

Serie Conservación de la Naturaleza

N° **24**

— 2018 —



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

Nº 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 Candiotti (CONICET / Unidad Ejecutora Lillo, Tucumán, Argentina).
María Paula Zamudio (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina).

Consejo editorial Área Zoología

María de las Mercedes Azpeliueta (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-Württemberg, 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).
Nicolella 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	
<i>Box</i> : Puncoviscana, sus huellas fósiles y su antigüedad	30
ACEÑOLAZA, FLORENCIO GILBERTO	
CAPÍTULO 2. Volcanismo	32
GROSSE, PABLO; SILVINA R. GUZMÁN	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : Estacionalidad climática e hidrológica: las vegas puneñas	92
NAVARRO, CARLOS JAVIER	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : Huellas de aves fósiles	141
ALONSO, RICARDO	
CAPÍTULO 7. Vegetación de la Puna argentina	143
CARILLA, JULIETA; ALFREDO GRAU; SOLEDAD CUELLO	
<i>Box</i> : Ángel Cabrera y la Puna	157
BROWN, ALEJANDRO D.	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : Los flamencos de los Andes	180
DERLINDATI, ENRIQUE J.	
CAPÍTULO 9. Mamíferos puneños y altoandinos	182
PEROVIC, PABLO GASTÓN; CARLOS EDUARDO TRUCCO; CINTIA TELLAECHÉ; CÉSAR BRACAMONTE; PABLO CUELLO; AGUSTINA NOVILLO; LEÓNIDAS LIZÁRRAGA	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : 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 Lullaillo 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

ABELED, 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	
<i>Box</i> : El potencial tecnológico alrededor del litio	422
FLEXER, VICTORIA	
<i>Box</i> : Drenaje ácido en la Puna	424
MURRAY, JESICA; ALICIA KIRSCHBAUM	
CAPÍTULO 20. Valorización turística en la Puna: tendencias recientes	426
TRONCOSO, CLAUDIA ALEJANDRA	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : ¿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	
<i>Box</i> : 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	
<i>Box</i> : 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.

7 > Vegetación de la Puna argentina

Carilla, Julieta¹; Alfredo Grau^{1,2}; Soledad Cuello^{2,3}

¹ Instituto de Ecología Regional, Universidad Nacional de Tucumán (IER, UNT) – CONICET. CC 34 (4107), Yerba Buena, Tucumán. julietacarilla@gmail.com

² Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Miguel Lillo 205, (4000), San Miguel de Tucumán, Tucumán. graualfredo@gmail.com

³ Instituto de Química del Noroeste – CONICET. San Lorenzo 1469, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán. asolecue@gmail.com

► **Resumen** — La región reconocida geográficamente como Puna en Argentina esta subdividida en dos provincias fitogeográficas: Puneña y Altoandina. La provincia Puneña incluye dos subunidades, la Puna seca (precipitaciones de 100-400 mm/año) y la Puna desértica (<100 mm/año). La Puna seca es principalmente una estepa arbustiva, con *Baccharis*, *Fabiana* y *Adesmia* como géneros dominantes. *Parastrephia lucida* domina las comunidades edáficas en las cuencas con napa freática cercana a la superficie. Otras comunidades edáficas están dominadas por *Pennisetum chilense* en suelos húmedos de baja salinidad y *Frankenia triandra*, *Lycium humile* y *Sporobolus rigens* en suelos de alta salinidad. Mientras, en áreas muy reducidas, los parches de bosques de *Polylepis* y *Prosopis* son características importantes del paisaje. También son los cactus columnares, *Thichocereus* y *Oreocereus*. Las plantas en cojín son otros elementos importantes, algunas veces alcanzando grandes tamaños, con *Azorella compacta* y varias especies *Adesmia* como las más comunes. La Puna desértica comparte los mismos géneros y especies con la Puna seca. Sin embargo, con densidades muy inferiores y frecuentemente con solo una especie de arbusto claramente dominante. La provincia Altoandina está dominada por pastizales, donde *Festuca ortophylla* es la especie más abundante. Dicotiledóneas herbáceas de tamaño reducido, aunque bastante diversas, constituyen una pequeña porción de la biomasa. Las vegas o bofedales también representan una unidad característica de la región. Asociadas a las nacientes y cursos de agua, concentran una alta proporción de la biodiversidad y la actividad humana. El ganado doméstico, como así también los camélidos nativos, pasan una parte significativa de sus vidas en las vegas. Dada las condiciones extremas de la Puna, el pastoreo, por animales domésticos y nativos, ha jugado un papel crítico en el paisaje y en la dominancia de arbustos espinosos/tóxicos sobre los pastos.

Palabras clave: ecosistemas altoandinos, comunidades edáficas, pastoreo, provincia fitogeográfica, estepa arbustiva.

► **Abstract** — “Vegetation of the Argentine Puna”. The region geographically recognized as Puna in Argentina is subdivided in two phytogeographical provinces: Puneña and Altoandina. The Puneña province includes two subunits, the dry Puna (rainfall 100-400 mm/y) and the desert Puna (<100 mm/y). The dry Puna is mostly in shrubland, with *Baccharis*, *Fabiana* and *Adesmia* as the dominant genera. *Parastrephia lucida* dominates edaphic communities in basins with water table close to the surface. Other edaphic communities are dominated by *Pennisetum chilense*, in humid low salinity soils and *Frankenia triandra*, *Lycium humile* and *Sporobolus rigens* in high salinity soils. While very reduced in area, forest patches of *Polylepis* and *Prosopis* are important landscape features. So are columnar cactuses, *Thichocereus* and *Oreocereus*. Cushion plants are another important element, sometimes reaching notable size, with *Azorella compacta* and several *Adesmia* species as the most common. The desert Puna shows the same genera and species. However, at much lower plant densities, and very often with just one, shrub species as the clearly dominant one. The Altoandina province is dominated by grassland, where *Festuca ortophylla* is the most common species. Small dicot herbs, while quite diverse, comprise only a small portion of the biomass. Peatbogs are also a characteristic feature of the region. Associated to springs and streams, they concentrate a high proportion of the biodiversity and the human activity. Domestic livestock, as well as wild native camelids spend a significant part of their live on the peatbogs. Given the extreme conditions of the Puna, grazing, by both, domestic and wild animals is very likely to have played a critical role in the landscape and in the dominance of thorny/toxic shrubs over grasses.

Keywords: High Andean ecosystem, edaphic communities, grazing, phytogeographical province, shrub steppe.

INTRODUCCIÓN: PUNA
FITOGEOGRÁFICA, PROVINCIA PUNEÑA
Y PROVINCIA ALTOANDINA

La palabra Puna proviene del quechua, y significa tierra alta y fría. Ciertamente, las bajas temperaturas, con heladas que se pueden producir en cualquier momento del año, son una característica de la región que condiciona su vegetación. Desde una perspectiva fitogeográfica el término Puna fue utilizado por primera vez por Weberbauer (1922), para la vegetación ubicada en los Andes peruanos por encima del límite de la agricultura. El concepto fue desarrollado más adelante por Troll (1959), quien dividió la Puna en tres tipos según la precipitación: Puna húmeda (>400 mm/año); Puna seca (400-100 mm/año) y Puna desértica (<100 mm/año). Cabrera (1971) considera que en la Puna argentina en sentido geográfico aparecen la provincia Puneña y la provincia Altoandina. Siguiendo a Cabrera (1968) el sector noreste de la Puna geográfica, que corresponde en parte a Salta y Jujuy, está ocupado por Puna seca. Mientras que, el oeste y sur, desde el extremo oeste de Jujuy, hasta la provincia de San Juan, están dominados por la Puna desértica. Según Cabrera (1968), la Puna húmeda existiría en Argentina en las serranías de Santa Victoria y de Zenta. Ese sector corresponde a lo que Cabrera denomina más tarde (1971) "provincia Altoandina", que es el mismo concepto de Puna húmeda de Troll (1959). Estrictamente, la mayor superficie de la Puna en sentido geográfico corresponde a esta provincia Altoandina que está presente también en los cordones montañosos de toda la Puna geográfica, por encima de alrededor de 4000 m en el norte (Jujuy) y alrededor de 3000 m en el sur (San Juan). El límite entre la provincia Altoandina y la provincia Puneña, que es en buena medida el límite entre arbustales y pastizales, está determinado también por la orientación de las laderas, con los arbustales extendiéndose más arriba en las laderas norte y este, más calientes y secas. Probablemente, el pastoreo juega también un rol determinante en definir este límite, al influir en la cobertura de gramíneas en el

ecotono entre ambos tipos de vegetación (ver más abajo Efecto del pastoreo).

Hacia el este, las provincias Puneña y Altoandina limitan con la provincia fitogeográfica del Monte (el sector denominado Prepuna por Cabrera, 1971), con el ecotono situado entre 3000 y 3300 m, claramente apreciable en todas las grandes quebradas (Humahuaca, del Toro, Calchaquí, Cajón, Fiambalá, Chaschuil). En las cadenas montañosas más altas, que forman el límite este de la Puna, el contacto se establece entre los pastizales altoandinos y los pastizales de neblina, considerados el piso superior de la provincia de las yungas.

Una síntesis simplificada de las grandes unidades de vegetación está representada en la Figura 1. El mapa y las principales comunidades vegetales descritas en este capítulo fueron desarrollados en base a extensos recorridos por toda la región, registros fotográficos durante los últimos 15 años y bibliografía existente.

PROVINCIA PUNEÑA

PUNA SECA

La Puna seca ocupa la mayor parte del sector norte de la provincia de Jujuy, entre las serranías de Santa Victoria y de Aparzo, al este, y las de San José, al oeste. Este sector tiene un gradiente de humedad que decrece de este a oeste, y se encuentra separado en dos grandes cuencas, por la serranía de Cochinoa (Cabrera, 1968). La formación dominante en la Puna seca es la estepa arbustiva (Figura 2), dominada usualmente por *Baccharis boliviensis* (chijua; Figura 2 A y B), *Fabiana densa* (tolilla) y *Adesmia horrida* (= *Adesmia horridiuscula*; añagua; Figura 2C y D), a las que suelen acompañar otras especies arbustivas, más o menos espinosas, en especial: *Junelia seriphoides*, *Baccharis tola*, *Senecio viridis*, *Aloysia deserticola* (= *Acantholipia deserticola*), *Ephedra breana*, *Ocyroe armata* (= *Nardophyllum armatum*) y *Adesmia spinossisima*.

El trabajo más integral y detallado sobre la Puna seca, centrado en la provincia de Jujuy, fue realizado por Ruthsatz y Movia



Figura 1. Ecorregiones del noroeste argentino, tomando como base Brown y Pacheco (2006), ajustado en base a observaciones de campo durante la realización de este trabajo.

(1975). Cabrera (1957) publicó el primer trabajo extenso y clásico sobre la Puna, en base a sus observaciones realizadas principalmente en la Puna seca.

Comunidades edáficas: tolares, esporales y salinas.— En las terrazas de río, fondos de quebrada, o depresiones con napa freática situada a pocos metros de profundidad, se desarrollan comunidades arbustivas densas, en las cuales *Parastrephia lucida* (tola de río) es ampliamente dominante (Figura 3A y B). Estos ambientes, denominados tolares, han sido una fuente de combustible muy importante y a veces el único disponible. Aunque actualmente su uso como leña se ha limitado, por el mayor acceso a combustibles fósiles, medidas legales y policiales de pro-

tección, todavía se la sigue empleando como leña (Figura 3C).

En amplias zonas en la periferia de la laguna Pozuelos y a lo largo de la cuenca del río Miraflores (Jujuy), se encuentran extensos pastizales dominados casi totalmente por *Cenchrus chilense* (= *Pennisetum chilense*; espural), en los cuales los arbustos son poco importantes o desaparecen, en particular cuando la napa freática se acerca a la superficie durante parte del año (Figura 3D).

En las depresiones salinas se encuentran comunidades dominadas por *Frankenia trianda* que forma cojines o tapetes compactos, acompañada con frecuencia por *Lycium humile* (ver más adelante Vegas) y por los pastos *Sporobolus rigens* y *Distichlis humilis* (Figura 3E y F).

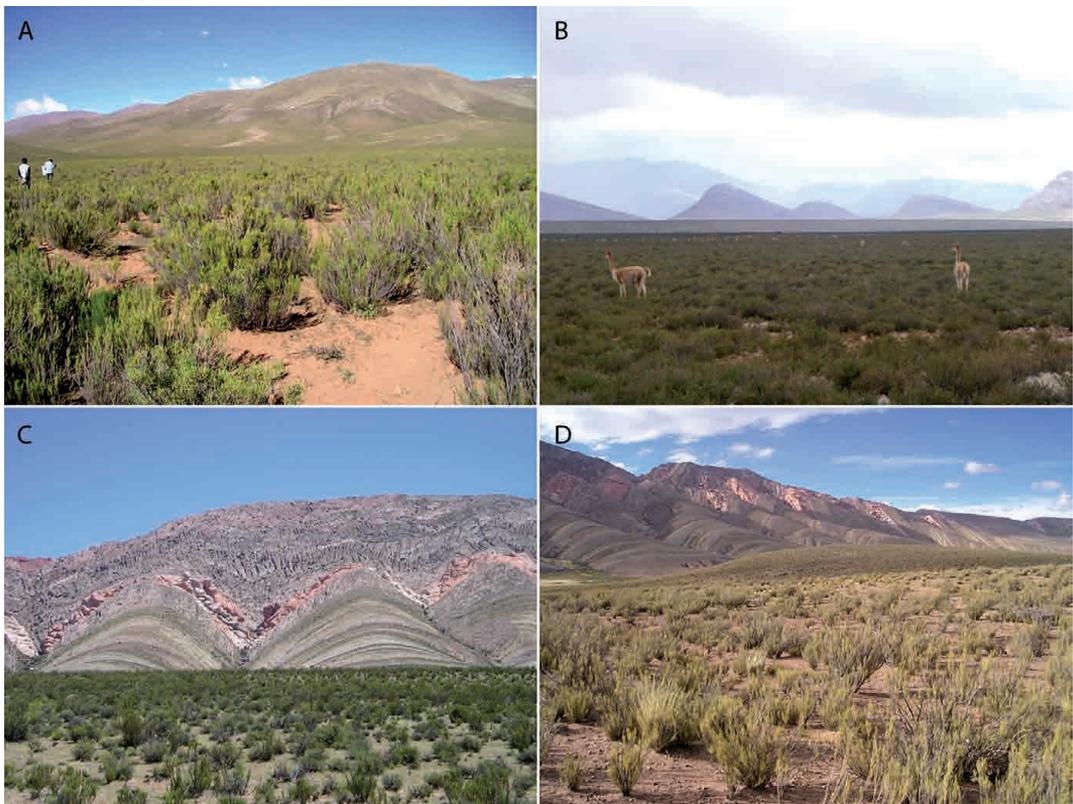


Figura 2. Puna seca. **A.** Estepa arbustiva dominada por *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis*, Suripugio, Jujuy 3700 msnm; **B.** Estepa arbustiva dominada por *Baccharis boliviensis*, Yavi, Jujuy, 3600 msnm; **C.** Estepa arbustiva dominada por *Adesmia horrida* y *Tetraglochin cristatum*, Tres Cruces, Jujuy, 3700 msnm; **D.** Estepa arbustiva dominada por *Fabiana densa* y *Adesmia horrida*, Tres Cruces, Jujuy, 3700 msnm. 1A, B y C, fotografías tomadas en verano; y 1D en invierno.

Queñoales, cardonales y churcales.— Por su rareza, las formaciones arbóreas de la Puna atraen mucho la atención. Existen dos especies de árboles del género *Polylepis* (queñoa), *P. tomentella* y *P. tarapacana*, que crecen naturalmente en la región. La primera forma bosques aislados y ralos entre

3500 y 4000 m en el sector este de la Puna seca de Jujuy, ubicándose casi exclusivamente en quebradas protegidas donde probablemente recibe aportes extras de agua, debido a la topografía (Figura 4A) o en laderas expuestas al SE, en el nivel de pastizales altoandinos. Por su parte *P. tarapacana* aparece

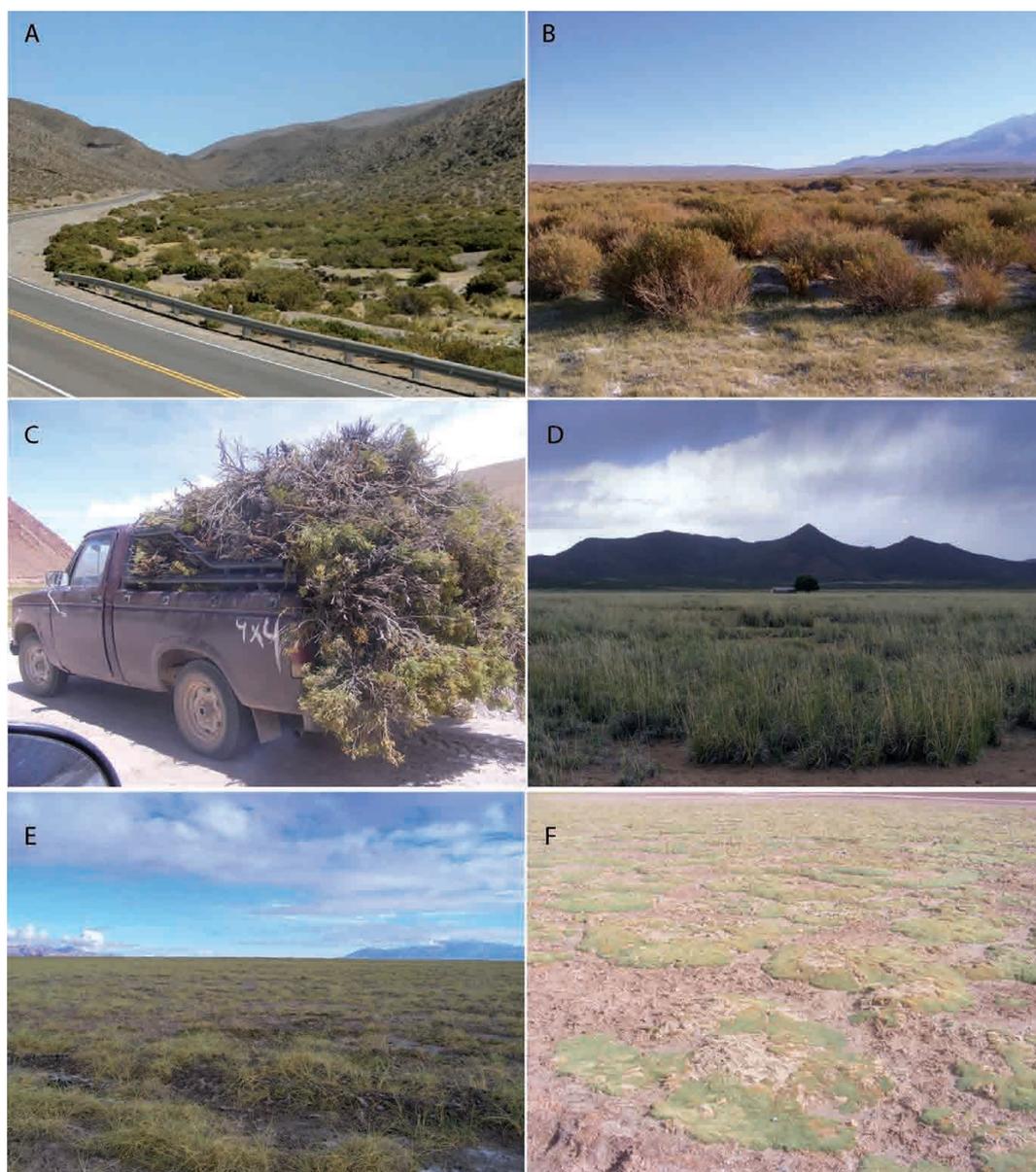


Figura 3. Comunidades edáficas. **A.** Tolar de *Parastrephia lucida*, en fondo de quebrada, Abra Blanca, Salta, 4000 msnm; **B.** Tolar de *P. lucida*, en Tolar Grande, Salta, 3500 msnm; **C.** Transporte de tola para combustible, Pastos Grandes, Salta; **D.** Pastizal (esporal) de *Chenchrus chilense*, Abra Pampa, Jujuy, 3450 msnm; **E.** Comunidad salina de *Sporobolus rigens* y *Frankenia triandra*; **F.** Comunidad salina de *Frankenia triandra* y *Lycium humile*.

en el piso Altoandino del sector centro norte de la provincia de Jujuy, en las serranías de Rachaite, volcán Granados y Lagunillas del Farallón, entre 4300 y 4700 m (Figura 4B). Generalmente tiene porte arbustivo más que arbóreo, y con frecuencia crece parcialmente enterrado en el suelo, ramificándose ya por debajo de la superficie. Se trata de la especie arbórea que se desarrolla a mayor altitud en el territorio argentino, y puede llegar hasta los 5200 msnm más al norte, en el volcán Sajama, Bolivia (Cuyckens *et al.*, 2016). *Polylepis tarapacana* es una especie longeva (con ejemplares de hasta 600 años) que presenta anillos de crecimiento anuales, permitiendo el desarrollo de reconstrucciones climáticas de varios siglos para la Puna (Morales *et al.*, 2015).

También penetran en la Puna, en los sectores lindantes con quebradas que suben desde el llano, bosques muy ralos de *Prosopis ferox* (churqui). Ejemplos de estos bosquecitos se encuentran en la quebrada del río Las Burras cerca de Susques y en la cuenca del río San Juan de Oro, límite con Bolivia.

Los cardonales de *Trichocereus atacamensis* (cardón pasacana) son comunes en todas las quebradas de acceso a la Puna y en los ambientes de Monte de Sierras y Bolsones (o Prepuna según Cabrera, 1971). Pero acompañando a la Puna seca, los cardonales se extienden hasta 3900 m (Figura 4C), y en algunos casos, como en la quebrada de Rachaite, o la quebrada de Susques, crecen en laderas de mucha pendiente y con exposición norte o noreste en el mismo corazón de la

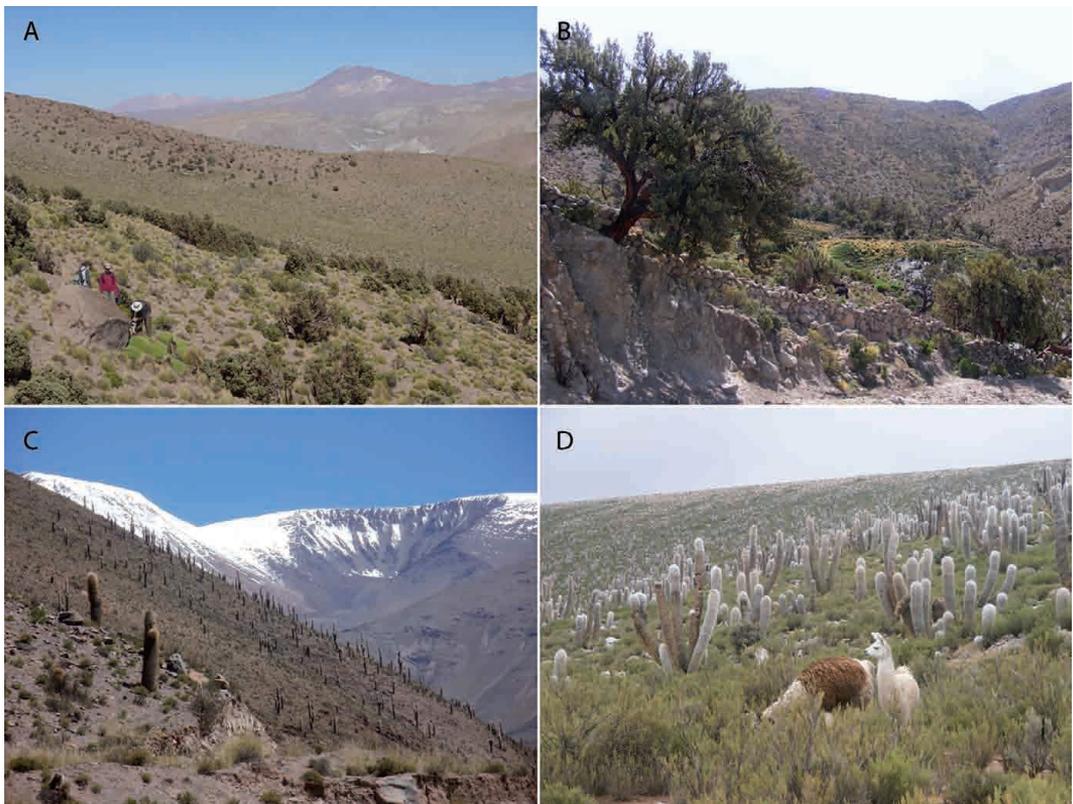


Figura 4. Queñoales y cardonales. **A.** Bosquecitos de *Polylepis tarapacana*, Puca Cueva, Jujuy, 4400 msnm; **B.** Bosquecitos de *Polylepis tomentella*, Abra de Rachaite, Jujuy, 4000 msnm; **C.** Cardonal de *Trichocereus atacamensis*, ruta a San Antonio de los Cobres, Salta, 3800 msnm; **D.** Cardonal de *Oreocereus celsianus*, en arbustal de *Baccharis boliviensis* y *Fabiana densa*, Suripugio, Jujuy, 3600 msnm.

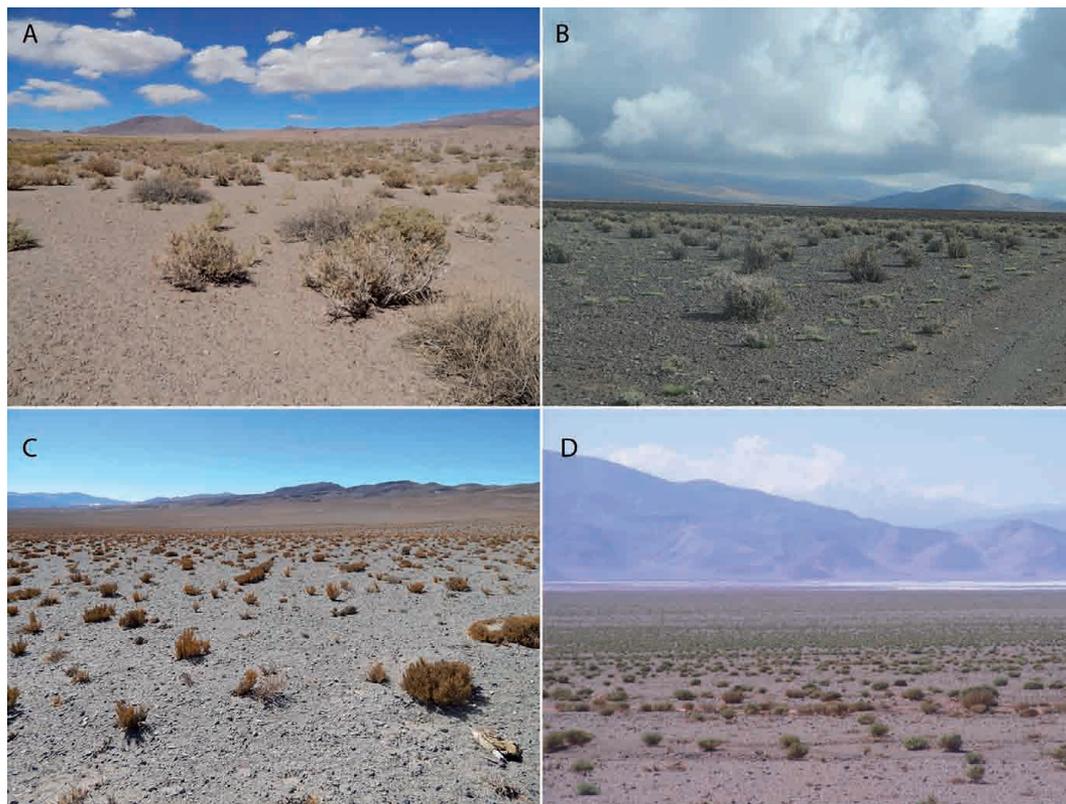


Figura 5. Puna desértica. **A.** Arbustal *Aloysia deserticola* (= *Acantholippia deserticola*), Antofagasta de la Sierra, Catamarca, 3100 msnm; **B.** Arbustal de *Lycium chañar*, San Guillermo, San Juan, 3600 msnm; **C.** Arbustal de *Fabiana densa*, *Junelia seriphioides* y *Adesmia horrida*, cuenca de Laguna blanca, Catamarca, 3600 msnm; **D.** Arbustal de *Atriplex imbricata*, Salar de Pocitos, Salta, 3700 msnm.

Puna jujeña. En el borde oriental de la Puna seca, en los contrafuertes de la serranía de Santa Victoria, aparecen cardonales, en algunos casos extendidos y relativamente densos, de *Oreocereus celsianus* (Figura 4D).

PUNA DESÉRTICA

Cabrera (1968) indica que las comunidades de la Puna desértica son las mismas que las presentes en la Puna seca, solo que más empobrecidas, es decir mucho menos densas. Aunque esto parece ser el caso en algunas áreas, con frecuencia se presentan comunidades donde una sola especie es ampliamente dominante, o casi la única, como por ejemplo *Aloysia deserticola* (= *Acantholippia deserticola*, rica-rica) en la cuenca de Antofagasta de la sierra, Catamarca (Figura

5A), o *Lycium chañar* (acerillo) en el norte de las Pampas de San Guillermo, San Juan (Figura 5B), o comunidades dominadas por pocas especies; *Fabiana densa* (tolilla), *Junelia seriphioides* y *Adesmia horrida*, en la cuenca de Laguna Blanca, Catamarca (Figura 5C). En varios bolsones con salares, *Atriplex imbricata* (cachiyuyo) forma un ancho halo, cientos de metros a kilómetros, rodeando cada salar (Figura 5D). Esto se debe probablemente a la salinización de los suelos, causada, al menos en parte, por polvo salino que deriva a la periferia arrastrado por el viento.

Una serie de trabajos enfocados en distintas cuencas han realizado descripciones muy detalladas de Puna desértica: Borgnia *et al.* (2006), Martínez Carretero (1997), Martínez

Carretero *et al.* (2010), Fabbroni (2015), Tálamo *et al.* (2010), Vervoorst (1951).

Zonas sin vegetación.— Además de la cobertura dominante de arbustos, en sectores que corresponderían a la Puna desértica, hay parches de cientos o aún miles de hectáreas, en los cuales no se observa absolutamente ninguna planta vascular. Tampoco es evidente que, en algún momento, fruto de precipitaciones extraordinarias, estas zonas tengan al menos vegetación herbácea efímera. En algunos casos, como en el Desierto del Diablo, Salta (Figura 6A), esta ausencia absoluta de plantas vasculares parece atribuible a la combinación de textura arcillosa con elevada salinidad. En otros lugares, como Carachipampa, Catamarca (Figura 6B y C), la explicación podría ser que el suelo de grava y arena pierde rápidamente en profundidad cualquier agua que pudieran aportar las precipitaciones. Una situación similar parece

presentarse en la zona del Paso de la Laguna de Veladero en La Rioja (Figura 6D), en niveles de la provincia Altoandina, pero por debajo del límite altitudinal de vegetación. Se trata ciertamente de un fenómeno que merece investigarse con más profundidad.

PROVINCIA ALTOANDINA

PASTIZALES ALTOANDINOS

Los pastizales son las formaciones más extensas y dominantes en la provincia Altoandina. Por arriba de 4000-4100 y hasta 4600 msnm, aunque a veces tan alto como 5000 m, la especie dominante por excelencia es *Festuca ortophylla* (iro). Se trata de áreas que, por su mayor altitud, y frecuencia de nubes y neblina, poseen un balance hídrico más favorable que los bolsones más deprimidos de la Puna. *Festuca ortophylla* forma matas densas, que adquieren forma circular,



Figura 6. Zonas sin vegetación. **A.** Desierto del Diablo, Salta, 3700 msnm; **B-C.** Carachipampa, Catamarca, 3050 msnm; **D.** Paso Laguna de Veladero, La Rioja, 4400 msnm.



Figura 7. Pastizales altoandinos. **A-B.** Pastizal de iro (*Festuca ortophylla*), quebrada de Real Grande, Antofagasta de la Sierra, Catamarca, 4300 msnm; **C.** Pastizal de *Pappostipa frigida*, bajada de Tebenquincho a Arizaro, Catamarca, 4200 msnm; **D.** Pastizal de *Deyeuxia* cf. *crispa*, ruta a paso San Francisco, 4100 msnm.

o de terraza, muy longevas (probablemente décadas, siglos o aún milenios; Halloy, 2002, que van estructurando el suelo con su sistema de raíces y rizomas. Protegidas por ese entramado, pero mucho menos importantes en cuanto a biomasa, aparecen distintas especies de dicotiledóneas (pertenecientes a los géneros *Senecio*, *Oxalis*, *Gentianella*, *Callandrinia*, etc.).

Festuca ortophylla es claramente la especie más abundante en biomasa en los ambientes altoandinos (Figura 7A y B). Sin embargo, en los sectores más áridos, como las cadenas montañosas y cuencas situadas más al oeste, cercanas a la frontera con Chile, otras gramíneas son las dominantes en los pastizales, en los cuales con frecuencia una sola especie es la dominante: *Pappostipa frigida* (Figura 7C), *Deyeuxia crispa*

(Figura 7D), *Deyeuxia cabreræ*, *Pappostipa hieronymusii*, a veces alternan arbustos de *Baccharis tola* (= *Baccharis incarum*; lejiá), *Ephedra breana*, *Adesmia* sp., etc.). En laderas pedregosas y expuestas o roquedales el pastizal puede estar muy disminuido o aún desaparecer. Allí predominan arbustos, cojines, placas y rosetas, en especial *Baccharis incarum*, *Tetraglochin cristatum*, *Azorella ulicina* y *Adesmia* sp.

COJINES

Las plantas en cojín constituyen un elemento característico de la alta montaña. En la Puna argentina son frecuentes en los ambientes altoandinos. Entre las más comunes se encuentran *Azorella compacta* (yareta) (Figura 8A), *Adesmia nanolignea* (Figura 8B) y otras especies de *Adesmia*. La misma

estructura adoptan individuos adultos de *Maihueniopsis boliviana* (Figura 8C). Aunque no es estrictamente un cojín compacto, *Ephedra breana* forma en muchas ocasiones una estructura muy similar a un cojín laxo, que adquiere densidad por la incorporación de arena en su interior (Figura 8D). Las especies *Frankenia trianda* y *Lycium humile* for-

man placas aisladas a modo de mosaicos, en bordes de salares.

Los cojines son estructuras muy longevas, los más grandes llegando probablemente a varios siglos. Su datación presenta dificultades metodológicas no resueltas, si bien en el caso de *Adesmia* ha habido algunas experiencias de datación. En Perú se ha estimado la



Figura 8. Cojines. **A.** *Azorella compacta*, Lagunillas del Farallón, Jujuy, 4300 msnm; **B.** *Adesmia nanolignea*, salina del Leoncito, La Rioja, 3700 msnm; **C.** *Maihueniopsis boliviana*, cuenca de Laguna Grande, Catamarca, 4300 m; **D.** *Ephedra* sp., El Peñon, Catamarca, 3600 msnm; **E.** *Adesmia crassicaulis* y **F.** *Junellia aretioides*, especies en cojín características de la comunidad vegetal "cryptofruticetum", Abra del Acay, Salta, 4500 msnm.



Figura 9. Vegas. **A.** Vega de Quebrada Seca, Antofagasta de la Sierra, Catamarca, 3700 msnm; **B.** Vega Ruta Nacional 76, La Rioja, 4300 msnm; **C.** Vega de Laguna de Antofagasta, Catamarca, 3300 msnm pastoreada por llamas; **D.** Vega Abra del Acay, Salta, 4700 msnm, pastoreada por vicuñas.

edad de *Azorella compacta* en alrededor de tres mil años, y en Bolivia más de 800 años (Scott, 2006). Por su parte, Halloy (2002) estima la edad de *Azorella* creciendo en ambientes altoandinos en más de 1000 años. En algunos lugares, como por ejemplo Lagunillas del Farallón, Jujuy (Figura 8A), hay ejemplares de tamaño considerable, creciendo a gran altura (4400 msnm).

El *cryptofruticetum* es una comunidad vegetal característica y distintiva de algunos ambientes altoandinos. Es relativamente frecuente en los macizos que bordean la Puna al este, pero rara en el centro, aunque varias especies aparecen de manera más aislada. Típicamente es un mosaico de placas y cojines que sobresale apenas 1-3 cm del suelo, que es de tipo limo-arcilloso y pedregoso. El nombre *cryptofruticetum* significa “arbustal

escondido” y hace referencia a que la parte aérea de la vegetación está enterrada, quedando solo las copas en la superficie, asemejándose a un bosque subterráneo (Halloy *et al.*, 2008). Entre las especies frecuentes en esta comunidad aparecen *Adesmia crassicaulis*, con troncos leñosos retorcidos enterrados íntegramente, *Astragalus* spp., *Nototriche* sp., *Azorella* sp., *Junellia arietoides* y *Oriastrum pulvinatum* (Figura 8E y F).

VEGAS

Las vegas o bofedales son comunidades vegetales siempre verdes, hidromórficas, que permanecen inundadas permanentemente o durante buena parte del año, que ocupan sectores deprimidos y fondos de valle (Izquierdo *et al.*, en este volumen; Figura 9A y

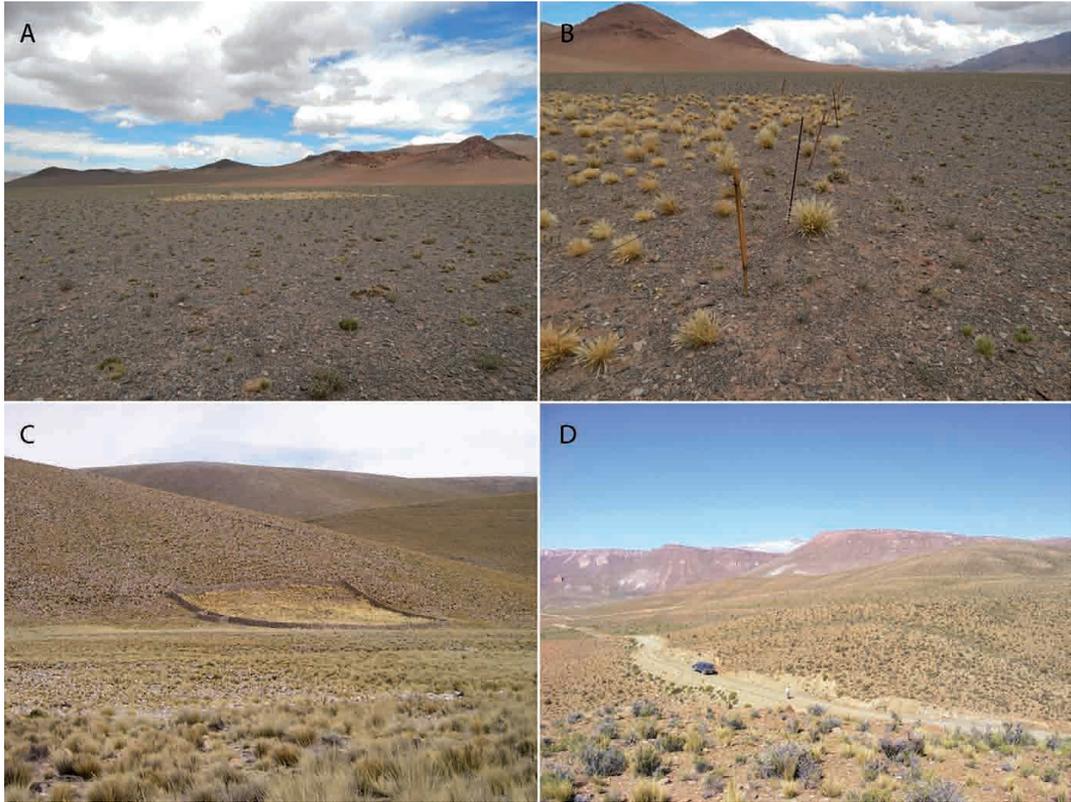


Figura 10. Efecto del pastoreo. **A-B.** Clausura experimental, Parque Nacional San Guillermo, San Juan, 3500 msnm; **C.** Clausura tradicional, Viscachani, Jujuy, 4100 msnm. El pastizal de *Festuca* es transformado localmente en arbustal de *Baccharis tola*; **D.** Arbustal puneño en un área donde sería esperable pastizal altoandino, Lagunillas del Farallón, Jujuy, 4300 msnm.

B). Están constituidas por un tapiz vegetal denso y continuo, con predominio de plantas tipo almohadilla o cojín y cespitosas, entre las que predominan juncáceas, como *Oxychloë andina* y *Distichia muscoides*, ciperáceas, como *Carex* sp. y *Zameoscirpus* sp., y poáceas como *Deyeuxia hackelli*. En los cursos o pozos de agua crecen especies acuáticas, como *Myriophyllum quitense* y *Stuckenia filiformis*. Por debajo de la alfombra verde superficial, suele existir una capa, a veces profunda, de hasta algunos metros, de materia orgánica muerta (turba).

Vegas como las descritas más arriba están presentes en las nacientes de la mayoría de los arroyos, como un componente dentro de la provincia Altoandina. Cuando estas formaciones penetran en sectores más bajos, en la provincia puneña, y hay un aumento de la

salinidad o están directamente asociadas a sales, hay predominio de especies halófitas, como *Nitrophilla australis* o *Triglochin concinna*. Estos sistemas son la fuente de agua, crítica en estas regiones, donde se concentra una porción sustancial de la productividad vegetal y de la biodiversidad (Figura 9C y D). Las vegas presentan casi sin excepción, la mayor carga animal, tanto silvestre, como domesticada, siendo el sobrepastoreo una de sus principales amenazas.

EFEECTO DEL PASTOREO

En la Puna el pastoreo tiene características migratorias, con los arbustales y pastizales aprovechados de manera extensiva durante el breve período estival húmedo y concentrándose en las vegas y tolares du-

rante el resto del ciclo anual, predominantemente frío y seco (Halloy *et al.*, 2008). La diferencia entre los ambientes puneños (arbustal) y los altoandinos (pastizal) está dada según la mayoría de los autores por la aridez y temperaturas bajas. Sin embargo, hay evidencia anecdótica y experimental que sugiere que el pastoreo cumple también un rol determinante. En el PN San Guillermo, clausuras impuestas para controlar el pastoreo de vicuñas muestran un notable impacto (Figura 10A y B). De estar las vicuñas más reducidas en número, los ambientes mostrarían claramente un paisaje donde los pastizales serían los dominantes, en lugar de un arbustal ralo dominado por *Adesmia*. De hecho, en los lugares donde el puma mantiene alejadas las vicuñas, el pastizal es notablemente más abundante (Donadio y Buskirk, 2016).

En la Puna y montañas del NOA los pastores locales han manejado tradicionalmente clausuras, para mantener reservas de forraje a resguardo del ganado (Figura 10C). Con ellas se pone en manifiesto el efecto del pastoreo doméstico, con frecuencia mucho más impactante que el pastoreo de los camélidos silvestres nativos, vicuñas y guanacos (Quiroga Mendiola y Cladera, en este volumen). La periferia de los puestos y centros poblados presenta con mucha frecuencia procesos de arbustificación (Figura 10D). Cabe preguntarse, en qué medida la dominancia de arbustos en la Puna seca no es sino el resultado artificial de siglos de pastoreo con ganado doméstico o aún del manejo de las vicuñas silvestres, eliminando principalmente al puma, su mayor factor de control. El fuego asociado a la ganadería cumple un rol muy importante en los pastizales de neblina del NOA, donde se lo usa extensamente como herramienta de manejo. En la Puna, el espaciamiento grande entre las matas de pasto y los arbustos hacen improbable que haya tenido un uso similar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Stephan Halloy y dos revisores anónimos por las sugerencias

y correcciones realizadas y a Karina Buzza, de Fundación Proyungas, por la edición del mapa fitogeográfico de la Puna.

LITERATURA CITADA

- Borginia M., Maggi A., Arriaga M., Aued B., Vila B., Cassini M. 2006. Caracterización de la vegetación de la Reserva de Biosfera Laguna Blanca (Catamarca, Argentina). *Ecología Austral*, 16: 29-45.
- Bonaventura S. M., Tecchi R., Vignale D. 1998. La vegetación de la Reserva de la Biosfera Laguna de Pozuelos. En: J García Fernández y R. Tecchi (eds.), Bases para la conservación y manejo de la Puna y cordillera frontal de Argentina. El rol de las Reservas de la Biosfera. Unesco, Fucema, pp. 43-60.
- Cabrera A. L. 1957. La vegetación de la Puna argentina. *Revista de Investigaciones Agrícolas*, 11: 317-512
- Cabrera A. L. 1968. *Ecología vegetal de la Puna. Geo-Ecology of the Mountain Regions of the Tropical Americas*. 91-116.
- Cabrera A. L. 1971. *Fitogeografía de la República Argentina*. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 14: 1-50.
- Cuello S. 2006. *Guía ilustrada de la flora de Antofagasta de la Sierra, Catamarca*. Tesina de Grado. Facultad de Ciencias Naturales-UNT, Tucumán, 165 pp.
- Cuyckens G. A. E., Christie D. A., Domic A. I., Malizia L. R., Renison D. 2016. Climate change and the distribution and conservation of the world's highest elevation woodlands in the South American Altiplano. *Global and Planetary Change*, 137: 79-87.
- Donadio E., Buskirk S. W. 2016. Linking predation risk, ungulate antipredator responses, and patterns of vegetation in the high Andes. *Journal of Mammalogy*, 97: 966-977.
- Fabbroni M. 2015. *Flora de Tocomar y Campo Amarillo (Salta, Argentina)*. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50: 171-192.
- Halloy S. R. P. 2002. Variations in community structure and growth rates of high-Andean plants with climatic fluctuations. En C. Körner y E. M. Spehn (eds.), *Mountain Biodiversity: a global assessment*. Parthenon Publishing, London, pp. 227-239.
- Halloy S. R. P., Beck S. G., Ledezma J. C. 2008. *South America – Central Andean Grasslands (Páramo, Puna) and High-An-*

- dean (central and southern Perú, western Bolivia, northern Chile and northwestern Argentina). En B. Peart (ed.), A compendium of regional templates on the status of temperate grasslands conservation and protection. IUCN, Quito, Ecuador, pp. 148-159.
- Izquierdo A. E., Aragón R., Navarro C., Casagrande E. 2018. Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. E. Izquierdo y A. Grau (eds.), Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 96-111.
- Martínez Carretero E., Dalmasso A. D., Márquez J., Martinelli M. 2010. Plant communities and phytogeographical units from NW San Juan Province (High Central Andes of Argentina). *Candollea*, 65: 69-93.
- Martínez Carretero E. 1997. The Puna vegetation in the valley of Río Cazaderos, Catamarca Province, Argentina. *Candollea*, 52: 497-508.
- Martínez Carretero E. 1995. La Puna argentina: delimitación general y división distritos florísticos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 31: 27-40.
- Morales M., Carilla J., Grau R., Villalba R. 2015. Multi-century lake area changes in Southern Altiplano: a tree-ring-based reconstruction. *Climate of the Past*, 11: 1139-1152.
- Quiroga Mendiola M., Cladera J. 2018. Ganadería en la Puna argentina. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. E. Izquierdo y A. Grau (eds.), Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 387-402.
- Ruthsatz B., Movia C. 1975. Relevamiento de las estepas andinas del NO de Pcia. de Jujuy. FECYT, Argentina.
- Scott D. K. 2006. Age structure of the cushion plant *Azorella compacta* on Nevado Sajama, Bolivia. Humboldt State University, Arcata, California.
- Tálamo A., Tolaba J., Trucco C., Acuña E. 2010. Unidades de vegetación y composición florística en sectores del Altiplano del noroeste de Argentina. I. Ambientes de estepas. *Ecología en Bolivia*, 45: 4-19.
- Troll C. 1959. Die Tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. *Bonner Geographischer Heft* 25, 23 pp.
- Vervoorst F. 1951. Resultados de un viaje a la cuenca de la laguna Verde (Tinogasta, Catamarca). XV Semana de Geografía (GAEA), Actas: 61-67.
- Weberbauer A. 1922. Die Vegetationskarte der peruanischen Anden. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 1922: 89-91.