Serie Conservación de la Naturaleza

N° **24**

— 2 0 1 8 —

Fundación Miguel Lillo
Ministerio de Educación de la Nación
Ley 12.935 – Tucumán – República Argentina

La Puna Argentina : naturaleza y cultura / Héctor Ricardo Grau ... [et al.]. - 1a ed . - Tucumán : Fundación Miguel Lillo, 2018.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-668-032-9

1. Ciencias Geológicas. 2. Botánica. 3. Zoología. I. Grau, Héctor Ricardo
CDD 306.4

Serie Conservación de la Naturaleza
N° **24**

La Puna argentina

Naturaleza y cultura

H. Ricardo Grau
Instituto de Ecología Regional – CONICET – UNT

M. Judith Babot
Fundación Miguel Lillo – CONICET

Andrea E. Izquierdo
Instituto de Ecología Regional – CONICET – UNT

Alfredo Grau
Instituto de Ecología Regional – CONICET – UNT

— Editores —

Fundación Miguel Lillo
Ministerio de Educación de la Nación
Ley 12.935 – Tucumán – República Argentina

Serie Conservación de la Naturaleza
Esta serie comprende trabajos relacionados con el problema de la conservación de la flora y fauna autóctonas, incluyendo lo relativo al grado de explotación y/o destrucción alcanzado y a los medios de protección proyectados o en aplicación.

ISSN 0325–9625

© **2018**, **Fundación Miguel Lillo**. Derechos protegidos por Ley 11.723

Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Argentina
Telefax +54 381 433 0868 / www.lillo.org.ar

Editor Área Zoología
Mariano Ordano (Fundación Miguel Lillo y CONICET / Unidad Ejecutora Lillo, Tucumán, Argentina).

Editor gráfico
Gustavo Sánchez (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).

Editor web
Andrés Ortiz (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).

Secretaría editorial Área Zoología
Felipe Castro (Fundación Miguel Lillo y Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina).
Pamela Gómez (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).
Eduardo Martín (Fundación Miguel Lillo y Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina).
María del Pilar Medina Pereyra (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).
Guido van Nieuwenhove (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).
Florencia Vera Candioti (CONICET / Unidad Ejecutora Lillo, Tucumán, Argentina).
María Paula Zamudio (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).

Consejo editorial Área Zoología
María de las Mercedes Azpelicueta (Universidad Nacional de La Plata y CONICET, Buenos Aires, Argentina).
Julián Bueno-Villegas (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México).
Margarita Chiaraviglio (Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina).
Guillermo L. Claps (Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina).
José Antonio Corronca (Universidad Nacional de Salta y CONICET, Salta, Argentina).
Ada Echevarría (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).
David Flores (Fundación Miguel Lillo y CONICET / Unidad Ejecutora Lillo, Tucumán, Argentina).
Adriana Azucena Michel (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).
Juan J. Morrone (Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México).
Gustavo Moya-Raygoza (Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México).
Paola Peltzer (Universidad Nacional del Litoral y CONICET, Santa Fe, Argentina).
Marcela Peralta (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).
Juan Timi (Universidad Nacional de Mar del Plata y CONICET / Unidad de Investigaciones Marinas y Costeras, Buenos Aires, Argentina).
Julián R. Torres Dowdall (Universität Konstanz, Baden-Wurtemberg, Alemania).
Fernando Zagury Vaz-de-Mello (Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, Brasil).

Comité editorial (editores asociados) Área Zoología
Juan Pedro Bouvet (Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Concordia, INTA, Entre Ríos, Argentina).
Sonia B. Canavelli (Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Paraná, INTA, Entre Ríos, Argentina).
Mario Luis Chatellenaz (Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina).
Néstor Ciocco (Universidad Nacional de Cuyo y CONICET / Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas, Mendoza, Argentina).
Carlos Andrés Cultid Medina (Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología, A.C., Michoacán, México).
María Elisa Fanjul (Fundación Miguel Lillo y Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina).
Guillermo Gil (Administración de Parques Nacionales / Centro de Investigaciones Ecológicas Subtropicales, Misiones, Argentina).
Andrea Ximena González Reyes (Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina).
María de los Ángeles Hernández (Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Chubut, Argentina).
Marta Lizarralde (CONICET / Centro Austral de Investigaciones Científicas, Tierra del Fuego, Argentina).
María Alejandra Maglianesi (Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica).
Patricia Marconi (Fundación Yuchán, Salta, Argentina).
Mariano Merino (Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina)
Segundo Núñez-Campero (CONICET / Centro Regional de Investigaciones Científicas y Transferencia Tecnológica de La Rioja, La Rioja, Argentina).
Gabriela Núñez Montellano (Universidad Nacional de Salta y CONICET / Instituto de Bio y Geociencias del NOA, Salta, Argentina).
Massimo Olmi (Università degli Studi della Tuscia, Viterbo, Italia).
Facundo Xavier Palacio (Universidad Nacional de La Plata y CONICET, Buenos Aires, Argentina).
Nicoletta Righini (Universidad Nacional Autónoma de México, Michoacán, México).
Miguel E. Rodríguez Posada (Universidad Nacional de Colombia y Pontificia Universidad Javeriana, Capital, Colombia).
Fátima Romero (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).
Jorge R. Ronderos (Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina).
Roman Ruggera (Universidad Nacional de Jujuy y CONICET / Instituto de Ecorregiones Andinas, Jujuy, Argentina).
Mariano S. Sánchez (Universidad Nacional de Misiones y CONICET / Instituto de Biología Subtropical, Misiones, Argentina).
Natalia Schroeder (CONICET / Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas, Mendoza, Argentina).
Claudia Szumik (CONICET / Unidad Ejecutora Lillo, Tucumán, Argentina).
Eduardo Virla (Fundación Miguel Lillo y CONICET / Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos, Tucumán, Argentina).

Canjes
Centro de Información Geo-Biológico del Noroeste Argentino, Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Argentina. Correo electrónico: maprieto@lillo.org.ar

Ref. bibliográfica: H. Ricardo Grau, M. Judith Babot, Andrea E. Izquierdo, Alfredo Grau (editores). 2018. La Puna argentina: naturaleza y cultura. *Serie Conservación de la Naturaleza* 24, Fundación Miguel Lillo. ISBN 978-950-668-032-9 (versión online)
Imagen de tapa: Vista del salar de Antofalla (Catamarca) desde la vega Botijuela. Fotografía de Andrea Izquierdo, noviembre 2017.

Derechos protegidos por Ley 11.723
Impreso en la Argentina. *Printed in Argentina.*

Índice

Prólogo 9

Agradecimientos 10

I. EL AMBIENTE FÍSICO

CAPÍTULO 1. Geología 13
HONGN, FERNANDO; CAROLINA MONTERO-LÓPEZ; SILVINA GUZMÁN; ALEJANDRO ARAMAYO

Box: Puncoviscana, sus huellas fósiles y su antigüedad *30*
ACEÑOLAZA, FLORENCIO GILBERTO

CAPÍTULO 2. Volcanismo 32
GROSSE, PABLO; SILVINA R. GUZMÁN

Box: El volcán Tuzgle: un proyecto para la obtención de energía geotérmica *52*
COIRA, BEATRIZ

CAPÍTULO 3. Paleoecología del Cuaternario tardío de la Puna del noroeste argentino 54
LUPO, LILIANA; JULIO KULEMEYER; GONZALO TORRES; BRENDA OXMAN; KARSTEN SCHITTEK

Box: El antiguo papel de las vegas en la Puna catamarqueña *73*
BABOT, MARÍA DEL PILAR; JULIA LUND; SALOMÓN HOCSMAN

CAPÍTULO 4. Variabilidad hidroclimática en el sur del Altiplano: pasado, presente y futuro 75
MORALES, MARIANO S.; DUCAN A. CHRISTIE; RAPHAEL NEUKOM; FACUNDO ROJAS; RICARDO VILLALBA

Box: Estacionalidad climática e hidrológica: las vegas puneñas *92*
NAVARRO, CARLOS JAVIER

Box: Aprovechando la energía solar en la Puna *93*
GONZÁLEZ, JORGE A.

CAPÍTULO 5. Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región 96
IZQUIERDO, ANDREA E.; ROXANA ARAGÓN; CARLOS J. NAVARRO; ELVIRA CASAGRANDA

Box: El manejo de las vegas como estrategia adaptativa de las poblaciones puneñas *112*
GONNET, JORGE M.

II. BIODIVERSIDAD

CAPÍTULO 6. Registro fósil de la Puna 117
BABOT, M. JUDITH; GUILLERMO ACEÑOLAZA; HUGO ALFREDO CARRIZO; DANIEL A. GARCÍA-LÓPEZ

Box: Huellas de aves fósiles *141*
ALONSO, RICARDO

CAPÍTULO 7. Vegetación de la Puna argentina 143
CARILLA, JULIETA; ALFREDO GRAU; SOLEDAD CUELLO

Box: Ángel Cabrera y la Puna *157*
BROWN, ALEJANDRO D.

Box: Musgos del Socompa: islas de vida en el cielo *159*
HALLOY, STEPHAN

CAPÍTULO 8. Estado actual de conocimiento de las aves de la Puna argentina 161
OSINAGA ACOSTA, ORIANA; EDUARDO MARTÍN

Box: Los flamencos de los Andes *180*
DERLINDATI, ENRIQUE J.

CAPÍTULO 9. Mamíferos puneños y altoandinos 182
PEROVIC, PABLO GASTÓN; CARLOS EDUARDO TRUCCO; CINTIA TELLAECHE; CÉSAR BRACAMONTE; PABLO CUELLO; AGUSTINA NOVILLO; LEÓNIDAS LIZÁRRAGA

Box: El burro en la Puna. ¿Invasor o restaurador? *207*
GRAU, H. RICARDO

CAPÍTULO 10. Herpetofauna de la Puna 209
BARRIONUEVO, JOSÉ SEBASTIÁN; CRISTIAN SIMÓN ABDALA

Box: Peces de la Puna *229*
AGUILERA, GASTÓN

CAPÍTULO 11. Macroinvertebrados acuáticos de las vegas de la Puna argentina 231
NIETO, CAROLINA; FÁTIMA ROMERO; CELINA REYNAGA; VERÓNICA MANZO

Box: Artrópodos de la Puna *244*
MOLINA, MARÍA ALEJANDRA; CLAUDIA SZUMIK

CAPÍTULO 12. Ecosistemas microbianos de la Puna. El inmenso valor de lo diminuto 246
FARIAS, MARÍA EUGENIA

Box: Diatomeas en humedales de la Puna *269*
SEELIGMANN, CLAUDIA; NORA I. MAIDANA

III. SISTEMAS SOCIALES EN EL TIEMPO

CAPÍTULO 13. Sociedades prehispánicas de la Puna argentina: desde el poblamiento temprano hasta los inicios de la producción pastoril y agrícola 273
MARTÍNEZ, JORGE GABRIEL

Box: Historias prehispánicas de gente y de una vega puneña *295*
HOCSMAN, SALOMÓN; LORENA GRANA; MARÍA DEL PILAR BABOT

CAPÍTULO 14. Arqueología del formativo: los inicios de la agricultura y la ganadería 297
OLIVERA, DANIEL ENZO

Box: Caravanas de llamas: tecnología clave para la interacción social prehispánica *319*
MARTEL, ÁLVARO

CAPÍTULO 15. Las sociedades puneñas desde el inicio del segundo milenio hasta el fin del dominio incaico 321
ALBECK, MARÍA ESTER; DIEGO MARTÍN BASSO; MARÍA AMALIA ZABURLÍN

Box: El volcán Llullaillaco y los santuarios de altura de la Puna *341*
CERUTI, MARÍA CONSTANZA

CAPÍTULO 16. Historia socioambiental: entre la conquista y el siglo XX 343
GIL MONTERO, RAQUEL

Box: Los caminos de la Puna en el tiempo *362*
BENEDETTI, ALEJANDRO

CAPÍTULO 17. Población y pobreza en la Puna argentina en los inicios del siglo XXI 364
LONGHI, FERNANDO; JULIETA KRAPOVICKAS

Box: Entrevista a Lucas Soriano *380*
BABOT, M. JUDITH

Box: Plantas de la Puna: fitoquímica y su uso en el cuidado de la salud *383*
ISLA, MARÍA INÉS; IRIS CATIANA ZAMPINI; MARÍA ROSA ALBERTO; SOLEDAD CUELLO

IV. EL USO DEL TERRITORIO EN EL PRESENTE Y FUTURO

CAPÍTULO 18. Ganadería en la Puna argentina 387
QUIROGA MENDIOLA, MARIANA; JORGE LUIS CLADERA

Box: La minería y su incidencia en el modo de vida pastoril de Santa Rosa de los Pastos Grandes *403*
ABELEDO, SEBASTIÁN H.

Box: Las plantas y el hombre en la Puna *404*
GRAU, ALFREDO

CAPÍTULO 19. La actividad minera en la Puna argentina. Caracterización sociohistórica, presente y perspectivas 406
LENCINA, ROBERTO; EDUARDO PERALTA; JOSÉ SOSA GÓMEZ

Box: El potencial tecnológico alrededor del litio *422*
FLEXER, VICTORIA

Box: Drenaje ácido en la Puna *424*
MURRAY, JESICA; ALICIA KIRSCHBAUM

CAPÍTULO 20. Valorización turística en la Puna: tendencias recientes 426
TRONCOSO, CLAUDIA ALEJANDRA

Box: Los seismiles de la Puna *441*
BRAVO, CLAUDIO F.

CAPÍTULO 21. Camélidos de la Puna argentina: aspectos sobre su conservación y uso 443
VILÁ, BIBIANA; GISELA MARCOPPIDO; HUGO LAMAS

Box: ¿La esquila de vicuñas silvestres conserva el formidable rol ecológico de esta especie? *463*
DONADIO, EMILIANO

CAPÍTULO 22. Áreas protegidas de la Puna 465
REID RATA, YAIZA; LUCIO R. MALIZIA; ALEJANDRO D. BROWN

Box: Novedoso proceso de planificación territorial integral aplicado en la Reserva Provincial Los Andes-Salta *482*
MUSALEM, SEBASTIÁN; MARIELA ALVEIRA; STANLEY ARGUEDAS MORA; ELISA COZZI

CAPÍTULO 23. Los socioecosistemas de la Puna en contexto nacional y global 484
GRAU, H. RICARDO; IGNACIO GASPARRI

Box: Teleacoples del litio *498*
CASAGRANDA, ELVIRA; ANDREA IZQUIERDO

Prólogo

Altura donde el tiempo parece detenerse entre llanuras y valles, donde parece acelerarse. Sol intenso, viento helado; plantas, animales y bacterias que para sobrevivir han desarrollado formas de vida y asociaciones únicas. Comunidades criollas e indígenas, empresas mineras, turistas, montañistas. Mirar al llano, mirarse desde el llano. Uno de los sitios más tempranos de asentamiento humano en América de Sur. El borde sur del desarrollo preeuropeo de la agricultura, la ganadería y el temprano imperialismo. Fronteras que separan Argentina, Chile y Bolivia; tal vez demasiado respetadas por gobiernos y académicos. Una de las primeras regiones más "desarrolladas" del pasado; una de las más marginales del presente. Una de las únicas ecorregiones donde la biomasa de animales nativos compite con la de los domesticados. Suelo desnudo y erosión, que desnuda fósiles de millones de años y minerales valiosos; oro, plata, cobre; ayer gran fuente de sal de mesa, hoy la principal reserva de litio de un mundo ávido de litio. Volcanes (los más altos del mundo), salares enormes, lagunas azules y verdes, puestos, restos arqueológicos, choiques, vicuñas, zorros, pumas, pastores, aguas calientes o muy frías, nieve. Archipiélago de vegas verdes donde florece la biodiversidad que sirvió de puerto a los arrieros navegantes del desierto. Todo eso es la Puna, y más. Cerca de 80 autores de las más variadas disciplinas, en 23 capítulos y casi 30 recuadros se juntan en este libro para tratar de compilar mucho de lo que se sabe de todo esto. Y mostrar, por acción u omisión, lo que no se sabe: preguntas que, como los caminos de la Puna —por lo común solitarios, extensos, inhóspitos, bellísimos— presagian un hallazgo, una llegada, un retorno. Más caminos y más preguntas.

Los Editores, julio 2018

Agradecimientos

Este volumen fue concebido como parte de las actividades de los proyectos PICT de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica; proyectos PIUNT de la Secretaría de Arte, Ciencia e Innovación Tecnológica de la Universidad Nacional de Tucumán, y el Proyecto de Unidad Ejecutora – CONICET del Instituto de Ecología Regional «El Antropoceno en el noroeste argentino: uso del territorio, nuevos ecosistemas, servicios ambientales, forzantes globales y gobernanza regional».

La calidad y rigor científico de los distintos capítulos fue evaluada y mejorada en base a distintos revisores anónimos y de la secretaría editorial de *Acta Zoológica Lilloana*, coordinada por Mariano Ordano y Felipe Castro (Fundación Miguel Lillo). Gustavo Sánchez (Departamento de Comunicación Visual de la Fundación Miguel Lillo) realizó el trabajo de edición gráfica, y Lourdes Casanova (encargada de Prensa y Difusión de la Dirección de Transferencia y Servicios Externos de la Fundación Miguel Lillo) realizó aportes valiosos a la edición del texto de la entrevista a Lucas Soriano.

Box ➤

El potencial tecnológico alrededor del litio

Flexer, Victoria

Centro de Investigación y Transferencia Jujuy, CIT-JUJUY, Argentina; Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy – CIDMEJu (CONICET – Universidad Nacional de Jujuy). Email: vflexer@unju.edu.ar

La minería del litio resalta la disparidad entre nuestra realidad como exportadores de recursos primarios y nuestra falta de capacidad para agregar valor a dichos recursos. Aunque existen varios proyectos a futuro, para cuya concreción aún no hay fechas, en la actualidad dos mineras en fase de producción y una fábrica de cloruro de litio son los únicos emprendimientos productivos en nuestro país vinculados al litio. La actividad extractiva se concentra en la Puna. En nuestro grupo consideramos que existen tres potenciales ejes de desarrollo tecnológico en torno al litio.

En primer lugar, es necesario el desarrollo de nuevas técnicas de extracción minera. La técnica de explotación actual, el método evaporítico, es una técnica relativamente benigna de extracción si la comparamos, por ejemplo, con la minería del oro. Sin embargo, desde un punto de vista económico, es lenta, no se adapta a la explotación de cualquier salmuera y su adecuación a cada nueva explotación es larga y requiere de ensayos iterativos para su optimización. Desde un punto de vista ambiental, hay dudas abiertas respecto a la utilización del agua (Houston *et al*., 2011). Por su altísima salinidad, el agua que se evapora de los salares de la Puna no es apta para consumo humano o de animales. Sin embargo, falta conocimiento sobre efectos de la minería de litio sobre los balances hídricos totales. Se requiere, además el uso de ciertas cantidades de agua dulce para purificar el producto primario. Esta escasa agua dulce, ha generado algunos conflictos con comunidades locales (Fornillo, 2015). Además, el proceso produce la precipitación de grandes cantidades de mezclas de sales, no tóxicas, pero que es necesario descartar en algún lado. La búsqueda de nuevas técnicas extractivas es una oportunidad tanto para ampliar el potencial económico, como para volver a la minería del litio más sustentable.

El segundo eje de desarrollo posible es el ambicioso proyecto de contar con una fábrica de celdas de ion-litio. La complejidad asociada a la tecnología de estas baterías, que requieren ser ensambladas en ambientes totalmente anhidros e inertes, vuelve costosa y poco competitiva la capacidad de diseñar y construir una fábrica con tecnología propia. Se ha propuesto la compra de una fábrica de celdas «llave en mano». Quedan varias incógnitas respecto a qué empresa estaría dispuesta a vender una tecnología competitiva y quién estaría dispuesto a invertir para la instalación de dicha fábrica. La respuesta será distinta si el objetivo es netamente la producción, o sumar la posibilidad de desarrollar capacidades propias y formar recursos humanos en la materia. Está también la posibilidad de optar por el desarrollo de tecnología 100% propia: la búsqueda de nuevos materiales de electrodo, electrolitos, etc., que tengan alguna cualidad superadora respecto a la tecnología actual. Esta es claramente una apuesta de alto riesgo, pero que permitiría entrar con ventajas a un mercado altamente competitivo.

Finalmente, el tercer eje de desarrollo es la síntesis química de compuestos litiados, como ser hidróxido de litio, litio metálico, etc., valiosos insumos de industrias distintas a las de las baterías. Si bien esta industria no implica desarrollos totalmente novedosos, sí permitiría el desarrollo de una industria local vinculada a nuestro recurso minero, requiriendo inversiones mucho menores a la de una fábrica de baterías.

LITERATURA CITADA

Fornillo B. 2015. Geopolítica del litio, industria, ciencia y energía en Argentina. CLACSO, Buenos Aires, 212 pp.

Houston J., Butcher A., Ehren P., Evans K., Godfrey L. 2011. The evaluation of brine prospects and the requirements for modifications to filing standards. Economic Geology, 106: 1125-1139.