela (Eds.), *Plutonism from Cachi 81 Antarctica to Alaska*. *Geol Soc Am Special Paper* 241:91–100.
- Gonçalves A.O., Melgarejo J.C., Alfonso P., Paniagua A., 2008. Composición de la Turmalina de las Pegmatitas Graníticas de Giraúl, Angola. *Rev Soc Espan Mineral* 9:125–126.
- Grosse P., Bellos L., de Los Hoyos C., Larrovere M., Rossi J., Toselli A., 2011. Across-arc variation of the Famatinian magmatic arc (NW Argentina) exemplified by I-, S- and transitional I/S-type Early Ordovician granitoids of the Sierra de Velasco. *Journal of South American Earth Sciences*, 32, 110–126.
- Henry D.J., Novák M., Hawthorne F.C., Ertl A., Dutrow B.L., Uher P., Pezzotta F., 2011. Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. *Am Mineral* 96:895–913.
- Herrera A., 1964. Las pegmatitas de la provincia de Catamarca. Estructura interna, mineralogía y génesis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 19, 35–56.
- Herrera A., 1965. Evolución geoquímica de las pegmatitas zonales de los principales distritos argentinos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 20 (2), 199–228.
- Hongn F.N., Seggiaro R.E., 2001. Hoja Geológica Cachi, 2566–III, Provincias de Salta y Cata-marca, República Argentina, *Inst. Geol. y Rec. Mineral., Serv. Geol. Minero Argent., Buenos Aires* 248, 87 pp.
- Hongn F.N., Tubia J.M., Esteban J.J., Aranguren A., Vegas N., Sergeev S., Larionov A., Basei M., 2014. The Sierra de Cachi (Salta, NW Argentina): geological evidence about a Famatinian retro-arc at mid crustal levels. *J Iber Geol* 40:225–240.
- Jahns R.H., Burnham C.W., 1969. Experimental studies of pegmatite genesis: I. A model for the derivation and crystallization of granitic pegmatites. *Econ Geol* 64:843–864.
- Kontak D.J., 2006. Nature and origin of a LCT suite pegmatite with late-stage sodium enrichment, Brazil Lake, Yarmouth County, Nova Scotia. I. Geological Setting and petrology. *Can Mineral* 44:563–598.
- Linnen R.L., Cuney M., 2005. Granite-related rare-element deposits and experimental constraints on Ta-Nb-W-Sn-Zr-Hf mineralization. In: Linnen R. and Samson I. M. (Eds.) *Rare- Element Geochemistry and Mineral Deposits*, *Geol Assoc Canada Short Course Notes* 17:45–68.
- London D., 2005. Granitic pegmatites: An assessment of current concepts and directions for the future. *Lithos* 80, 281–303.
- López de Azarevich, V.L., Azarevich, M.B., 2020. Nueva división de las épocas metalogénicas pre-mesozoicas en el noroeste argentino. En: de Barrio, R. (ed.), *XII CONARGE, Actas: 248–266*. Mar del Plata. Ciudad Autónoma de Buenos Aires; Asociación Argentina de Geólogos Economistas (AAGE), 2020. ISBN 978-987-47845-0-6.
- López de Azarevich, V., Fulignati, P., Gioncada, A., Azarevich, M., 2021. Rare element minerals' assemblage in El Quemado pegmatites (Argentina): insights for pegmatite melt evolution from gahnite, columbite-group minerals and tourmaline chemistry and implications for mineralogenesis. *Mineralogy and Petrology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s00710-021-00752-0>
- Méndez V., Colón H., Sureda R., 2009. Metalogénesis. IX Congreso de Geología Económica, Actas: 9–18. Catamarca.
- Miller H., Lork A., Toselli A.J., Acenolaza F.G., 2019. Geoquímica y geocronología de las rocas ígneas de la Formación Cachi, en el Valle Calchaqui, Argentina. *Serie Correl Geol* 35:41–75.
- Monier G., Robert J.L., 1986. Evolution of the miscibility gap between muscovite and biotite solid solutions with increasing lithium content: an experimental study in the system K₂O-Li₂O-MgO-FeO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O-HF at 600 ~ 2 kbar PH₂O: comparison with natural lithium micas. *Mineral Mag* 50:641–651.
- Raimbault L., 1998. Compositions of complex lepidolite-type pegmatites and of constituent columbite-tantalite, Chédeville, Massif central, France. *Can Mineral* 36:563–583.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO**

AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- Ramos V.A., 2017. Las provincias geológicas del noroeste argentino. En: Muruaga, C.M. & Grosse, P. (Eds.), *Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio XX Congr. Geol. Arg.*, San Miguel de Tucumán, 42-56.
- Sardi F.G., Aliaga Pueyrredón J.M., Toledo Ceccarelli J.D., 2013. Estudio geológico preliminar de las pegmatitas litíferas de los grupos Villismán y El Taco, sierra de Ancasti, Catamarca. *Acta Geológica Lilloana*, 25 (1-2), 69-73.
- Sardi F.G., de Barrio R., Colombo F., Marangone S., Ramis A., Curci M., 2017a. Pegmatitas graníticas de la región noroeste de Argentina. En: Muruaga C.M., Grosse P. (Eds.), *Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino*, 971-1002. San Miguel de Tucumán.
- Sardi F.G., Marangone S., Demartis M. Altenberger U., 2017b. Pegmatitas litíferas del Grupo Villismán, Distrito Ancasti, Catamarca. I.- Rasgos petrográficos y geoquímicos. *XX Congreso Geológico Argentino, Simposio 2: Geología endógena y exógena del litio en Argentina*, Actas, 32-37.
- Simmons W.B., Webber K.L., 2008. Pegmatite genesis: state of the art. *Eur J Mineral* 20:421-438.
- Sirbescu M-L., Nabelek P., 2003. Crystallization conditions and evolution of magmatic fluids in the Harney Peak Granites and associated pegmatites, Black Hills, South Dakota – evidence from fluid inclusions. *Geochim Cosmochim Acta* 67:2443-2465.
- Soares D.R., Beurlen H., Ferreira A.C.M., Da-Silva M.R.R., 2007. Chemical composition of gahnite and degree of pegmatitic fractionation in the Borborema Pegmatitic Province, northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 79:395-404.
- Tindle A.G., Breaks F.W., Selway J.B., 2002. Tourmaline in petalite-subtype granitic pegmatites: evidence of fractionation and contamination from the Pakegama lake and Separation lake areas of Northwestern Ontario, Canada. *Can Mineral* 40:753-788.
- Tischendorf G., Gottesmann B., Forster H-J., Trumbull R.B., 1997. On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analyses and an improved diagram for graphical representation. *Mineral Mag* 61:809-834.
- Tischendorf G., Rieder M., Forster H-J., Gottesmann B., Guidotti Ch.V., 2004. A new graphical presentation and subdivision of potassium micas. *Mineral Mag* 68:649-667.
- Toselli A., 1992. El magmatismo del noroeste argentino. *Reseña sistemática e interpretación*. Universidad Nacional de Tucumán. Serie Correl. Geol. 8, 243 p. Tucumán.
- Trumbull R.B., Chaussidon M., 1999. Chemical and boron isotopic composition of magmatic and hydrothermal tourmalines from the Sinceni granite-pegmatite system in Swaziland. *Chem Geol* 153:125-137.
- van Hinsberg V.J., Henry D.J., Marschall H.R., 2011. Tourmaline: an ideal indicator of its host environment. *Can Mineral* 49:1-16.
- Whitney D.L., Evans B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *Am Mineral* 95:185-187.
- Wise M.A., Francis C.A., Černý P., 2012. Compositional and structural variations in columbite-group minerals from granitic pegmatites of the Brunswick and Oxford fields, Maine: Differential trends in F-poor and F-rich environments. *Can Mineral* 50:1515-1530.
- Zhou Q., Li W., Wang G., Liu Z., Lai Y., Huang J., Yan G., Zhang Q., 2019. Chemical and boron isotopic composition of tourmaline from the Conadong leucogranite-pegmatite system in South Tibet. *Lithos* 326-327:529-539.

Para Salmueras Continentales:

- Ahlfeld F.E., 1972. *Geología de Bolivia*. Los Amigos del Libro, La Paz, Bolivia, 190 p.
- Allmendinger R.W., Jordan T.E. Kay S.M., Isacks B., 1997. The evolution of the Altiplano-Puna Plateau of the Central Andes. *Annual Reviews in Earth and Planetary Science*, 25:139-74.
- Alonso H., Risacher, F., 1996. *Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino*. *Revista Geológica de Chile*, 23 (2): 113-122.
- Alonso R.N., 1999. Los salares de la Puna y sus recursos evaporíticos, Jujuy, Salta y Catamarca. En: Zappettini E.O. (ed.), *Recursos Minerales de la República Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 35: 1907-1921. Buenos Aires.
- Alonso R.N., 2006. *Ambientes Evaporíticos Continentales de Argentina*. Serie de Correlación Geológica: 21:155-170. INSUGEO, Tucumán.
- Alonso R.N., 2017. Los salares de la Puna argentina y su recurso minero. En: Muruaga, C.M. y Grosse, P. (eds.),



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA., Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino: 1018-1038. San Miguel de Tucumán.
- Alonso R.N., González Barry C.E., 2008. Evaporitas, salares y boratos del neógeno y cuaternario de la puna de Jujuy. En: Coira, B. y Zappettini, E. (eds.), Geología y Recursos Naturales de la provincia de Jujuy, Relatorio del XVII Congreso Geológico Argentino: 368-375, Jujuy.
- Alonso R.N., Gutiérrez R., Viramonte J., 1984. Puna Austral bases para el subprovincialismo geológico de la Puna Argentina. IX Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 43-63, Bariloche.
- Alonso R.N., Jordan T., Tabbutt K., Vandervoort D., 1991. Giant Evaporite Belts of the Neogene Central Andes. *Geology*, 19: 401- 404.
- Alonso, R.N., Ruiz, T. del V., Quiroga, A.G., 2012. Sedimentación en los salares de la Puna Argentina. En: Aportes sedimentológicos a la geología del Noroeste Argentino, Marquillas, R., Sánchez, C. y Salfy, J. (eds.), Relatorio del XIII Reunión Argentina de Sedimentología: 17-24, Salta
- Arriagada C., Cobbold P.R., Roperch P., 2006. Salar de Atacama basin: A record of compressional tectonics in the central Andes since the mid-Cretaceous. *Tectonics* 25, TC1008, doi 10.1029/2004TC001770.
- Ausenco Services Pty Ltd, 2018. Technical report on the feasibility study for the Sonora Lithium Project, Mexico. Para Bacanora Mineral Ltd. 261 pp.
- Babeyko A., Sobolev S., Trumbull R., Onckein O., Lavier L., 2002. Numerical models of crustal scale convection and partial melting beneath the Altiplano-Puna plateau. *Earth and Planetary Science Letters*, 199: 373-388.
- Bevacqua P., 1992. Geomorfología del salar de Atacama y estratigrafía de su núcleo y delta, Segunda Región de Antofagasta, Chile. Memoria de Título (Inédito). Universidad Católica del Norte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, 284 p. Antofagasta.
- Bobst A.L., Lowenstein T.K., Jordan T.E., Godfrey L.V., Ku T.L., Luo S., 2001. A 106 ka paleoclimate record from drill core of the Salar de Atacama, northern Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 173(1-2): 21 -42.
- Bradley, D., Munk, L.A., Jochens, H., Hynek, S., Labay, K., 2013. A Preliminary Deposit Model for Lithium Brines. USGS, Open-File Report 2013-1006. 9 p.
- Catalano, L.R., 1964. Estudio geológico-económico del Salar de Hombre Muerto (Puna de Atacama) (Territorio Nacional de Los Andes). Ministerio de Economía de la Nación, Secretaría de Industria y Minería, Subsecretaría de Minería. 171 p, 39 láminas.
- Coutand, J., Cobbold, P., de Urreiztieta, M., Gautier P., Chauvin A., Gapais D., Rossello E., López-Gamundi O., 2001. Style and history of Andean deformation, Puna plateau, northwestern Argentina. *Tectonics*, 20(2): 210-234.
- Etchevarría L., Hernández R., Allmendinger R., Reynolds J., 2003. Sudandean fold and thrust belt in northwestern Argentina: Geometry and timing of the Andean evolution. *AAPG Bulletin*, 87(6): 965-985.
- Eugster H.P., 1980. Geochemistry of Evaporitic Lacustrine Deposits: Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 8: 35-63.
- Flint S., Turner P., Jolley E.J., Hartley A.J., 1993. Extensional tectonics in convergent margin basins: An example from the Salar de Atacama, Chilean Andes. *Geological Society of America Bulletin*, 105: 603-617.
- Fornari M., Risacher F., Féraud G., 2001. Dating of paleolakes in the central Altiplano of Bolivia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 172: 269-282.
- García R., Rocha Fasola V., Moya Ruiz F., Tálamo E., 2003. Exploración y explotación de salmueras enriquecidas en litio y potasio en salares de la Puna argentina. *Temas Actuales de la Hidrología Subterránea* 2013: 303-310.
- Garzzone C.N., Molnar P., Libarkin J., MacFadde, B., 2006. Rapid late Miocene rise of the Bolivian Altiplano: Evidence for removal of mantle lithosphere. *Earth and Planetary Science Letters*, 241: 543-556.
- Godfrey L.V., Chan L.H., Alonso R.N., Lowenstein T.K., McDonough W.F., Houston J., Li, J., Bobst, A., Jordan, T.E., 2013. The role of climate in the accumulation of lithium-rich brine in the Central Andes. *Applied Geochemistry*, 38, 92-102.
- Gregory-Wodzicki K.M., 2000. Uplift history of the Central and Northern Andes: A review. *Geological Society of America Bulletin*, 112: 1091-1105.
- Grosjean M., 1994. Paleohydrology of the Laguna Lejía (north Chilean Altiplano) and climatic implications for late-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
 FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
 ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- glacial times. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109(1): 89–100.
- Grosjean M., Nuñez L.A., 1994. Lateglacial, early and middle Holocene environments, human occupation, and resource use in the Atacama (Northern Chile). *Geoarchaeology* 9, 271-286.
- Grosjean M., Geyh M.A., Messerli B., Schotterer U., 1995. Late-glacial and early Holocene lake sediments, ground-water formation and climate in the Atacama Altiplano 22–24°S. *J. Paleolimnology*, 14(3): 241–252.
- Hains D.H., 2017. NI 43101 Technical Report on the Salar de Pozuelos Project, Salta province, Argentina. 141 pp.
- Hartley A.J., Chong G., Houston J., Mather A.E., 2005. 150 million years of climatic stability: evidence from the Atacama Desert, northern Chile. *Journal of the Geological Society, London*, 162: 421–424.
- Henríquez S., Becerra J., Arriagada C., 2014. Geología del Área San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 171: 111 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- Houston J., 2010. NI 43-101 Technical Report on the Cauchari Project, Jujuy-Salta Provinces, Argentina. Preparado para Orocobre Ltd.
- Igarzábal A.P., 1984. Origen y evolución morfológica de las cuencas evaporíticas cuartáricas de la Puna Argentina. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 595-607, San Carlos de Bariloche
- Igarzábal A.P., 1991. Evaporitas cuaternarias de la Puna argentina. En: Génesis de Formaciones Evaporíticas, Modelos Andinos e Ibéricos, Pueyo, J.J. (coord.), Publicación 2: 333- 374, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Igarzábal A.P., Alonso, R.N., 1990. Origen del Boro y Litio. IV Jornadas Argentinas de Ingeniería de Minas, Tomo I, p.35-55. Jujuy.
- Igarzábal A.P., Poppi R., 1980. El salar de Hombre Muerto. *Acta Geológica Lilloana*, 15(2):103-117.
- Jordan, T., 1984. Cuencas, volcanismo y acortamientos cenozoicos, Argentina, Bolivia y Chile, 20°-28° lat S. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 7-24.
- Jordan T.E., Alonso, R.N., 1987. Cenozoic stratigraphy and basin tectonics of the Andes Mountains, 20°-28° SL. *American Association of Petroleum Geologist, Bulletin* 71 (1): 49-64.
- Jordan T., Isacks B., Allmendinger R., Brewer J., Ramos V., Ando C., 1983. Andean tectonics related to geometry of the subducted Nazca Plate. *GSA Bulletin*, 94: 341-361.
- Kraemer B., Adelmann D., Alten M., Schnurr W., Erpenstein K., Kiefer E., van den Bogaard P., GoÉrler K., 1999. Incorporation of the Paleogene foreland into the Neogene Puna plateau: The Salar de Antofalla area, NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 12: 157-182.
- Lanouette P., 2017. Transient basin interconnectivity as a result of variable climate conditions on the Puna Plateau, NW Argentina. Master of Science, Universität Potsdam, Potsdam. Inédito. 100 p.
- Li R-q., Liu C-l., Jiao P-c, Wang J-y., 2018. The tempo-spatial characteristics and forming mechanism of Lithium-rich brines in China. *China Geology*, 1: 72-83.
- Li Q., Fan Q., Wang J., Qin Z., Zhang X., Wei H., Du Y., Shan S., 2019. Hydrochemistry, Distribution and Formation of Lithium-Rich Brines in Salt Lakes on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Minerals* 9, 528, doi: 10.3390/min9090528.
- López de Azarevich V.L., Schalamuk I.B., Azarevich M.B. 2016. Las salmueras de K-Li del salar de Antofalla, Catamarca. XI Congreso Argentino de Geología Económica. Actas en CD. 17 pp.
- López Steinmets R.L., Lithium- and boron-bearing brines in the Central Andes: exploring hydrofacies on the eastern Puna plateau between 23° and 23°30' S. *Miner Deposita* 52: 35-50.
- López Steinmets L., Salvi S., García M.G., Peralta A., 2018. Northern Puna Plateau-scale survey of Li brine-type deposits in the Andes of NW Argentina. *Journal of Geochemical Exploration*, 190: 26-38.
- Lowenstein T., Hein M.C., Bobst A.L., Jordan T.E., Godfrey L.V., Ku T.L., Luo S., 2001. A 106Kyr paleoclimate record from the Salar de Atacama, Chile: Evidence for wet Late Glacial climates. En: *Paleoclimatology of the Central Andes*, Betancourt, J., Quade, J. and Seltzer, G. (eds.), PEPI USGS Workshop Abstracts, Tucson, Arizona.
- Madrid A., Perocco P., Parada N., 2012. Salar de Antofalla, Catamarca – Argentina. Informe geológico Fel 1 – Fase 4. Vale Exploración Argentina SA. 1084 p.
- Marcos O.R., 1999. Depósitos salinos de La Rioja. En: *Recursos Minerales de la República Argentina*, Zappettini, E.O. (ed.), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1933-1937. Buenos Aires.
- Marengo H., Forasiepi A., Chiesa J., 2019. Estratigrafía, paleontología y paleoambientes del Mioceno temprano y



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- medio del Centro y Norte de Argentina. Opera Lilloana 52: Mioceno al Pleistoceno del centro y norte de Argentina, 15-108.
- May J.-H., Zech R., Schellenberger A., Kull C., Veit H., 2011. Quaternary environmental and climate changes in the Central Andes. En: Cenozoic geology of the Central Andes of Argentina, Salfity, J. y Marquillas, R. (eds.). Salta, SCS Publishers, 247-263.
- Mertineit M., Schramm M., 2019. Lithium Occurrences in Brines from Two German Salt Deposits (Upper Permian) and First Results of Leaching Experiments. *Minerals* 9: 766, doi:10.3390/min9120766.
- Messerli B., Grosjean M., Bonani G., Bürgi A., Geyh M., Graf K., Ramseyer K., Romero H., Schotterer U., Schreier H. Vuille M., 1993. Climate change and natural resource dynamics of the Atacama Altiplano during the last 18,000 years: a preliminar synthesis. *Mountain Research and Development*, 13: 117-127.
- Monaldi C.R., Salfity J.A., Vitulli N., Ortíz A., 1993. Estructuras de crecimiento episódico en el subsuelo de la laguna de Guayatayoc, Jujuy, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 3: 55-64.
- Montgomery & Associates Consultores Ltda, 2016. Technical report for the Hombre Muerto North Project. 95 p.
- Moraga A., Chong G., Fort M.A., Henríquez H., 1974. Estudio geológico del Salar de Atacama, provincia de Antofagasta. Instituto de Investigaciones Geológicas (Chile), Boletín N° 29, 59 p.
- Moran B.J., Boutt D.F., Munk, L.-A., 2019. Stable and Radioisotope Systematics Reveal Fossil Water as Fundamental Characteristic of Arid Orogenic-Scale Groundwater Systems. *American Geophysical Union*, doi: 10.1029/2019WR026386.
- Mpodozis C., Arriagada C., Basso M., Roperch P., Cobbold P., Reich M. 2005. Late Mesozoic to Paleogene stratigraphy of the Salar de Atacama Basin, Antofagasta, northern Chile: implications for the tectonic evolution of the Central Andes. *Tectonophysics* 399: 125-154.
- Muller E., Gaucher E.C., Durllet C., Moquet J.S., Moreira M., Rouchon V., Louvat P., Bardoux G., Noirez S., Bougeault C., Vennin E., Gérard E., Chavez M., Virgone A., Ader M., 2020. The Origin of Continental Carbonates in Andean Salars: A Multi-Tracer Geochemical Approach in Laguna Pastos Grandes (Bolivia). Elsevier, pre-print, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016703720301915.
- Munk L.A., Hynek S.A., Bradley D., Boutt D.F., Labay K., Jochens H., 2016. Lithium brines: a global perspective. *Rev. Econ. Geol.* 18, 339-365.
- Munk L.A., Boutt D.F., Hynek S.A., Moran B.J., 2018. Hydrogeochemical fluxes and processes contributing to the formation of lithium-enriched brines in a hyper-arid continental basin. *Chemical Geology* 493: 37-57.
- Munk L.A., Boutt D.F., Moran B. J., McKnight S.V., Jenckes J., 2021. Hydrogeologic and geochemical distinctions in freshwaterbrine systems of an Andean salar. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22, e2020GC009345. <https://doi.org/10.1029/2020GC009345>.
- Orberger B., Rojas W., Millot R., Flehoc C., 2015. Stable isotopes (Li, O, H) combined with brine chemistry: powerful tracers for Li origins in Salar deposits from the Puna region, Argentina. *Proc Earth Planet Sci* 13:307-311.
- Paoli H., 2002. Recursos hídricos de la Puna, valles y bolsones áridos del noroeste argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. 274 p.
- Prezzi C.B., Götze H.-J., Schmidt S., 2011. Altiplano-Puna elevation budget. En: Salfity, J. y Marquillas, R. (eds.), *Cenozoic geology of the Central Andes of Argentina*: 383-394. SCS Publishers, Salta.
- Quade J., Dettlinger M.P., Carrapa B., DeCelles P., Murray K.E., Huntington K.W., Cartwright A., Canavan R.R., Gehrels G., Clementz M., 2015. The growth of the central Andes, 22°S-26°S. En: DeCelles, P.G., Ducea, M.N., Carrapa, B., y Kapp, P.A. (eds.), *Geodynamics of a Cordilleran Orogenic System: The Central Andes of Argentina and Northern Chile*. Geological Society of America Memoir 212: 277-308.
- Ramos V.A., 1999. Evolución tectónica de la Argentina. En: *Geología Argentina*, Caminos, R. (Ed.). SEGEMAR, Anales 29: 715-759. Buenos Aires.
- Risacher F., Fritz B., 1991. Quaternary geochemical evolution of the salars of Uyuni and Coipasa, Central Altiplano, Bolivia. *Chemical Geology*, 90: 211-231.
- Risacher F., Alonso H., Salazar C., 2003. The origin of brines and salts in Chilean Salars: a hydrochemical review. *Earth Sciences Review*, 63, 249-292.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO**

AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513

EXPEDIENTE N° 10.511/2021

R- DNAT- 2022 N° 0359

- Rosario J., Hernández J., Hernández R., Jordan T., 2008. Evolución tectono-sedimentaria durante el Terciario en la provincia de Jujuy. En: Geología y Recursos Naturales de la provincia de Jujuy, Coira, B. y Zappettini, E. (eds). XVII Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 263-285.
- Rubilar J., Martínez F., Arriagada C., Becerra J., Bascuñan S., 2017. Structure of the Cordillera de la Sal: A key tectonic element for the Oligocene-Neogene evolution of the Salar de Atacama basin, Central Andes, northern Chile, *Journal of South American Earth Sciences*, doi.org/ 10.1016/j.jsames.2017.11.013.
- Salfity J.A., Gorustovich S.A., González R.E., Monaldi C.R., Marquillas R.A., Galli C.I., Alonso R.N., 1996. Las cuencas terciarias postincaicas de los Andes Centrales de la Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1: 453-471.
- Somoza R., Ghidella M.E., 2005. Convergencia en el margen occidental de América del Sur durante el Cenozoico. XVI Congreso Geológico Argentino, Actas II: 43-46. La Plata.
- SQM, 2017. Salar de Atacama: La Modelación Hidrogeológica como Herramienta de Gestión Ambiental. Foro del Litio, Chile, 08/10/2017. 72 p.
- Strecker M.R., Alonso R.N., Bookhagen B., Carrapa B., Coutand I., Hain M.P., Hilley G.E., Mortimer E., Schoenbohm L., Sobel R., 2009. Does the topographic distribution of the Central Andean Puna Plateau result from climatic or geodynamic processes? *Geology*, 37(7): 643-646.
- Sylvestre F., Servant M., Servant-Vildary S., Causse C., Fournier M., Ybert J-P., 1999. Lake Level Chronology on the Southern Bolivian Altiplano (18–23° S) during Late-Glacial Time and the Early Holocene. *Quaternary Research*, 51, 54–66.
- Vandervoort D.S., 1993. Non-Marine Evaporite Basin Studies, Southern Puna Plateau, Central Andes. Ph.D. Thesis, Cornell University 189 p. Inédita.
- Vandervoort D.S., Jordan T.E., Zeitler P.K., Alonso R.N., 1995. Chronology of internal drainage development and uplift, southern Puna plateau, Argentine Central Andes. *Geology*, 23 (2): 145-148.
- Viramonte J. G., Alonso R. N., Gutierrez R., Argañaraz R., 1984. Génesis del litio en los salares de la Puna Argentina. IX Congreso Geológico Argentino. Actas III: 471-481. San Carlos de Bariloche.
- Voss R. 2000. Die Geologie der Region um den südlichen Salar de Antofalla (NW-Argentinien). Ph.D. Thesis (Unpublished), Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen, Vol. A, 208, 201 p.
- Warren J.K., 2010. Evaporites through time: tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits. *Earth Sciences Reviews*, 98 (3), 217 –268.
- Warren J., 2017. Lithium in saline geosystems: Lake brines and clays. *Salty Matters*. 14 pp. www.saltworkconsultants.com.