

Serie Conservación de la Naturaleza
Nº 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 Azpelcueta (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 Culcid 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 Szumiłk (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: Puncoviscana, sus huellas fósiles y su antigüedad</i>	30
ACEÑOLAZA, FLORENCIO GILBERTO	
CAPÍTULO 2. Volcanismo	32
GROSSE, PABLO; SILVINA R. GUZMÁN	
<i>Box: El volcán Tuzgle: un proyecto para la obtención de energía geotérmica</i>	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: El antiguo papel de las vegas en la Puna catamarqueña</i>	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: Estacionalidad climática e hidrológica: las vegas puneñas</i>	92
NAVARRO, CARLOS JAVIER	
<i>Box: Aprovechando la energía solar en la Puna</i>	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 CASAGRANDE	
<i>Box: El manejo de las vegas como estrategia adaptativa de las poblaciones puneñas</i>	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: Huellas de aves fósiles</i>	141
ALONSO, RICARDO	
CAPÍTULO 7. Vegetación de la Puna argentina	143
CARILLA, JULIETA; ALFREDO GRAU; SOLEDAD CUELLO	
<i>Box: Ángel Cabrera y la Puna</i>	157
BROWN, ALEJANDRO D.	
<i>Box: Musgos del Socompa: islas de vida en el cielo</i>	159
HALLOY, STEPHAN	
CAPÍTULO 8. Estado actual de conocimiento de las aves de la Puna argentina	161
OSINAGA ACOSTA, ORIANA; EDUARDO MARTÍN	
<i>Box: Los flamencos de los Andes</i>	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	
<i>Box: El burro en la Puna. ¿Invasor o restaurador?</i>	207
GRAU, H. RICARDO	
CAPÍTULO 10. Herpetofauna de la Puna	209
BARRIONUEVO, JOSÉ SEBASTIÁN; CRISTIAN SIMÓN ABDALA	
<i>Box: Peces de la Puna</i>	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: Artrópodos de la Puna</i>	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: Diatomeas en humedales de la Puna</i>	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	
<i>Box: El potencial tecnológico alrededor del litio</i>	422
FLEXER, VICTORIA	
<i>Box: Drenaje ácido en la Puna</i>	424
MURRAY, JESICA; ALICIA KIRSCHBAUM	
CAPÍTULO 20. Valorización turística en la Puna: tendencias recientes	426
TRONCOSO, CLAUDIA ALEJANDRA	
<i>Box: Los seismiles de la Puna</i>	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: ¿La esquila de vicuñas silvestres conserva el formidable rol ecológico de esta especie?</i>	463
DONADIO, EMILIANO	
CAPÍTULO 22. Áreas protegidas de la Puna	465
REID RATA, YAIZA; LUCIO R. MALIZIA; ALEJANDRO D. BROWN	
<i>Box: Novedoso proceso de planificación territorial integral aplicado en la Reserva Provincial Los Andes-Salta</i>	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: Teleacoples del litio</i>	498
CASAGRANDE, 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 Anthropocene 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.

I

El ambiente físico

1 ► Geología

Hongn, Fernando¹; Carolina Montero-López¹; Silvina Guzmán^{1,2};
Alejandro Aramayo¹

¹ Instituto de Bio y Geociencias del NOA, UNSa, CONICET, 9 de julio 14, (4405) Rosario de Lerma, Salta, Argentina. fhongn@conicet.gov.ar

² Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", CSIC, Sole i Sabaris s/n, 08028, Barcelona, España.

► **Resumen** — La Puna argentina, con una altura de base promedio de 3.500 msnm, forma parte del *plateau* Andino, el segundo más grande del mundo después del Tíbet. Este *plateau* está relacionado a un orógeno no colisional, constituyendo una paradoja en la tectónica de placas. Se ubica en los Andes Centrales, entre los 22° y 27° de latitud sur. Hacia el este limita con las provincias geológicas Cordillera Oriental y Calchaquenia, hacia el sur con las Sierras Pampeanas Septentrionales, Sistema de Famatina y Cordillera Frontal, y hacia el oeste con la Cordillera Occidental, en Chile. Hacia el norte tiene continuidad con el Altiplano boliviano que llega hasta el sur de Perú. Estructuralmente la Puna está caracterizada por fallas inversas y pliegues asociados con rumbos dominantes norte-sur; se destacan también estructuras oblicuas o lineamientos en dirección NE-SO y NO-SE sobre los que se alinean centros volcánicos. Algunas de estas fallas son de edad paleozoica y mesozoica y fueron reactivadas durante el Cenozoico. Esta región sobreelevada, que se diferenció como un área con características geológicas propias durante el Cenozoico, presenta marcadas diferencias con respecto a las provincias geológicas vecinas: se destacan el gran volumen de volcanismo cenozoico ampliamente distribuido, la formación de extensos salares bordeados por bloques de basamento levantados por fallas inversas que conforman sierras de rumbo N-S principalmente, un drenaje cerrado y clima árido. En este capítulo presentamos una reseña de las rocas y estructuras principales que conforman la Puna y su historia geológica.

Palabras clave: Puna, Andes Centrales, Noroeste argentino, deformación, volcanismo.

► **Abstract** — "Geology". The Argentine Puna, with an average elevation above 3,500 m asl belongs to the Andean *plateau*, the second largest *plateau* in the world after the Tíbet. This *plateau* is related to a non-collisional orogen; it is located in the Central Andes, between 22° and 27° S latitude. It limits with the Eastern Cordillera and Calchaquenia to the east, with the Northern Sierras Pampeanas, Famatina System and Frontal Cordillera to the south, and with the Western Cordillera in Chile to the west. Its continuation to the north is the Bolivian Altiplano, which reaches southern Perú. Structurally, reverse faults and related folds with N-S trend define the main structures in the Puna region; NE-SW and NW-SE oblique lineaments along which volcanic centers are aligned, are also conspicuous structural features. Some of these faults are Paleozoic and Mesozoic and have been reactivated during the Cenozoic. This elevated region has distinctive features from the surrounding regions: a widespread profuse Cenozoic volcanism, salt flats bordered by reverse fault-bounded basement ranges with N-S trends, internal drainage and arid climate. The main geological features characterizing the Puna are of Cenozoic age. In this chapter, we present an overview about the main structures and rocks forming the Puna and its geological evolution.

Keywords: Puna, Central Andes, Northwestern Argentina, deformation, volcanism.

INTRODUCCIÓN

La cordillera de los Andes se extiende por aproximadamente 7.000 km a lo largo del borde occidental de América del Sur y constituye una cadena montañosa vinculada a la subducción de litosfera oceánica por debajo del continente sudamericano. La in-

teracción entre las placas tectónicas dispara los procesos geológicos (fundamentalmente deformación, sedimentación y magmatismo) que dan origen a la cordillera. A lo largo de los Andes se reconocen diferentes segmentos que se vinculan con particularidades del sistema de subducción (velocidad, dirección y ángulo de subducción, configuración de la

corteza) que resultan en las diferentes características geológicas de las regiones. Los Andes Centrales que se extienden entre Perú y el centro de Argentina contienen al *plateau* Altiplano Boliviano-Puna Argentina (Figura 1), el segundo más alto del mundo después del Tíbet. Esta altiplanicie es una de las particularidades más conspicuas de los Andes, dado que los *plateaux* son típicos de cordilleras de colisión como la del Himalaya. El acortamiento tectónico, la adición magmática, la escasa capacidad de las cuencas para evacuar los materiales depositados, entre otros, son los mecanismos y procesos vinculados con el margen de subducción (Figura 2) que se proponen como generadores del Altiplano-Puna (Allmendinger, 1986; Oncken *et al.*, 2006).

La porción argentina de la Puna (“región de altura” en quechua) se extiende desde los 22° a 27° de latitud sur, abarcando las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca en el

noroeste de Argentina (Figura 1). La mención de la Puna como región geológica se debe a Brackebusch (1891), sin embargo se atribuye a Keidel (1927) su definición con un enfoque geológico-geomorfológico que sentó las bases para su identificación como provincia geológica o región morfoestructural y que persiste hasta nuestros días. Turner (1972) brindó la primera síntesis de la Puna como provincia geológica, la que a grandes rasgos se mantiene en reseñas posteriores (e.g., Turner y Mon, 1979; Ramos, 1999). El volcanismo y los salares constituyen rasgos típicos de la Puna que la convierten en un paisaje único en el mundo. Sin embargo, sus límites se establecen a partir del drenaje endorreico o cerrado, por lo que sus bordes están marcados por las divisorias de aguas que separan las cuencas con drenaje hacia el interior puneño de aquellas que forman las cabeceras de sistemas que drenan hacia los océanos o hacia otras depresiones como la

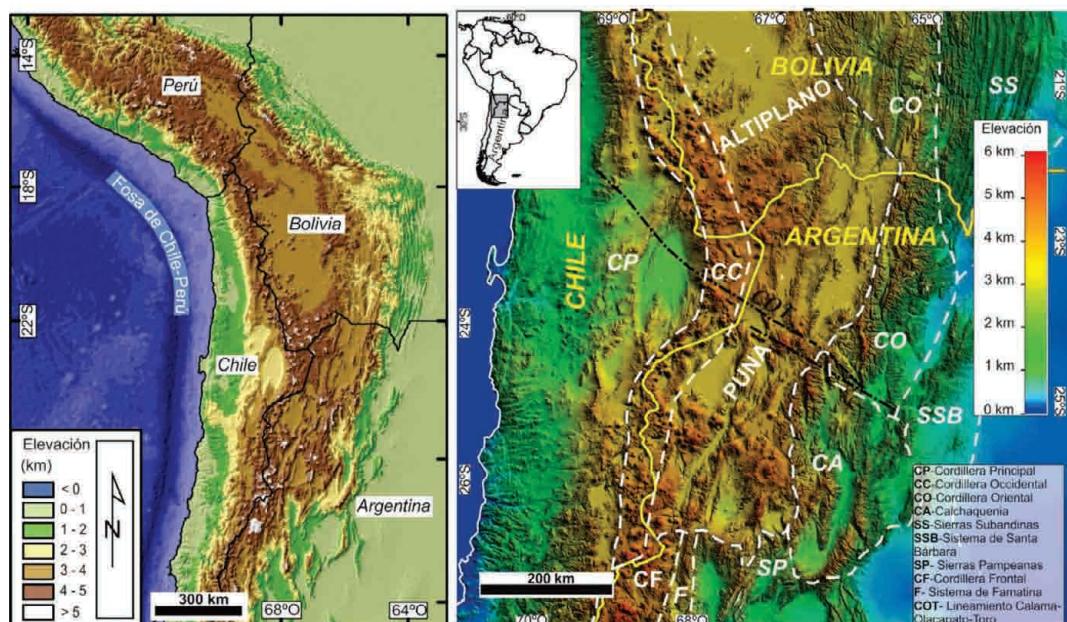


Figura 1. Modelo de elevación digital (MED) de los Andes entre 20° y 28°S donde se indican los límites de la Puna y las regiones o provincias geológicas que la limitan. El modelo destaca nitidamente la altitud que caracteriza a la Puna (nivel de base por arriba de 3.500 m snm) y algunos rasgos geomorfológicos típicos (morfologías volcánicas, extensas áreas sin relieve marcado y con drenaje cerrado donde se desarrollan los salares). Estos rasgos contrastan con los de regiones vecinas, por ejemplo Cordillera Oriental y Sierras Pampeanas, donde el MED resalta los valles intermontanos con diferencias de altitud marcadas entre el valle y las sierras circundantes.

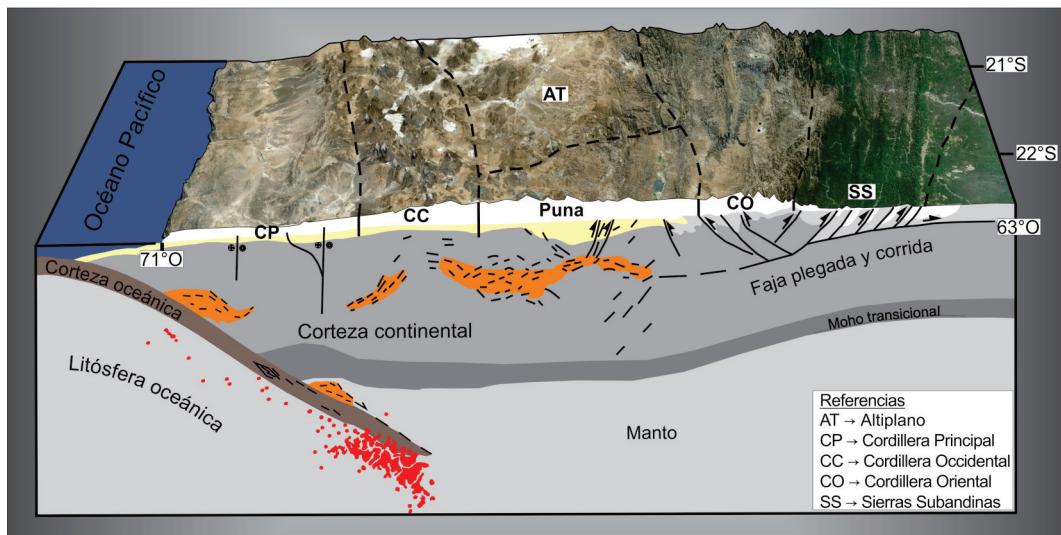


Figura 2. Corte esquemático aproximadamente a los 22°30'S que muestra la Puna en el contexto del borde de subducción de América del Sur. Los sectores de color naranja indican zonas donde se originan fluidos que dan lugar al magmatismo. Los puntos rojos señalan sismos relacionados con la interacción de las placas de Nazca y Sudamericana. Las líneas negras sintetizan las principales estructuras en niveles corticales superiores (líneas llenas) y medio-inferiores (líneas entrecortadas). Modificado de ANCOP (1996) en Oncen *et al.* (2003).

de Pipanaco en las provincias de Catamarca y La Rioja. La región está caracterizada por una altiplanicie con un nivel de base generalmente por encima de los 3.500 m s.n.m. a partir de la cual emergen sierras con orientación aproximadamente N-S y edificios volcánicos, cuyas altitudes en algunos casos superan los 6.000 m s.n.m. Presenta límites bien definidos hacia el noreste con la Cordillera Oriental, hacia el sureste con Calchaquenia y hacia el sur con la Cordillera Frontal, el Sistema de Famatina y las Sierras Pampeanas. La sierra de San Buenaventura, extendida en dirección este-oeste, marca la divisoria de aguas en el borde sur de la Puna. Hacia el oeste la Puna limita con la Cordillera Occidental y coincide aproximadamente con la frontera argentino-chilena, y con la línea de cumbres formada por los grandes estratovolcanes del Cenozoico superior (Ramos, 1999). Un rasgo representativo de la Puna es su clima árido y seco como resultado de su elevada topografía y su posición latitudinal; las elevaciones que limitan la Puna hacia el oriente retienen la humedad proveniente del

este, rasgo ya mencionado por los primeros autores que estudiaron la región, pero que ha concentrado investigaciones novedosas en los últimos años (e.g., Castino *et al.*, 2016). Alonso *et al.* (1984) dividieron a la Puna en dos grandes regiones de acuerdo con las características del volcanismo y la tectónica: Puna septentrional o jujeña y Puna austral o salto-catamarqueña, limitadas por el lineamiento regional en dirección NO-SE Calama-Olacapato-Toro (COT, Salfity *et al.*, 1975; Mon, 1976) (Figura 1).

ESTRATIGRAFÍA: ORIGEN, EDADES, DISTRIBUCIÓN

El tiempo geológico se divide en eras cuyos límites están marcados por un acontecimiento global, por ejemplo aparición o extinción de especies. Las eras abarcan millones de años (Ma) y se dividen en neoproterozoica (1.000-541 Ma), paleozoica (541-252 Ma), mesozoica (252-66 Ma) y cenozoica (66 Ma – presente). La definición de un nuevo tiempo, el Antropoceno, para

indicar la influencia de la especie humana en los fenómenos globales, es motivo actual de discusión.

El registro geológico de la Puna cubre un extenso lapso que se inicia en el Neoproterozoico-Paleozoico inferior, representado por unidades que constituyen lo que en forma genérica se conoce como el basamento, sobre el cual se disponen unidades sedimentarias y volcánicas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas.

NEOPROTEROZOICO-PALEOZOICO

Las unidades del Neoproterozoico-Paleozoico Inferior (570 a 530-520 Ma) componen importantes afloramientos en la Puna, principalmente conformando el núcleo de las serranías (Figura 3). Las unidades más antiguas están representadas por rocas metamórficas de muy bajo y bajo grado (el metamorfismo ocurre cuando las rocas son soterradas y las condiciones físicas —aumento de temperatura y presión— generan transformaciones y nuevos minerales. El grado metamórfico describe la intensidad de esos cambios. Muy bajo y bajo grado indica que los cambios son suaves, medio grado significa cambios bien definidos y alto grado que las rocas cambiaron sensiblemente su mineralogía y su aspecto respecto a la litología original) que se distinguen de forma genérica como Formación Puncoviscana (Turner, 1960; Aceñolaza y Aceñolaza, 2007) (Figura 4A). Los principales afloramientos de esta formación se encuentran sobre el borde oriental de la Puna y corresponden a sucesiones marinas de profundidades intermedias (talud continental) (Aceñolaza y Aceñolaza, 2007; Adams *et al.*, 2011; Suzaño, 2015). Por su parte, el borde occidental de la Puna de Salta y Catamarca muestra afloramientos aislados de rocas metamórficas que se atribuyen al basamento neoproterozoico-cámbrico (Segerstrom y Turner, 1972; Seggiaro *et al.*, 2004, 2006) todos situados entre el salar de Antofalla y el límite con Chile. En el límite sur de la Puna, en las serranías que forman parte hacia el sur del Sistema de Famatina y de las Sierras Pampeanas (Seggiaro *et al.*,

2006) también se encuentran afloramientos de rocas metamórficas formadas a partir de materiales con edades neoproterozoico-cámbricas.

Las cuarcitas (rocas sedimentarias o metamórficas con alto contenido de cuarzo) cámbricas que tienen amplia distribución en la Cordillera Oriental (Grupo Mesón) están escasamente representadas en la Puna. Las unidades cuarcíticas que afloran en la zona de Potrerillos-Matancilla (al oeste de las Salinas Grandes, Jujuy) son asignadas tanto al Grupo Mesón (Aceñolaza y Bordonaro, 1990; Aceñolaza y Aceñolaza, 2005) como al Grupo Santa Victoria (Buatois y Mángano, 2005). Otros afloramientos de cuarcitas que se asignan con reservas al Cámbrico (y equivalentes temporales del Grupo Mesón) se encuentran hacia el sur del salar de Pocitos (Blasco y Zappettini, 1996), unos pocos kilómetros al norte de El Peñón (Catamarca) y en la sierra de Calalaste (Suzaño, 2015). Recientemente se ha propuesto que estos niveles cuarcíticos en la sierra de Calalaste corresponderían a las rocas más antiguas del noroeste argentino de acuerdo con edades de circones detriticos (590-570 Ma; Naidoo *et al.*, 2016).

Las unidades del Ordovícico corresponden a las rocas paleozoicas de mayor distribución en la Puna e incluyen una amplia diversidad litológica; para su descripción es necesario dividir a la Puna en tres fajas meridionales. La faja oriental está afectada por un metamorfismo regional térmico y tiene magmatismo intenso asociado; la faja central comprende sedimentos ligeramente metamorfizados y la faja occidental contiene escasas sedimentitas y abundantes rocas plutónicas (originadas por la cristalización del magma en profundidad, su presencia en la superficie responde a una exhumación posterior; el granito es un ejemplo típico de roca plutónica).

Las unidades metamórficas que caracterizan el borde oriental de la Puna austral corresponden a materiales del basamento tipo Puncoviscana que fueron afectados por una anomalía térmica que generó rocas metamórficas de grado medio a alto (Becchio *et*

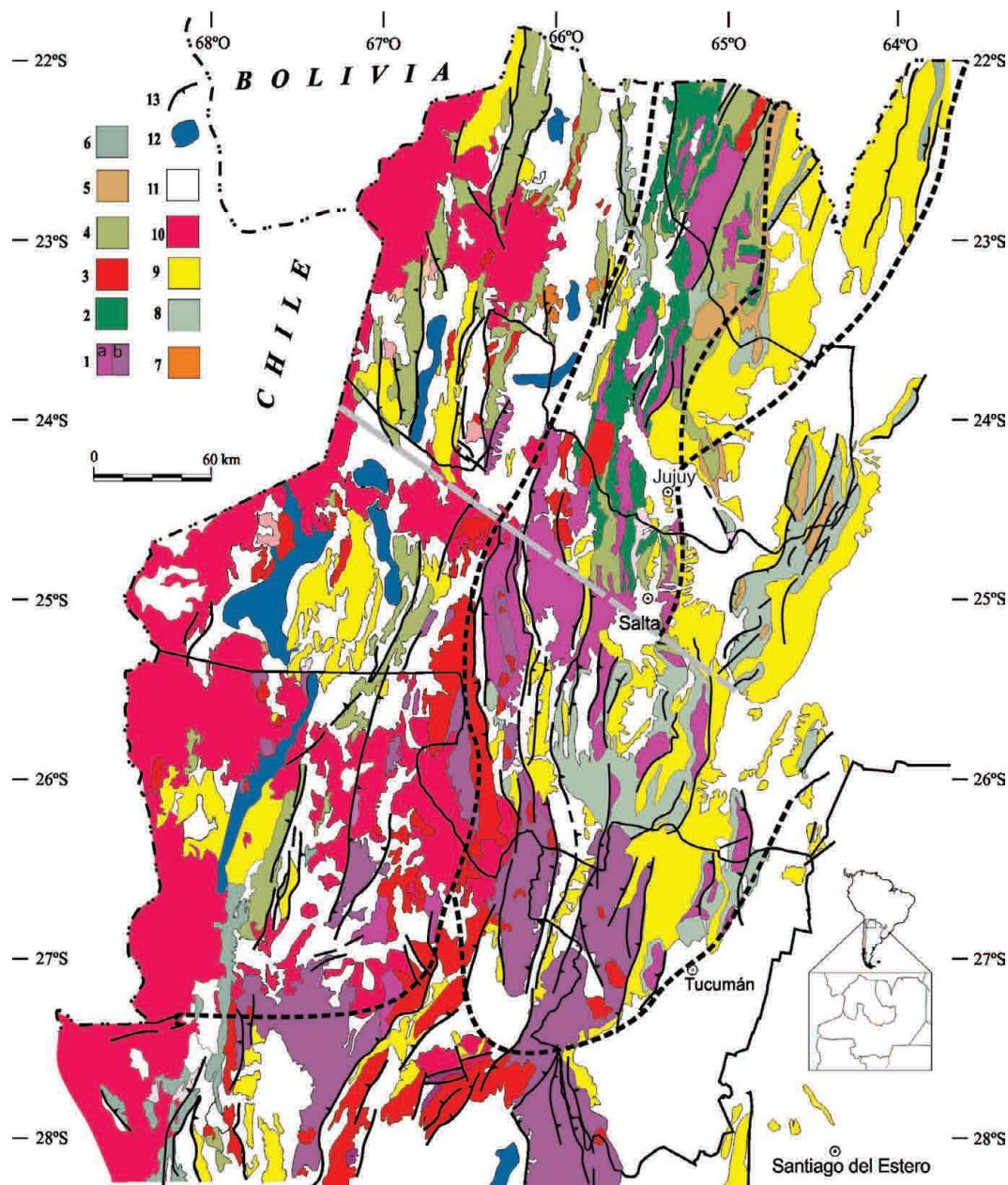


Figura 3. Mapa geológico con las principales unidades litológicas y estructuras de la Puna modificado de Mon y Salfity (1995). Resalta el abundante volcanismo cenozoico que constituye uno de los rasgos característicos de la Puna. **1)** Basamento neoproterozoico-cámbrico inferior; **a)** metamorfismo pampeano de muy bajo y bajo grado; **b)** metamorfismo famatiniano de mediano a alto grado. **2)** Cámbrico (Grupo Mesón en Cordillera Oriental y equivalentes en la Puna). **3)** Plutones del Paleozoico inferior (Cámbrico-Ordovícico). **4)** Ordovícico sedimentario (Cordillera Oriental) y con metamorfismo de muy bajo grado (Puna). **5)** Silúrico-Devónico. **6)** Carbonífero-Permico. **7)** Cretácico (plutones). **8)** Cretácico (sedimentitas; Grupo Salta). **9)** Cenozoico sedimentario. **10)** Cenozoico volcánico. **11)** Cuaternario. **12)** Salares. **13)** Principales fallas. La línea gris entrecortada marca el lineamiento de Calama-Olacapato-Toro; las líneas negras entrecortadas, los límites de las provincias geológicas; la línea negra entrecortada con puntos indica los límites internacionales.

al., 1999; Lucassen y Becchio, 2003; Suzaño, 2015). Este mismo evento de metamorfismo que afectó rocas sedimentarias depositadas durante el Ordovícico Inferior (Tremadociano) se reconoce en unidades de las sierras de Cobres, Tanque y Mal Paso (entre Salinas Grandes y Susques) (Kirschbaum *et al.*, 2006; Coira *et al.*, 2009). A la anomalía térmica ordovícica inferior que generó el metamorfismo también se asocian numerosos cuerpos plutónicos (intrusivos graníticos) en el borde oriental de la Puna austral (e.g., sierras de Ochaqui, Oire, Luracatao, Tacuil, El Peñón, Laguna Blanca) y con manifestaciones más localizadas en la Puna de Jujuy (rocas volcánicas y plutónicas). Estas unidades magmáticas fueron integradas por Méndez *et al.* (1973) en uno de los complejos quizá de mayor difusión en la literatura: la Faja Eruptiva de la Puna Oriental. En algunos sectores fueron emplazados cuerpos mineralizados sin-sedimentarios como los de la sierra de Cobres (Méndez *et al.*, 2001) que se comparan en términos genéticos y de edad con los de la sierra de Aguilar. Allí la mina homónima es una de las mayores, sino la mayor, extracción subterránea en el país con producción de Pb-Zn-Ag.

La faja central incluye extensas serranías con rocas sedimentarias ordovícicas ligeramente metamorfizadas (Figura 4B), destacándose las de las sierras de Calalaste, del Gallego, Copalayo, Quebrada Honda-Pozuelos, Guayaos, Rinconada, Cochinoca, entre otras. Estas unidades cubren un amplio espectro de edades ordovícicas que alojan intercalaciones volcánicas o cuerpos plutónicos menores como las de la sierra de Calalaste (Seggiaro *et al.*, 2006) o las del extremo sur del salar de Pocitos (Kleine *et al.*, 2004). Las unidades de esta faja con edades del Ordovícico Medio-Superior muestran enriquecimientos de oro que dieron lugar a explotaciones en tiempos de la Colonia como la mina Incahuasi (extremo sur del Salar del Hombre Muerto; Navarro García y Rossello, 1989) o las numerosas y pequeñas minas de la sierra de Rinconada (Rodríguez *et al.*, 2001).

La faja occidental extendida sobre el borde oeste de la Puna de Salta y Catamarca

registra manifestaciones aisladas de rocas sedimentarias ordovícicas como las que se reconocen en inmediaciones de los salares de Rincón, Arizaro y Antofalla (Moya *et al.*, 1993; Koukharsky *et al.*, 2002; Seggiaro *et al.*, 2004). En esta región también tienen mayor representación las rocas plutónicas, las cuales fueron integradas en una unidad denominada Faja Eruptiva de la Puna Occidental (Palma *et al.*, 1986).

Afloramientos menores de rocas sedimentarias silúricas y devónicas se encuentran en la zona del Salar de Rincón (Aceñolaza *et al.*, 1972; Donato y Vergani, 1985; Galli *et al.*, 2010). Esta región también preserva niveles del Carbonífero-Pérmino (Figura 4C) que constituyen las exposiciones más septentrionales de unidades de esta edad que adquieren mejor y mayor representación en la Puna de Catamarca (Seggiaro *et al.*, 2006).

MESOZOICO

Durante el Cretácico-Paleoceno, en el noroeste argentino se desarrolló una amplia cuenca de rift continental (las cuencas de rift se localizan donde la corteza está sometida a extensión, lo que provoca su adelgazamiento y fragmentación en bloques. El océano Atlántico inició su historia como una zona de rift que separó África de América. En un rift continental el proceso extensional no alcanza a generar corteza oceánica. Un ejemplo típico de rift continental actual es el rift de África oriental) con algunas ingestiones marinas, denominada cuenca del Grupo Salta, cuyas exposiciones más conspicuas se encuentran en Calchaquenia (Marquillas *et al.*, 2005) y están más restringidas en la Puna. Algunos depósitos ocurrieron en regiones centrales y occidentales de la Puna septentrional, donde se desarrolló el depocentro de Sey que se reconstruye a través de los registros en las áreas de la sierra de Tanque (al oeste de Susques), Huaytiquina-Catua e inmediaciones de San Antonio de los Cobres (Seggiaro *et al.*, 2002; Marquillas *et al.*, 2005). Los depósitos iniciales de esta cuenca (sin-rift, Cretácico Inferior y Superior temprano y medio) constituyen espesas secuencias de

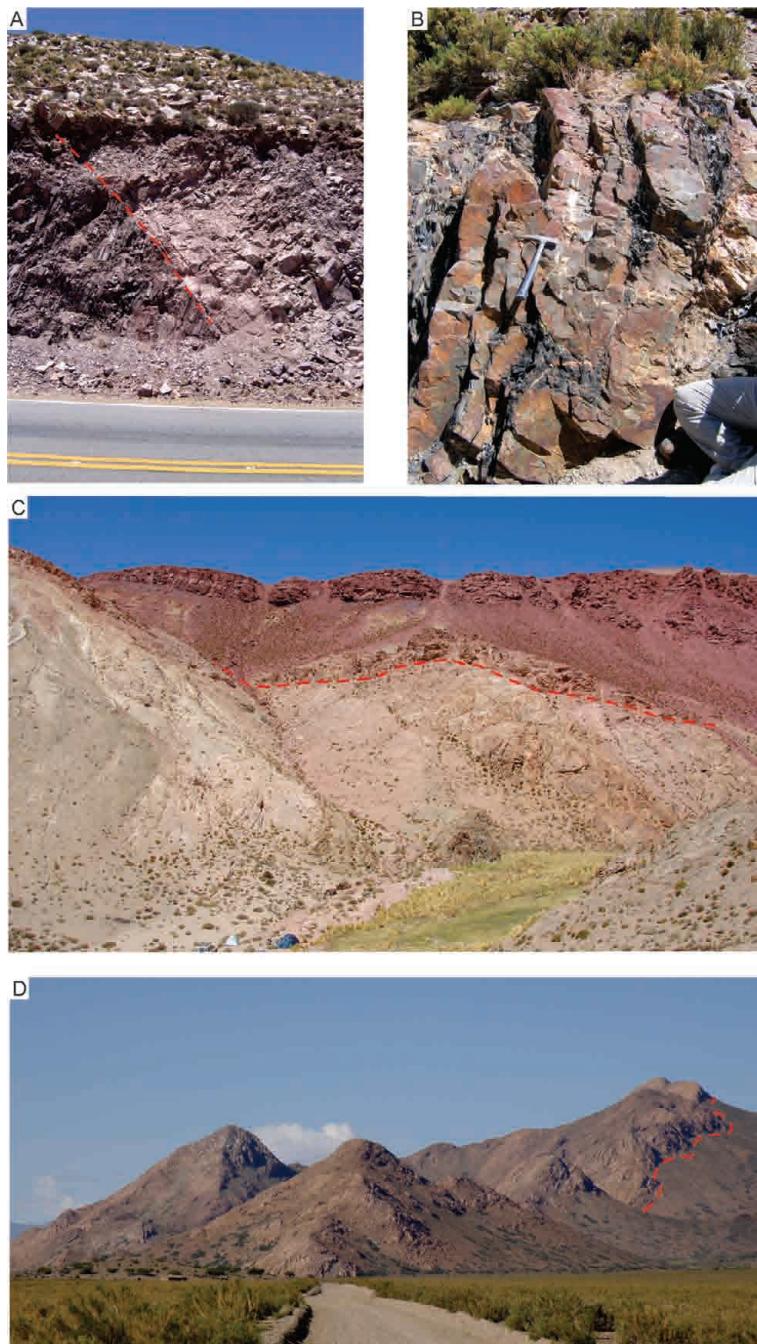


Figura 4. **A)** Vista del basamento de la Formación Puncoviscana cubierto en discordancia por las cuarcitas cámbicas del Grupo Mesón; abra de Lipán. **B)** Afloramientos de rocas del Ordovícico con metamorfismo de muy bajo grado. Los pliegues con clivaje son característicos de estas unidades; sierra de Cochinooca. **C)** Vista de las sucesiones ordovícicas plegadas sobre la que se asientan niveles silúrico-devónicos (niveles amarillentos) y carboníferos (niveles rojizos). La línea entrecortada separa sucesiones ordovícicas con mayor plegamiento de las que se le superponen; quebrada de Lari (inmediaciones del Salar de Rincón). **D)** Vista del granito cretácico de Rangel. Es un cuerpo tabular emplazado en rocas ordovícicas (la línea entrecortada indica el contacto); sierra de Cobres.

rocas sedimentarias fluviales de color rojo y en menor medida depósitos lacustres; durante este intervalo también se registraron eventos volcánicos. Las sucesiones de post-rift (Cretácico Superior tardío – Paleógeno) están representadas por sedimentos marinos y principalmente continentales fluviales y lacustres constituidos por areniscas, rocas calcáreas y limolitas.

Durante las etapas iniciales del rift (Jurásico-Cretácico Inferior) se emplazaron cuerpos plutónicos en la Puna septentrional (Zappettini, 2008), como los de Tusaquillas, Aguilar-Abra Laite, Rangel (Figura 4D) y Tanque. En la Puna austral, el magmatismo mesozoico está restringido principalmente a diques y lavas de escasa representación (Seggiaro *et al.*, 2002, 2006).

CENOZOICO

El Cenozoico es el tiempo en el que la Puna adquiere sus características distintivas. Durante muchos años se interpretó que la Puna se originó como tal en el Neógeno, entre 23 y 2,58 Ma (e.g., Allmendinger *et al.*, 1997), sin embargo, las últimas investigaciones plantean que las primeras etapas de la construcción del *plateau* comenzaron en el Paleógeno, entre 66 y 23 Ma (Hongn *et al.*, 2007; del Papa *et al.*, 2013; Canavan *et al.*, 2014; Montero-López *et al.*, 2016). El acortamiento tectónico, el magmatismo (en particular el volcanismo) y la sedimentación fueron procesos fundamentales en este periodo.

En la Figura 3 se diferencia de forma general las unidades cenozoicas sedimentarias y volcánicas. Su escala regional impide distinguir las unidades paleógenas de las neógenas, aunque muestra de forma clara la predominancia de las rocas sedimentarias y en particular de las volcánicas en la geología de la Puna. De hecho, el volcanismo cenozoico es uno de los rasgos distintivos de la región (Grosse y Guzmán, en este volumen).

PALEÓGENO

Los registros de volcanismo paleógeno son escasos en la Puna, restringidos a ma-

nifestaciones aisladas de depósitos volcánicos en la zona de Pozuelos, al oeste de los salares de Arizaro y Antofalla (Zappettini y Blasco, 2001; Seggiaro *et al.*, 2004, 2006; Canavan *et al.*, 2014; Grosse y Guzmán, en este volumen) y al borde oriental de la Puna norte (Soler y Coira, 2002). Las sucesiones sedimentarias paleógenas llenaron una serie de cuencas con distintos grados de conectividad separadas por serranías o elevaciones incipientes limitadas por fallas inversas de alto ángulo (Jordan *et al.*, 1997), sin vergencia definida y con un rumbo principal NNE-SSO (Coutand *et al.*, 2001; Steinmetz y Galli, 2015). Los primeros registros de sedimentación son del Eoceno superior hasta el Oligoceno superior dispersos a lo largo de la Puna en las áreas de San Juan de Oro, Tres Cruces-Mina Aguilar, depresión de Pozuelos, Santa Rosa de los Pastos Chicos y Pastos Grandes, salar de Arizaro, salar de Antofalla-sierra de Calalaste, Antofagasta de la Sierra (Alonso y Fielding, 1986; Kraemer *et al.*, 1999; Coutand *et al.*, 2001; Rubiolo *et al.*, 2001; Coira *et al.*, 2004; Seggiaro *et al.*, 2004, 2006; Hongn *et al.*, 2007; del Papa *et al.*, 2013; Canavan *et al.*, 2014; Steinmetz y Galli, 2015; Montero-López *et al.*, 2016). Las sedimentitas continentales paleógenas de color rojo a rojo parduzco oscuro se depositaron en un ambiente fluvial entrelazado y corresponden en general a las formaciones Geste y Vizcachera, a algunos niveles de la Formación Pozuelos en la Puna austral y a las formaciones Peña Colorada y Casa Grande en la Puna de Jujuy.

Estos sedimentos de edad paleógena son trascendentales para dilucidar la historia de levantamiento de los Andes del noroeste argentino y la construcción de la Puna. Su estudio evidencia que la deformación continuó contemporáneamente al depósito de los sedimentos. Estas observaciones indican que durante el Paleógeno algunas protosierras comenzaron a elevarse, definiendo cuencas aisladas y en ocasiones cerradas (Steinmetz y Galli, 2015). Estos análisis, junto a otros como los de del Papa *et al.* (2013) y Montero-López *et al.* (2016) muestran que durante el Paleógeno existían estructuras activas a

lo ancho de toda la actual Puna e inclusive en áreas de la Cordillera Oriental y contrastan con aquellas hipótesis que sugieren que la deformación andina en la Puna ocurrió a partir del Neógeno (e.g., Allmendinger *et al.*, 1997) o que sólo ocurrió en las áreas centrales y occidentales durante el Paleógeno (DeCelles *et al.*, 2007).

NEÓGENO

Los procesos de deformación, magmatismo y sedimentación se intensificaron durante el Neógeno y en particular en el Mioceno, por lo que lo convierten en un lapso de especial interés para el análisis de la evolución andina. Aproximadamente a los 26 Ma se produce la ruptura de la placa de Farallón, la cual genera las placas de Cocos y Nazca. En coincidencia con este fenómeno, el magmatismo en esta porción de los Andes Centrales migra hacia el este. El volcanismo neógeno principalmente extendido a lo largo del borde occidental de la Puna (cercano al límite entre Chile y Argentina) tuvo episodios de expansión con manifestaciones volcánicas que alcanzan el borde oriental de la Puna e inclusive la Cordillera Oriental. Las calderas generaron importantes volúmenes de ignimbritas durante el Mioceno; entre éstas se destacan las de Vilama, Coranzulí y Panizos en la Puna norte y Aguas Calientes y Luingo en Puna austral. Los domos y estratovolcanes también fueron importantes durante todo el Neógeno, mientras que los conos de escoria son importantes recién desde el Mioceno superior. El nevado de Acay representa uno de los únicos plutones neógenos de la Puna y corresponde a una monzodiorita con una edad de 13-12 Ma (Insel *et al.*, 2012). El capítulo de Grosse y Guzmán (en este volumen) provee más detalles sobre los eventos volcánicos que se sucedieron en este lapso en la Puna.

Las secuencias sedimentarias neógenas más características de la Puna se encuentran en la Puna austral en las cuencas de Arizaro, Pastos Grandes y Antofalla; y en la Puna norte en la cuenca de Pastos Chicos y hacia el NO de la sierra de Rinconada (Zappetti-

ni y Blasco, 2001; Hongn y Seggiaro, 2001; Rubiolo *et al.*, 2001; Coira *et al.*, 2004; Seggiaro *et al.*, 2004, 2006). De acuerdo al área donde se encuentran se identifican con diversos nombres formacionales (Formación Sijes y los niveles superiores del Grupo Pastos Grandes en la Puna austral y las formaciones Pisungo y Tiomayo en la Puna septentrional como unidades representativas). En general, son depósitos fluviales y aluviales que se acumularon en los bordes de cuencas cerradas y que en sus áreas más deprimidas albergaron lagos y salares que dieron lugar a importantes depósitos evaporíticos, como los de haluros en los salares de Hombre Muerto, Pastos Grandes, Antofalla y Arizaro, los de sulfatos en Pastos Grandes y los de boratos en Hombre Muerto, Tincalayu, Sijes y Loma Blanca (Alonso, 1986).

CUATERNARIO

Durante el Pleistoceno la actividad volcánica continuó y se emplazaron estratovolcanes, conos de escoria, maares, domos, domos de lava y calderas. En este periodo el volcanismo fue volumétricamente mucho más importante en la Puna austral que en la Puna norte (ver Grosse y Guzmán, en este volumen).

En la Puna austral se produjeron importantes erupciones explosivas durante el Cuaternario, con composiciones dominante-mente ácidas (ricas en sílice). Las más importantes por su magnitud corresponden a las calderas del Cerro Galán y Cerro Blanco. La caldera Cerro Galán es una de las más grandes del mundo, con un volumen estimado que supera los 600 km³ (e.g., Sparks *et al.*, 1985; Folkes *et al.*, 2011). La caldera del Cerro Blanco (Seggiaro *et al.*, 2006) es la más joven de la Puna y una de las más jóvenes de los Andes, con actividad posterior a 5.000 años (Montero-López *et al.*, 2010a).

Muchos estratovolcanes se encuentran en el borde occidental de la Puna, como por ejemplo Llullaillaco y Socompa, mientras que otros se encuentran en el interior de la Puna, como es el caso de los volcanes Peinado y Tuzgle.

No se registra volcanismo máfico monogenético en Puna norte, estando la mayor concentración en la Puna sur con escasos ejemplos en el límite con la Puna norte (e.g., Risse *et al.*, 2008).

Los sedimentos cuaternarios cubren ampliamente las zonas deprimidas y las áreas de pie de monte, donde se distinguen depósitos de flujos de detritos, abanicos aluviales, lacustres, terrazas fluviales, coluviales y eólicos. Además se destaca la formación de depósitos evaporíticos que se acumulan en los salares y están formados principalmente por cloruros y en menor proporción por sulfatos y boratos de diferentes características químicas (Alonso *et al.*, 1991).

LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

El origen de la Puna está vinculado a la subducción en el margen occidental de la placa Sudamericana, lo cual generó un importante acortamiento en el que las estructuras resultantes tienen orientaciones en general meridianas (N-S), facilitando la reactivación de estructuras antiguas en episodios deformacionales más jóvenes (Hongn *et al.*, 2010).

Las rocas del basamento neoproterozoico-paleozoico inferior preservan estructuras originadas en niveles profundos de la corteza donde la temperatura facilitó el desarrollo de estructuras dúctiles como pliegues, foliaciones y fajas de alta cizalla (Figura 5A). El basamento del borde oriental de la Puna norte registra las estructuras más antiguas,

intensamente deformadas, cuya edad está acotada por la discordancia que lo separa de las sucesiones cámbicas escasamente deformadas (Figura 4A).

La deformación del Ordovícico es la que tiene mayor y mejor expresión en las rocas antiguas de la Puna, la cual tuvo lugar a mayor temperatura y ocurrió conjuntamente con el metamorfismo que registran las rocas del borde oriental de la Puna, desde la sierra de Cobres hacia el sur (ver Figura 4B). Las fallas asociadas a las deformaciones paleozoicas son difíciles de distinguir porque están cubiertas o reactivadas por deformaciones posteriores. Una de las principales fallas de esta edad es la que levanta las rocas metamórficas y plutónicas del borde oriental de la Puna austral sobre rocas con menor grado de deformación y metamorfismo; por ejemplo en las sierras de Copalayo (borde oeste del Salar Centenario) y El Peñón (hacia el SE de Antofagasta de la Sierra).

Las estructuras extensionales vinculadas con el rift cretácico tienen escasa representación en la Puna, destacándose las fallas normales del sin-rift en el borde oriental de la Puna norte (Monaldi *et al.*, 1993), en la sierra de Tanque (Seggiaro *et al.*, 2002) y en cercanías de San Antonio de los Cobres. Las estructuras extensionales cretácicas fueron invertidas tectónicamente y se comportaron como fallas inversas durante el acortamiento cenozoico.

La fase inicial de construcción de la Puna comenzó hace aproximadamente 40



Figura 5. A) Deformación dúctil en rocas del basamento neoproterozoico-paleozoico inferior en Pasto Ventura. **B)** Falla cuaternaria afectando rocas volcánicas en el conjunto de calderas de Cerro Blanco; las flechas indican el movimiento relativo de los bloques de falla.

Ma (Eoceno) con el desarrollo de fallas en general de rumbo N-S, muchas de ellas por la reactivación de fallas más antiguas (e.g., Oncken *et al.*, 2006; Hongn *et al.*, 2010). La actividad de estas fallas generó grandes pliegues que de forma simple pueden asociarse a cuencas o depresiones (sinclinales) y sierras o elevaciones (anticlinales) a lo largo del territorio de la Puna. Las estructuras paleógenas ya formaban altos o sierras bien definidas que limitaban áreas deprimidas que acumulaban sedimentos. Durante el Neógeno (aproximadamente a partir de los 20 Ma), la actividad tectónica se incrementó con el desarrollo de nuevas estructuras con rumbo predominante N-S y con la reactivación o intensificación de aquéllas que iniciaron su actividad en el Paleógeno (e.g., Mon y Salfity, 1995; Kraemer *et al.*, 1999; Coutand *et al.*, 2001; Seggiano *et al.*, 2004, 2006). Estas estructuras son las más significativas para la evolución de la Puna porque están asociadas a la etapa de mayor acortamiento y espesamiento cortical; además en ese tiempo se expande el volcanismo hacia el este coincidentemente con la mayor deformación (Guzmán *et al.*, 2014). Los lineamientos transversales al rumbo de la cadena andina constituyen también rasgos notables de la Puna, particularmente porque controlan el emplazamiento de volcanes (Salfity, 1985; Trumbull *et al.*, 2006, entre otros). Uno de los lineamientos más estudiado es el de Calama-Olacapato-Toro (Figura 3) porque a lo largo de su traza se individualizan rasgos bien definidos como alineación de volcanes de diferentes edades, cambios en la distribución de unidades, como también otros que permitieron a Alonso *et al.* (1984) proponer a este lineamiento como el límite que separa las regiones norte y sur de la Puna. Una de las características estructurales que distingue a la Puna austral de la septentrional, es el fallamiento activo y la alta densidad de escarpas jóvenes (e.g., Mon *et al.*, 1988; Allmendinger *et al.*, 1989). La principal deformación neógena en la Puna septentrional ocurrió previo a los 7 Ma como lo documentan los extensos mantos escasamente deformados de las ignimbritas de la caldera

Coranzulí con edad de 6,4-6,8 Ma (Seggiano, 1994). Por su parte, la Puna austral presenta abundantes estructuras pliocenas y cuaternarias (Figura 5B) (Casa *et al.*, 2014) que controlan en gran parte el volcanismo monogenético. Además, estas estructuras, que en muchos casos son fallas normales asociadas a extensión, se interpretan como resultado del colapso gravitacional (Schoembom y Streck, 2009; Montero-López *et al.*, 2010b) que es habitual en las zonas de corteza espesada como la de la Puna. Cabe mencionar que la corteza continental en la Puna alcanza un espesor de hasta 70 km, duplicando el que se encuentra en zonas más estables como la llanura pampeana. Este espesor resulta de los procesos geológicos (principalmente deformación, magmatismo y sedimentación vinculados con la interacción de las placas) que condujeron al origen de la Puna.

HISTORIA GEOLÓGICA Y EVOLUCIÓN DEL RELIEVE

Los registros geológicos de la Puna cubren un amplio lapso temporal; los afloramientos más antiguos (700 Ma) conocidos en el Noroeste Argentino se encuentran en la sierra de Calalaste, Puna austral (Naidoo *et al.*, 2016). Sin embargo, la historia geológica de mayor interés para su evolución es la ocurrida durante el Cenozoico.

La cuenca marina de Puncoviscana se extendía en el noroeste argentino a fines del Neoproterozoico e inicios de Fanerozoico. En zonas de plataforma y talud continental se depositaban espesas secuencias de rocas clásticas con delgadas intercalaciones de carbonatos. Un intenso episodio de deformación ocurrió en el Cámbrico inferior a medio, generando una estructura compleja de pliegues apretados y superpuestos con sus respectivos clivajes (estructuras menores que se forman cuando las rocas son sometidas a deformaciones que les provocan cambios internos). Los afloramientos de rocas metamórficas de muy bajo y bajo grado, cuyos principales registros en la Puna se encuentran en las inmediaciones de las Salinas Grandes y en la sierra de Laguna Blanca preservan las unidades

resultantes de este proceso que se conoce como Ciclo Pampeano (Aceñolaza y Toselli, 1981). Este ciclo incluye también manifestaciones magmáticas en regiones vecinas como los granitos de Cañaní y partes del batolito de Tastil en la Cordillera Oriental y sin exponentes típicos en la Puna. Estas unidades documentan una etapa de alta movilidad de placas en las que se discuten hipótesis acerca de la participación de terrenos o bloques exóticos que se amalgaban para constituir América del Sur.

Sobre el basamento con metamorfismo de bajo grado, entre el Cámbrico medio a superior y el Ordovícico, se depositaron las sucesiones clásticas de plataforma. En la base de estas sucesiones se encuentra una de las más, sino la más, significativa discordancia (una discordancia es una superficie que separa rocas deformadas de las que se asientan sobre ellas y que no registran dicha deformación) en la geología de Argentina: la discordancia Tilcárica (Turner, 1960) o Pampeana (Aceñolaza y Toselli, 1981) bien representada en la Cordillera Oriental, mientras que en la Puna se reconoce solamente en su borde nororiental.

Como resultado de los procesos orogénicos ordovícicos, la región de la Puna pasó a formar parte de un área positiva o subpositiva sobre la que no hubo depósito o los depósitos fueron restringidos, el Cratógeno Central Argentino (Bracaccini, 1960) que separó las cuencas hacia el este y oeste de la Puna. La escasez de los registros de rocas silúrico-devónicas y del Paleozoico superior está relacionada a la presencia de este relieve positivo; sin embargo, se reporta la presencia de sedimentos marinos litorales asignados al Silúrico-Devónico en algunos sectores occidentales de la Puna. A finales del Devónico y principios del Carbonífero ocurre otro evento de deformación que redistribuye las cuencas en el Noroeste argentino, dejando en la región de la Puna la cuenca de Arizaro (Mon y Salfity, 1995) con depósitos continentales con ingresiones marinas cuya mejor expresión se encuentra en los cerros Oscuro y Rincón (Aceñolaza *et al.*, 1972; Galli *et al.*, 2010).

Durante el Mesozoico inferior a medio toda la región de la Puna estaba emergida, por lo que no existen rocas de esa edad con la excepción de algunos cuerpos plutónicos que intruyen rocas más antiguas y algunos afloramientos de volcanitas ácidas con intercalaciones de areniscas epiclásticas de edad triásica (Seggiaro *et al.*, 2006). Desde el Jurásico medio hasta principios del Cretácico comienza la apertura del oceánico Atlántico Sur, generando cuencas extensionales en el continente sudamericano. La cuenca de rift intracontinental del Grupo Salta se desarrolló en la Cordillera Oriental y sólo en la parte norte de la Puna (e.g., Schwab, 1984; Marquillas *et al.*, 2005) por lo que no existen registros de rocas mesozoicas en la Puna austral. El origen del rift se vio favorecido por el empinamiento de la placa oceánica que subductaba por debajo del margen occidental de la placa Sudamericana. Esta cuenca, que perduró entre principios del Cretácico y el Eoceno, recibió espesas secuencias principalmente continentales y algunas ingestiones marinas e intercalaciones volcánicas.

A principios del Cenozoico, se produce el cierre e inversión de la cuenca extensional del Grupo Salta y comienza la etapa de acortamiento andino. Así comienza el ciclo más importante en la historia de construcción y elevación de la Puna y de las cuencas de antepaís hacia el este, con la reactivación de fallas y la formación de nuevas estructuras (Hongn *et al.*, 2007, 2010). A partir de los aproximadamente 40 Ma en la región de la Puna se generan cuencas o depocentros con secuencias clásticas rojizas (Kraemer *et al.*, 1999; del Papa *et al.*, 2004; Carrapa *et al.*, 2005; DeCelles *et al.*, 2007; Hongn *et al.*, 2007), algunas de las cuales albergan una variada fauna de vertebrados fósiles (Babot *et al.*, en este volumen). Durante este tiempo prácticamente no hubo registros volcánicos ya que el arco estaba muy poco desarrollado y ubicado íntegramente en lo que actualmente corresponde a Chile, a los ca. 69° O. Hacia el Mioceno se incrementó la tasa de acortamiento dando inicio a la fase principal delevantamiento de la Puna, acompañada por un abundante volcanismo extendido en toda la

Puna. Entre los 24 y 15 Ma se estableció un régimen de drenaje cerrado y un clima árido que facilitó el depósito de evaporitas (Alonso *et al.*, 1991; Vandervoort *et al.*, 1995).

Durante el Cuaternario las cuencas de la Puna recibieron importantes volúmenes de material clástico y químico producto de la erosión de las sierras circundantes (Igarzabal, 1999), además de los depósitos volcánicos que forman extensos mantos de ignimbritas y la formación de edificios volcánicos principalmente en la Puna austral (Grosse y Guzmán, en este volumen). Por otra parte, un fenómeno que se origina como consecuencia del clima, es el proceso de meteorización física, incluyendo el crioclastismo (Seggiaro *et al.*, 2006) y la formación de campos de dunas.

LITERATURA CITADA

- Aceñolaza F. G., Aceñolaza G. 2005. La Formación Puncoviscana y unidades estratigráficas vinculadas en el Neoproterozoico-Cámbrico Temprano del Noroeste Argentino. *Latin American Journal Sedimentology and Basin Analysis*, 12: 65-87.
- Aceñolaza G. F., Aceñolaza F. 2007. Insights in the Neoproterozoic / early Cambrian transition of NW Argentina: facies, environments and fossils in the Proto Margin of Western Gondwana. En: P. Vickery-Rich y P. Komarower (eds.), *The rise and the fall of the Ediacaran biota*. The Geological Society of London, Special Publication, 286: 1-13.
- Aceñolaza F. G., Bordonaro O. 1990. Presencia de *Asaphiscus* (Asaphiscidae-Trilobita) en la Formación Lizoite, Potrerillos, Salta y su significado geológico. Serie de Correlación Geológica, 5: 21-28.
- Aceñolaza F. G., Toselli A. J. 1981. Geología del Noroeste Argentino. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Publicación Especial, 1287: 1-212.
- Aceñolaza F. G., Benedetto J. L., Koukhar-sky M., Salfity J. A., Viera O. 1972. Presencia de sedimentitas devónicas y neopaleozoicas en la Puna de Atacama, provincia de Salta, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 27: 345-346.
- Adams C. J., Miller H., Aceñolaza F. G., Toselli A. J., Griffin W. L. 2011. The Pacific Gondwana margin in the late Neoproterozoic-early Paleozoic: Detrital zircon U-Pb ages from metasediments in northwest Argentina reveal their maximum age, provenance and tectonic setting. *Gondwana Research*, 19: 71-83.
- Allmendinger R. 1986. Tectonic development, southeastern border of the Puna Plateau, northwestern Argentine Andes. *Bulletin of the Geological Society of America*, 97: 1070-1082.
- Allmendinger R. W., Jordan T. E., Kay S. M., Isacks B. L. 1997. The evolution of the Altiplano-Puna Plateau of the Central Andes. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 25: 139-174.
- Allmendinger R., Strecker M., Eremchuk E., Francis P. 1989. Neotectonic deformation of the southern Puna Plateau, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 2: 111-130.
- Alonso R. 1986. Ocurrencia, posición estratigráfica y génesis de los depósitos de boratos de la Puna Argentina. Tesis Doctoral Fac. de Cs Naturales, Universidad Nacional de Salta, Salta, 196 pp.
- Alonso R., Fielding E. 1986. Acerca de un nuevo yacimiento de vertebrados paleogenos en la Puna Argentina (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). III Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Resúmenes: 5, Buenos Aires.
- Alonso R. N., Jordan T. E., Tabbut K. T., Vandervoort D. S. 1991. Giant evaporite belts of the Neogene central Andes. *Geology*, 19: 401-404.
- Alonso R., Viramonte J., Gutiérrez R. 1984. Puna Austral – Bases para el subprovincialismo geológico de la Puna Argentina. IX Congreso Geológico Argentino. Actas 1: 43-63, Bariloche.
- Babot J., Aceñolaza G., Carrizo H. A., García-López D. 2018. El registro fósil de la Puna. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie de Conservación de la Naturaleza, 24: 112-135.
- Becchio R., Lucassen F., Franz G., Viramonte J., Wemmer K. 1999. El basamento Paleozoico Inferior del Noroeste de Argentina (23°-27° S) – Metamorfismo y Geocronología. XIV Congreso Geológico Argentino. Relatorio 1: 58-72, Salta.
- Blasco G., Zappettini E. 1996. Hoja Geológica 2566-I. San Antonio de los Cobres, provincias de Salta y Jujuy, Boletín 217. Programa Nacional de Cartas Geológicas. 1:250.000. SEGEMAR.

- Bookhagen B., Strecker M. R. 2016. Rainfall variability and trends of the past six decades (1950–2014) in the subtropical NW Argentine Andes. *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-016-3127-2
- Bracaccini O. 1960. Lineamientos principales de la evolución estructural de la Argentina. *Petrotecnia*, 10: 57-68.
- Brackebusch L. 1891. Viajes en las cordilleras de la República Argentina. Traducción del original publicado en 1966. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 45: 197-224.
- Buatois L., Mángano G. 2005. The Cambrian System in Northwestern Argentina: stratigraphical and palaeontological framework discussion. *Geológica Acta* 3: 65-72.
- Canavan R. R., Carrapa B., Clementz M. T., Quade, J., Decelles, P. Schoenbohm L. M. 2014. Early Cenozoic uplift of the Puna Plateau, Central Andes, based on stable isotope paleoaltimetry of hydrated volcanic glass. *Geology*, 42: 447-450.
- Carrapa B., Adelmann D., Hilley G. E., Mortimer E., Sobel E. R., Strecker M. R. 2005. Oligocene range uplift and development of plateau morphology in the southern central Andes. *Tectonics* 24, doi: 10.1029/2004TC001762.
- Casa A., Yamin M., Wright E., Costa, C., Coppolecchia M., Cegarra M., Hongn F. 2014. Deformaciones Cuaternarias de la República Argentina, Sistema de Información Geográfica. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio geológico Minero Argentino, v2.0 en formato DVD. Buenos Aires.
- Coira B., Caffe P. J., Ramírez A., Chayle W., Díaz A., Rosas S. A., Pérez A., Pérez E. M. B., Orosco O., Martínez M. 2004. Hoja Geológica 2366-I Mina Pirquitas. *Boletín* 269. Programa Nacional de Cartas Geológicas. 1:250.000. SEGEMAR.
- Coira B., Kirschbaum A., Hongn F., Pérez, B., Menegatti N. 2009. Basic magmatism in northeastern Puna, Argentina: Chemical composition and tectonic setting in the Ordovician back-arc. *Journal of South American Earth Sciences*, 28: 374-382.
- Coutand I., Cobbold P. R., De Urreizteta M., Gautier P., Chauvin A., Gapais D., Rosello E. A., López-Gamundi O. 2001. Style and history of Andean deformation, Puna plateau, northwestern Argentina. *Tectonics*, 20: 210-234.
- DeCelles P., Carrapa B., Gehrels G. 2007. Detrital zircon U-Pb ages provide provenance and chronostratigraphic informa- tion from Eocene synorogenic deposits in northwestern Argentina. *Geology*, 35: 323-326.
- del Papa C. E., Hongn F. D., Petrinovic I. A., Domínguez R. 2004. Evidencias de deformación pre-miocena media asociada al antepaís andino en la Cordillera Oriental (24°35'S – 66°12'W). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59: 506-509.
- del Papa C., Hongn F., Powell J., Payrola P., Do Campo M., Strecker M., Petrinovic I., Schmitt A., Pereyra R. 2013. Middle Eocene-Oligocene broken-foreland evolution in the Andean Calchaquí Valley, NW Argentina, insights from stratigraphic, structural and provenance studies. *Basin Research*, 25: 574-593.
- Donato E., Vergani G. 1985. Geología del Devónico y Neopaleozoico de la zona del Cerro Rincón, provincia de Salta, Argentina. IV Congreso Geológico Chileno. Actas, 1: 262-283, Antofagasta.
- Folkes C., Wright H., Cas R., De Silva S., Lesti C., Viramonte, J. 2011. A re-appraisal of the stratigraphy and volcanology of the Cerro Galán volcanic system, NW Argentina. *Bulletin of Volcanology*, 73: 1427-1454.
- Galli C., Moya M. C., Arnosio M. 2010. Estudios sedimentológicos en los depósitos carboníferos y pérmicos del borde occidental de la Puna. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66: 119-132.
- Grosse P., Guzmán S. 2018. Volcanismo. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 30-49.
- Guzmán S., Grosse P., Montero-López C., Hongn F., Pilger R., Petrinovic I., Seggiaro R., Aramayo A. 2014. Spatial-temporal distribution of explosive volcanism in the 25-28°S segment of the Andean Central Volcanic Zone. *Tectonophysics* doi: 10.1016/j.tecto.2014.08.013.
- Hongn F. D., Seggiaro R. E. 2001. Hoja Geológica 2566-III-Cachi. Provincias de Salta y Catamarca. *Boletín* 248. Programa Nacional de Cartas Geológicas. 1:250.000. SEGEMAR.
- Hongn F., del Papa C., Powell J., Petrinovic I., Mon R., Deraco V. 2007. Middle Eocene deformation and sedimentation in the Puna-Eastern Cordillera transition (23°-26°S): control by preexisting heterogeneities on the pattern of initial Andean shortening. *Geology*, 35: 271-274.

- Hongn F., Mon R., Petrinovic I., del Papa C., Powell J. 2010. Inversión y reactivación tectónicas Cretácico-Cenozoicas en el Noroeste Argentino: influencia de las heterogeneidades del basamento Neoproterozoico-Paleozoico Inferior. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66: 38-53.
- Igarzabal A. 1999. Cuaternario de la Puna. En: R. Caminos (ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales (SEGEMAR), *Anales* 29: 683-687. Buenos Aires.
- Insell N., Grove M., Haschke M., Barnes J. B., Schmitt A. K., Strecker M. R. 2012. Paleozoic to early Cenozoic cooling and exhumation of basement underlying the eastern Puna Plateau margin prior to plateau growth. *Tectonics*, 31, TC6006, doi:10.1029/2012TC003168.
- Jordan T., Reynolds J., Erikson J. 1997. Variability in age of initial shortening and uplift in the Central Andes, 16-33°30'S. En: W. F. Ruddiman (eds.), *Tectonic uplift and climate change*. Springer, New York, pp. 41-61.
- Keidel J. 1927. Sobre las relaciones geológicas entre la Puna y la Cordillera Principal o Cordillera de Los Andes. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 30: 295-307.
- Kirschbaum A., Hongn F., Menegatti N. 2006. The Cobres Plutonic Complex, eastern Puna (NW Argentina): Petrological and structural constraints for Lower Paleozoic magmatism. *Journal of South American Earth Sciences*, 21: 252-266.
- Kleine T., Mezger K., Zimmermann U., Münker C., Bahlburg H. 2004. Crustal evolution along the Early Ordovician Proto-Andean margin of Gondwana: Trace element and isotope evidence from the Complejo Igneo Pocitos (northwest Argentina). *Journal of Geology*, 112: 503-520.
- Koukharsky M., Quenardelle S., Litvak V., Page S., Maisonnave E. B. 2002. Plutonismo del Ordovícico Inferior en el sector norte de la sierra de Macón, provincia de Salta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57: 173-181.
- Kraemer B., Adelmann D., Alten M., Schnurr W., Erpenstein, K., Kiefer, E., Van Den Bogaard, P., Görler 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.
- Lucassen F., Beccio R. 2003. Timing of high grade metamorphism: Early Paleozoic U-Pb formation ages of titanite indicate long-standing high-T conditions at the western margin of Gondwana (Argentina, 26-29°S). *Journal of Metamorphic Geology*, 21: 649-662.
- Marquillas R. A., del Papa C. E., Sabino I. F. 2005. Sedimentary aspects and paleoenvironmental evolution of a rift basin: Salta Group (Cretaceous-Paleogene), northwestern Argentina. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*, 94: 94-113.
- Méndez V., Navarini A., Plaza D., Viera V. 1973. Faja Eruptiva de la Puna Oriental. V Congreso Geológico Argentino. *Actas* 4: 89-100, Buenos Aires.
- Méndez V., Segal S. J., Zappettini E. O. 2001. Depósitos paleozoicos de metales base del noroeste de la Argentina: correlación metalogénica y evolución tectónica. VII Congreso Argentino de Geología Económica. *Actas* 1: 27-34, Salta.
- Mon R. 1976. La tectónica del borde oriental de Los Andes en las Provincias de Salta, Tucumán y Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 31: 65-72.
- Mon R., Salfity J. A. 1995. Tectonic evolution of the Andes of northern Argentina. En: Tankard, A. J., Suárez, R., Welsink, H. J. (Eds.), *Petroleum basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 62: 269-283.
- Mon R., Mena R., Marrett, R., Hongn F. 1988. Rasgos de Neotectónica en la Puna Austral (República Argentina). V Congreso Geológico Chileno. *Actas* 1: 69-83.
- Monaldi R., Salfity J., Vitulli, N., Ortiz A. 1993. Estructuras de crecimiento episódico en el subsuelo de la laguna de Guayatayoc, Jujuy, Argentina. XII Congreso Geológico Argentino. *Actas* 3: 55-64, Mendoza.
- Montero-López C., del Papa C., Hongn F., Strecker M., Aramayo A. 2016. Syn-sedimentary broken-foreland tectonics during the Paleogene in the Andes of NW Argentine: new evidence from regional to centimeter-scale deformation features. *Basin Research* doi: 10.1111/bre.12112.
- Montero-López M. C., Hongn F., Brod J. A., Seggiaro R., Marrett R., Sudo M. 2010a. Magmatismo ácido del Miocene Superior-Cuaternario en el área de Cerro Blanco-La Hoyada, Puna Austral. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67: 329-348.

- Montero-López M. C., Hongn F., Marrett R., Seggiano R., Strecker M., Sudo M. 2010b. Late Miocene-Pliocene onset of N-S extension along the southern margin of the Central Andean Puna plateau from magmatic, geochronological and structural evidences. *Tectonophysics*, 494: 48-63.
- Moya M. C., Malanca S., Hongn F. D., Bahlburg H. 1993. El Tremadociano temprano en la Puna occidental Argentina. XI Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas 2: 20-30, Mendoza.
- Naidoo T., Zimmermann U., Vervoort J. 2016. Pre-Pampean metasedimentary rocks from the Argentinian Puna: Evidence for the Ediacaran margin of Gondwana or the Arequipa-Antofalla-Western Pampeanas block. *Precambrian Research*, 280: 139-146.
- Navarro García L., Rossello E. 1989. Mineralizaciones auríferas en la comarca del Hombre Muerto, Catamarca y Salta, Argentina. En: I. M. Schalamuk, Brodtkorb y H. Lanza (eds.), *Procesos Metabógenéticos*. Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica, 3: 51-62, Tucumán.
- Oncken O., Hindle D., Kley J., Elger K., Victor P., Schemmann K. 2006. Deformation of the Central Andean Upper Plate System-Facts, Fiction, and constraints for plateau models. En: O. Oncken, G. Chong, G. Franz, P. Giese, H. Götze, V. Ramos, M. Strecker, P. Wigger (eds.), *The Andes - Active Subduction Orogeny*. Springer, Berlín, pp. 265-283.
- Palma M., Parica P., Ramos V. 1986. El granito Archibarca: su edad y significado tectónico, provincia de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 41: 414-419.
- Ramos V. 1999. Los depósitos sinorogénicos terciarios de la región Andina. En: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina, Anales 29*. Instituto de Geología y Recursos Minerales (SEGEMAR), Buenos Aires, pp. 651-682.
- Risse A., Trumbull R. B., Coira B., Kay S., van den Bogaard P. 2008. $40Ar/39Ar$ geochronology of mafic volcanism in the back-arc region of the southern Puna plateau, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 26: 1-15.
- Rodríguez G. A., de Acevedo F. I., Coira B., Brodie C. 2001. Mineralizaciones auríferas en sedimentitas ordovícicas de la sierra de Rinconada, Jujuy: implicancias para la exploración minera. *Revista Geológica de Chile*, 28: 3-22.
- Rubiolo D., Seggiano R., Gallardo E., DiSalvo A., Sanchez M., Turel A., Ramallo E., Sandruss A., Godeas M. 2001. Hoja Geológica 2366-II / 2166-IV, La Quiaca. Geología y provincias de Jujuy y Salta. Boletín 246. Programa Nacional de Cartas Geológicas. 1:250.000. SEGEMAR.
- Salfity J. 1985. Lineamientos transversales al rumbo andino en el noroeste argentino. IV Congreso Geológico Chileno. Actas 2: 119-137, Antofagasta.
- Salfity J., Omarini R., Baldis B., Gutierrez W. 1975. Consideraciones sobre la evolución geotectónica del Precámbrico y del Paleozoico del Norte Argentino. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Actas 4: 341-362, Buenos Aires.
- Schoenbohm L., Strecker M. R. 2009. Normal faulting along the southern margin of the Puna Plateau, Northwest Argentina. *Tectonics* doi: 10.1029/2008TC002341.
- Schwab K. 1984. Contribución al conocimiento del sector occidental de la cuenca sedimentaria del Grupo Salta (Cretácico-Eocénico), en el Noroeste Argentino. IX Congreso Geológico Argentino. Actas 1: 586-604, Bariloche.
- Segerstrom K., Turner J. C. M. 1972. A conspicuous flexure in regional structural trend in the Puna of northwestern Argentina. U.S. Geological Survey Professional Paper 800-B, B205-B209.
- Seggiano R. 1994. Petrología, geoquímica y mecanismos de erupción del complejo volcánico Coranzulí. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, 230 pp. Salta.
- Seggiano R., Becchio R., Martínez L., González O. 2004. Hoja Geológica 2569 – IV. Antofalla. Boletín 343. Programa Nacional de Cartas Geológicas. 1:250.000. SEGEMAR.
- Seggiano R., Becchio R., Zappettini E. 2002. Inversión tectónica del rift Cretácico en la Puna Septentrional: magmatismo y mineralizaciones asociadas. XV Congreso Geológico Argentino. Actas: 347, El Calafate.
- Seggiano R., Hongn F., Folguera A., Clavero J. 2006. Hoja Geológica 2769 – II. Paso de San Francisco. Boletín 294. Programa Nacional de Cartas Geológicas. 1:250.000. SEGEMAR.
- Soler M. B., Coira 2002. Volcanismo oligoceno superior – mioceno inferior en la sierra de Pirurayo, Puna jujeña: estrati-

- grafía y mecanismos eruptivos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57: 160-172.
- Sparks R., Francis P., Hamer R., Pankhurst R., O'callaghan L., Thorpe R. S., Page R. 1985. Ignimbrites of the Cerro Galán caldera, NW Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 24: 205-224.
- Steinmetz R. L. L., Galli C. 2015. Basin development at the eastern border of the Northern Puna and its relationship with the plateau evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 63: 244-259.
- Suzaño N. 2015. Eventos tectonometamórficos como modeladores petrogenéticos en el basamento de la Puna Austral: Diablillos – sierra de El Peñón. Implicancias en la construcción del borde suroccidental de Gondwana. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Salta, 235 pp.
- Trumbull R., Riller U., Oncken O., Scheuber E., Munier K., Hongn F. 2006. The time-space distribution of Cenozoic volcanism in the South-Central Andes: a new data compilation and some tectonic implication. En: O. Oncken, G. Chong, G. Franz, P. Giese, H. Götze, V. Ramos, M. Strecker, P. Wigger (eds.), *The Andes - Active Subduction Orogeny*. Springer, Berlín, pp. 29-43.
- Turner J. C. 1960. Estratigrafía del Nevado de Cachi y sector al oeste. *Acta Geológica Lilloana*, 3: 191-226.
- Turner J. C. 1972. Puna. En: A. Lanza (ed.), *Primer Simposio de Geología Regional Argentina*: 91-116. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Turner J. C., Mon R. 1979. Cordillera Oriental. En: J. C. Turner (ed.), *Geología Regional Argentina. II Simposio de Geología Regional Argentina Tomo 1*: 57-94. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- 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: 145-148.
- Zappettini E. 2008. El plutonismo mesozoico en Jujuy. En: Coira, B. y Zappettini, E. (Eds.), *Geología y Recursos Naturales de la provincia de Jujuy. XVII Congreso Geológico Argentino. Relatorio*: 244-249, Jujuy.
- Zappettini E. O., Blasco G. 2001. Hoja Geológica 2569-II, Socompa, provincia de Salta, República Argentina. *Boletín 26: 65. Programa Nacional de Cartas Geológicas*: 1:250.000. SEGEMAR.

Box ▶ Puncoviscana, sus huellas fósiles y su antigüedad

Aceñolaza, Florencio Gilberto

Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO), UNT-CONICET.

En la geología argentina hubo un preconcepto que, durante más de 100 años, equiparaba las «rocas cristalinas» del NOA con el Precámbrico (en sentido amplio). Esta idea se fundaba en que en muchas localidades del mundo las rocas cristalinas generalmente eran de esa antigüedad, situación que se comprobaba en Salta y Jujuy, donde las metamorfitas de la Formación Puncoviscana se ubicaban discordantemente por debajo de rocas del Cámbrico. En este marco conceptual se interpretaba que la discordancia era del Assyntico, ciclo tectónico propio de Europa, y en consecuencia todo lo que se encontraba debajo de la misma debía ser era muy antiguo (y Precámbrico).

A fines de la década de 1960 trabajando con Juan Carlos Mirré sobre las pelitas de la sierra de la Ovejería (Catamarca) nos dimos con la presencia de una huella fósil (*Oldhamia radiata*) que sugería edades netamente cámbricas y por ende claramente más jóvenes que el Precámbrico considerado con anterioridad. Esta situación evidenciaba la existencia de un «basamento» que era más joven de lo que se creía, lo cual causó revuelo entre los colegas que sosténían la clásica interpretación precambrista. La visita de Ángel Borrello y Juan Carlos Turner (destacados estudiosos en la geología argentina) confirmó los datos y nos entusiasmó para ahondar los estudios de Puncoviscana en distintas localidades de Salta con el fin de obtener una buena colección de huellas fósiles (Figura 1). Ya trabajando con Felipe Durand en 1972, nos visitó Adolf Seilacher, quien fuera un referente mundial sobre este tipo de fósiles, y nos ratificó lo acertado del diagnóstico de edades (cronoestratigráfico). A partir de ese momento ampliamos los trabajos a localidades de Catamarca, Tucumán, Salta y Jujuy y obtuvimos nuevos fósiles que fortalecían nuestras ideas. Tal fue el caso de

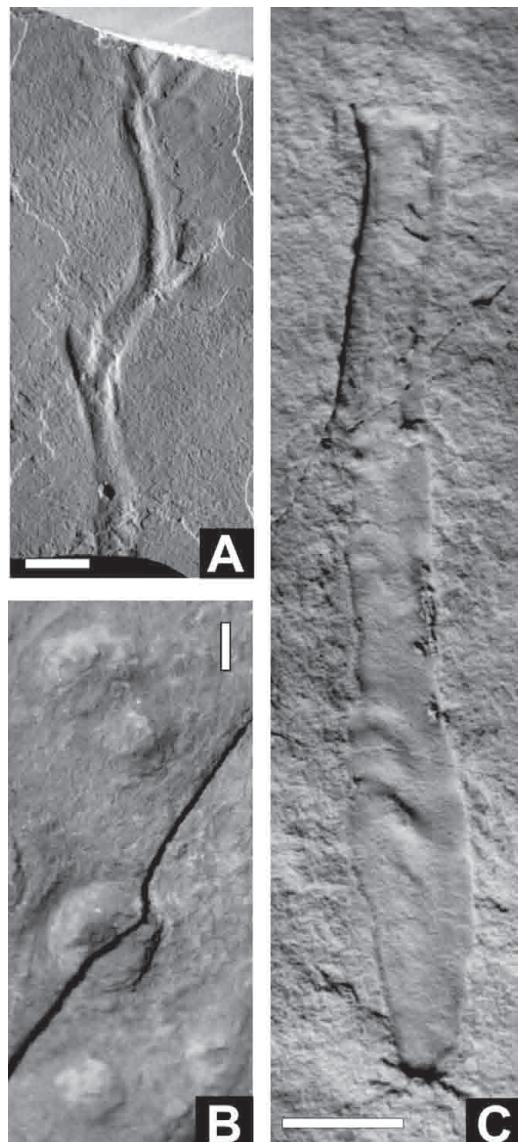


Figura 1. Algunos fósiles identificados en las rocas más antiguas de la provincias del norte argentino. A. *Treptichnus* cf. *aequalternus* (huella fósil); B. *Beltanelloides* sp. (cuerpo fósil); C. *Selkirkia* sp. (cuerpo fósil). Escala: 1 cm.

la icnoespecie *Nereites saltensis*, que para nuestro asombro formaba parte de una asociación de huellas diferentes, cuya interpretación primero pensé respondía a una cuestión paleogeográfica/paleoambiental, y luego a una diferencia cronológica.

Hace pocos años descubrí la presencia de vendobiontes (un grupo fósil extinto) asociados a *Nereites* en la región de Cachi, Salta, lo que nuevamente enfatizó la existencia de rocas cronológicamente diferentes dentro del mismo «basamento del NOA». Actualmente se considera que algunas de estas rocas poseen edades netamente precámbricas - del

Período Ediacarano-; mientras que aquellas con *Oldhamia* son asignadas al Cámbrico inferior.

Si bien este modelo de mezcla de edades y rocas en el NOA inicialmente estaba sustentado con datos fosilíferos, la aplicación de metodologías geocronológicas modernas llevadas a cabo en colaboración con el equipo dirigido por el profesor Hubert Miller (Universidad de Munich, Alemania) ratificaba el esquema general, modificando definitivamente el concepto de un solo «basamento cristalino Precámbrico» en el noroeste argentino.

2 ► Volcanismo

Grosse, Pablo¹; Silvina R. Guzmán^{2,3}

¹ CONICET e Instituto de Mineralogía y Petrografía, Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Argentina; pgrosse@lillo.org.ar

² IBIGEO, UNSa, CONICET, 9 de Julio 14, (4405) Rosario de Lerma, Salta, Argentina.

³ Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera”, CSIC, Sole i Sabaris s/n, 08028, Barcelona, España.

► **Resumen** — La Puna es una región volcánica activa que forma parte de la Zona Volcánica Central de los Andes. Contiene tres tipos principales de volcanes: (1) Estratovolcanes: edificios generados por la acumulación de productos volcánicos durante un período de tiempo prolongado. Presentan variada morfología desde conos simples a macizos complejos. Sus productos, mayormente de composición andesítica y dacítica, consisten en coladas de lava, domos de lava y en menor medida depósitos piroclásticos. (2) Calderas de colapso: depresiones generadas por grandes erupciones asociadas al vaciamiento de cámaras magmáticas. Producen extensos depósitos de flujos piroclásticos (ignimbritas) de composiciones mayormente dacíticas y riolíticas. (3) Conos de escoria y coladas de lava asociadas: producidos por volcanismo monogenético, de corta duración y escaso volumen; de composiciones mayormente andesitas basálticas. El volcanismo en la Puna tiene registros a partir de ~26 Ma, cobrando intensidad desde los ~15 Ma hasta el presente. Entre los ~15-8 Ma se construyeron numerosos estratovolcanes y calderas, principalmente a lo largo de lineamientos transversales NO-SE y en el borde oriental de la Puna. Entre los ~8-3 Ma el arco volcánico principal se estableció en su posición actual sobre el borde occidental de la Puna, con el desarrollo de estratovolcanes, mientras que calderas y centros máficos se generaron en el retroarco. La construcción de estratovolcanes sobre el arco principal continuó durante el Cuaternario y persiste en la actualidad. En el interior de la Puna la actividad cuaternaria se limitó a la Puna austral, con el desarrollo de centros máficos y tres calderas.

Palabras clave: Puna argentina, estratovolcanes, calderas de colapso, conos de escoria, distribución espacio-temporal del volcanismo.

► **Abstract** — “Vocanism”. The Puna is an active volcanic region that is part of the Central Volcanic Zone of the Andes. Three main types of volcanoes are found in the Puna: stratovolcanoes, collapse calderas and scoria cones. Stratovolcanoes consist in edifices generated by the accumulation of volcanic products during a long period of time. They have varied morphologies ranging from simple cones to complex massifs. Their products, mostly of andesitic and dacitic composition, are lava flows, lava domes and less commonly pyroclastic deposits. Collapse calderas are depressions generated by large eruptions associated to the evacuation of shallow magma chambers. They produce extensive pyroclastic flows (ignimbrites) mostly of dacitic and rhyolitic compositions. Scoria cones and associated lava flows, mainly of basaltic andesite compositions, are produced by monogenetic volcanism of short duration and small volume. Volcanism in the Puna has records since ~26 Ma, and it intensified from ~15 Ma to the present. Between ~15 and 8 Ma many stratovolcanoes and calderas developed, mainly along transverse NW-SE lineaments and on the eastern Puna boundary. Between ~8 and 3 Ma the main volcanic arc was established at its present position along the western Puna boundary, with development of stratovolcanoes, whereas calderas and mafic monogenetic centers were generated in the back-arc. Construction of stratovolcanoes along the main arc continued during the Quaternary and persists today. In the inner Puna, Quaternary activity was limited to the southern Puna, with development of mafic monogenetic centers and three calderas.

Keywords: Argentinean Puna, stratovolcanoes, collapse calderas, scoria cones, spatio-temporal distribution of volcanism.

INTRODUCCIÓN

La subducción de la placa de Nazca por debajo del borde occidental de la placa Sud-americana resulta en cuatro zonas de volcanismo a lo largo de los Andes (Figura 1A). La

Zona Volcánica Central (ZVC) se ubica entre las latitudes 15° y 28°S y abarca un *plateau* elevado, con una altura de base promedio de 3.500 msnm, limitado al este y oeste por las cordilleras Oriental y Occidental, respec-



Figura 1. A) Mapa de Sudamérica con las zonas volcánicas de los Andes; B) mapa de la Zona Volcánica Central de los Andes con localización del Altiplano-Puna. En ambos mapas los triángulos marcan los volcanes considerados activos o potencialmente activos (Siebert *et al.*, 2010).

tivamente (Figura 1B). Este *plateau* se deno-
mina Altiplano en Bolivia y Perú, y Puna en
Argentina y Chile (Figura 1B).

El Altiplano-Puna, construido sobre una corteza continental engrosada de hasta 70 km de espesor, muestra volcanismo continuo desde \sim 26 Ma hasta la actualidad. El volca-
nismo más reciente se concentra a lo largo del borde oeste del *plateau*, sobre la Cordillera Occidental, formando un arco volcánico acti-
vo (Figura 1B). Al sur de 24,5°S, este arco discurse aproximadamente en coincidencia con el límite entre Argentina y Chile, mientras que hacia el norte se ubica exclusivamente en territorio chileno y luego sobre el límite entre Chile y Bolivia (Figura 1B).

Los depósitos volcánicos de la Puna se encuentran sobre un basamento ígneo-metá-
morfico neoproterozoico-paleozoico inferior, como así también sobre secuencias sedimen-
tarias mayormente continentales neopaleo-
zoicas, mesozoicas y terciarias (Figura 2; ver
Hongn *et al.*, en este volumen). Los depósitos
sedimentarios terciarios tienen una amplia
distribución en la Puna, llenando cuencas
intermontanas y en ocasiones intercalados
con depósitos volcánicos; estas cuencas sue-
len contener depósitos evaporíticos que for-
man extensos salares (Figura 2).

La Puna se puede dividir en Puna norte,
donde el basamento más antiguo es Ordo-
vícico, y Puna sur, con basamento mayor-
mente neoproterozoico-paleozoico inferior
(ver Hongn *et al.*, este volumen). La zona
de transición entre ambas a los \sim 24°S (Puna
central o transicional) coincide con un linea-
miento transversal NO-SE denominado Cala-
ma-Olacapato-El Toro (Figura 2A).

TIPOS DE VOLCANES Y SUS PRODUCTOS

El volcanismo en la Puna es abundante,
cubriendo buena parte de su extensión. Los
depósitos volcánicos son los productos de
tres tipos principales de volcanes: estrato-
volcanes, calderas de colapso y volcanes mo-
nogenéticos (mayormente conos de escoria).
Cada uno de estos tipos de volcanes presenta
características particulares en cuanto a sus

morfologías, productos y composiciones. En
las Tablas 1 y 2 se listan respectivamente
estratovolcanes destacados y las calderas
reconocidas de la Puna argentina.

Los productos volcánicos muestran una
amplia variedad composicional (Figura 3)
incluyendo composiciones máficas (pobres
en sílice; basaltos, andesitas basálticas), in-
termedias (contenido en sílice intermedio;
andesitas) y félasicas (ricas en sílice; dacitas
y riolitas). La composición de los magmas
condiciona en buena medida la magnitud y
el tipo de erupciones, los depósitos genera-
dos y los edificios volcánicos resultantes. De
esta manera, se puede hacer una generaliza-
ción, en donde (1) los conos de escoria son
el resultado de erupciones de baja explosi-
vidad y de composiciones basálticas a an-
desíticas; (2) los estratovolcanes se asocian
a erupciones de explosividad intermedia, con
productos de composición andesítica y da-
cítica, y (3) las calderas se generan a partir
de erupciones muy explosivas, con compo-
siciones principalmente dacíticas a riolíticas
(Figura 3).

ESTRATOVOLCANES

Los estratovolcanes o volcanes poligené-
ticos son el tipo de estructura volcánica más
abundante en la Puna. Consisten en edificios
con relieve positivo producidos por la acu-
mulación de productos volcánicos emitidos a
partir de uno o más focos y durante un perío-
do de tiempo prolongado (por ende son poli-
genéticos, abarcando más de una erupción).
La vida de un volcán poligenético puede du-
rar desde decenas de miles hasta cientos de
miles de años, pudiendo incluso superar el
millón de años. Su evolución generalmente
consiste en períodos cortos de actividad inten-
sa separados por períodos prolongados de
inactividad. Los edificios resultantes tienen
alturas que varían entre unos pocos cientos
de metros hasta \sim 2 km y volúmenes desde
 \sim 1 a 500 km³ (Tabla 1).

Los estratovolcanes de la Puna presentan
una amplia gama de morfologías que van
desde típicos conos simétricos a enormes
macizos complejos (Figura 4; Tabla 1). Esta

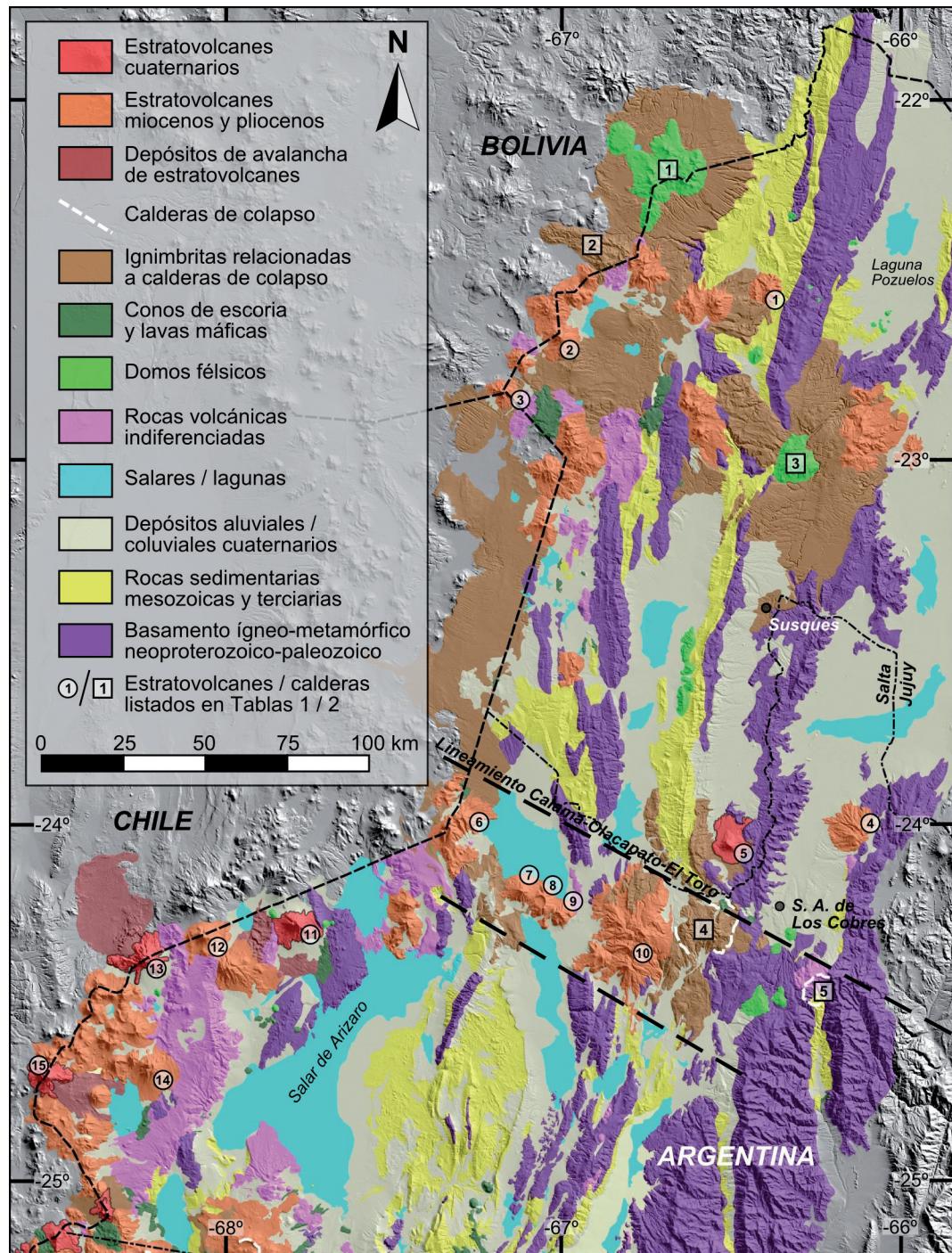
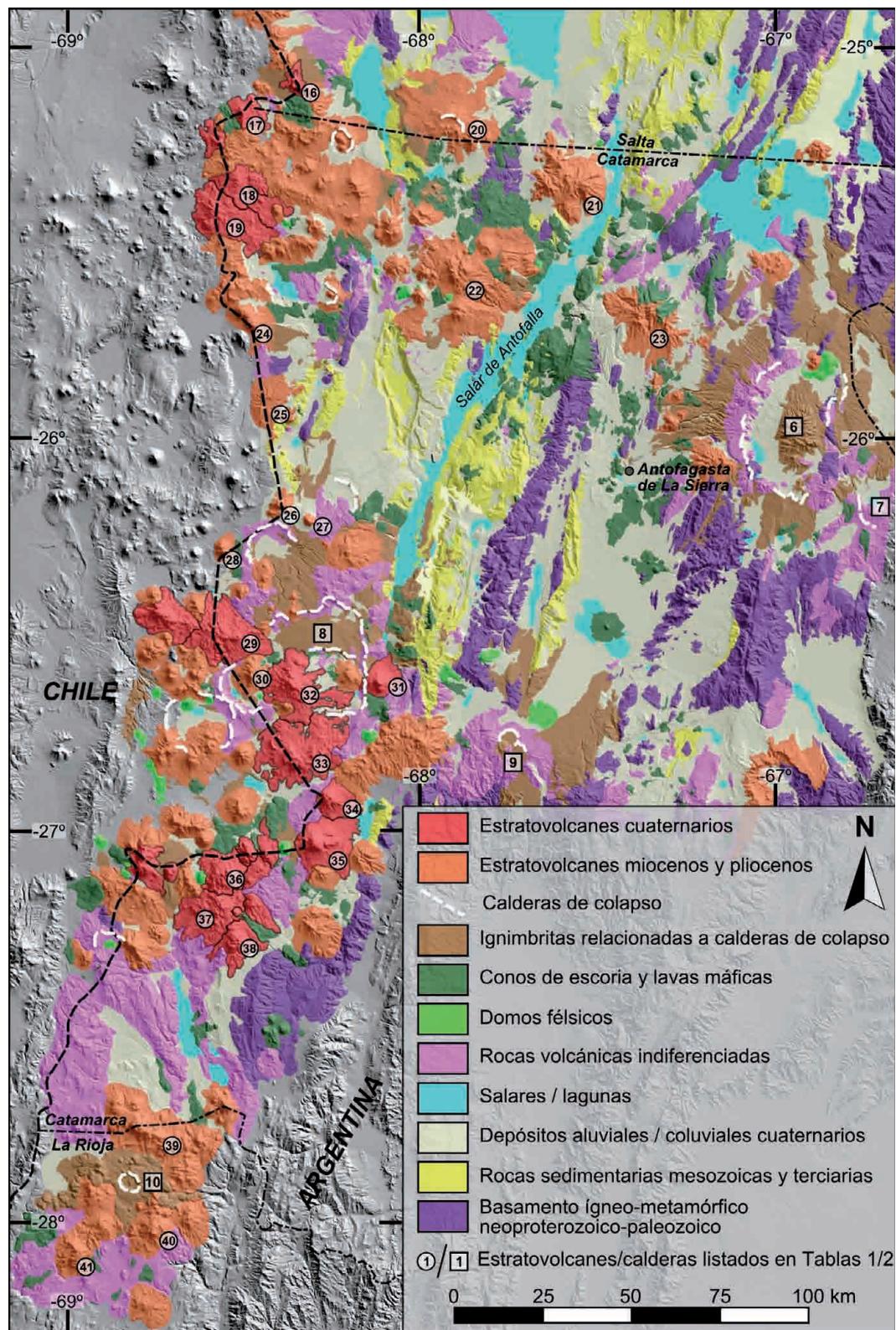


Figura 2. Mapas geológicos simplificados de la Puna argentina con énfasis en la ubicación de estratovolcanes, calderas de colapso y volcanismo monogenético. **A)** (esta página) Sector norte y central; **B)** (página siguiente) Sector sur. Los mapas están basados en el mapa de Schnurr *et al.* (2006) y en las hojas geológicas del SEGEMAR que abarcan la región (Blasco *et al.*, 1996; Hongn y Seggiaro, 2001; Zappettini y Blasco, 2001; Coira *et al.*, 2004; Seggiaro *et al.*, 2004, 2006).



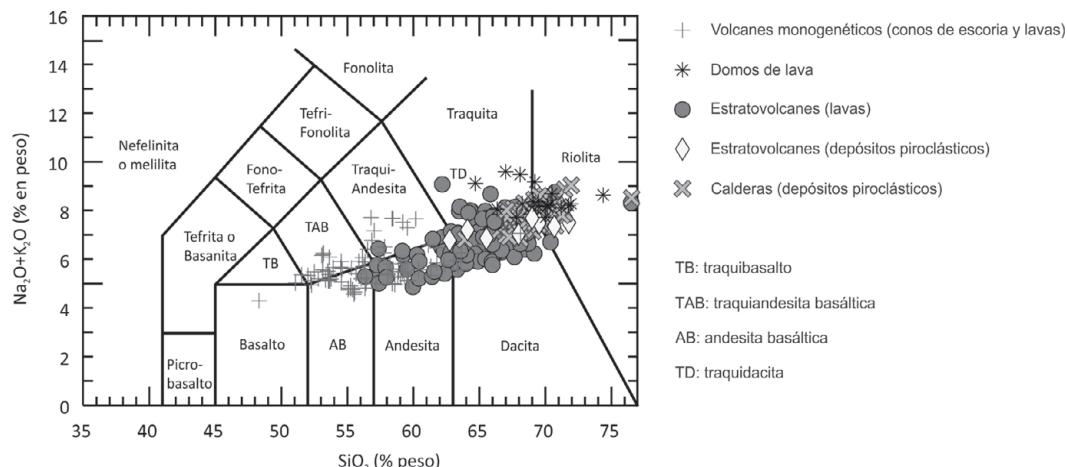


Figura 3. Diagrama TAS (Le Maitre *et al.*, 1989) con ejemplos de las composiciones de los distintos tipos de volcanes de la Puna argentina. Se usaron datos de Coira y Kay (1993), Kraemer *et al.* (1999), Richards y Villeneuve (2001, 2002), Siebel *et al.* (2001), Matteini *et al.* (2002), Guzmán *et al.* (2006, 2011), Richards *et al.* (2006, 2013), Cabrera y Caffe (2009), Drew *et al.* (2009), Kay *et al.* (2010), Folkes *et al.* (2011), Goss *et al.* (2011), Risse *et al.* (2013) y Presta, Caffe (2014) y Grosse *et al.* (inédito).

gran diversidad refleja la compleja interacción de los procesos que actúan durante su construcción, tanto agradacionales (acumulación de productos, migración de actividad) como degradacionales (erosión, colapso). Siguiendo las clasificaciones en de Silva y Francis (1991), Francis (1993) y Grosse *et al.* (2009), se pueden reconocer tres tipos principales de estratovolcanes:

– Conos simples: volcanes con una morfología cónica, simetría radial y un único foco eruptivo principal estable (no migra), lo cual resulta en un único cráter en la cima. Pueden presentar más de un estadio evolutivo (pero siempre manteniendo un centro eruptivo estable) y focos eruptivos o domos secundarios periféricos. Ejemplos son los volcanes Tuzgle, Tul-Tul, Aracar y Peinado (Figura 4A).

– Conos compuestos o sub-conos: volcanes con una forma cónica a sub-cónica, comúnmente elongados. Presentan más de un foco eruptivo principal debido a una migración de la actividad, evidenciado por la presencia de varios cráteres y/o domos, alineados o con disposición radial sobre los flancos del edificio. Se construyen mediante más de un estadio evolutivo, con un cambio de foco eruptivo en cada estadio pero manteniéndose la

actividad en una misma zona relativamente restringida. Algunos muestran evidencias de colapso. Un subtipo particular son los conos dobles o mellizos. Ejemplos son los volcanes Socompa, Incahuasi (Figura 4B), Llullaillaco (Figura 4C) y Archibarca (Figura 4D).

– Macizos: volcanes sin forma cónica, con muchos focos eruptivos, ya sea orientados formando cordones alargados o sin orientación formando macizos irregulares. Pueden distinguirse macizos compuestos, conformados por un edificio relativamente bien definido y macizos complejos, más extensos, conformados por varios edificios. Ejemplos son los volcanes Lastarria, El Cónedor, Falso Azufre (Figura 4E) y Ojos del Salado.

Los estratovolcanes están sujetos a la erosión, la cual puede alterar las morfologías originales de manera significativa. La erosión produce la degradación de los edificios mediante incisión de valles y transferencia de material hacia abajo, generando una disminución progresiva de las pendientes. Los bordes de los cráteres se erosionan y son rellenados con ese material hasta desaparecer; los materiales de los flancos se redepositan en zonas más distales, dando como resultado edificios de menor altura y más amplios e irregulares; en casos extremos las

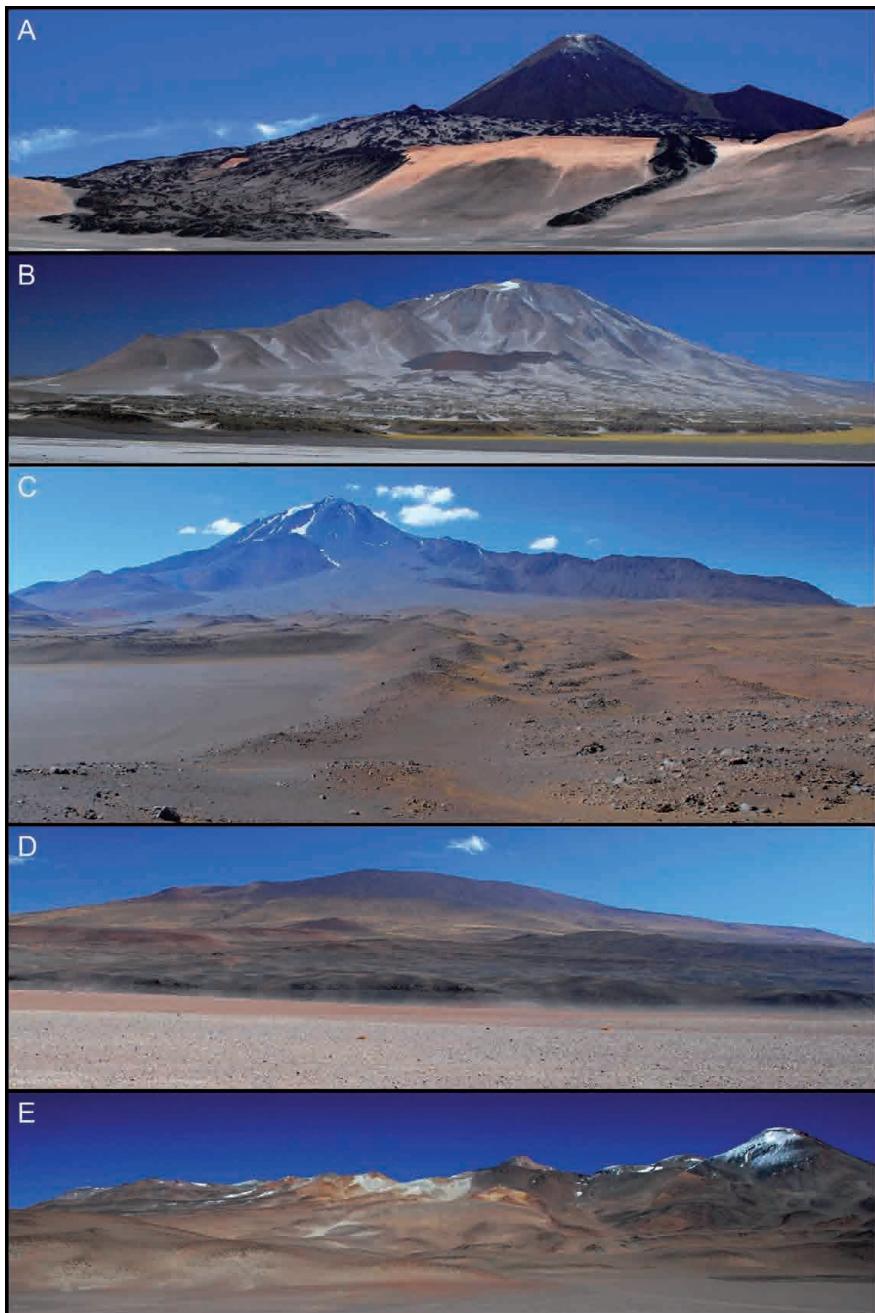


Figura 4. Fotografías de estratovolcanes de la Puna. A) Peinado: consiste en un perfecto cono simple con varios focos eruptivos alrededor de su base que generaron un enjambre de coladas de lava de andesita basáltica, algunas de las cuales fluyeron dentro de la caldera de Laguna Amarga; B) Incahuasi: es un cono andesítico con un domo dacítico emplazado sobre su flanco oriental; los conos de escoria sobre el flanco NE generaron extensas coladas de lava de andesita basáltica; C) Llullaillaco: es un cono compuesto dacítico que sufrió el colapso de su flanco oriental, generando un depósito de avalancha con característica morfología monticulada o *hummocky*; D) Archibarca: es un cono compuesto del Mioceno superior de relieve suave, truncado por una caldera; E) Falso Azufre: es un macizo complejo andesítico-dacítico con numerosos focos eruptivos alineados.

Tabla 1. Lista de estratovolcanes destacados de la Puna argentina. Datos morfométricos tomados de Grosse *et al.* (2009, 2014a, inédito). Núm: Número en Figura 2. J: Jujuy; S: Salta; C: Catamarca; LR: La Rioja.

Núm	Estratovolcán	Tipo	Latitud (°)	Longitud (°)	Elevación (m)	Altura (km)	Diámetro basal (km)	Volumen (km ³)	Edad
1	Orosmayo (J)	cono compuesto	-22,52	-66,39	4756	0,81	10,2	17	Mioceno sup.
2	Tinte (J)	cono compuesto	-22,66	-67,01	5843	1,11	11,7	27	Plioceno
3	Zapaleri (J)	cono compuesto	-22,82	-67,18	5602	0,96	9,4	17	Plioceno
4	Chimpa (S)	cono compuesto	-24,02	-66,11	4803	0,93	14,3	38	Mioceno med. - sup.
5	Tuzgle (J)	cono simple	-24,06	-66,48	5494	1,04	6,5	9,1	Cuaternario
6	Rincón (S)	cono compuesto doble	-24,04	-67,32	5594	1,10	11,5	40	Mioceno
7	Tul-Tul (S)	cono simple	-24,20	-67,11	5263	1,33	9,0	23	Mioceno sup. - Plioceno
8	Del Medio (S)	cono compuesto	-24,25	-67,04	4832	0,87	8,7	16	Mioceno sup. - Plioceno
9	Pocitos (S)	cono compuesto	-24,26	-66,99	5030	1,11	8,6	19	Mioceno sup. - Plioceno
10	Quevar (S)	macizo complejo	-24,31	-66,73	6123	1,92	32,8	432	Mioceno sup. - Plioceno
11	Aracar (S)	cono simple	-24,29	-67,78	6061	1,86	12,0	50	Cuaternario
12	Salín (S)	cono simple	-24,33	-68,07	6009	1,23	7,1	15	Plioceno
13	Socompa (S)	cono compuesto	-24,40	-68,25	6011	2,12	14,2	81	Cuaternario
14	De La Carpa (S)	cono compuesto	-24,69	-68,23	5471	1,26	9,5	28	Plioceno
15	Llullaillaco (S)	cono compuesto	-24,72	-68,54	6715	1,71	10,6	37	Cuaternario
16	Escorial (S)	macizo compuesto	-25,08	-68,37	5447	0,47	5,7	3,7	Cuaternario
17	Lastarria (C)	macizo compuesto	-25,17	-68,51	5697	0,80	6,9	7,8	Cuaternario
18	Cordón del Azufre (C)	macizo complejo	-25,34	-68,52	5465	0,57	7,3	6,3	Cuaternario
19	Cerro Bayo Gorbéa (C)	macizo complejo	-25,41	-68,59	5400	0,90	12,2	33	Cuaternario
20	Archibarca (S)	cono compuesto	-25,24	-67,87	5582	1,20	21,6	101	Mioceno sup.
21	Tebenquincho (C)	macizo compuesto	-25,35	-67,65	5789	1,66	21,4	224	Mioceno sup.
22	Antofalla (C)	macizo compuesto	-25,56	-67,88	6426	1,58	19,6	102	Mioceno sup.
23	Beltrán (C)	macizo complejo	-25,66	-67,36	5659	1,30	22,7	145	Mioceno med. - sup.
24	Aguas Blancas (C)	cono compuesto doble	-25,71	-68,48	5758	1,20	9,5	28	Mioceno
25	León Muerto (C)	macizo erodado	-25,94	-68,39	4950	0,62	13,5	24	Mioceno inf.
26	Colorados (C)	macizo compuesto	-26,18	-68,38	6049	0,89	6,7	11	Plioceno
27	Vallecito (C)	cono simple	-26,22	-68,32	6085	0,96	5,4	5,6	Plioceno
28	Tridente (C)	cono compuesto	-26,29	-68,56	5405	1,01	6,6	10	Plioceno
29	Sierra Nevada (C)	macizo complejo	-26,49	-68,56	6140	1,30	19,1	100	Cuaternario
30	Laguna Escondida (C)	cono compuesto	-26,61	-68,48	5877	1,21	9,0	21	Plioceno
31	Peinado (C)	cono simple	-26,62	-68,12	5847	1,58	10,9	20	Cuaternario
32	El Cóndor (C)	macizo compuesto	-26,63	-68,36	6420	1,71	18,5	91	Cuaternario
33	Falso Azufre (C)	macizo complejo	-26,80	-68,36	5897	1,20	22,2	98	Cuaternario
34	San Francisco (C)	cono compuesto	-26,92	-68,26	6031	1,24	10,9	23	Cuaternario
35	Incahuasi (C)	cono compuesto	-27,03	-68,30	6611	1,97	16,2	73	Cuaternario
36	Ojos del Salado (C)	macizo complejo	-27,11	-68,54	6874	1,44	13,7	54	Cuaternario
37	Tipas / Walter Penck (C)	macizo complejo	-27,20	-68,56	6666	1,12	16,4	52	Cuaternario
38	Nacimientos (C)	cono compuesto	-27,28	-68,52	6454	1,25	12,3	36	Cuaternario
39	Pissis (C-LR)	macizo complejo	-27,76	-68,80	6784	1,78	23,6	178	Mioceno sup. - Plioceno
40	Bonete Chico (LR)	cono compuesto	-28,02	-68,76	6721	1,29	9,0	30	Mioceno sup. - Plioceno
41	Veladero (LR)	cono compuesto	-28,07	-68,98	6404	1,44	12,2	40	Mioceno sup. - Plioceno

formas originales pueden resultar de difícil reconocimiento. Sin embargo, en la Puna las tasas de erosión son bajas debido al clima árido registrado desde el Mioceno superior (e.g., Hilley y Strecker, 2005) por lo que las geoformas originales se logran preservar en buena medida. Es así que se pueden observar volcanes de varios millones de años con formas relativamente bien conservadas (e.g., Tebenquincho, Beltrán).

Los principales productos primarios o agradacionales de los estratovolcanes son coladas de lava, domos de lava y en menor medida depósitos piroclásticos. Productos secundarios o degradacionales se relacionan a colapsos y erosión fluvial y glaciar.

– Coladas de lava: son el producto más común, generados a partir de erupciones efusivas. Tienen la morfología de lenguas alargadas que descienden por los flancos de los edificios. Son mayormente de composición andesítica o dacítica (Figura 3). Las coladas andesíticas suelen ser oscuras (Figura 4A) mientras que las dacíticas son más claras y de mayor espesor. Los estratovolcanes suelen mostrar una evolución hacia productos más felsicos, con coladas andesíticas como producto principal y coladas y/o domos dacíticos como producto final (Figura 4B). Las coladas suelen ser del tipo *blocky*, o en bloque, conformados por bloques de varios decímetros hasta escasos metros. Un tipo de

colada particular son las *coulées* (Figura 6E); consisten en coladas muy viscosas, cortas y gruesas que pueden considerarse como domos que han fluido.

– Domos: son montículos de lava que debido a su elevada viscosidad (que depende principalmente de su composición, temperatura y contenido en agua y cristales) se acumulan alrededor de su punto de erupción en vez de fluir. Son comunes sobre los flancos de estratovolcanes (Figura 4B) donde suelen ser productos finales. También suelen encontrarse asociados a calderas de colapso (ver sección 2.2; Figura 5B) o aislados, producto de volcanismo monogenético félscico (ver sección 2.3; Figura 6C, D). Tienen formas circulares a ovaladas en planta y pueden alcanzar desde decenas de metros a pocos kilómetros en su eje mayor. Son casi siempre de composición dacítica o riolítica (Figura 3).

– Depósitos piroclásticos: tres tipos principales de depósitos piroclásticos generados a partir de erupciones explosivas se encuentran asociados a estratovolcanes: (1) depósitos de flujos de bloques y cenizas: son el resultado del colapso gravitacional de un domo. Estas erupciones en general forman explosiones dirigidas, sin el desarrollo de columnas eruptivas; los depósitos de bloques y cenizas resultantes son en general pequeños ($< 0,01 \text{ km}^3$) y de escasos metros de espesor ($< 100 \text{ m}$). Ejemplos de volcanes con depósitos de bloques y cenizas son El Morro, Organullo y Rupasca (Petrinovic *et al.*, 1999); (2) depósitos de flujos piroclásticos: asociados a erupciones importantes, con desarrollo de columnas eruptivas de varios kilómetros de altura. Ocurren cuando la columna eruptiva colapsa drásticamente formando flujos piroclásticos que son transportados por gravedad a altas velocidades (cientos de km/h) y a grandes distancias (decenas de kilómetros). Los depósitos resultantes pueden alcanzar espesores desde decenas hasta cientos de metros. Ejemplos de estratovolcanes que generaron flujos piroclásticos son Tuzgle (Coira y Kay, 1993), Chimpa (Arnosio, 2010) y Rachaita (Coira *et al.*, 2004); (3) depósitos piroclásticos de caída: los materiales emitidos en una colum-

na eruptiva, piroclastos de tamaño lapilli (64 a 2 mm) y ceniza ($< 2 \text{ mm}$), pueden ser transportados por el viento; cuando pierden capacidad de transporte caen por gravedad, formando depósitos de caída. Estos depósitos pueden alcanzar cientos de kilómetros de distancia desde el foco eruptivo. En las proximidades del foco eruptivo se acumulan los bloques más grandes y pesados, los cuales son eyectados definiendo una proyección balística.

– Depósitos de avalancha: ocurren por el colapso catastrófico de un sector del edificio volcánico pudiendo o no estar relacionados a actividad eruptiva. Son particularmente comunes en la ZVC de los Andes (Francis y Wells, 1988) relacionado posiblemente a que la baja tasa de erosión permite que los edificios crezcan desmesuradamente hasta tornarse inestables. Los colapsos pueden ser desde pequeños, como el caso del volcán Lastarria (Naranjo y Francis, 1987) hasta enormes, removiendo una buena parte del edificio. Las avalanchas se caracterizan por recorrer largas distancias, hasta decenas de kilómetros desde la base del volcán. Es común que ocurra actividad agradacional posterior al colapso, reconstruyendo el edificio parcial o totalmente (en este caso no quedan prácticamente huellas del colapso en el edificio, pero sí en el depósito de la avalancha). Dos ejemplos espectaculares en la Puna son las avalanchas de los volcanes Socompa, con movilización de unos 26 km^3 de material hasta 30 km de distancia hacia el NO (van Wyk de Vries *et al.*, 2001) y Llullailaco, la cual recorrió 25 km hacia el sureste (Richards y Villeneuve, 2001; Figura 4C).

– Depósitos de erosión glaciar e hídrica: la erosión glaciar es de limitada importancia en la Puna (e.g., de Silva y Francis, 1991); genera incisión de valles en U, glaciares de roca y morenas. Un ejemplo de glaciar de roca se encuentra en el Nevado de Acay (Martini *et al.*, 2013). La erosión hídrica produce incisión de valles radiales. El material erosionado se acumula en la base de los edificios generando plataformas de material suelto. Debido al clima árido son poco comunes los procesos erosivos con abundante

agua. Sin embargo, se reconocen depósitos de laharés, los cuales se forman por corrientes fluviales que transportan material suelto dominantevolcánico.

CALDERAS DE COLAPSO

El Altiplano-Puna es conocido a nivel mundial por la concentración de calderas de colapso y los depósitos de flujos piroclásticos que generan (a los que denominaremos genéricamente ignimbritas) (Figura 5). Las calderas de colapso son el resultado de grandes erupciones asociadas al vaciamiento parcial o casi total de cámaras magmáticas que se encuentran a escasos kilómetros por debajo de la superficie. La mayoría de las calderas andinas se generaron por sobrepresurización de las cámaras magmáticas. En el momento en el que la presión dentro de la cámara es mayor que la presión litoestática (*i.e.*, la presión de las rocas que se encuentran por encima de la cámara) se genera la evacuación del magma mediante grandes erupciones y consecuente subsidencia de la superficie. Las rocas que estaban por encima de la cámara en gran parte caen en el espacio dejado por la misma (aquí también se depositarán los piroclastos que no consiguen ser transportados fuera de la depresión), mientras que algunas son transportadas dentro de flujos piroclásticos fuera de la caldera. La mayoría de las calderas andinas generaron columnas eruptivas de escasa altura con emisión de flujos piroclásticos rasantes. Los depósitos ignimbriticos resultantes se pueden encontrar a varias decenas de kilómetros de las calderas, con espesores de cientos de metros (Figura 5D, E) como en el caso de la caldera del cerro Galán (*e.g.*, Sparks *et al.*, 1985). Se caracterizan por estar soldadas, por sus tonalidades claras (blanquecinas a rosadas) y por contener fragmentos de pómez (porciones de magma fragmentado y solidificado con abundantes vesículas) y líticos (de la roca de caja y otros que recogen los flujos en su recorrido) inmersos en una matriz fina de tamaño ceniza. Algunas pocas calderas andinas desarrollaron columnas eruptivas de mayor altura generando depósitos piroclásti-

cos de caída que suelen preceder a los flujos piroclásticos.

El resultado de las erupciones calderas es la generación de calderas de colapso que tienen un relieve negativo con perímetros de forma elíptica a circular (Figura 5A-C); en algunos casos ocurren diversos eventos de colapso relacionados a la migración lateral de las cámaras magmáticas (y de los colapsos) que generan calderas anidadas.

Posterior al colapso se pueden generar mediante un rebote isostático domos intracaldera que están formados por las mismas ignimbritas acumuladas en el interior de la depresión. Estos domos resurgentes pueden alcanzar miles de metros por encima de la depresión y ubicarse en zonas centrales (*e.g.*, caldera del cerro Galán; Sparks *et al.*, 1985) o bien en sectores laterales (*e.g.*, caldera de Aguas Calientes; Petrinovic *et al.*, 2010) dentro del área deprimida. Algunas calderas registran una actividad postcaldera representada por domos de lava (Figura 5C) y/o volcanes pequeños que se concentran frecuentemente a lo largo del perímetro del área colapsada.

En todo el Altiplano-Puna se han reconocido unas 20 calderas de colapso y se ha estimado el área cubierta por ignimbritas en 44.000 km² (Petrinovic *et al.*, 2010) y un volumen de 11.000 km³ (Kay *et al.*, 2010). La mayor concentración de calderas e ignimbritas se encuentra entre los 21-24° S en una región conocida como el Complejo Volcánico Altiplano-Puna, donde se interpreta que a partir de los ~10 Ma se produjo una 'llamada de ignimbritas' (de Silva, 1989). Esta región se encuentra mayormente en Bolivia y Chile, pero abarca también el extremo NO de la Puna argentina.

En la Puna argentina se encuentran 10 calderas de colapso confirmadas con ignimbritas asociadas (Tabla 2; Figura 2). Además, existen varias posibles calderas no confirmadas y numerosas ignimbritas sin un centro conocido de erupción que en su mayoría se estima proceden de calderas no reconocidas aún, erosionadas o cubiertas. En la Puna norte se encuentran tres calderas que for-

Tabla 2. Lista de las calderas de colapso confirmadas de la Puna argentina y sus principales características. Referencias: 1. Ort *et al.* (1996); 2. Ort (1993); 3. Soler *et al.* (2007); 4. Seggiano *et al.* (2014); 5. Petrinovic *et al.* (2010); 6. Hiller *et al.* (2001); 7. Petrinovic *et al.* (2005b); 8. Sparks *et al.* (1985); 9. Folkes *et al.* (2011); 10. Guzmán y Petrinovic (2010); 11. Guzmán *et al.*, 2011; 12. Mpodozis *et al.* (1996); 13. Siebel *et al.* (2001); 14. Seggiano *et al.* (2006); 15. Montero López *et al.* (2010); 16. Báez *et al.* (2015); 17. Goss *et al.* (2009); 18. Goss *et al.* (2011). Número en Figura 2. J: Jujuy; S: Salta; C: Catamarca; LR: La Rioja. max: máximo; min: mínimo; avg: promedio.

Nº	Caldera (provincia)	Latitud (º)	Longitud (º)	Diámetro mayor (km)	Diámetro menor (km)	Ignimbritas asociadas	Edad (Ma)	Volumen (km ³)	Superficie (km ²)	Espesor extracaldera (m)	Composición	Distancia alcanzada por ignimbritas (km)	Referencias
1	Panizos (J)	-22,17	-66,67	15	15	Quebrada Ciénago Cerro Panizos	7,9 6,7 a 6,8	— 650	1200	60 (max) 150 (max)	riodacita dáctica	— 20	1,2 2
2	Vilama (J)	-22,40	-66,95	35-40	15-18	Vilama	8,4 a 8,5	1000-1400	4000	40 (avg) 110-60 (max)	dáctica	40	3
3	Coranzulí (J)	-23,00	-66,25	14	14	Abra Grande; Potreros; Las Termas	6,45 a 6,8	400	1900	310 (max)	riodacita; dáctica	35	4
4	Aguas Calientes (S)	-24,25	-66,50	19	14	Verde Tajamar	17,15 10,3	140 350	650 2265	80 (min) 130 (avg)	dáctica	20	5
5	Negra Muerta (S)	-24,42	-66,20	12	7	Acay Toba 1	9 a 7,6 7,6	— —	250	100 (max)	andesita; dáctica riolita	6 10	6,7
6	Cerro Galán (C)	-25,98	-66,92	27	16	Cerro Galán	2,1 a 2,2	547-1000	2150	200 (max)	riodacita	71	8,9
7	Luingo (C)	-26,17	-66,67	19	13	Pucanilla Alto de las Lagunas	12,1 13,5	135 2	1300 —	220 (max), 33 (avg) 80 (max)	dáctica dáctica	35 5	10,11
8	Laguna Amarga (C)	-26,62	-68,28	20	18	Laguna Amarga Laguna Verde	3,7 a 5,1 3 a 4,5	— >70	611 86	— 35 (max)	riolita riodacita	30 35	12, 13, 14 12
9	Cerro Blanco (C)	-26,77	-67,72	13	10	Campo de la Piedra Pómez Cerro Blanco	0,56 a 0,073 0,012 a 0,004	8 9	250 528	60 (avg) 200 (avg)	riolita riolita	30 32	15, 16
10	Incapillo (LR)	-27,88	-68,83	6	5	Incapillo	0,5	20	80	250 (max) 10 (min)	riodacita	15	17, 18

man parte del Complejo Volcánico Altiplano-Puna: Coranzulí, Panizos y Vilama (las últimas dos sobre el límite con Bolivia). En la Puna central se encuentran dos calderas: Aguas Calientes y Negra Muerta. En la Puna sur se reconocen cinco calderas: cerro Galán (Figura 5E), Luingo, cerro Blanco (Figura 5A), Laguna Amarga (Figura 4A, 5B) e Incapillo (Figura 5C, D). Además, en esta región existen otras posibles calderas como ser Alto Los Colorados, Los Bayos y Laguna Escondida (e.g., Seggiano *et al.*, 2006).

VOLCANISMO MONOGENÉTICO

El volcanismo monogénetico es común en la ZVC de los Andes y en particular en el retroarco (en el interior de la Puna). Genera edificios volcánicos pequeños (volúmenes $< 1 \text{ km}^3$) producto de uno o pocos pulsos eruptivos ocurridos en un tiempo acotado. Este tipo de volcanismo es mayormente máfico (Figura 6A, B) y menos comúnmente felsico (Figura 6C-E).

Los centros monogenéticos máficos consisten en uno o más conos de escoria (o raramente conos de aglutinados) y coladas de lava asociadas (Figura 6A, B). Comúnmente se encuentran alineados sobre fallas profundas que permitieron el ascenso de magmas desde el manto. Pueden intruir diversos tipos de rocas y a veces se encuentran sobre los flancos de estratovolcanes (Figura 4B). La composición de estos centros es mayormente andesita basáltica y andesita (Figura 3); muy pocos clasifican como verdaderos basaltos debido a la asimilación de roca de caja por parte de estos magmas al atravesar la corteza engrosada de la Puna.

Los conos de escoria suelen ser conos simples, con diámetros entre 0,3 y 2 km y alturas entre 40 y 300 m, con un cráter completo o abierto (en hendidura). En ocasiones se encuentran conos múltiples, alargados y con varios cráteres solapados. Los conos están compuestos por escoria (pómez de composición máfica), bombas (fragmentos de roca volcánica densa y fusiforme $> 64 \text{ mm}$) y ceniza (partículas $< 2 \text{ mm}$), materiales producidos por erupciones de tipo es-

tromboliana (erupciones de baja a moderada energía que producen columnas eruptivas $< 10 \text{ km}$ de altura). Al pie de los conos se encuentran una o más coladas de lava, mayormente de tipo *blocky* o *aa* (con superficies rugosas).

Los centros monogenéticos felsicos son poco comunes en la Puna. Consisten en domos de lava (Figura 6C, D) de composición dacítica o riolítica (Figura 3) de similares características a los que se encuentran asociados a estratovolcanes o calderas.

También se reconocen unos pocos centros monogenéticos relacionados a la interacción del agua con el magma (erupciones hidromagnéticas) o bien al calentamiento del agua por el magma sin interacción directa (erupciones freáticas). En estos casos se generan maares y anillos de tobas. Algunos ejemplos se encuentran en Tocomar (Petrinovic *et al.*, 2005a) y Pasto Ventura (Filipovich *et al.*, 2014).

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL VOLCANISMO EN LA PUNA

El volcanismo en la ZVC registra migraciones y/o propagaciones perpendiculares al arco a través del tiempo y se distribuye en forma segmentada a lo largo del arco y a lo largo de lineamientos transversales NO-SE. A continuación se presenta una breve síntesis de la distribución espacio-temporal del volcanismo en la Puna argentina. Compilaciones más extensas se pueden encontrar en Coira *et al.* (1993), Trumbull *et al.* (2006), Kay y Coira (2009), Kay *et al.* (2010) y Guzmán *et al.* (2014).

Se encuentran registros de volcanismo en la Puna desde el Oligoceno superior ($\sim 26 \text{ Ma}$). Sin embargo, durante el Oligoceno superior y Mioceno inferior ($\sim 26-18 \text{ Ma}$) la actividad volcánica se concentró al oeste del arco actual, en Chile, por lo que en la Puna argentina existen escasos registros de volcanismo de esta edad. Los mismos consisten mayormente en depósitos volcánicos-sedimentarios, en donde no se reconocen restos de edificios volcánicos, como por ejemplo los complejos Quebrada del Agua, al oeste del

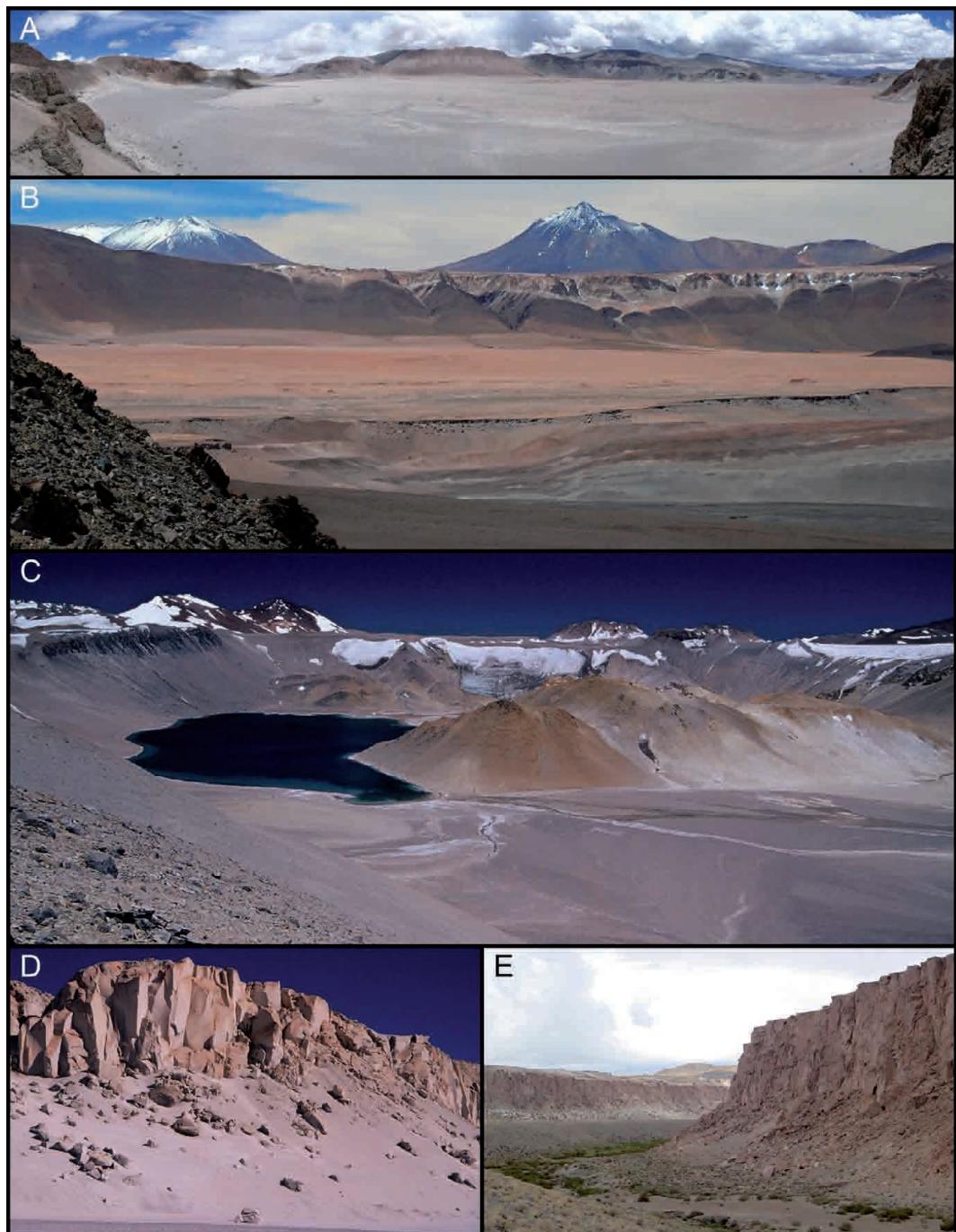


Figura 5. Fotografías de calderas de colapso e ignimbritas de la Puna. A) La caldera de Cerro Blanco es la caldera más joven de la Puna; B) pared norte de la enorme caldera Laguna Amarga, la cual generó la extensa ignimbrita de igual nombre; en el horizonte se encuentran los volcanes Colorados y Vallecito; C) la pequeña caldera Incapillo contiene un domo postcaldera en su interior; D) afloramiento de la ignimbrita Incapillo; E) la ignimbrita Cerro Galán fue generada por la mayor caldera de la Puna Sur.

salar de Arizaro (Zappettini y Blasco, 2001) y Pirurayo, al este de la laguna Pozuelos (Caffe *et al.*, 2002). El complejo volcánico Cori, al sur del salar de Arizaro (Zappettini y Blasco, 2001) y el cerro León Muerto, sobre el límite con Chile (Trumbull *et al.*, 1999) consisten en remanentes de edificios volcánicos de ~ 20 Ma. A fines del Mioceno inferior (~ 18 -16 Ma), en la Puna norte se emplazaron pequeños domos e ignimbritas (Caffe *et al.*, 2002). En la zona central de la Puna, a los 17 Ma comenzó el primer ciclo eruptivo de la caldera Aguas Calientes (Petrinovic *et al.*, 2010).

Durante el Mioceno medio a superior (~ 15 -8 Ma) el arco volcánico principal persistía al oeste del arco actual aunque hubo una importante expansión del volcanismo hacia el interior de la Puna con formación de numerosos estratovolcanes y calderas de colapso. La mayor concentración de estratovolcanes de este periodo se encuentra en la Puna sur a lo largo del lineamiento Antofalla en donde se desarrollaron varios grandes edificios, entre ellos Antofalla, Tebenquinchó, Beltrán y Archibarca (e.g., Kraemer *et al.*, 1999; Richards *et al.*, 2006). Sobre el lineamiento Calama-Olacapato-El Toro, la actividad principal se registró algo más tarde, a partir del Mioceno superior y hasta el Plioceno (~ 10 -5 Ma), con el desarrollo de los estratovolcanes Rincón, Tul-Tul, del Medio, Pocitos y Quevar (Petrinovic *et al.*, 1999; Matteini *et al.*, 2002), como así también el segundo ciclo de la caldera Aguas Calientes (Petrinovic *et al.*, 2010) y la caldera Negra Muerta (Petrinovic *et al.*, 2005b). Durante este tiempo también fue importante la actividad sobre el borde oriental de la Puna con la formación del Complejo Volcánico Vicuña Pampa (e.g., Guzmán *et al.*, 2017), la caldera Luingo (Guzmán y Petrinovic, 2010) y los domos El Morro, Organullo y Rupasca (Petrinovic *et al.*, 1999).

En la Puna norte, los registros del Mioceno medio son escasos, limitados al estratovolcán Chimpa (Arnosio, 2010) y a pequeños complejos de domos (Caffe *et al.*, 2002). En cambio, durante el Mioceno superior hay un importante aumento de actividad con el de-

sarrollo de estratovolcanes (e.g., Rachaita, Orosmayo; Coira *et al.*, 2004), complejos de domos (e.g., Pairique; Caffe *et al.*, 2007) y principalmente tres calderas de colapso que produjeron enormes volúmenes de ignimbritas: Panizos (e.g., Ort, 1993), Vilama (e.g., Soler *et al.*, 2007) y Coranzulí (e.g., Seggiaro *et al.*, 2014).

Hacia finales del Mioceno y durante el Plioceno (~ 8 -3 Ma) el arco volcánico principal migró hacia el este (e.g., Goss *et al.*, 2013) y se estableció en su posición actual sobre el borde occidental de la Puna. Numerosos estratovolcanes se desarrollaron sobre el arco principal, al oeste del salar de Arizaro (e.g., cerros Salín y de la Carpa; Zappettini y Blasco, 2001), en la región de la laguna Pedernal (Richards *et al.*, 2013), en la zona del paso San Francisco (e.g., cordillera de San Buenaventura, Vallecito, Tridente; Seggiaro *et al.*, 2006) y en el extremo sur de la Puna (e.g., Pissis, Bonete Chico, Veladero; Goss *et al.*, 2013). En la Puna norte también hubo desarrollo de estratovolcanes en las zonas limítrofes con Chile y Bolivia (e.g., Poquis, Zapaleri, Tinte; Coira *et al.*, 2004). Además, durante el Plioceno se formaron dos grandes calderas: Laguna Amarga (e.g., Siebel *et al.*, 2001; Seggiaro *et al.*, 2006) en la Puna sur y La Pacana (Lindsay *et al.*, 2001) en la Puna norte (en territorio chileno). Durante este tiempo también hubo una destacada producción de volcanismo monogenético máfico, tanto en la Puna norte (e.g., cerro Morado, cerro Bitiche, cerros Negros de Jama, El Toro; Cabrera y Caffe, 2009; Presta y Caffe, 2014; Maro y Caffe, 2017) como también en la Puna sur (mayormente en la región del salar de Antofalla; e.g., Risse *et al.*, 2008).

El volcanismo cuaternario ($< 2,58$ Ma) es abundante sobre todo en el margen occidental de la Puna, a lo largo del arco volcánico, con el desarrollo de estratovolcanes. La distribución de los mismos es segmentada. En territorio argentino, la región de mayor concentración de estratovolcanes cuaternarios es la zona del paso San Francisco, a los $\sim 27^{\circ}$ S, destacándose los volcanes Sierra Nevada, El Cóndor, Peinado, Falso Azufre, Incahuasi y Ojos del Salado (e.g., González-Ferrán *et*

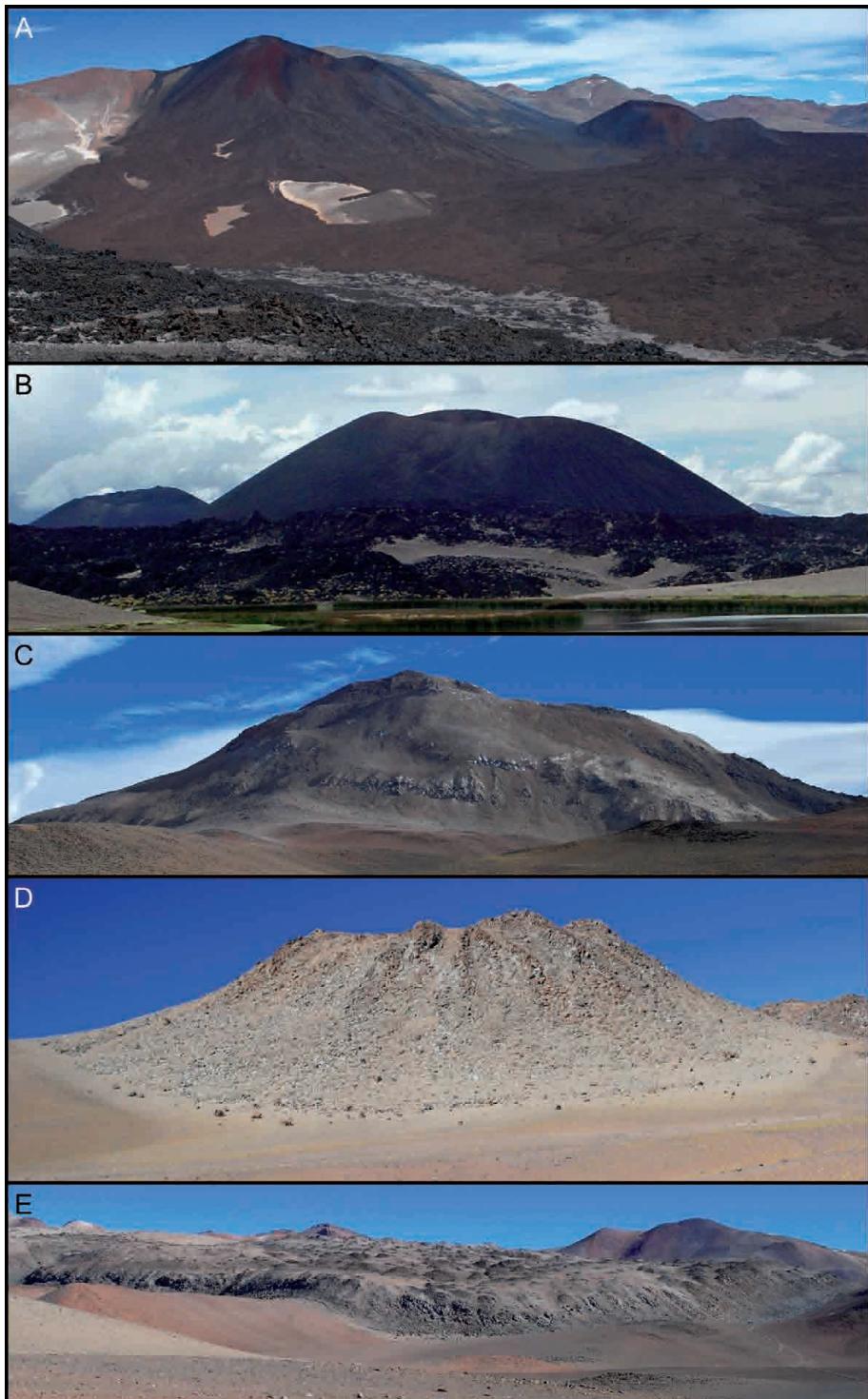


Figura 6. Fotografías de volcanismo monogenético máfico y felsico en la Puna. A) Conos de escoria y sus coladas de andesitas basálticas al sur del volcán Peinado; B) cono de escoria al sur de Antofagasta de la Sierra; C) domo dacítico Cerro Torta; D) pequeño domo dacítico al este del volcán Falso Azufre; E) coulée dacítica del volcán Falso Azufre.

al., 1985; Seggiano *et al.*, 2006; Grossé *et al.*, 2014b). Un segundo grupo de volcanes cuaternarios se ubica a los $\sim 25^{\circ}$ S, donde se encuentran los volcanes Escorial, Lastarria, Cordón del Azufre y cerro Bayo Gorbea (e.g., Naranjo, 1992; Richards y Villeneuve, 2002). Al norte de este grupo se encuentran los volcanes cuaternarios Llullaillaco (Richards y Villeneuve, 2001), Socampa (e.g., van Wyk de Vries *et al.*, 2001) y Aracar (Koukharsky y Etcheverría, 1997) en territorio argentino; más al norte, el arco volcánico continúa enteramente en Chile.

Además de la actividad sobre el arco, durante el Cuaternario se generaron abundantes centros monogenéticos máficos en el retroarco de la Puna sur, especialmente en la zona de Antofagasta de la Sierra (e.g., Risso *et al.*, 2008; Báez *et al.*, 2017); también en la zona de Pasto Ventura (e.g., Filipovich *et al.*, 2014), sobre el borde oriental de la Puna (e.g., Guzmán *et al.*, 2006) y en la zona de transición entre la Puna sur y norte (e.g., Deruelle, 1991). En esta última zona se desarrolló el volcán Tuzgle, único estratovolcán cuaternario ubicado en el retroarco (Coira y Kay, 1993). En la Puna sur se registró además una actividad explosiva muy importante representada por tres calderas con generación de ignimbritas y domos asociados: cerro Galán (e.g., Sparks *et al.*, 1985; Folkes *et al.*, 2011), cerro Blanco (e.g., Seggiano *et al.*, 2006; Montero López *et al.*, 2010; Báez *et al.*, 2015) e Incapillo (e.g., Goss *et al.*, 2009). En cambio, no se registra actividad volcánica cuaternaria en la Puna norte.

PELIGROSIDAD Y RIESGO VOLCÁNICO

El impacto que tienen las erupciones volcánicas se puede medir en relación a su peligrosidad y al riesgo volcánico. La peligrosidad es la probabilidad de que una erupción volcánica ocurra en una dada área geográfica en un tiempo determinado. Por otro lado, el riesgo es la magnitud de las pérdidas generadas por una erupción y depende de la peligrosidad del volcán, de la vulne-

rabilidad y de la exposición. Como la Puna es una zona que tiene muy escasa densidad poblacional es evidente que la peligrosidad volcánica es mucho más importante que el riesgo volcánico.

Siebert *et al.* (2010) listan 37 volcanes activos o potencialmente activos en el sector sur de la ZVC, entre las latitudes 22° y 28° S (Figura 1B); 19 de estos se encuentran total o parcialmente en la Puna argentina (Tabla 1; Figura 2). Sin embargo, la mayoría de estos no registra actividad histórica, siendo el volcán Láscar (en territorio chileno) el único volcán regularmente activo. En la Puna argentina, el volcán Llullaillaco registra tres posibles erupciones en el siglo XIX, mientras que los volcanes Aracar y Ojos del Salado registran pequeñas erupciones no confirmadas en 1993. Por su parte, se reconoce actividad fumarólica persistente en los volcanes Ojos del Salado, Lastarria y Socampa. Además, estudios recientes de interferometría radar han detectado dos centros volcánicos con deformación superficial: la zona del volcán Lastarria y el Cordón del Azufre registra levantamiento a un ritmo de unos 2,5 cm/año, relacionado con el crecimiento de una cámara magmática (e.g., Froger *et al.*, 2007), mientras que la caldera de cerro Blanco registra subsidencia (e.g., Pritchard y Simons, 2004), posiblemente relacionada con el reacomodamiento del terreno luego de la última erupción ~ 5000 años AP (e.g., Montero López *et al.*, 2010).

El riesgo volcánico en la Puna es de poca relevancia y en los últimos siglos ha consistido únicamente en la caída de escasos milímetros de ceniza en zonas pobladas, como por ejemplo los producidos por el volcán Láscar. Sin embargo, estudios arqueológicos-volcánicos muestran que la actividad volcánica de la caldera de cerro Blanco tuvo impacto en la dinámica fluvial y consecuentemente en las fuentes de agua para las actividades humanas, lo que podría haber condicionado la ocupación de las poblaciones aborígenes en las zonas de los valles de Chaschuil y Fiambalá durante los 8000-4100 años AP (Ratto *et al.*, 2013).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los proyectos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (PIP 286) y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (PICT 2012-0419; PICT 2011-0407).

LITERATURA CITADA

- Arnosio M. 2010. Evidencia textural y geoquímica de mezcla de magmas en el volcán Chimpa, Puna Salteña. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66: 253-270.
- Báez W., Arnosio M., Chiodi A., Yañez-Ortiz A., Viramonte J., Bustos E., Guido G., López, F. 2015. Estratigrafía y evolución del Complejo Volcánico cerro Blanco, Puna Austral, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31: 29-49.
- Báez W., Carrasco-Núñez G., Giordano G., Viramonte J., Chiodi A. 2017. Polycyclic scoria cones of the Antofagasta de la Sierra basin, Southern Puna plateau, Argentina. En: K. Németh, G. Carrasco-Núñez, J. Aranda-Gómez, I. Smith (Eds.), *Monogenetic volcanism. The Geological Society of London, Special Publications* 446, pp. 311-336.
- Blasco G., Zappettini E., Hongn F. 1996. Hoja Geológica 2566-I San Antonio de los Cobres, provincias de Salta y Jujuy (Escala 1:250,000). Servicio Geológico Minero de Argentina, SEGEMAR, Buenos Aires, Boletín 217, 126 pp.
- Cabrera, A., Caffe P. 2009. The cerro Morado andesites: Volcanic history and eruptive styles of a mafic volcanic field from northern Puna, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 28: 113-131.
- Caffe P., Trumbull R., Coira B., Romer R. 2002. Petrogenesis of early Neogene magmatism in the northern Puna; implications for magma genesis and crustal processes in the Central Andean plateau. *Journal of Petrology*, 43: 907-942.
- Caffe P., Soler M., Coira B., Cabrera A., Flores P. 2007. Estratigrafía y centros eruptivos de la región de Pairique, Puna jujena. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62: 242-246.
- Coira B., Kay S. 1993. Implications of Quaternary volcanism at cerro Tuzgle for crustal and mantle evolution of the Puna Plateau, Central Andes, Argentina. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 113: 40-58.
- Coira B., Kay S., Viramonte J. 1993. Upper Cenozoic magmatic evolution of the Argentine Puna – a model for changing subduction geometry. *International Geology Review*, 35: 677-720.
- Coira B., Caffe P., Ramírez A., Chayle W., Díaz A., Rosas S., Pérez A., Pérez E., Orosco O., Martínez M. 2004. Hoja Geológica 2366-I Mina Pirquitas (Escala 1:250,000). Servicio Geológico Minero de Argentina, SEGEMAR, Buenos Aires, Boletín 269, 110 pp.
- Deruelle B. 1991. Petrology of Quaternary shoshonitic lavas of northwestern Argentina. En: R. Harmon, C. Rapela (Eds.), *Andean magmatism and its tectonic setting. Geological Society of America Special Paper* 265, pp. 201-217.
- de Silva S. 1989. Altiplano-Puna volcanic complex of the Central Andes. *Geology*, 17: 1102-1106.
- de Silva S., Francis P. 1991. *Volcanoes of the Central Andes*. Springer-Verlag, Berlin, 216 pp.
- Drew S., Ducea M., Schoenbohm L. 2009. Mafic volcanism on the Puna plateau, NW Argentina: Implications for lithospheric composition and evolution with an emphasis on lithospheric foundering. *Lithosphere*, 1: 305-318.
- Filipovich R., Báez W., Santillán A., Viramonte J. 2014. Caracterización del volcanismo monogénico básico de la región de Pasto Ventura, Puna Austral. *XIX Congreso Geológico Argentino. Actas*: S24-1-06, Córdoba.
- Folkes C., de Silva S., Wright H., Cas R. 2011. Geochemical homogeneity of a long-lived, large silicic system; evidence from the cerro Galán caldera, NW Argentina. *Bulletin of Volcanology*, 73: 1455-1486.
- Francis P. 1993. *Volcanoes: A planetary perspective*. Oxford University Press, Oxford, 443 pp.
- Francis P., Wells G. 1988. Landsat Thematic Mapper observations of debris avalanche deposits in the Central Andes. *Bulletin of Volcanology*, 50: 258-278.
- Froger J., Remy D., Bonvalot S., Legrand D. 2007. Two scales of inflation at Lastarria-Cordon del Azufre volcanic complex, Central Andes, revealed from ASAR-ENVISAT interferometric data. *Earth and Planetary Science Letters*, 255: 148-163.
- González-Ferrán O., Baker P., Rex, D. 1985. Tectonic-volcanic discontinuity at latitude

- 27° South Andean Range, associated with Nazca plate subduction. *Tectonophysics*, 112: 423-441.
- Goss A., Kay S., Mpodozis C., Singer B. 2009. The Incapillo caldera and dome complex (~28°S, Central Andes): a stranded magma chamber over a dying arc. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 184: 389-404.
- Goss A., Kay S., Mpodozis C. 2011. The geochemistry of a dying continental arc: the Incapillo Caldera and Dome Complex of the southernmost Central Andean Volcanic Zone (28°S). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 161: 101-128.
- Goss A., Kay S., Mpodozis C. 2013. Andean adakites from the northern edge of the Chilean-Pampean flat-slab (27–28.5°S) associated with frontal arc migration and forearc subduction erosion. *Journal of Petrology*, 54: 2193-2234.
- Grosse P., van Wyk de Vries B., Petrinovic I., Euillades P., Alvarado G. 2009. Morphometry and evolution of arc volcanoes. *Geology*, 37: 651-654.
- Grosse P., Euillades P., Euillades L., van Wyk de Vries B. 2014a. A global database of composite volcano morphometry. *Bulletin of Volcanology*, 76:784.
- Grosse P., Orihashi Y., Guzmán S., Petrinovic, I. 2014b. Volcanismo cuaternario en la zona del Paso San Francisco, Catamarca. XIX Congreso Geológico Argentino. Actas: S24-2-6, Córdoba.
- Guzmán S., Petrinovic I. 2010. The Luingo caldera: The south-eastern most collapse caldera in the Altiplano-Puna plateau, NW Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 194: 174-188.
- Guzmán S., Petrinovic I., Brod J. 2006. Pleistocene mafic volcanoes and their relation with the boundary between the Puna and the Cordillera Oriental, Salta, Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 158: 51-69.
- Guzmán S., Petrinovic I., Brod J., Hongn F., Seggiaro R., Montero C., Carniel R., Dantas E., Sudo M. 2011. Petrology of the Luingo caldera (SE margin of the Puna plateau): a middle Miocene window of the arc-back arc configuration. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 200: 171-191.
- Guzmán S., Grosse P., Montero-López C., Hongn F., Pilger R., Petrinovic I., Seggiaro R., Aramayo A. 2014. Spatial-temporal distribution of explosive volcanism in the 25-28°S segment of the Andean Central Volcanic Zone. *Tectonophysics*, 636: 170-189.
- Guzmán, S., Strecker, M. R., Martí, J., Petrinovic, I. A., Schildgen, T. F., Grosse, P., Montero-López, C., Neri, M., Carniel, R., Hongn, F., Muruaga, C., Sudo, M. 2017. Construction and degradation of a broad volcanic massif: The Vicuña Pampa volcanic complex, southern Central Andes, NW Argentina. *Geological Society of America Bulletin*, 129: 750-766.
- Hilley G., Strecker M. 2005. Processes of oscillatory basin filling and excavation in a tectonically active orogen: Quebrada del Toro Basin, NW Argentina. *Geological Society of America Bulletin*, 117: 887-901.
- Hongn F., Seggiaro R. 2001. Hoja Geológica 2566-III-Cachi. Provincias de Salta y Catamarca [Escala 1:250,000]. Servicio Geológico Minero de Argentina, SEGEMAR, Buenos Aires, Boletín 248, 87 pp.
- Hongn F., Montero-López C., Guzmán S., Aramayo A. 2018. Geología. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (Eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 13-29.
- Kay S., Coira B. 2009. Shallowing and steepening subduction zones, continental lithosphere loss, magmatism and crustal flow under the central Andean Altiplano-Puna plateau. En: Kay, S., Ramos, V. y Dickinson, W. (Eds.), Backbone of the Americas: Shallow subduction, plateau and ridge and terrane collisions. *Geological Society of America Memoir*, 204, pp. 229-260.
- Kay S., Coira B., Caffe, P., Chen, C. 2010. Regional chemical diversity, crustal and mantle sources and evolution of Central Andean Puna plateau ignimbrites. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 198: 81-110.
- Koukharsky M., Etcheverria, M. 1997. Geología del volcán Aracar, sur de los Andes Centrales (24°19'00" S, 67°49'20" O), Argentina. VIII Congreso Geológico Chileno. Actas 2: 1324-1328, Antofagasta.
- Kraemer B., Adelmann D., Alten M., Schnurr W., Erpenstein K., Kiefer E., van den Bogaard P., Görler, 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.

- Le Maitre R., Baterman P., Dudek A., Keller J., Lameyre J., Le Bas M., Sabine P., Schmid R., Sorensen H., Streckeisen A., Woolley A., Zanettin B. 1989. A Classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford, 193 pp.
- Lindsay J., de Silva S., Trumbull R., Emmermann R., Wemmer K. 2001. La Pacana caldera, N Chile: a re-evaluation of the stratigraphy and volcanology of one of the world's largest resurgent calderas. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 106: 145-173.
- Maro G., Caffe P. 2017. Neogene monogenetic volcanism from the Northern Puna region: products and eruptive styles. En: Németh, K., Carrasco-Núñez, G., Aranda-Gómez, J., Smith, I. (Eds), Monogenetic Volcanism. The Geological Society of London, Special Publications, 446: 337-359.
- Martini M. A. Strelin, J., Astini R. 2013. Inventario y caracterización morfoclimática de los glaciares de roca en la Cordillera Oriental argentina (entre 22° y 25° S). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 30: 569-581.
- Matteini M., Mazzuoli R., Omarini R., Cas R., Maas R. 2002. The geochemical variations of the upper Cenozoic volcanism along the Calama-Olacapato-El Toro transversal fault system in the Central Andes (24°S): petrogenetic and geodynamic implications. *Tectonophysics*, 345: 211-227.
- Montero López M., Hongn F., Brod A., Segiaro R., Marrett R., Sudo M. 2010. Magmatismo ácido del Mioceno Superior-Cuaternario en el área de cerro Blanco-La Hoyada, Puna Austral. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67: 329-348.
- Mpodozis C., Kay S., Gardeweg M., Coira B. 1996. Geología de la región de Ojos del Salado (Andes Centrales, 27° S): implicancias de la migración hacia el este del frente volcánico Cenozoico Superior. XIII Congreso Geológico Argentino. Actas 3: 539-548, Buenos Aires.
- Naranjo J. 1992. Chemistry and petrological evolution of the Lastarria volcanic complex in the North Chilean Andes. *Geological Magazine*, 129: 723-740.
- Naranjo J., Francis P. 1987. High velocity debris avalanche at Lastarria volcano in the north Chilean Andes. *Bulletin of Volcanology*, 49: 509-514.
- Ort M. 1993. Eruptive processes and caldera formation in a nested down-sag collapse caldera: cerro Panizos, central Andes Mountains. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 56: 221-252.
- Ort M., Coira B., Mazzoni M. 1996. Generation of a crust-mantle magma mixture: magma sources and contamination at cerro Panizos, Central Andes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 123: 308-322.
- Petrinovic I., Mitjavilla J., Viramonte J., Martí J., Becchio R., Armoso M., Colombo F. 1999. Geoquímica y geocronología de las secuencias neógenas de trasarco, en el extremo oriental de la cadena volcánica transversal del Quevar, noroeste de Argentina. *Acta Geológica Hispánica*, 34: 255-273.
- Petrinovic I., Armoso M., Alvarado G., Guzmán S. 2005a. Erupciones freáticas sintectónicas en el campo geotérmico de Tocomar, Salta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60: 122-131.
- Petrinovic I. A., Riller U., Brod J. A. 2005b. The Negra Muerta Volcanic Complex, southern Central Andes: geochemical characteristics and magmatic evolution of an episodically active volcano-tectonic complex. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 140: 295-320.
- Petrinovic I., Martí J., Aguirre-Díaz G., Guzmán S., Geyer, A., Salado Paz N. 2010. The cerro Aguas Calientes caldera, NW Argentina: an example of a tectonically controlled, polygenetic collapse caldera, and its regional significance. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 194: 15-26.
- Presta J., Caffe P. 2014. Historia eruptiva de los volcanes monogenéticos de El Toro (23° 05'S - 66° 42'0), Puna norte, Argentina. *Andean Geology*, 41: 142-173.
- Pritchard M., Simons M. 2004. An InSAR-based survey of volcanic deformation in the central Andes. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 5: Q02002.
- Ratto N., Montero-López C., Hongn F. 2013. Environmental instability in western Tinogasta (Catamarca) during the Mid-Holocene and its relation to the regional cultural development. *Quaternary International*, 307: 58-65.
- Richards J., Villeneuve, M. 2001. The Llullaillaco volcano, northwest Argentina: construction by Pleistocene volcanism and destruction by sector collapse. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 105: 77-105.
- Richards J., Villeneuve M. 2002. Characteristics of late Cenozoic volcanism along the Archibarca lineament from cerro Llullaill-

- Iaco to Corrida de Cori, northwest Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 116: 161-200.
- Richards J., Ullrich, T., Kerrich R. 2006. The Late Miocene-Quaternary Antofalla volcanic complex, southern Puna, NW Argentina: protracted history, diverse petrology, and economic potential. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 152: 197-239.
- Richards J., Jourdan F., Creaser R., Maldonado G., DuFrane S. 2013. Geology, geochemistry, geochronology, and economic potential of Neogene volcanic rocks in the Laguna Pedernal and Salar de Aguas Calientes segments of the Archibarca lineament, northwest Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 258: 47-73.
- Riller U., Petrinovic I., Ramelow J., Strecker M., Oncken O. 2001. Late Cenozoic tectonism, collapse caldera and plateau formation in the central Andes. *Earth and Planetary Science Letters*, 188: 299-311.
- Risse A., Trumbull R., Coira B., Kay S., van den Bogaard P. 2008. $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ geochronology of basaltic volcanism in the back-arc region of the southern Puna plateau, Argentina. *Journal of South America Earth Science*, 26: 1-15.
- Risse A., Trumbull R., Kay S., Coira B. y Romer R. 2013. Multi-stage evolution of Late Neogene mantle-derived magmas from the Central Andes back-arc in the Southern Puna Plateau of Argentina. *Journal of Petrology*, 54: 1-33.
- Schnurr W., Risse A., Trumbull R., Munier K. 2006. Digital geological map of the Southern and Central Puna plateau, NW Argentina. En: O. Oncken, G. Chong, G. Franz, P. Giese, H-J. Götze, V. Ramos, M. Strecker, P. Wigger. (Eds.), *The Andes – Active Subduction Orogeny. Frontiers in Earth Science Series 1*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 563-564.
- Seggiaro R., Becchio, R., Schnurr, W., Adelmann, D., Erpenstein,, K. 2004. Hoja 2569-IV, Antofalla (Escala 1:250,000). Servicio Geológico Minero de Argentina, SEGEMAR, Buenos Aires, Boletín 343, 58 pp.
- Seggiaro R., Hongn F., Folguera A., Clavero J. 2006. Hoja Geológica 2769-II Paso de San Francisco (Escala 1:250.000). Servicio Geológico Minero de Argentina, SEGEMAR, Buenos Aires, Boletín 294, 76 pp.
- Seggiaro R., Guzmán, S., Martí J., Montero López, C., López, E. 2014. Stratigraphy of the Coranzulí caldera. En: R. Rocha, J. Pais, J. Kullberg, S. Finney (Eds.), *Strati 2013: First international congress on stratigraphy. At the cutting edge of stratigraphy*. Springer Geology, Cham, pp. 1269-1273.
- Siebel W., Schnurr W., Hahne K., Kraemer B., Trumbull R., van den Bogaard P., Emmermann R. 2001. Geochemistry and isotope systematic of small to medium-volume Neogene-Quaternary ignimbrites in the southern Central Andes: evidence for derivation from andesitic magma sources. *Chemical Geology*, 171: 213-217.
- Siebert L., Simkin T., Kimberly P. 2010. *Volcanoes of the world*, 3rd edition. University of California Press, Berkeley, 551 pp.
- Soler M., Caffe P., Coira B., Onoe A., Kay S. 2007. Geology of the Vilama caldera: a new interpretation of a large-scale explosive event in the Central Andean plateau during the Upper Miocene. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 164: 27-53.
- Sparks R., Francis P., Hamer R., Pankhurst R., O'Callaghan L., Thorpe R., Page R. 1985. Ignimbrites of the cerro Galán caldera, NW Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 24: 205-224.
- Trumbull R., Wittenbrink R., Hahne K., Emmermann R., Büsch W., Gerstenberger H., Siebel, W. 1999. Evidence for Late Miocene to Recent contamination of arc andesites by crustal melts in the Chilean Andes (25–26°S) and its geodynamic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 12: 135-155.
- Trumbull R., Riller U., Oncken O., Scheuber E., Munier K., Hongn F. 2006. The time-space distribution of Cenozoic arc volcanism in the Central Andes: a new data compilation and some tectonic considerations. En: O. Oncken, G. Chong, G. Franz, P. Giese, J. Götze, V. Ramos, M. Strecker, P. Wigger. (Eds.), *The Andes – Active Subduction Orogeny. Frontiers in Earth Science Series 1*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 29-43.
- van Wyk de Vries B., Self S., Francis P., Keszthelyi L. 2001. A gravitational spreading model for the Socompa debris avalanche. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 105: 225-247.
- Zappettini E., Blasco G. 2001. Hoja Geológica 2569-II Socompa, provincia de Salta (Escala 1:250.000). Servicio Geológico Minero de Argentina, SEGEMAR, Buenos Aires, Boletín 260, 62 pp.

Box ▶ El volcán Tuzgle: un proyecto para la obtención de energía geotérmica

Coira, Beatriz

INECOA-CONICET, Instituto de Geología y Minería, Av. Bolivia 1661, S. S. de Jujuy, Argentina.
Email: bcoira2015@gmail.com

La energía geotérmica es una energía renovable que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor natural del interior de la tierra que se transmite a través de los cuerpos de roca caliente o reservorios por conducción y convección, donde tienen lugar procesos de interacción de fluidos y rocas, dando origen a los sistemas geotérmicos. El interior de la Tierra está caliente y la temperatura aumenta con la profundidad. Las capas profundas están a temperaturas elevadas y, a menudo, a esa profundidad hay capas freáticas en las que se calienta el agua: al ascender, el agua caliente o el vapor producen manifestaciones en la superficie, como los géiseres o las fuentes termales.

Actualmente, el progreso en los métodos de perforación y bombeo permiten explotar la energía geotérmica en numerosos lugares del mundo. Este es el caso del volcán Tuzgle (Figura 1), ubicado en la altiplanicie de la Puna, distante 75 km de la localidad de Susques (Jujuy) y a 45 km de San Antonio de los Cobres (Salta). A él se asocia un campo geotérmico que es uno de los más impor-

tantes de la región y cuyas aguas termales brindan al viajero la posibilidad de disfrutar de un baño al pie de su majestuosa silueta. El aprovechamiento del calor acumulado en los sistemas geotérmicos es técnicamente viable a través de perforaciones que alcancen el reservorio adonde se encuentra el vapor o agua caliente. Dicho fluido es conducido desde el reservorio hacia la superficie e inyectado en una turbina la que girando mueve un generador que produce electricidad. De este modo el campo geotérmico del Tuzgle podrá ser utilizado para la generación de energía eléctrica mediante la instalación de una planta diseñada acorde a las características del recurso y las necesidades de desarrollo.

El proyecto de aprovechamiento geotérmico del volcán Tuzgle se inició en 1980 con trabajos exploratorios de Aquater, los que fueron sucedidos por numerosos estudios en los que participaron la Dirección Provincial de Minería y Recursos Energéticos de Jujuy, la Dirección de Energía de Jujuy, la Secretaría de Minería de la Nación,



Figura 1. Volcán Tuzgle. Izquierda, fotografía tomada desde la base. Derecha, imagen satelital tomada de Google Earth® (2017).

la Universidad Nacional de Jujuy, el Centro Regional de Energía Geotérmica del Neuquén, Hidroproyectos S.A.-Setec S.R.L.-Cepic S.C., 1984,87/88; Cregen, 1988; Coira, 1990, 1995; Área Geofísica Eng. S.A., 2015. A través de ellos se definió el modelo geotérmico preliminar y se encuentra a la espera de la ejecución de un plan de perforaciones exploratorias para ingresar en la etapa de factibilidad. En esta se planea cuantificar el recurso y realizar el estudio de impacto ambiental, para finalmente diseñar el sistema de conversión de energía y evaluar la factibilidad técnico-económica.

En el volcán Tuzgle confluye además el potencial desarrollo turístico dada la calidad de sus aguas termales que podrían ser utilizadas para el desarrollo de un centro de bañoterapia y las actividades de montañismo que incluyen el ascenso hasta su cumbre de 5.486 metros donde gozar de su paisaje, si bien árido, pero de una espectacular belleza. Todo esto deberá ser acompañado de medidas dirigidas a proteger el equilibrio natural del medio ambiente.

LITERATURA CITADA

- Aquater. 1980. Exploración geotérmica del área del cerro Tuzgle, provincia de Jujuy, República Argentina. Estudio de Prefactibilidad. Secretaría de Estado de Minería, Jujuy, 210 pp. (inédito).
- Hidroproyectos S.A.-Setec S.R.L.-Cepic S.C. 1984, 1987, 1988. Estudio de la segunda fase de prefactibilidad geotérmica del área denominada Tuzgle, Departamento Susques, Jujuy (inédito).
- Cregen. 1988. Estudio geotérmico del área Tuzgle-Tocomar-Pompeya. Centro Regional de Energía Geotérmica del Neuquén, Neuquén, 66 pp. (inédito).
- Coira B. 1990. Informe preliminar sobre el programa de perforaciones a fin de determinar gradientes de temperatura en el área del Cerro Tuzgle. Dirección Provincial de Minería y Recursos Energéticos de Jujuy- Universidad Nacional de Jujuy- Dirección de Energía de Jujuy, 55 pp. (inédito).
- Coira, B., 1995. Cerro Tuzgle Geothermal Prospect, Jujuy, Argentina. Proceedings of the World Geothermal Congress, 2: 1161-1165.
- Área Geofísica Eng. S.A. 2015. Prospección geoeléctrica mediante sondeos eléctricos verticales. Proyecto geotérmico volcán Tuzgle, departamento de Susques, Provincia de Jujuy.

3 ▶ Paleoecología del Cuaternario tardío de la Puna del Noroeste argentino

Lupo, Liliana^{1*}; Julio Kulemeyer²; Gonzalo Torres,¹; Brenda Oxman³; Karsten Schittek⁴

¹ Laboratorio de Palinología, Facultad de Ciencias Agrarias, UNJU. Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA-CONICET). Alberdi 47, (4600) Jujuy. lupo1c@yahoo.com.ar

² Facultad de Ingeniería/Agrarias, UNJU. Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA-CONICET). M. Palanca 10, (4600) Jujuy.

³ CONICET – Universidad de Buenos Aires. 25 de Mayo 217, 3 piso, (C1002) CABA.

⁴ Instituto de Geografía, Universidad de Heidelberg. Im Neuenheimer Feld 348. D-69120 Heidelberg.

► **Resumen** — Presentamos una síntesis de investigaciones paleoambientales para el Cuaternario tardío en la Puna, basada en 15 archivos de registros polínicos distribuidos entre 22°-27° S y 65°-67° W, en un gradiente ambiental noreste-suroeste, que corresponden a ambientes de sedimentación y preservación de lagos, paleolagos, vegas altoandinas y fluviales en valles intermontanos. Presentan cronologías de ¹⁴C (escalas de milenios y siglos) y ²¹⁰Pb (escalas decádicas). La mayoría posee datos multiproxis: Bioindicadores (carbón vegetal, macrorestos vegetales y animales, diatomeas) y Geoindicadores (sedimentológico, geoquímica, mineralogía, isotopos estables). En los archivos del Pre-LGM (Último Máximo Glacial) y Tardiglacial (29.000 a 25.000 años cal AP y 18.000 a 11.700 años cal AP, respectivamente), de la Cordillera Oriental, se observan mayores aportes de polen de árboles del bosque montano de Yungas, debido a la intensificación de la circulación atmosférica y brisas de valle. Para el Holoceno temprano (11.700 a 9.000-8.300 años cal AP) se observan tendencias al incremento de la humedad y temperatura, con predominio de pastizales en los ambientes puneños y altoandinos. El Holoceno medio (9.000-2.000 años cal AP) es caracterizado como fase más seca, con incremento de estepas arbustivas, que alternan con episodios de humedad marcada y asociaciones polínicas indicadoras de disturbio antrópico. Durante Holoceno tardío (2.000 años cal AP a la actualidad), los registros evidencian las variaciones ambientales de escala submilenal, como la Anomalía Climática Medieval y la Pequeña Edad de Hielo, y pautas de uso y manejo antrópico del paisaje, especialmente el impacto de sobrepastoreo y el deterioro de los recursos hídricos.

Palabras clave: Puna, bioindicadores; geoindicadores; polen.

► **Abstract** — “Late Quaternary paleoecology of the northwest Argentine Puna”. A synthesis concerning the Late Quaternary of the Puna is presented, including 15 palynological archives distributed between 22°-27° S and 65°-67° W, over an environmental northeast-southwest gradient corresponding to sedimentation and preservation of lakes, palaeolakes, high Andean peatlands and inter-mountain valley deposits. All these provide chronologies with ¹⁴C (millennial and century scales) and ²¹⁰Pb (decadal scales). Most of them offer multiproxy data: bioindicators (pollen, charcoal, plant and animal macrorest, diatoms) and geoindicators (sediments, geochemistry, mineralogy, stable isotopes). Sequences of the Pre-LGM and the Lateglacial (29.000 -25.000 years cal BP and 18.000-11.700 years cal BP) in the Eastern Cordillera of the Andes are characterized by higher contributions of tree pollen from Yungas Mountain Forest evidencing the enhanced atmospheric circulation (valley breeze), an increase of moisture from easterly winds, with displacements of geoecological belts. For the Early Holocene (from 11.700 to 9.000-8.300 yearscal BP) trends in the increase of moisture and temperature are observed, with the predominance of grassland in Puna and High Andean environments. The Middle Holocene (9.000-2.000 yearscal BP) is characterized by a drier period showing the increase of the Puna shrub steppes alternating with noticeable wet episodes and the presence of pollen assemblages that indicates human disturbance. During the Late Holocene (from 2.000 to present), high-resolution records evidence environmental variations due to climate oscillations (Medieval Warm Period and Little Ice Age) as well as landscape use patterns and management, particularly the impact of overgrazing and the loss of resources as fresh water.

Keywords: Puna, Bioindicators, Geoindicators, Pollen.

INTRODUCCIÓN

La paleoecología, para el Cuaternario tardío, tiene entre sus desafíos dilucidar si los cambios observados en los ecosistemas de alta montaña, son el resultado del impacto humano, de la dinámica propia del ecosistema, de las variaciones en los factores ambientales —destacando fundamentalmente al clima— o de las combinaciones de estas variables en el pasado (Lupo *et al.*, 2006). Por otra parte, surge la necesidad de comprender en qué medida las perturbaciones inducidas por el hombre alcanzan niveles que podrían afectar severamente los ambientes a largo plazo. A esta complejidad se suma la escasez de series de datos y conocimientos sobre la dinámica natural de los ecosistemas puneños.

Este capítulo tiene como objetivo presentar el estado de avance de las investigaciones paleoecológicas del Cuaternario tardío de la Puna y áreas aledañas, basados en datos polínicos y de otros proxis. Se integra la información en una síntesis regional, sobre la base 15 sitios del NOA, ordenados por su cronología y las tendencias en la vegetación (asociaciones polínicas).

PALEOCLIMAS

El Sistema Monzónico Sudamericano (SAMS: “South American Monsoon System”) es el principal responsable del notable incremento de las precipitaciones que ocurren durante el verano austral (Zhou y Lau, 1998; Vera *et al.*, 2006; Garreaud *et al.*, 2009; Vuille *et al.*, 2012). El SAMS no sólo controla la precipitación de las regiones intertropicales del continente (*i.e.*, Amazonia), sino también las extra-tropicales (*i.e.*, NO argentino, Llanura Chacopampeana), afectando amplias regiones localizadas hacia el E-NE de la Diagonal Árida Sudamericana (una franja continua de clima y vegetación árida que atraviesa diagonalmente el continente en sentido SE-NO). En este marco, los desplazamientos de los pisos geoecológicos en la Diagonal Árida, constituyen una evidencia sobre el comportamiento de los sistemas climáticos (Garleff *et al.*, 1991; Messerli *et*

al., 1998; Schäbitz y Liebricht, 1998; Veit, 1995).

Los registros paleoclimáticos del Pleistoceno Superior de las zonas tropicales y subtropicales de los Andes (*e.g.* Clark *et al.*, 2009; Zech *et al.*, 2009), están restringidos a unos pocos sitios y las interpretaciones son controversiales. Por ejemplo, en el Altiplano boliviano, diversas investigaciones sugieren que el periodo de transición al Último Máximo Glacial (LGM, 26.000-22.000 años cal AP/22.000-18.000 años cal AP), se trató de una fase climática fría y húmeda con variaciones regionales de la disponibilidad de humedad que se asociaron a la circulación atmosférica, mayor insolación y forzantes precesionales vinculados a la rotación del eje de la tierra (Garreaud *et al.*, 2003; Fritz *et al.*, 2004; Placzek *et al.*, 2006; Gosling *et al.*, 2008). Los registros del lago Titicaca señalan un aumento del nivel de agua y descenso de la “Puna Brava”, caracterizada por muy escasa vegetación, con dominancia de gramíneas en mata a los ca. 21.500 años cal AP (Baker *et al.*, 2001, Paduano *et al.*, 2003, Tapia *et al.*, 2003). En el salar de Uyuni, se destacan diferentes ciclos lacustres, siendo el ciclo Sajsi (entre 24.000 y 20.500 años cal AP) contemporáneo al LGM (Placzek *et al.*, 2006; Blard *et al.*, 2011).

En la región del salar de Atacama se formó un lago perenne entre 26.700 y 16.500 años cal AP, bajo condiciones de mayor humedad que las actuales (Bobst *et al.*, 2001), posiblemente por aumento de precipitaciones convectivas durante el verano austral (Ammann *et al.*, 2001). Por otra parte, en la misma región, los registros de macrorrestos vegetales y sedimentarios señalan aumento de aridez (Betancourt *et al.*, 2000) y condiciones secas alrededor de 22.000 años cal AP (Grosjean *et al.*, 2001). Estas discrepancias podrían vincularse a distintas causas, como la resolución temporal de los registros o la omisión de discontinuidades estratigráficas.

En el NOA se produce un descenso de temperatura similar al registrado en el Altiplano boliviano, sin evidencias glaciarias para este momento en la sierra de Santa Victoria, pero con expansión del piso periglacial

hasta unos 700 m por debajo de su límite actual (Zipprich *et al.*, 2000).

Durante los períodos fríos del Pre-LGM (29.000 a 25.000 años cal AP) y Tardiglacial (18.000 a 11.700 años cal AP), hay aumentos significativos de polen de especies arbóreas del Bosque Montano de Yungas en la Cordillera Oriental. A partir del Tardiglacial continuaron episodios de humedad y se registra la presencia de fauna extinta, el caballo americano (*Hippidion sp.*) en las cabeceras del río Grande de Jujuy; comienza a predominar la estabilidad geomorfológica en la región, que convierte a los ríos y arroyos en “oasis”, aprovechados por las culturas de cazadores y recolectores (Fernández, 1984, 1984-1985; Fernández *et al.*, 1991).

Para el Holoceno, Tchilinguirian *et al.* (2014) reconocen que el volumen de la información disponible para la región tropical andina ha aumentado, lo que permite trazar tendencias paleoambientales generales a macroescala. Sin embargo, las discrepancias entre los registros y situaciones particulares en respuesta a los grandes cambios climáticos, se observan en varias localidades de las dos vertientes de los Andes (Grosjean, 2001; Latorre *et al.*, 2002, 2003, 2006; Rech *et al.*, 2002, 2003; Servant y Servant-Vildary, 2003; Quade *et al.*, 2001). Los datos disponibles en la Puna argentina (Markgraf, 1985; Lupo, 1998; Valero-Garcés *et al.*, 2000; Grana y Morales, 2005; Yacobaccio y Morales, 2005; Tchilinguirian, 2009; Morales, 2011; Oxman, 2015), parecen compartir rasgos climáticos a escala regional, con el Holoceno temprano y tardío más húmedo y el Holoceno medio, más seco (Thompson *et al.*, 1995, 1998, 2000; Bradbury *et al.*, 2001; Ramírez *et al.*, 2003).

Durante el Holoceno tardío, y particularmente para el último milenio, es escaso el conocimiento del comportamiento del SAMS durante eventos climáticos globales como la Anomalía Climática Medieval, que comprende entre 1000 y a 650 años cal AP y la Pequeña Edad de Hielo, entre 600 y 100 años cal AP (Villalba, 1994; Piovano *et al.*, 2009; Bird *et al.*, 2011; Vuille *et al.*, 2012). En contraste con otras regiones de Sudamérica (por ej., Altiplano, Llanura Chacopampea-

na, Patagonia), hay pocas reconstrucciones climáticas y ambientales de alta resolución en el NO argentino (Valero-Garcés *et al.*, 2000, 2003; Lupo *et al.*, 2006; Morales *et al.*, 2015; Schittek *et al.*, 2016, Flantua *et al.*, 2016, Morales *et al.*, en este volumen).

También es poco conocida la dinámica de los ecosistemas naturales en zonas con una larga historia de uso de la tierra. En este sentido, desde la arqueología, en las últimas décadas se enriqueció la visión de la relación hombre/ambiente. Esta apunta a definir los procesos del ambiente físico, en términos ecológicos, como una matriz de interacción con el sistema socioeconómico, que se observa en las actividades de subsistencia y patrones de asentamiento de las sociedades humanas (Butzer, 1971, 1982). El periodo de cazadores recolectores y comienzos de la domesticación en la Puna jujeña, está altamente documentado (Kulemeyer *et al.*, 1999; Yacobaccio, 2012, 2013), así como la evolución de los sistemas agropastoriles prehispánicos (Albeck, 2001, 2010).

Este trabajo presenta una síntesis de registros paleoambientales documentados, de fuente palinológica, con datos multiproxy para el Cuaternario tardío de la Puna del NOA y sectores limitantes (Figura 1, Tabla 1). Se discuten casos de estudios, mostrando el estado del conocimiento de estas investigaciones en la región.

AMBIENTES DE SEDIMENTACIÓN Y PRESERVACIÓN

Los ambientes del Cuaternario tardío de la Puna, recibieron inicialmente aportes de distintas líneas de investigación, tales como la geomorfología, sedimentología y la palinología (Gerold, 1983; Fernández, 1984; Igarzabal, 1984; Markgraf, 1985; Brunotte *et al.*, 1988; Fernández *et al.*, 1991; Garleff *et al.*, 1991; 2005; Kulemeyer y Lupo 1998; Lupo, 1998; Kulemeyer *et al.*, 1999; Schäbitz, 2000, entre otros). Los mismos se concentraron en las depresiones endorreicas, turberas y valles andinos como principales medios sedimentarios. La dinámica de actividad y estabilidad geomorfológica, se vincula a la

circulación atmosférica a escala regional, en un sector de los Andes con topografía compleja y geológicamente muy activo. En ese contexto, las variaciones del clima durante el Cuaternario, constituyeron, en general, el

factor más relevante para explicar los cambios en el paisaje, sin dejar de considerar la incidencia limitada espacial y/o temporalmente, de la neotectónica y recientemente, de la influencia antrópica.

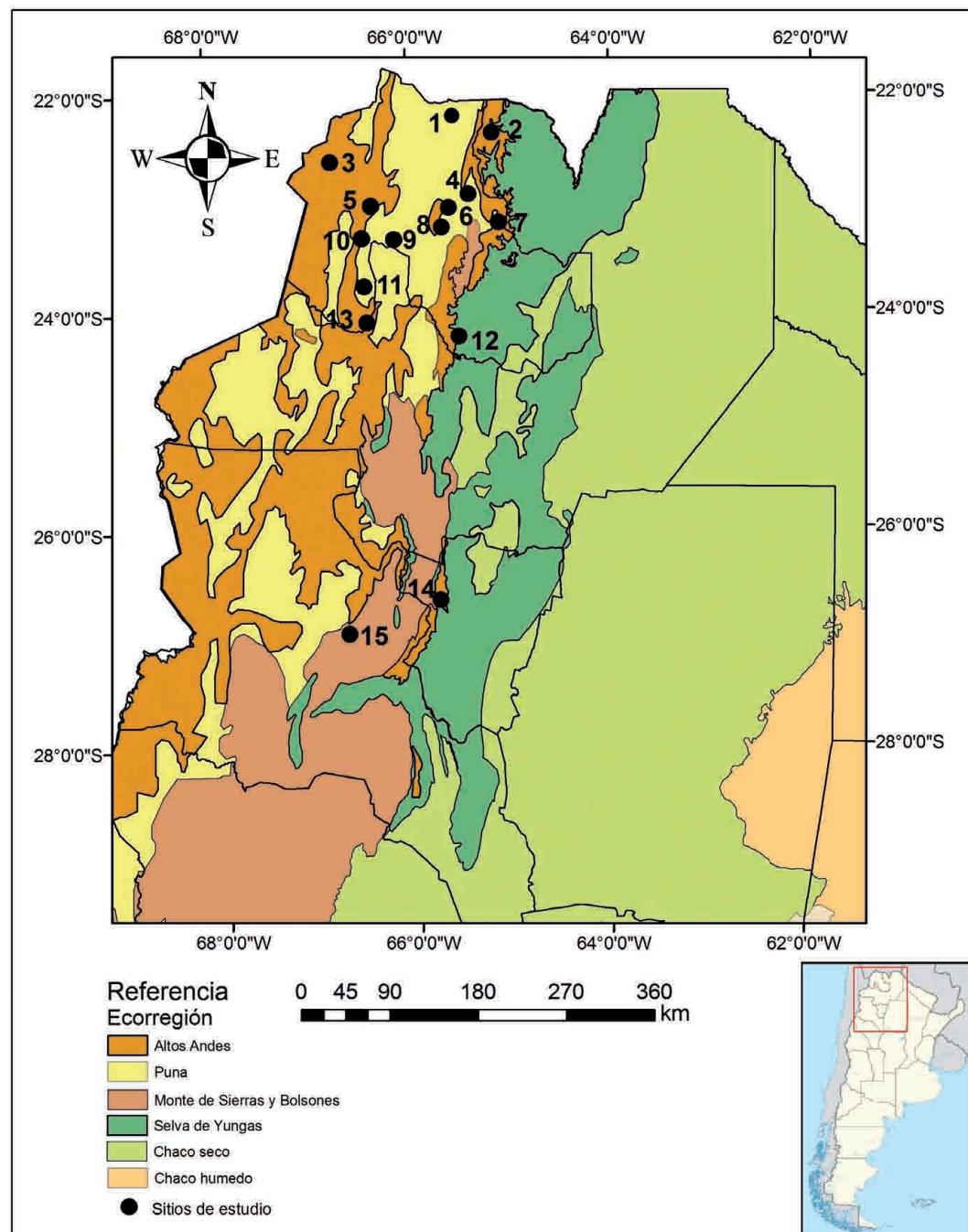


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios con archivos palinológicos del Cuaternario tardío en el norte de Argentina. Fuente: Brown *et al.*, 2006. Los números corresponden a la Tabla 1.

Tabla 1. Sitios seleccionados por sus cronologías para el Cuaternario tardío del NOA. Todos poseen reconstrucciones polínicas (P) de las comunidades vegetales y diferentes proxis según el caso de estudio: C = Carbón vegetal, V = Macrorrestos vegetales, Z = Macrorrestos animales, P = Paleovertebrados, S = Sedimento, I = Isótopos estables, M = Mineralogía, G = Geoquímica, A = Arqueología.

Sitio / Localización (paleoambiente)	Edad ka cal (proxis)	Fuentes
1. Yavi / 22°07'S; 65°28'W. 3300 msnm (Fluvial y vega)	9,5-2,5 y 0,5-0 (P, S, M, A)	Lupo, 1998; Schäbitz <i>et al.</i> , 2001; Kulemeyer, 2005
2. Tres Lagunas / 22°12'S; 65°07'W. 4400 msnm (Laguna)	18,2-11,9 (P, S)	Schäbitz, 2000; Schäbitz <i>et al.</i> , 2001
3. Laguna Pululos / 22°34'S; 66°47'W. 4500 msnm (Laguna)	1,4-0 (P, S, D)	Lupo <i>et al.</i> , 2007; Morales <i>et al.</i> , 2015
4. Abra de la Cruz / 22°40'S; 65°20'W. 4430 msnm (Laguna)	17,3-9,5 (P, S)	Schäbitz, 2000; Schäbitz <i>et al.</i> , 2001
5. Coranzuli / 22° 58' S; 66°21'W. 4000 msnm (Vega)	2,5-0 (P, S, V, Z)	Stinnesbeck, 2014
6. Barro Negro / 23°S; 65°37'W. 3820 msnm (Fluvial y vega)	14,5-10,2 (P, S, I, V, A)	Fernández <i>et al.</i> , 1991
7. Laguna Blanca 23°09'S; 65°12'W. 4260 (Laguna)	29-25,5 (P, S)	Torres <i>et al.</i> , 2016
8. El Aguilar / 23°10'S; 65°40'W. 4000 (Vega)	10-0 (P, S)	Markgraf, 1985
9. Barrancas / 23°18'S; 66°05'W. 3660 msnm (Fluvial, vega)	6,5-4 (P, S, D)	Oxman, 2015
10. Lapao 2 y 5 / 23°23'S; 66°21'W. 3670 (Fluvial, vega)	9,4-7,3 y 0,5-0 (P, S, D)	Oxman <i>et al.</i> , 2013, 2016; Tchililnguirian <i>et al.</i> , 2014; Oxman, 2015
11. Pastos Chicos / 23°40'S; 66°25'W. 3780 msnm (Fluvial, vega)	9,5-7 (P, S, D)	Oxman y Yacobaccio, 2014; Oxman, 2015
12. Yala / 24°06'S; 65°30'W. 2100 msnm (Laguna)	1,8-0 (P, S, G, C, M)	Lupo <i>et al.</i> , 2006
13. Vega Tuzgle / 24°09'S; 66°24'W. 4350 msnm (Vega)	2,1-0 (P, S, C, V, Z, I, G)	Schittek <i>et al.</i> , 2016
14. El Infiernillo / 26°45'S; 65°45'W. 3000 msnm (Fluvial, Vega)	2,1-0,6 (P, S)	Garralla, 2003
15. Laguna Cotagua / 27°03'S; 66°48'W. 2350 msnm (Laguna)	6,5-0 (P, S)	Kulemeyer <i>et al.</i> , 2013

Los archivos presentados corresponden a secuencias polínicas de humedales (Izquierdo *et al.*, en este volumen) como lagunas, vegas y valles fluviales en diferentes contextos naturales y antrópicos, ubicados en los pisos geoecológicos del NOA. Por sobre 4000 msnm, predominan los estudios sobre lagunas (Tres Lagunas, laguna Pululos, Abra de la Cruz y laguna Blanca), cuyo origen y evolución se vincula a procesos glaciares, periglaciares y eólicos (Figura 1A). Las lagunas de Yala y Cotagua, de pisos inferiores a los 3000 msnm y origen discutido como tectónico y/o remoción en masa, aportaron a la historia del impacto antrópico.

Las turberas de altura, como la Vega Tuzgle (Figura 1B), se ubican en las cabeceras de valles, donde se alimentan principalmente de la fusión del hielo del ambiente periglaciado. Su desarrollo requiere de una reducción de la actividad geomorfológica, lo que le permite acumular importantes espesores de

depósitos orgánicos, con aportes clásticos subordinados.

Aguas abajo, en los valles predominan los depósitos de materiales finos fluviales, con interestratificaciones de paquetes de turba (Figura 1C, Yavi, Barro Negro, El Aguilar, Barrancas, Lapao 2 y 5, Pastos Chicos, El Infiernillo). Estos materiales, especialmente los palustres, presentan abundantes microfósiles y son portadores frecuentes de restos arqueológicos y numerosos estratos orgánicos, susceptibles de ser fechados por radio-carbono.

INDICADORES DE ACCIÓN ANTRÓPICA EN LOS REGISTROS

La historia de ocupación en la región se remonta a la transición Pleistoceno-Holoceno, con la presencia de grupos cazadores-recolectores. Desde 9.000 hasta 6.800 años cal AP hay una baja representación de restos arqueo-

lógicos que coincide con un período de sequía extrema (Martínez, en este volumen).

Se han encontrado evidencias arqueológicas de cambios en las estrategias económicas ca. 4000/3000 años cal AP, que indican la existencia de manejo de camélidos temprana, como se puede observar en el sitio Inca Cueva 7 y Huachichocana III capa E2 (Aschero y Yacobaccio 1998, Yacobaccio y Madero, 1992). Posteriormente, para el período tradicionalmente denominado “Formativo” (2500-1100 años AP, Olivera, 1988, 2001) los antecedentes arqueológicos permiten inferir la presencia de prácticas agropastoriles y/o pastoriles, complementadas con estrategias de caza desde 2000 años cal AP (Escola, 2000; López, 2008; Muscio, 2004).

En los registros polínicos existen dificultades para diferenciar los indicadores de impacto antrópico debido a que muchas de estas familias, géneros y especies, se encuentran también en la vegetación natural (Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Urtica, Malvaceae, Asteraceae). Por ello, se busca reconocer la asociación de plantas indicadoras, que permite interpretar confiablemente las actividades antrópicas. Estas asociaciones están documentadas desde aproximadamente 4.500 años cal AP con ganadería y agricultura incipiente en la Puna (Lupo, 1998). El pastoreo de la altiplanicie puneña condujo a una reducción de la densidad del pastizal y trajo como consecuencia un proceso de erosión generalizada y la profundización de los cauces en los valles a partir de ca. 2.000 / 1.500 años cal AP (Kulemeyer y Lupo, 1996; Kulemeyer, 2005). En el Aguilar (sitio 8) se observa que en los últimos 2.000 años se reduce la cobertura herbácea, atribuida al pastoreo, como primer registro de fuente palinológica sobre intervención humana en el paisaje del noroeste argentino.

Los análisis geoquímicos adquirieron relevancia para complementar la información de los proxis biológicos; en la Laguna de Yala, los análisis de carbono orgánico, carbono inorgánico, carbonatos y fosfatos, permitieron ampliar la información sobre la erosión de suelos vinculada a la agricultura y ganadería desde épocas prehispánicas, así como

también sobre la fundición de metales en el siglo XX en San Salvador de Jujuy (Lupo *et al.*, 2006). En la Vega Tuzgle (sitio 13), los datos muestran que el impacto del pastoreo en ecosistemas altoandinos fue significativo a partir de 1.050 años cal AP, con pérdida de biomasa y fragmentación de la vegetación y la asociada reducción en la frecuencia de incendios.

MÉTODOS

Se presentan los datos de 15 sitios con archivos paleoambientales (Figura 1, Tabla 1), los cuales comparten datos polínicos e inferencias sobre cambios ambientales y paleoclimáticos. Se analizaron siguiendo su ubicación latitudinal de norte-sur, en un gradiente climático y ambiental desde la Puna Húmeda (>400 mm/año de precipitación) a la Puna Seca (100-400 mm/año de precipitación) y sitios colindantes. Los registros cuentan con cronologías basadas principalmente en fechados radiocarbónicos calibrados y, en algunos sitios, también por ²¹⁰Pb. Las resoluciones temporales implican milenio, siglos e incluso décadas, para el caso de los últimos 100 años, en la Laguna de Yala.

En la mayoría de los casos se cuenta con estudios actualistas (comunidades vegetales y análogos polínicos modernos), que constituyen la base para interpretar el pasado reciente (Lupo, 1998; Torres *et al.*, 2011; Cruz, 2012; Oxman, 2015).

Se agruparon los tipos polínicos mencionados por los autores en los diagramas, en asociaciones polínicas siguiendo un criterio ecológico (Cabrera, 1976 y Burkart *et al.*, 1999). Estas representan:

1) Vegetación regional de la Puna (asociaciones de estepas arbustivas y herbáceas puneñas), del piso Altoandino (asociaciones de pastizal y estepas herbáceas altoandinas), Monte y Yungas-Chaco (asociación de Bosque).

2) Vegetación local, como los indicadores de humedad local y de disturbio antrópico. Cabe aclarar que estas asociaciones varían en diversidad polínica según el sitio de estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Principales tipos depolínicos de las asociaciones de polen de los sitios.

Asociaciones polínicas	Tipos polínicos
Monte	<i>Larrea divaricata, Cercidium praecox.</i>
Bosques	<i>Alnus, Juglans australis, Myrica, Myrtaceae, Podocarpus, Polylepis, Salix, Sambucus, Anacardiaceae, Cassia, Celtis, Prosopis.</i>
Pastizales de altura	<i>Poaceae, Anemia tomentosa, Esporas Monoletes y Triletes.</i>
Estepas arbustivas	<i>Acacia, Adesmia, Chuquiraga, Proustia, Asteraceae, Cereus, Trichocereus, Opuntia, Cactaceae, Cercidium, Ephedra, Fabaceae, Mimosoideae, Krameria, Satureja, Lamiaceae, Salvia, Prosopis, Schinus, Solanaceae, Fabiana, Tetrapterochin, Verbenaceae.</i>
Estepas herbáceas puneñas	<i>Poaceae, Pennisetum, Ephedra.</i>
Estepas herbáceas altoandinas	<i>Apiaceae, Azorella, Bowlesia, Perezia, Hypochaeris, Brassicaceae, Calandrinia, Caryophyllaceae, Gentiana, Phacelia, Plantago, Rosaceae, Scrophulariaceae.</i>
Pastizales altoandinos	<i>Poaceae.</i>
Indicadores de humedad local	<i>Carex, Myriophyllum, Juncaceae, Cyperaceae, Urticaceae, Anemia tomentosa, Polypodium, Pteris, Espora Monoleta, Espora Trilete.</i>
Indicadores de disturbio	<i>Malvaceae, Gomphrena, Tipo Alternanthera, Bidens, Fabaceae, Papilionaceae, Astragalus, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Geraniaceae, Plantago, Rumex, Esporas de Hongos.</i>

La distribución de la vegetación regional está determinada principalmente por factores climáticos (humedad, temperatura y balance hídrico), que son la base de las interpretaciones paleoecológicas y paleoclimáticas a macroescala. En este marco, las estepas arbustivas y herbáceas puneñas corresponden a condiciones más secas que los pastizales y estepas herbáceas altoandinas.

Otros proxys utilizados en los sitios son diferentes geo y bioindicadores, que complementan sustancialmente las interpretaciones. Los estudios de los depósitos sedimentarios en las secuencias estudiadas, se enfocaron desde la estratigrafía y el establecimiento de cronologías confiables, incluyendo la comprensión de las implicancias para la interpretación de la historia del ambiente de discordancias erosivas y facies sedimentarias (Lupo, 1998; Schäbitz *et al.*, 2001; Kulemeyer, 2005; Lupo *et al.*, 2007; Tchilinguirian *et al.*, 2014). Los estudios de minerales pesados, brindaron información precisa sobre cambios de las áreas fuentes de sedimentos y de las condiciones ambientales del Holoceno en la cuenca del río Yavi (Kulemeyer, 2005).

En la Vega Tuzgle, la aplicación de análisis de FRX, mostró las fluctuaciones pasadas en condiciones redox de turberas, con alta resolución temporal; en particular, la relación Mn/Fe se consideró un indicador de los cambios de nivel freático. Los valores de los

isótopos estables de carbono orgánico y de nitrógeno, así como el contenido de carbono y nitrógeno orgánico, aportan más información para la reconstrucción de las relaciones entre la humedad de la superficie de turberas y el clima (Schittek *et al.*, 2016).

Entre los bioindicadores implementados, además del contenido palinológico para la reconstrucción de los cambios en las comunidades vegetales (Moore y Webb, 1983), están los estudios del carbón vegetal en las Lagunas de Yala y la Vega Tuzgle, para analizar la frecuencia de fuegos (Lupo *et al.*, 2006; Schittek, 2014; Schittek *et al.*, 2016). Las variaciones de los ensambles de comunidades de algas diatomeas en los humedales, son también excelentes indicadores de cambios y registro de eventos extraordinarios, con antecedentes en Lapao, Pastos Chicos, Barrancas y Pululos (Yacobaccio y Morales 2005; Morales 2011; Morales *et al.*, 2015).

CRONOLOGÍA E INTERPRETACIONES DE LOS PRINCIPALES REGISTROS PALEOECOLÓGICOS DEL NOA

PLEISTOCENO: PRE- MÁXIMO GLACIAL
(~29.000 – ~25.000 AÑOS CAL AP)
Y TARDIGLACIAL
(~18.000 – ~11.700 AÑOS CAL AP)

El conocimiento paleoambiental del Pleistoceno Superior (NOA), se basa en es-



Figura 2. **A.** Laguna Blanca (Tabla 1, N° 7), en la Serranía de Aparzo, ca. 4000 msnm. Su evolución refleja el balance hídrico en el límite de los pisos Altoandino y Puna. **B.** Vega Tuzgle (Tabla 1, N° 13), Puna de Salta. **C.** Depósitos sedimentarios en el valle del Río Yavi, Jujuy (Tabla 1, N° 1).

tudios de distinto tipo (geomorfológicos, sedimentológicos, entre otros), que muestran importantes cambios ambientales para este período; en este trabajo se presentan cuatro archivos paleoambientales (Figura 3).

En las Serranías de Aparzo, el archivo de Laguna Blanca (sitio 7) brinda información sobre el comportamiento de los pisos geoecológicos del noroeste argentino durante los milenios previos al último máximo glacial (Pre-LGM). Se observa (Figura 4) que el piso Altoandino habría ocupado posiciones más bajas que las actuales ca. 29.000 años cal AP, y luego de 26.300 años cal AP, alcanza una posición comparable a la actual. La presencia

en altos porcentajes de tipos polínicos de especies arbóreas de Yungas (*Alnus*, *Podocarpus* y *Celtis*) ca 29.000 años cal AP se consideran una respuesta a la intensificación de la circulación atmosférica de mesoescala. Es decir, que los vientos anabáticos que ascienden por el faldeo de las Sierras Subandinas hacia la Cordillera Oriental, favorecen el transporte polínico de estos elementos del bosque montano. El estudio de los sedimentos permite constatar el desarrollo de una paleolaguna, con su máximo nivel de agua entre 28.600 y 26.300 años cal AP.

En la Cordillera Oriental (sitios 2 y 4) a partir de 15.000 años cal AP, se evidencia la

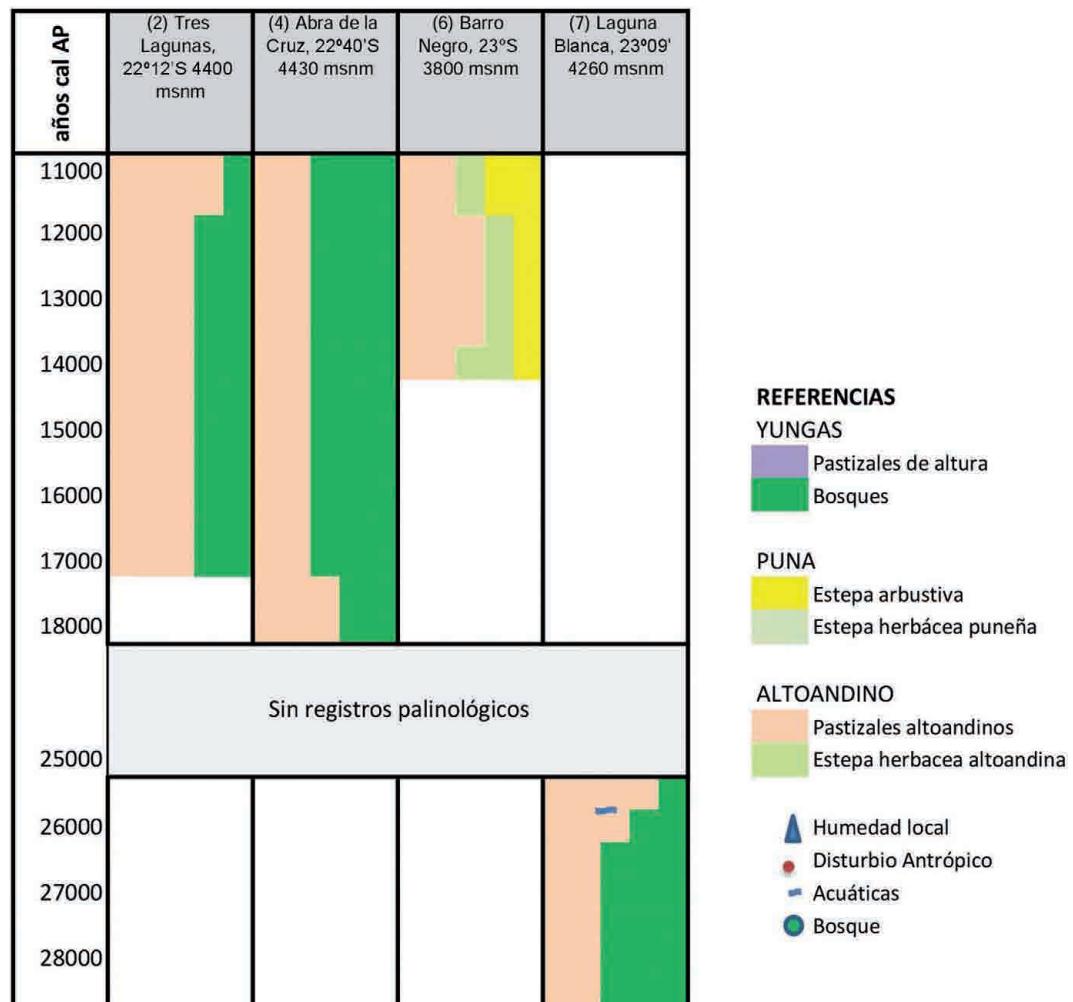


Figura 3. Síntesis de las tendencias de la vegetación (asociaciones polínicas) para el Pleistoceno tardío del Noroeste argentino.

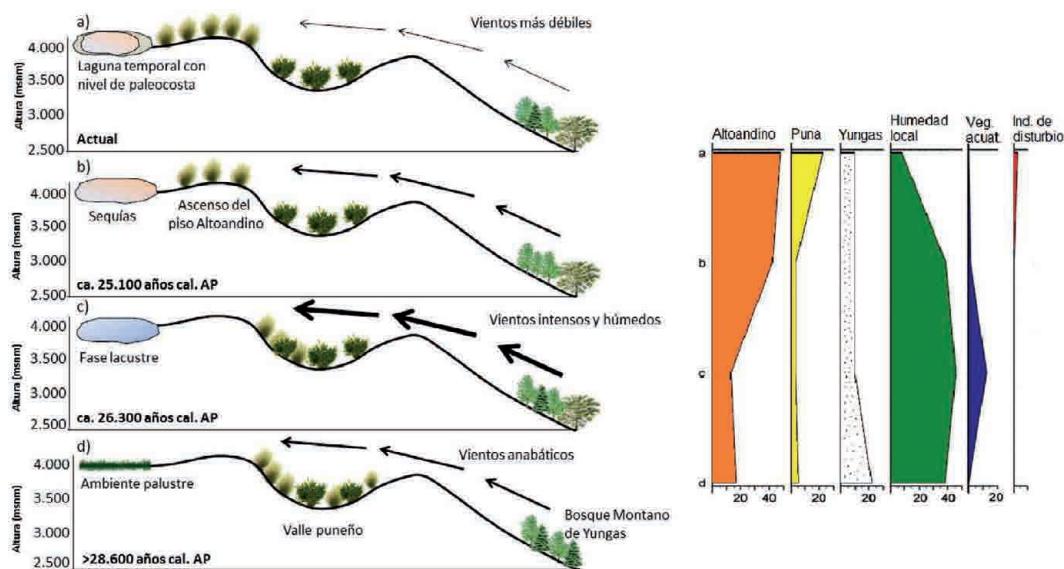


Figura 4. Esquema de la evolución de la vegetación durante el Pre LGM en Laguna Blanca (izquierda). El diagrama polínico resumido (derecha) muestra en el eje de abscisas las frecuencias relativas (%) de las asociaciones de polen que pertenecen a cada tipo de vegetación, y en el eje de ordenadas las letras correspondiente a cada escenario paleoambiental.

expansión del Bosque Montano Superior de las Yungas por las laderas del flanco oriental de los Andes, favorecido por la mayor influencia de vientos del este y aumento de precipitaciones.

Los estudios de testigos y columnas sedimentarias en Barro Negro (sitio 6) con resultados de los análisis polínicos e isotópicos (oxígeno y carbono), describen un ambiente más húmedo que el actual al final del Pleistoceno (12.500 – 10.200 años cal AP), reflejando en el descenso de la estepa herbácea por debajo de 4100 msnm, en tanto los valores de isótopos señalan condiciones más frías para este momento.

HOLOCENO

(~11.700 AÑOS CAL AP – PRESENTE)

La mayor cantidad de archivos corresponde a este período, donde se observan las tendencias generales de la vegetación (Figura 5). Hacia el interior de la altiplanicie puneña los cambios ambientales no se reflejan tanto en variaciones en los niveles altitudinales de los pisos ecológicos, como en cambios en la dominancia relativa de las estepas arbustivas

y herbáceas y en unidades locales de vegetación. Los registros del Holoceno tardío se analizaron en forma diferenciada, atendiendo a una mayor resolución y la problemática de las relaciones hombre/ambiente (Figura 6).

Para el Holoceno temprano, los límites varían según criterios de los autores, entre 11.700 a 9.000- 8.200 años cal AP. Se observa (sitios 1, 8, 9, 10, 11) que predominan las estepas herbáceas sobre las arbustivas, que representan un momento más frío y húmedo para la Puna Húmeda, lo que se manifiesta en los valles puneños con la formación de turba (Kulemeyer, 2005).

En la Puna Seca (sitio 10), en Lapao 5, entre 9.280-8.380 años cal AP, se encuentran altos valores de indicadores de humedad local (*Myriophyllum* sp. y cyperáceas) y menores de poáceas y asteráceas. Esto se interpreta como el desarrollo de una vega en el marco de una estepa puneña. Entre 8.240 -7.020 años AP, aumentan los elementos de la estepa herbácea-arbustiva, con escasos o nulos valores de los indicadores de humedad local. Para este período, los sedimentos

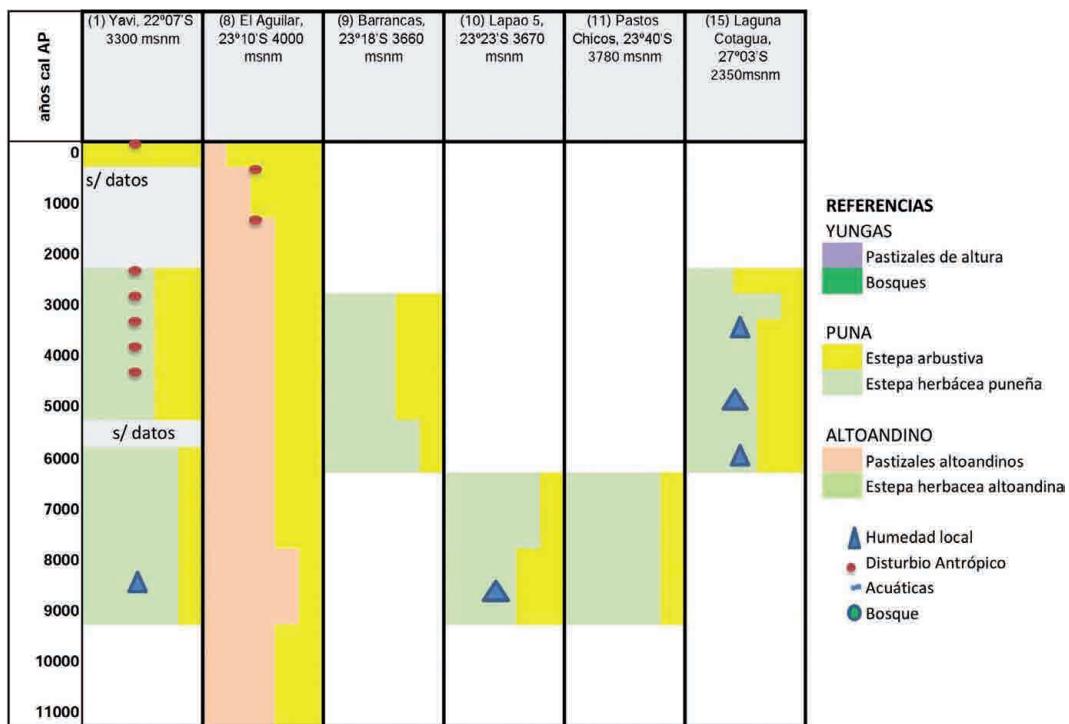


Figura 5. Síntesis de las tendencias de la vegetación (asociaciones polínicas) para el Holoceno de la región puneña y áreas vecinas del NOA, expresadas como valores porcentuales medios.

muestran un primer momento con presencia de paleosuelos, macrorrestos vegetales y laminación de diatomitas en un ambiente de vega, en gradual retracción.

Para el Holoceno medio, de 9.000-2.000 años cal AP, en Pastos Chicos (sitio 11), predomina la estepa herbácea seguida de la estepa arbustiva entre 9.300-6.700 años cal AP. Estos resultados se complementan con datos sobre diatomeas, geomorfología y arqueológicos. En el borde oriental de la Puna, en Yavi (sitio 1), se registra una vegetación compuesta por estepas arbustivas y herbáceas puneñas con importante presencia local de *Pennisetum chilense* y *Chenopodiaceae*. Es un momento con desarrollo de dunas en la altiplanicie y acumulación de sedimentos arenosos en los valles. A partir de 4.500 años cal AP, aumentan las estepas arbustivas/disturbio antrópico, con incremento de la humedad efectiva y reducción en las tasas de sedimentación.

En El Aguilar (sitio 8), se evidencia una fase más seca entre 8.200-4.500 años cal AP, a través del aumento de los arbustos de la Puna (Asteraceae, Chenopodiaceae, *Ephedra*, entre otros), con una tendencia al retroceso del piso altoandino desde 2.000 años cal AP.

En el espectro polínico del perfil Cruces 2 de Barrancas (sitio 9), entre 4.500 y 2.800 años cal AP, domina la estepa herbácea y posteriormente la estepa arbustiva y la humedad local. En el testigo Cruces 1, entre ca. 5.700-4.100 años cal AP, se evidencian mayores porcentajes de la estepa arbustiva puneña y se instalan los elementos de humedad local. Se describe un ambiente lento, con sedimentos más finos y laminación de materia orgánica. La presencia permanente de la estepa arbustiva permite inferir que el clima regional fue seco durante todo el periodo, con breves fases alternantes de humedad.

En Pastos Chicos (sitio 11), entre ca. 7.000 – post 4.200 años cal AP disminuye la estepa herbácea, aumentan los porcentajes y diversidad de la estepa arbustiva e incrementan levemente los indicadores de humedad local. Los resultados obtenidos son coherentes con los de los sedimentos, que muestran inicialmente mayor presencia de paleosuelos orgánicos y laminación de diatomitas (Morales, 2011; Pirola, 2014; Tchilinguirian *et al.*, 2014).

En el sur de la Puna, en El Bolsón, el testigo de laguna Cotagua (sitio 15) registra desde ca. 6.400 años cal AP a 2.700 años cal AP, una estepa herbácea predominando sobre la arbustiva con indicadores de humedad local. Es el momento de mayor humedad

dad relativa a lo largo de la secuencia, con un progresivo reemplazo de los materiales de laderas por depósitos eólicos con retransporte fluvial.

El Holoceno tardío, últimos 2.000 años (Figura 6), está signado por la presencia del disturbio antrópico (indicadores de pastoreo y cultivos), como los cambios de pautas culturales prehispánicas-hispánicas que, en algunos sectores con intensificación de la ocupación humana, puede dificultar las reconstrucciones paleoclimáticas.

En Coranzuli (sitio 5), en los últimos 2.300 años cal AP predomina la estepa herbácea altoandina sobre la estepa arbustiva puneña y la presencia de palinomorfos como indicadores de disturbio por pastoreo.

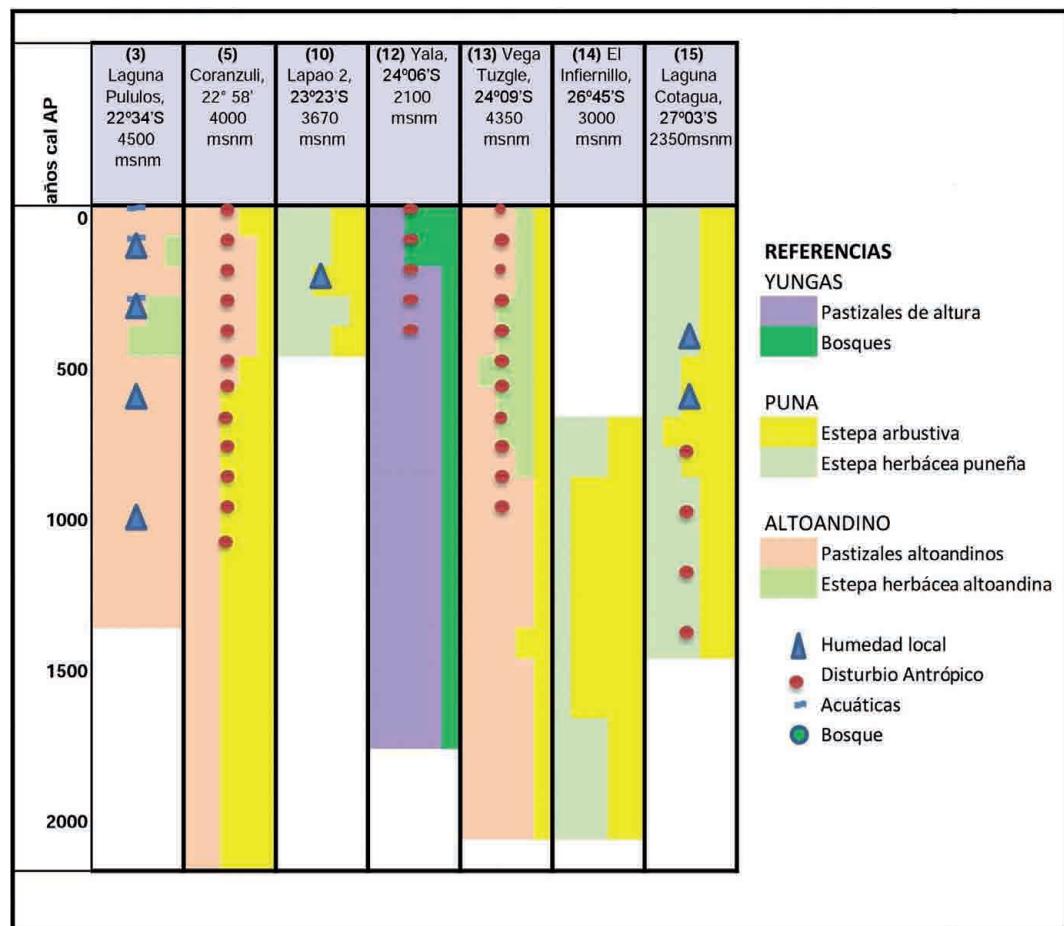


Figura 6. Síntesis de las tendencias de la vegetación (asociaciones polínicas) para el Holoceno tardío del Noroeste argentino, expresadas como valores porcentuales medios.

La Vega Tuzgle (sitio 13) tiene un registro polínico de los últimos 2.100 años, en el que predomina el pastizal altoandino hasta 800 años cal AP y luego incrementan las estepas herbáceas altoandinas entre 750 y 200 años cal AP. Los datos de carbón vegetal, isótopos y XRF permiten inferir cambios de las condiciones de humedad, que se relacionan a las migraciones de la Zona de Convergencia Intertropical, con fase secas entre 2.100 y 1.800, 1.300 y 1.150 y 950 a 850 años cal AP. Condiciones más húmedas prevalecieron desde 1.750 hasta 1.400 años cal AP.

En Yavi (sitio 1) se evidencia en épocas coloniales el predominio de impacto antrópico y la disminución de las estepas puneñas, en el marco de la alteración de la red de drenaje, con tendencia a la incisión de los valles puneños, a partir de 2.000/1.500 años cal AP.

En el Infiernillo (sitio 14) se registra desde 1.760 a 875 años cal AP, el predominio la estepa herbácea, con humedad local, caracterizando una fase húmeda y desde 875 años cal AP al presente, una fase seca con reducción de estepas herbáceas de Poaceae y elementos extralocales, que se interpreta como correlacionable con la Anomalía Climática Medieval.

Lagunas de Yala (sitio 12), en el límite de los bosque montano de Yungas, posee información para los últimos 2.000 años, que integran polen, carbón vegetal, datos de cicatrizes de fuego, sedimentos y registra el cambio de la vegetación natural y el impacto de la colonización en los sedimentos desde el siglo XVII. El polen muestra un pastizal de altura y bosques de Yungas. El incremento en los indicadores de humedad local (helechos) a partir de 1.960, se corresponde con aumentos de las tasas de acumulación de sedimentos y de las precipitaciones.

En Laguna Cotagua (sitio 15) a partir de 2.700 años cal AP, los registros palinológicos muestran tendencias de humedad decreciente hacia las actuales condiciones de aridez e incremento del disturbio antrópico. Desde 675 años cal AP al presente, se presenta una estepa puneña, elementos del monte y disturbio antrópico, con aridez creciente.

La reciente invasión de dunas provenientes de la Puna en el sector norte del valle, solo puede ser explicada por una combinación de factores (climáticos, eventos volcánicos con producción de abundante material piroclástico y/o antrópicos). Los procesos de incisión documentados en el valle a partir de ca. 800 años cal AP, afectaron negativamente los humedales, aumentando la erosión y torrencialidad del cauce y disminuyeron su capacidad de reserva de agua.

En Pululos (sitio 3), predominan los pastizales y estepas altoandinas, con especies acuáticas e indicadores de humedad local. El análisis integrado de polen y diatomeas permitió obtener información de fases secas (1.350 a 450 años cal AP, con una sequía extrema ca. 550 años cal AP) y húmedas (390 años cal AP a la actualidad, especialmente entre 390 y 250 años cal AP, con un lapso de déficit hídrico entre 250 y 70 años cal AP; posteriormente y hasta el presente, retornan condiciones de mayor humedad); que registra los primeros antecedentes paleoambientes de la Pequeña Edad de Hielo en la Puna argentina.

En Lapao 2 (sitio 10), entre 450 y 250 años cal AP, se observa una estepa herbácea dominada por Poaceae, Asteraceae e indicadores de humedad local, que indican la presencia de una vega moderadamente vegetada. Luego, entre 250-150 años cal AP, aumenta la humedad local y disminuye la estepa herbácea, marcando la expansión de la vega y entre 150-0 años cal AP, se evidencia la recuperación de la estepa puneña.

CONSIDERACIONES FINALES

La síntesis presentada constituye un aporte a la reconstrucción paleoambiental del Cuaternario tardío de la Puna argentina. Las tendencias generales en la dinámica de la vegetación, condiciones climáticas y registro del disturbio antrópico sobre el paisaje permiten realizar las siguientes consideraciones:

– Para el Pleistoceno tardío (Pre-Máximo Glacial, 29.000-26.000 años cal AP y Tardiglacial, 18.000-13.400 años cal AP) en el

borde oriental de la Puna, los archivos de paleolagunas aportan evidencias sobre condiciones más húmedas y frías en relación al Holoceno, con presencia significativa del polen de los bosques montanos de Yungas en el actual piso Altoandino, en respuesta a la intensificación de los vientos húmedos del Este, con desplazamientos de los pisos altitudinales y/o incrementos de los gradientes térmicos y brisas de valle, en concordancia con interpretaciones similares en el Altiplano boliviano y el salar de Atacama (Thompson *et al.*, 1998; Argollo y Mourguia, 2000; Bobst *et al.*, 2001; Fritz *et al.*, 2004; Placzek *et al.*, 2006; Gosling *et al.*, 2008).

– El Holoceno presenta la codominancia de estepas arbustivas y herbáceas (mixtas) en la Puna Seca y en la Puna Húmeda, desde 5.000 a 2.000 años cal AP; dominan las estepas arbustivas y herbáceas puneñas y se incrementa la humedad; aparecen también los primeros registros de disturbio antrópico por pastoreo. En el límite con la Puna Salada se documentan predominios de las estepas herbáceas sobre las arbustivas puneñas desde 6.400 a 2.750 años cal AP. Estas tendencias al déficit hídrico regional, con particularidades locales vinculadas a microclimas, caracterizan a la región tropical andina (Ledru *et al.*, 2013; Tchilinguirian *et al.*, 2014).

– En el Holoceno tardío se evidenció la expansión de las ocupaciones humanas, la intensificación del uso de la tierra y oscilaciones climáticas recientes (Anomalía Climática Medieval en el Infiernillo y Pequeña Edad de Hielo en Pululos y Lapao 2). En regiones vecinas de los Andes Centrales se observa también que los cambios de vegetación están en relación a variaciones de las precipitaciones/temperatura globales y a microclimas locales (Liu *et al.*, 2005, Schittek *et al.*, 2015; Flantua *et al.*, 2016).

– El impacto antrópico sobre la vegetación de los pastizales y valles intermontanos se documenta por pastoreo, incendios, presencia de cultivos y malezas de cultivos. En este sentido, la vegetación/polen demuestran ser sensibles a los cambios ambientales, reflejando el prolongado proceso de deterioro ambiental de la Puna y Andes tropicales

(Flantua *et al.*, 2016). En este contexto, la preservación de los humedales como excelentes archivos paleoambientales naturales y fuentes de agua para las sociedades andinas, amerita la implementación de políticas de conservación (Schittek *et al.*, 2016; Izquierdo *et al.*, en este volumen; Morales *et al.*, en este volumen).

AGRADECIMIENTOS

A las instituciones financiadoras: CONICET, AGENCIA-PICTO-UNJu 147, German Science Foundation (SCHA 14-1/2), German Federal Ministry for Education and Research (ARG 06/009). Fundación Proyungas. UBACyT – Universidad de Buenos Aires. SECTER/Universidad Nacional de Jujuy. DFG. A los Profesores Karsten Garleff, Helmut Stingl, Jorge Kulemeyer, Hugo Yacobaccio, Alejandra Korstanje, Frank Schäbitz, Martin Grosjean. A Gabriel Cortes, Joaquín Julián y Natalia Batallanos por el apoyo en el campo y laboratorio.

LITERATURA CITADA

- Albeck M. 2001. La Puna argentina en los Períodos Medio y Tardío. En: E. Berberián y A. Nielsen (eds.), Historia argentina prehispánica. Editorial Brujas, Córdoba, pp. 347-388.
- Albeck M. 2010. Poblados arqueológicos de la Puna de Jujuy como topónimos en los siglos XVI y XVII. Cuadernos del INAPL 22: 7-16.
- Ammann C., Jenny B., Kramer K., Messerli B. 2001. Late Quaternary Glacier responds to humidity changes in the arid Andes of Chile. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 172: 313-326.
- Argollo J., Mourguia P. 2000. Late Quaternary climate history of the Bolivian Altiplano. Quaternary International, 72: 37-51.
- Aschero C., Yacobaccio H. D. 1998. 20 Años Despues: Inca Cueva 7 Reinterpretado. Cuadernos, 18: 7-18.
- Baker P., Seltzer G., Fritz S., Dunbar R., Grove M., Tapia P., Cross S., Rowe H., Broda, J. 2001. The History of South American tropical precipitation for the past 25.000 years. Science, 241: 640-643.
- Betancourt J., Latorre C., Rech J., Quade J., Rylander K. 2000. A 22.000-year record of monsoonal precipitation from

- northern Chile's Atacama Desert. *Science*, 289: 1542-1546.
- Bird B., Abbott M., Vuille M., Rodbell D., Stansell N., Rosenmeier M. 2011. A 2300-year-long annually resolved record of the South American summer monsoon from the Peruvian Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 21: 8583-8588.
- Blard P., Sylvestre F., Tripati A., Claude C., Causse C., Coudrain A., Condom T., Seidel F., Vimeux J., Moreau C., Dumoulin J., Lavé J. 2011. Lake highstands on the Altiplano (Tropical Andes) contemporaneous with Heinrich 1 and the Younger Dryas: new insights from ^{14}C , U-Th dating and ^{18}O of carbonates. *Quaternary Science Reviews*, 30: 3973-3989.
- Bobst A., Lowenstein T., Jordan T., Godfrey L., Ku T., Luo S. 2001. A 106 ka paleoclimate record from drill core of the salar de Atacama, northern Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 173: 21-42.
- Bradbury P., Grosjean M., Stine S., Sylvestre F. 2001. Full and Late Glacial Lake Records along the PEP 1 Transect: Their Role in Developing Interhemispheric Paleoclimate Interactions. V. Markgraf (ed.), *Interhemispheric Climate Linkages*, Academic Press, 265-29.
- Brown A., Martínez Ortiz U., Acerbi M., Corruera J. (eds.), 2006. *La Situación Ambiental Argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, 587 pp.
- Brunotte E., Garleff K., Stingl H. 1988. Anthropogene Beeinflussung der Morphodynamik im Bolsón von Fiambalá / Nordwest argentinien. *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften. Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse*. Kl., III/41: 307-327.
- Burkart R., Bárbaro N., Sánchez R., Gómez D. 1999. *Ecorregiones de la Argentina*, Buenos Aires, Administración de Parques Nacionales, 43.
- Butzer K. 1971. Recent History of an Ethiopian Delta. *University of Chicago, Dept. of Geography Research Paper*, 136: 1-184.
- Butzer K. 1982. *Archaeology as Human Ecology: Method and theory for a contextual approach*. Cambridge University Press, Cambridge, 380 pp.
- Cabrera A. 1976. *Provincias fitogeográficas de Argentina*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Editorial Acme, Buenos Aires, 85 pp.
- Clark P., Dyke A., Shakun J., Carlson A., Clark J., Wohlfarth B., Mitrovica J., Hostetler S., McCabe A. 2009. The Last Glacial Maximum. *Science*, 325: 710-714.
- Cruz A. 2012. Los cambios del paisaje a través de la vegetación en el Valle del Bolsón (Belén, Provincia de Catamarca). Estudio paleopalínológico. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy, 60 pp.
- Escola P. 2000. *Tecnología lítica y contextos agropastoriles tempranos*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Fernández J. 1984. Variaciones climáticas en la Prepuna jujeña. Intervalo 5000-2000 años AP de interés para la arqueología. *IANIGLA, Anales* 6: 73-82, Mendoza.
- Fernández J. 1984-1985. Reemplazo del caballo americano por camélidos en el límite Pleistocénico-Holocénico de Barro Negro, Puna de Jujuy. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 16: 137-152.
- Fernández J., Markgraf V., Panarello H., Alberro M., Angiolini F., Valencio S., Arriaga M. 1991. Late Pleistocene/Early Holocene environments and climates, fauna, and human occupation in the Argentine Altiplano. *Geoarchaeology*, 6: 251-272.
- Flantua S. G. A., Hooghiemstra H., Vuille M., Behling H., Carson J. F., Gosling W. D., Hoyos I., Ledru M. P., Montoya E., Mayle F., Maldonado A., Rull V., Tonello M. S., Whitney B. S., González-Arango C. 2016. Climate variability and human impact in South America during the last 2000 years: synthesis and perspectives from pollen records. *Climate of Past*, 12, 483-523, doi: 10.5194/cp-12-483.
- Fritz S., Baker P., Lowenstein T., Seltzer G., Rigsby C., Dwyer G., Tapia P., Arnold K., Ku T., Lou S. 2004. Hydrologic variation during the last 170.000 years in the southern hemisphere tropics of South America. *Quaternary Research*, 61: 95-104.
- Garleff K., Schäbitz F., Stingl H., Veit H. 1991. Jungquartäre Landschaftsentwicklung und Klimgeschichte beiderseits der Ariden Diagonale Südamerikas. *Bamberger Geographische Schriften*, 11: 359-394, Bamberg.
- Garralla S. 2003. Análisis polínico de una secuencia sedimentaria del Holoceno tardío en el Abra del Infiernillo, Tucumán, Argentina. *Polen*, 12: 53-63.
- Garreaud R., Vuille M., Clement A. 2003. The climate of Altiplano: Observed cur-

- rent conditions and mechanism of past change. *Paleogeography, Paleoceanography, and Paleoclimatology, Paleoecology*, 194: 5-22.
- Garreaud R., Vuille M. Compagnucci R., Marengo J. 2009. Present-day South American climate. *Paleogeography, Paleoceanography, and Paleoclimatology, Paleoecology* 281, 180-195.
- Gerold G. 1983. Vegetations degradation und fluviatile Bodenerosion in Südbolivien. *Z. Geomorph. N. F. Suppl.* 48: 1-16. Berlin. Stuttgart.
- Gosling W., Bush M., Hanselman J., Chepstow Lusty A. 2008. Glacial-interglacial changes in moisture balance and the impact on vegetation in the Southern hemisphere tropical Andes (Bolivia/Perú). *Paleogeography, Paleoceanography, and Paleoclimatology, Paleoecology*, 259: 35-50
- Grana L., Morales M. 2005. Primeros resultados paleoambientales del análisis de diatomeas fósiles del Holoceno medio y tardío de la cuenca del río Miriguaca, Antofagasta de la Sierra, Puna Catamarqueña. *Entre Pasados y Presentes. VI Jornadas de Jóvenes Investigadores en Ciencias Antropológicas. Actas*: 392-409.
- Grosjean M., 2001. Mid-Holocene climate in the south-central Andes: humid or dry? *Science* 292: 2391.
- Grosjean M., Van Leeuwen J., Van Der Knaap W., Geyh M., Ammann B., Tanner W., Messerli B., Nuñez L., Valero-Garcés B., Veit H. 2001. A 22.000 ^{14}C year BP sediment and pollen record of climate change from Laguna Miscanti (23° S), northern Chile. *Global and Planetary Change*, 28: 35-51.
- Igarzabal Á. 1984. Comportamiento hidrológico de las turberas de montaña como estructuras criogénicas en las regiones de Puna y Cordillera Oriental. II Segunda Reunión Grupo Periglacial Argentino. *Actas*: 106-115.
- Izquierdo A. E., Aragón R., Navarro C. J., Casagrande E. 2018. Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie de Conservación de la Naturaleza*, 24: 96-111.
- Kulemeyer J. 2005. Holozäne Landschaftsentwicklung im Einzugsgebiet des Rio Yavi (Jujuy/Argentina). Dissertation zur Erlangung des Doktor grades (Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth. 155 pp.
- Kulemeyer J. 2013. Los cambios ambientales durante el Holoceno Superior en el Norte Argentino y su relevancia en la arqueología. *Anuario de Arqueología*, 5: 51-64.
- Kulemeyer J., Lupo L. 1998. Evolución del paisaje bajo influencia antrópica durante el Holoceno Superior. *Borde oriental de la Puna, Jujuy, Argentina. Bamberger Geographische Schriften* 15: 263-276.
- Kulemeyer J. A., Lupo L., Kulemeyer J. J., Laguna L. 1999. Desarrollo paleoecológico durante las ocupaciones humanas del precerámico del norte de la Puna, Argentina. *Bamberger Geographische Schriften* 19: 233-255.
- Latorre C., Betancourt J., Arroyo T. 2006. Late Quaternary vegetation and climate history of a perennial river canyon in the Río Salado basin (22° S) of Northern Chile. *Quaternary Research*, 65: 450-466.
- Latorre C., Betancourt J., Rylander K., Quade J. 2002. Vegetation invasion into absolute desert: a 45 ky Rodent midden record from the Calama-Salar de Atacama Basins, northern Chile (lat 22-24° S). *Geological Society of America Bulletin*, 114: 349-366.
- Latorre C., Betancourt J., Rylander K., Quade J., Matthei O. 2003. A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23° S) over the last 13,500 years. *Paleogeography, Paleoceanography, and Paleoclimatology, Paleoecology*, 194: 223-246.
- Ledru M.-P., Jomelli V., Bremond L., Ortúñoz T., Cruz P., Bentaleb I., Sylvestre F., Kuentz A.; Beck S., Martin C., Paillès C., Subitani S. 2013. Evidence of moist niches in the Bolivian Andes during the mid-Holocene arid period. *The Holocene*, 23 (11): 1547-1559.
- Liu K. B., Reese C. A., Thompson L. G. 2005: Ice-core pollen record of climatic changes in the central Andes during the last 400 yr, *Quaternary Research*, 64: 272-278, doi: 10.1016/j.yqres.2005.06.001.
- López G. 2008. Arqueología de Cazadores y Pastores en Tierras Altas: Ocupaciones humanas a lo largo del Holoceno en Pastos Grandes, Puna de Salta, Argentina. En: A. D. Izeta (ed.), *South American Archaeology Series* 4. Oxford, BAR S1854.
- Lupo L. 1990. Palinología de una secuencia del Holoceno en el Valle de Tafí, provincia de Tucumán, Argentina. *Facena* 8: 87-98.

- Lupo L. 1998. Estudio sobre la lluvia polínica actual y la evolución del paisaje a través de la vegetación durante el Holoceno en la cuenca del río Yavi. Borde Oriental de la Puna, Noroeste argentino. Tesis Doctoral. Universidad de Bamberg.
- Lupo L., Bianchi M., Aráoz E., Grau R., Lucas C., Kern R., Camacho M., Tanner W., Grosjean M., 2006. Climate and human impact during the past 2000 years as recorded in the Lagunas de Yala, Jujuy, northwestern Argentina. *Quaternary International*, 158: 30-43.
- Lupo L., Kulemeyer J., Sánchez A., Pereira E., Cortés R. 2016. Los archivos paleoambientales en el Borde Oriental de la Puna y sus respuestas a los cambios naturales y antrópicos durante el Holoceno. Noroeste argentino. *Dossier de Estudios Sociales del NOA*, 16: 39-68.
- Lupo L., Maldonado A., Morales M., Grosjean M. 2006. A high-resolution pollen and diatom record from Laguna Los Polulos (22°36'S/66°44'W/4500 masl), NW Argentinean Puna, since ca. 800 AD. *Reconstructing Past Regional Climate Variations in South America over the late Holocene: A new PAGES initiative. Abstracts*: 24. Malargüe, Mendoza.
- Lupo L., Morales M., Yacobaccio H., Maldonado A., Grosjean M. 2007. Cambios Ambientales en la Puna jujeña durante los últimos 1200 años: Explorando su impacto en la economía pastoril. *XVI Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. III: 151-156. Ediciones UNJu.
- Markgraf V. 1985. Paleoenvironmental history of the last 10.000 years in Northwest Argentina. *Zentralblatt für Geologie und Palaontologie*, 1 (11/12): 1739-1748, Stuttgart.
- Messerli B., Ammann C., Geyh M., Grosjean M., Jenny B., Kammer K., Vuille M. 1998. The problem of the "Andean Dry Diagonal": Current precipitation, Late Pleistocene snow line, and lake level changes in the Atacama Altiplano (18° S - 28/29° S). *Landschaftsentwicklung, Paläökologie und Klimageschichte der Ariden Diagonale Südamerikas* Junghäuser, Karsten Garleff und Helmut Stingl [HG.]: 17-34.
- Moore P., Webb J. 1983. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. Hodder Stoughton Ed. Londres. 133 pp.
- Morales M. 2011. Arqueología ambiental del Holoceno temprano y medio en la Puna Seca Argentina: modelos paleoambientales multi-escalas y sus implicancias para la arqueología de cazadores-recolectores, BAR International Series 2295, South American Archaeology. Series 15, Archaeopress, Oxford.
- Morales M. S., Carilla J., Grau H. R., Villalba R. 2015. Multi-century lake area changes in the Andean high-elevation ecosystems of the Southern Altiplano. *Climate of the Past*, 11: 1139-1152.
- Morales M. S., Christie D., Neukom R., Villalba R., Gonnet J., Rojas F. 2018. Variabilidad hidroclimática en el sur del Altiplano: pasado, presente y futuro. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. E. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie de Conservación de la Naturaleza, 24: 75-91.
- Muscio H 2004. Dinámica poblacional y evolución durante el período agroalfarero temprano en el Valle de San Antonio de los Cobres, puna de Salta, Argentina. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Olivera D. 1988. La opción productiva: apuntes para el análisis de sistemas adaptativos del período Formativo del noroeste argentino. *IX Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Actas*: 87-110, Buenos Aires.
- Olivera D. 2001. Sociedades agropastoriles tempranas: el formativo inferior del noroeste argentino. En: E. Berberian y A. Nielsen (eds.), *Historia argentina prehispánica*. Editorial Brujas, Córdoba, pp. 1: 83-126.
- Oxman B. 2010. Una perspectiva paleoecológica de las primeras ocupaciones humanas de la Puna Seca: análisis polínico de perfiles naturales holocénicos, Dpto. de Susques, Pcia. de Jujuy, Argentina. Tesis de licenciatura inédita. Facultad de F. y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Oxman B. 2015. Paleoambiente y sociedad durante el Holoceno en la Puna Seca Argentina: un abordaje arqueopalinológico. Tesis doctoral inédita, Universidad de Buenos Aires.
- Oxman B., Tchilinguirian P., Yacobaccio H., Lupo L. 2013. Primeros estudios paleoambientales en Lapao 2 (Puna Seca) y la señal de la Pequeña Edad de Hielo? *Anuario de Arqueología*, 5: 375-390.
- Oxman B., Tchilinguirian P., Yacobaccio H., Lupo L. 2016. Nuevos análisis paleoambientales y sus implicancias arqueológicas durante la Pequeña Edad de Hielo en la Puna. *Dossier Estudios Sociales del NOA*, 16: 13-37.

- Oxman B., Yacobaccio H. 2014. Pollen analysis of Pastos Chicos: Paleoenvironmental and archeological implications during the Holocene in the Dry Puna of Argentina. En: D. Kligmann y M. Morales (eds.), Physical, Chemical and Biological Markers in Argentine Archaeology: Theory, Methods and Applications: 105-116. Oxford, BAR International Series, 2678.
- Paduano G., Bush M., Baker P., Fritz S., Seltzer G. 2003. A vegetation and fire history of Lake Titicaca since the Last Glacial Maximum. *Paleogeography, Paleoceanography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 194: 259-279.
- Piovano E., Ariztegui D., Córdoba F., Ciocciale M., Sylvestre F. 2009. Hydrological variability in South America below the Tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 ka. En: F. Vimeux, F. Sylvestre y M. Khodri (eds.). Past climate variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America and Surrounding regions: From the Last Glacial Maximum to the Holocene. Springer-Development in Paleoenvironmental Research Series: 323-351.
- Pirola M. 2014. ¿Dónde va la gente cuando no llueve? Heterogeneidad ambiental multi-escala en la Puna de Jujuy durante el Holoceno Medio: contenido de materia orgánica y carbonatos en sedimentos de paleohumedales. Tesis de Licenciatura. F. Fil. y Letras, UBA, Buenos Aires. Ms.
- Placzek C., Quade J., Patchett P. 2006. Geochronology and stratigraphy of late Pleistocene lake cycles on the southern Bolivian Altiplano: Implications for causes of tropical climate change. *Geological Society of America Bulletin*, 118: 515-532.
- Quade J., Rech J., Betancourt J., Latorre C. 2001. Response to Grosjeans Mid-Holocene Climate in the South-Central Andes: Humid or Dry? *Science*, 292: 2391-2392.
- Ramírez E., Hoffmann G., Taupin J.-D., Francou B., Ribstein P., Caillon N., Ferron F. Landais A., Petit J., Pouyaud B. 2003. A new Andean deep ice core from Nevado Illimani (6350 m), Bolivia. *Earth and Planetary Science Letters* 212 (3): 337-350.
- Rech J., Pigati J., Quade J., Betancourt J. 2003. Reevaluation of mid-Holocene deposits at Quebrada Puripica, northern Chile. *Paleogeography, Paleoceanography, Paleoecology*, 194: 207-222.
- Rech J., Quade J., Betancourt J. 2002. Late Quaternary paleohydrology of the Central Andes (22-24° S), Chile. *Geological Society of America Bulletin*, 114: 334-348.
- Schäbitz F., Lupo L., Kulemeyer J. J., Kulemeyer J. A. 2001. Variaciones de la vegetación, el clima y la presencia humana en los últimos 15.000 años en el Borte Oriental de la Puna, provincias de Jujuy y Salta, Noroeste Argentino. *Ameghiniana*. Publicación Especial, 8: 125-130.
- Schäbitz F. 2000. Vegetation and climate history of the eastern flank of the Sierra de Santa Victoria, Jujuy Province, NW-Argentina (first results). *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, 7-8: 969-984.
- Schäbitz F., Liebricht H. 1998. Landscape and climate development in the south-eastern part of the "Arid Diagonal" during the last 13,000 years. *Landschaftsentwicklung, Paläökologie und Klimageschichte der Ariden Diagonale Südamerika* sim Jungquartár. KarstenGarleff und Helmut Stingl [HG.]: 371-388.
- Schittek K. 2014. Cushion peatlands in the high Andes of northwest Argentina as archives for palaeoenvironmental research, *Dissertationes Botanicae*, 412.
- Schittek K., Forbriger M., Mächtle B., Schäbitz F., Wennrich V., Reindel M., Eitel B. 2015. Holocene environmental changes in the highlands of the southern Peruvian Andes (14° S) and their impact on pre-Columbian cultures, 2015. *Clim. Past*, 11, 27-44, doi: 10.5194/cp-11-27-2015.
- Schittek K., Kock S., Lücke A., Hense J., Ohlendorf Ch., Kulemeyer J., Lupo L., Schäbitz F. 2016. A high-altitude peatland record of environmental changes in the NW Argentine Andes (24° S) over the last 2100 years. *Climate of the Past*, 12: 1165-1180.
- Servant M., Servant-Vildary S. 2003. Holocene precipitation and atmospheric changes inferred from river paleowetlands in the Bolivian Andes. *Paleogeography, Paleoceanography, Paleoecology*, 194: 187-206.
- Stinnesbeck S. 2014. Holozäner Klimawandel und Mensch-Umwelt-Interaktionen in den Hochanden von Nordwest-Argentinien, MSc Thesis, Universität zu Köln.
- Tapia M., Fritz S., Baker P., Seltzer G., Dunbar R. 2003. A Late Quaternary diatom record of tropical climatic history from Lake Titicaca (Perú and Bolivia). *Paleogeography, Paleoceanography, Paleoecology*, 194: 207-222.

- ography, Paleoclimatology, Paleoecology, 194: 139-164.
- Tchilinguirian P. 2009. Paleoambientes holocenos en la Puna Austral, Provincia de Catamarca (27° S): implicancias geoarqueológicas. Tesis de Doctoral. Fac. Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Tchilinguirian P., Morales, M., Oxman, B., Lupo, L., Olivera, D., Yacobaccio, H. 2014. Early to Middle Holocene transition in the Pastos Chicos record, dry Puna of Argentina. Quaternary International. Pergamon-Elsevier Science. 330: 171-182.
- Thompson L., Davis M., Mosley-Thompson E., Sowers T., Henderson K., Zagorodnov V., Lin P., Mikhalenko V., Campen R., Bolzan J., Cole-Dai J., Francou B. 1998. A 25,000-year tropical climate history from Bolivian ice cores. *Science* 282: 1858-1864.
- Thompson L., Mosley-Thompson E., Henderson K. 2000. Ice-core palaeoclimate records in tropical South America since the Last Glacial Maximum. *Journal of Quaternary Science*, 15(4): 377-394.
- Thompson L., Mosley-Thompson E., Davis M., Lin P., Henderson K., Cole-Dai J., Bolzan, J., Liu K. 1995. Late Glacial Stage and Holocene Tropical Ice Core Records from Huascarán, Peru. *Science*, 269: 46-50.
- Torres, G., Lupo L., Pérez C. 2011. Transporte y depósito polínico arbóreo entre las Sierras Subandinas y la Cordillera Oriental de Jujuy. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 46 (Suplemento): 265.
- Torres G., Lupo L., Kulemeyer J., Pérez, C. 2016. Palynological evidence of the geo-ecological belts dynamics from Eastern Cordillera of NW Argentina (23° S) during the Pre-Last Glacial Maximum. *Andean Geology*, 43 (2): 151-165.
- Valero-Garcés B., Delgado-Huertas A., Ratto N., Navas A., Edwards, L., 2000. Paleohydrology of Andean saline lakes from sedimentological and isotopic records, NW Argentina. *Journal of Paleolimnology*, 24: 343-359.
- Valero-Garcés B., Delgado-Huertas A., Navas A., Edwards L., Schwalb A., Ratto N. 2003. Patterns of regional hydrological variability in central-southern Altiplano (18-26° S) lakes during the last 500 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194: 319-338.
- Veit H. 1995. Jungquartäre Landschafts- und Klimaentwicklung der zentralen Anden und ihre westlichen Vorlande: Kenntnisstand und Probleme. *Geomethodica* 20: 163-194.
- Vera C., Higgins W., Amador J., Ambrizzi T., Garreaud R., Gochis D., Gutzler D., Lettenmaier D., Marengo J., Mechoso C., Noguès-Paegle J., Silva Diaz P., Zhang, C. 2006. Towards a unified view of the American Monsoon System. *Journal of Climate*, 19: 4977-5000.
- Villalba R. 1994. Tree ring and glacial evidence for the Medieval Warm Epoch and the Little Ice Age in southern South America. *Climatic Change*, 26: 183-197.
- Vuille M., Burns S., Taylor B., Cruz F., Bird B., Abbott M., Novello V. 2012. A review of the South American monsoon history as recorded in stable isotopic proxies over the past two millennia. *Climate of the Past*, 8 (4): 1309-1321.
- Yacobaccio H. 2012. Intercambio y caravanas de llamas en el sur andino (3000-1000 AP). *Comechingonia*, 16: 9-29.
- Yacobaccio H. 2013. Towards a Human Ecology for the Middle Holocene in the Southern Puna. *Quaternary International*, 307: 24-30.
- Yacobaccio H. D., Madero C. 1992. *Zooarqueología de Huachichocana III* (Jujuy, Argentina). *Arqueología*, 2: 149-188.
- Yacobaccio H., Morales M. 2005. Mid-Holocene environment and human occupation of the Puna (Susques, Argentina). *Quaternary International*, 132: 5-14.
- Zech J., Zech R., Kubik P., Veit H. 2009. Glacier and climate reconstruction at Tres Lagunas, NW Argentina, based on ¹⁰Be surface exposure dating and lake sediment analyses. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 284: 180-190.
- Zhou J., Lau K. 1998. Does a monsoon climate exist over South America? *Journal of Climate*, 11: 1020-1040.
- Zipprich M., Reizner B., Zech W., Stingl H., Veit H. 2000. Upper Quaternary landscape and climate evolution in the Sierra de Santa Victoria (north-western Argentina) deduced from geomorphologic and pedologic evidence. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie I*, 7/8: 997-1011, Stuttgart.

Box ▶

El antiguo papel de las vegas en la Puna catamarqueña

Babot, María del Pilar¹; Julia Lund²; Salomón Hocsman¹

¹ Instituto Superior de Estudios Sociales (ISES), CONICET – Universidad Nacional de Tucumán. Instituto de Arqueología y Museo (IAM), Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. Saavedra 254, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. E-mail: pilarbabot@yahoo.com; shocsman@hotmail.com

² Instituto de Arqueología y Museo (IAM), Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. San Martín 1545, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. E-mail: julialund13@yahoo.es

Las vegas han tenido un papel central en las transformaciones socioeconómicas puneñas (Figura 1). La arqueología ha permitido

establecer que fueron el escenario de diferentes actividades. En el espacio contiguo a ellas, abundan las puntas de proyectil y las



Figura 1. A) Huerta actual y puesto arqueológico (1400 años atrás) para residencia temporal durante las labores agrícolas en la zona, contiguos a la vega del río Las Pitas (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). B. Unquillo (*Juncus balticus*). C. Quínuas en la huerta de altura de Julio Morales en la localidad Punta de la Peña (Antofagasta de la Sierra). D. Semillas de quínuas arqueológicas (700 años atrás) del sitio Punta de la Peña 4. E. Fragmentos de tejidos microscópicos del tallo del unquillo mineralizados (silicofitolitos) que permiten identificar su uso en el pasado. F. Colecta de chorizo (*Schoenoplectus americanus*) por Santos Claudia Vásquez en la laguna de Antofagasta.

construcciones de piedra para el reparo y ocultamiento de los cazadores de guanacos y vicuñas que bajaban a estos humedales a pastar y abrevar. A la vez que ámbito de caza, las vegas albergaron a las llamas desde la adopción del pastoreo, alrededor de 3000 años atrás. Asociado a esta práctica, el «cultivo» de algunas vegas fluviales mediante riego se introdujo como un mecanismo para incrementar la extensión de las pasturas (Quesada y Lema, 2011). Mucho menos conocido es el uso antiguo de estos humedales como fuente de alimentos vegetales. La utilización de la flora silvestre y cultivada está indicada por el estudio de partes de plantas halladas en los sitios arqueológicos de Antofagasta de la Sierra (semillas, tallos, hojas e inflorescencias) y de sus restos microscópicos capturados en los filos y el interior de instrumentos empleados en la labranza, cosecha, cocción y consumo vegetal (microfósiles o microrrestos botánicos tales como granos de almidón, polen y fitolitos, incluyendo estos últimos, partículas intracelulares, células y porciones de tejidos vegetales mineralizados). Las ciperáceas y juncáceas, herbáceas características de las vegas, se utilizaron ya entre unos 4500 y 3800 años atrás. Por ejemplo, los rizomas dulces de la totora (*Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz y R. Keller, Cyperaceae), denominados «chorizo» en la actualidad y los tallos frescos del «unquillo» (*Juncus balticus* Willd., Juncaceae), se machacaron en instrumentos de piedra para su consumo (Babot, 2011; Lund, 2016). Al menos 4700 años atrás la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd., Chenopodiaceae) estaba incorporada a la alimentación de los cazadores-recolectores, y hay indicios de su cultivo en regadíos próximos a las vegas, hace aproximadamente

3700 años (Babot y Hocsman, 2015), junto a la papa (*Solanum tuberosum* L., Solanaceae), la oca (*Oxalis tuberosa* Molina, Oxalidaceae) y posiblemente, también, la papa silvestre «cuchi» (*Hoffmannseggia glauca* (Ortega) Eifert, una fabácea con raíces tuberosas), que eran consumidas desde hace unos 4100 años. La caza, el pastoreo, la colecta y el cultivo en la vega y su entorno fueron motivo de celebración mediante ritos propiciatorios atestiguados en representaciones rupestres (Aschero, 1999).

LITERATURA CITADA

- Aschero C. A. 1999. El arte rupestre del desierto puneño y el noroeste argentino. En: J. Berenguer y F. Gallardo (eds.), *Arte Rupestre en los Andes de Capricornio*. Museo Chileno de Arte Precolombino, Santiago de Chile, pp. 97-135.
- Babot M. P. 2011. Cazadores-recolectores de los Andes Centro-Sur y procesamiento vegetal. Una discusión desde la Puna Meridional Argentina (ca. 7000-3200 años a.p.). *Chungara*, 43 [Número especial 1]: 413-432.
- Babot M. P., Hocsman S. 2015. Quinua. A millenary grain in Northern Argentina. En: H. Selin (ed.), *Encyclopedia of the history of science, technology, and medicine in non-western cultures*. Springer Netherlands, Springer Science+Business Media, Heidelberg, pp. 3668-3682.
- Lund J. 2016. Tubérculos y raíces útiles de la Puna meridional argentina. Un abordaje desde la arqueobotánica y la etnobotánica en Antofagasta de la Sierra (provincia de Catamarca). Tesis de Grado de la Carrera de Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, 167 pp.
- Quesada M. N., Lema C. 2011. Los potreros de Antofagasta: trabajo indígena y propiedad (finales del siglo XVIII y comienzos del XIX). *Andes*, 22. Online.

4 ▶ Variabilidad hidroclimática en el sur del Altiplano: pasado, presente y futuro

Morales, Mariano S.¹; Duncan A. Christie^{2,3}; Raphael Neukom^{4,5};
Facundo Rojas¹; Ricardo Villalba¹

¹ Laboratorio de Dendrocronología e Historia Ambiental, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, IANIGLA-CONICET Mendoza, Argentina.

² Laboratorio de Dendrocronología y Cambio Global, Instituto de Conservación Biodiversidad y Territorio, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

³ Center for Climate and Resilience Research (CR)², Chile.

⁴ Department of Geography, University of Zurich, Winterthurerstrasse 190, CH8057 Zürich, Switzerland.

⁵ Deschger Centre for Climate Change Research and Institute of Geography, University of Bern, Bern, Switzerland.

► **Resumen** — Las sequías en el Altiplano tienen un alto impacto sobre la dinámica de los ecosistemas regionales y las actividades socioeconómicas de las poblaciones locales. Es por esto que identificar los patrones espaciales de distribución de las lluvias, su evolución temporal y sus proyecciones futuras resultan de gran prioridad. Los objetivos del presente estudio son (1) analizar los principales patrones temporales de las variaciones hidroclimáticas en el sur del Altiplano (19°-23°S) durante los últimos 600-700 años y (2) proveer sustento a las proyecciones hidroclimáticas para el siglo XXI. Para ello, utilizamos reconstrucciones hidroclimáticas basadas en anillos de crecimiento de árboles, mediciones instrumentales de la precipitación y los resultados de un ensamble de ocho modelos predictivos de circulación general. El análisis conjunto de estos datos nos permite desarrollar una perspectiva de los cambios hidroclimáticos del siglo XXI en un contexto multicentenario. Los resultados de las reconstrucciones paleoclimáticas desarrolladas para el Altiplano han permitido caracterizar el rango de la variabilidad hidroclimática natural a diferentes escalas temporales durante los últimos 700 años. Estos registros documentan una disminución sostenida de las lluvias durante la segunda mitad del siglo XX, sin precedentes en los últimos 700 años. Los resultados de los modelos de circulación general de la atmósfera señalan una marcada disminución de las lluvias en el Altiplano bajo diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), consistente con las tendencias observadas en las reconstrucciones y los datos instrumentales durante el siglo XX. Basados en estas proyecciones, el Altiplano experimentará una reducción en la precipitación fuera del rango de variabilidad natural del sistema climático registrado para el último milenio. Estos resultados alertan sobre la necesidad de planificar y aplicar estrategias adaptativas, para reducir los efectos negativos frente a la futura escasez de agua en la región.

Palabras clave: Reconstrucciones hidroclimáticas, paleoclima, Altiplano, precipitación, proyecciones climáticas, cambio climático.

► **Abstract** — Socio-economic activities in the Altiplano depend on water availability; in consequence, droughts have severe impacts on local populations. There is a growing interest to characterize the geographic patterns of rainfall distribution, as well as the temporal evolution and future precipitation changes. The aims of this study were (1) to analyze the temporal variations of the main hydroclimatic patterns in the southern Altiplano (19°-23°S) over the past 600-700 years and (2) to validate rainfall projections over the 21st century. To reach these goals, we used tree-ring based hydroclimate reconstructions, instrumental precipitation data, and an ensemble of eight CMIP5-member model simulations. This comprehensive set of data allowed us to put present and future hydroclimatic projections on the context of multi-centennial time scales in the Altiplano. The high-resolution paleoclimate reconstructions for the Altiplano represent unique records to characterize the natural hydroclimate variability at different temporal scales over the past 700 years. These records point out the sustained decline in rainfall since the mid 20th century, representing the most-severe, long-term drought in the region during the last seven centuries. The 21st century precipitation simulations project a sharp decline in rainfall for the different greenhouse gas (GHG) emissions scenarios. These projections are consistent with the observed trends in the reconstructions and in the

instrumental records during the 20th century. Based on these projections, the Altiplano will experience a reduction in precipitation outside the range of natural variability of the climate system. These results highlight the need for planning and implementing adaptive strategies to reduce vulnerability against future water shortages in the region.

Keywords: Hydroclimate reconstructions, paleoclimate, Altiplano, precipitation, climate projections, climate change.

INTRODUCCIÓN

En regiones áridas y semiáridas, las variaciones temporales en la disponibilidad de los recursos hídricos tienen un efecto gravitante sobre la dinámica de los ecosistemas y las actividades socioeconómicas de la población (Binford *et al.*, 1997; Vivioli *et al.*, 2003; Holmgren *et al.*, 2006). Esta es claramente la situación del Altiplano en América del Sur (Figura 1), una meseta de altura ubicada en los Andes Centrales por encima de los 3.200 msnm, donde los eventos de sequías pueden gatillar severos problemas de abastecimiento de agua para su población, la agricultura y la cría de ganado, y por lo tanto, el desarrollo de la economía local altamente dependiente de estas actividades (Tandeter, 1991; García *et al.*, 2003, 2007; Buytaert y De Bièvre, 2012). Así, por ejemplo, durante los años con sequías extremas en la Puna de Jujuy se produjo el agotamiento de los cursos de agua disponibles para el consumo animal que acarrearon la muerte de más del 50% del ganado de camélidos (diario El Perfil, 19 de mayo 1998). La escasez en la disponibilidad de agua a lo largo de esta región tiene impactos ambientales, sociales y económicos más severos que cualquier otro tipo de desastre natural, afectando el funcionamiento de los ecosistemas (Carilla *et al.*, 2013) y amenazando la subsistencia de las poblaciones rurales (Gil Montero y Villalba, 2005). Las condiciones de permanente aridez que han predominado durante las últimas décadas han reducido substancialmente la superficie de las lagunas del Altiplano (Carilla *et al.*, 2013; Morales *et al.*, 2015) e incluso, han hecho desaparecer cuerpos de agua como es el caso del lago Poopó, el segundo lago en extensión en Bolivia después del Titicaca (http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151223_ciencia_bolivia_lago_poopo_desaparicion_sequia_wbm).

Las proyecciones climáticas, basadas en los modelos de circulación general y regional bajo diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), muestran un calentamiento acentuado para el Altiplano a lo largo del siglo XXI (Bradley *et al.*, 2006; Urrutia y Vuille, 2009; IPCC, 2013) y una disminución en las precipitaciones (Urrutia y Vuille, 2009; Minvielle y Garreaud, 2011; Neukom *et al.*, 2015), restringiendo aún más la disponibilidad de agua en la región.

Debido a la creciente presión de las sociedades modernas sobre los recursos hídricos, existe un interés apremiante para identificar los patrones de distribución geográfica de las lluvias, su evolución temporal y sus proyecciones futuras. Desafortunadamente, debido al corto período de los registros instrumentales (raramente superan los 50 años) y la baja densidad de estaciones pluviométricas en el Altiplano, estos registros impiden tener una visión de largo plazo de la variabilidad climática del sistema, de las tendencias en diferentes escalas temporales y de los períodos de retorno de eventos extremos como las severas sequías. La topografía montañosa de los Andes Centrales introduce a su vez una mayor heterogeneidad espacial en el clima, haciendo más compleja su predictibilidad. Sin embargo, el desarrollo de registros paleoambientales de alta resolución a partir de los anillos de árboles, han permitido caracterizar la evolución hidroclimática en el Altiplano desde escalas decenales hasta multicentenales, información fundamental para comprender la dinámica del sistema y poder elaborar proyecciones futuras del sistema climático regional.

El manejo sostenible de los recursos hídricos, la planificación de la distribución del agua a largo plazo y la adaptación a los cambios climáticos precisa del entendimiento de la variabilidad hidroclimática pasada, pre-

sente y futura a escala local y regional (Lynch, 2012; IPCC, 2014). Por lo tanto, en este capítulo nos planteamos realizar una síntesis acerca de los principales patrones temporales de las variaciones hidroclimáticas en el sur del Altiplano durante los últimos 600-700 años (19° - 23° S; noroeste de Jujuy, suroeste de Bolivia y el sector adyacente del norte de Chile), y proveer sustento a sus proyec-

ciones para el siglo XXI. Con el fin de analizar las condiciones hidroclimáticas pasadas, presentes y futuras en el sur del Altiplano, utilizamos los registros paleoclimáticos basados en anillos de árboles, en conjunto con mediciones instrumentales de precipitación y un ensamblaje de ocho modelos predictivos de circulación general de la atmósfera (GCMs, CMIP5; Taylor *et al.*, 2012).

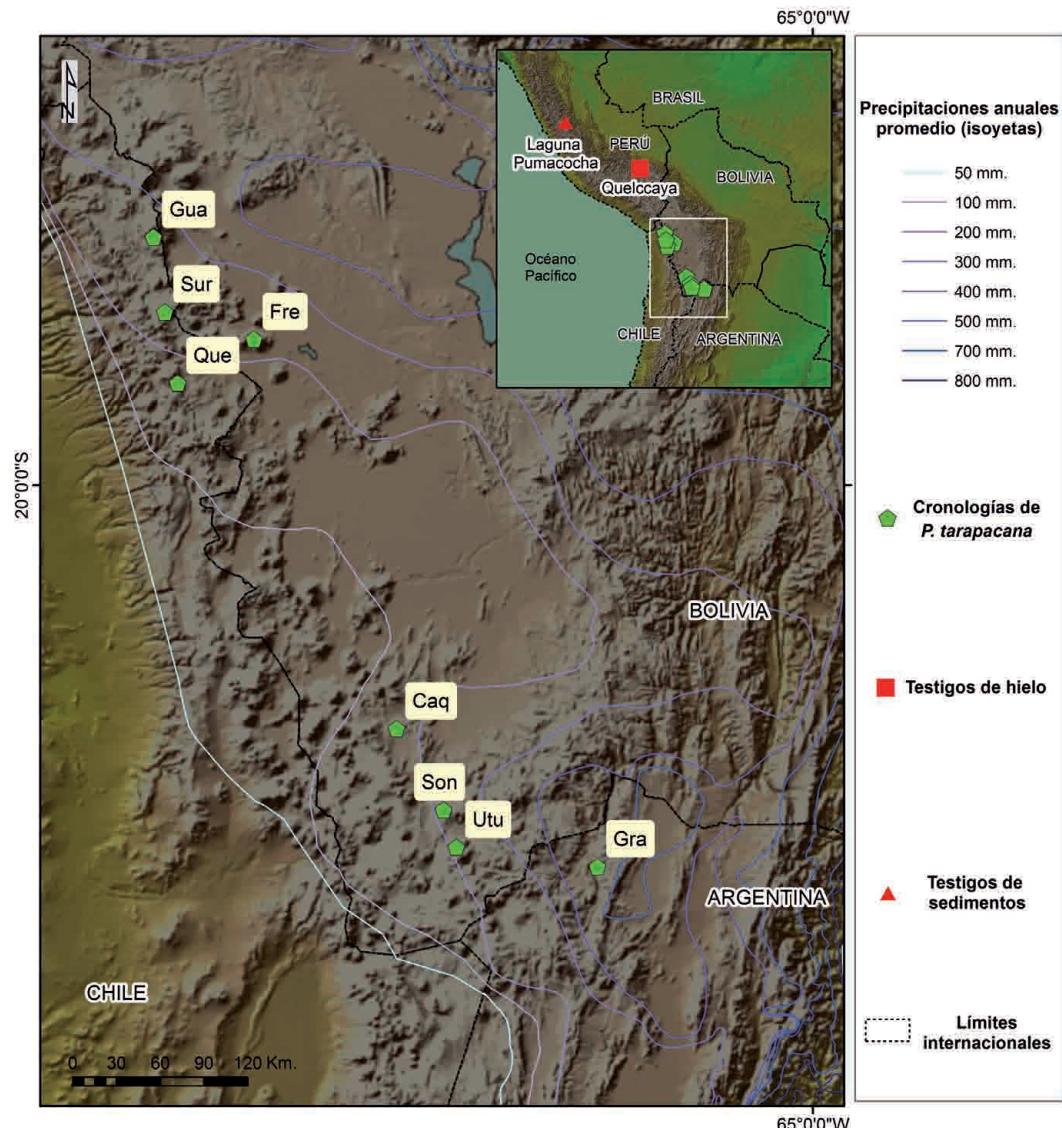


Figura 1. Región del Altiplano Sur mostrando la ubicación de las cronologías de anillos de *Polylepis tarapacana* utilizadas para realizar las reconstrucciones hidroclimáticas (puntos verdes). Los círculos rojos muestran la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas analizadas en este estudio. El tamaño de los círculos es proporcional al total anual (mm) de precipitaciones registrado para cada estación.

CIRCULACIÓN DE GRAN ESCALA Y PRECIPITACIONES EN EL ALTIPLANO

Entre los climas contrastantes del desierto costero de Atacama y los bosques amazónicos húmedos de Bolivia y Brasil, se encuentra el Altiplano de América del Sur, una meseta semiárida ubicada por encima de los 3200 msnm que se extiende por más de 1000km en dirección dominante norte-sur a lo largo de los Andes. Debido a su elevación, el Altiplano representa un verdadero obstáculo para la circulación troposférica sobre el continente (Garreaud *et al.*, 2003). Esta meseta de altura se caracteriza por presentar bajas temperaturas, alta amplitud térmica diaria (más de 15°C de diferencia entre el día y la noche), baja densidad del aire, alta radiación, y un clima semiárido (Aceituno, 1993). El Altiplano es una región extremadamente seca durante la mayor parte del año, con la excepción del verano (noviembre a marzo), cuando ocurren las tormentas convectivas asociadas al sistema del Monzón Sudamericano. Estas lluvias estacionales se producen por una desestabilización de la tropósfera a nivel local, debido al intenso calentamiento de la superficie y el establecimiento de los vientos de altura del este que favorecen el transporte de las masas de aire húmedo provenientes de la cuenca del Amazonas (Figura 2; Garreaud *et al.*, 2003; Vuille *et al.*, 2003; Falvey y Garreaud, 2005). Por otra parte, las precipitaciones provenientes del oeste son extremadamente raras ya que la humedad de origen Pacífico está encerrada verticalmente por la subsidencia antícnica de gran escala y la inversión térmica de baja altura muy estable en la costa Pacífica (Figura 2; Aceituno y Montecinos, 1993; Garreaud *et al.*, 2003).

Consistente con el origen oriental de la fuente de humedad, las precipitaciones decrecen significativamente desde el este al oeste (Figura 1). En nuestra región de estudio (19°-23°S), caen anualmente entre 300 a 600 mm de precipitación en las cercanías de la Cordillera Oriental, y solamente entre 60 y 150 mm en la Cordillera Occidental (Figura 1, Tabla 2). Por su asociación con el sistema

monzónico sudamericano, más del 70% de la precipitación total anual se concentra durante los meses del verano (Garreaud *et al.*, 2003; Falvey y Garreaud, 2005; Vera *et al.*, 2006). La fuerte estacionalidad de las precipitaciones está asociada con el desarrollo de un centro de alta presión en niveles superiores de la atmósfera sobre los Andes Centrales, conocido como el Alta de Bolivia. Este anticiclón se establece como respuesta a la liberación de calor latente y radiativo producido por la convección intensa que ocurre en verano sobre la cuenca amazónica (Lenters y Cook, 1997). La posición geográfica e intensidad del Alta de Bolivia juegan un papel importante en el control de la circulación de altura y por lo tanto de las precipitaciones en el Altiplano (Aceituno y Montecinos, 1993; Vuille *et al.*, 1998; Lenters y Cook, 1999; Vuille, 1999). Intervalos húmedos (secos), están relacionados con una intensificación (debilitamiento) y un desplazamiento pronunciado hacia el sur (norte) del Alta de Bolivia. Este corrimiento permite la expansión, por simple advección horizontal del viento zonal del este (oeste) en la atmósfera superior y la entrada (bloqueo) de humedad sobre el Altiplano (Figura 2; Lenters y Cook, 1997; Falvey y Garreaud, 2005). Este desplazamiento del Alta de Bolivia, también puede ser observado a escala interanual (Vuille, 1999). Por lo tanto, la dinámica del Alta de Bolivia, en conjunto con los vientos zonales en la troposfera superior, juegan un rol clave modulando las precipitaciones sobre el Altiplano (Lenters y Cook, 1997; Vuille, 1999; Garreaud y Aceituno, 2001; Garreaud *et al.*, 2003; Vuille y Keimig, 2004; Falvey y Garreaud, 2005).

Una porción significativa de la variabilidad interanual en la precipitación es atribuida a los cambios en las temperaturas superficiales del Océano Pacífico tropical, las cuales modulan el flujo de viento zonal de altura (Vuille *et al.*, 2000). Los veranos húmedos en el Altiplano están asociados con los enfriamientos del océano Pacífico tropical durante los eventos La Niña, los que al enfriar la tropósfera tropical debilitan el flujo de los vientos oestes sobre el Altiplano en respuesta

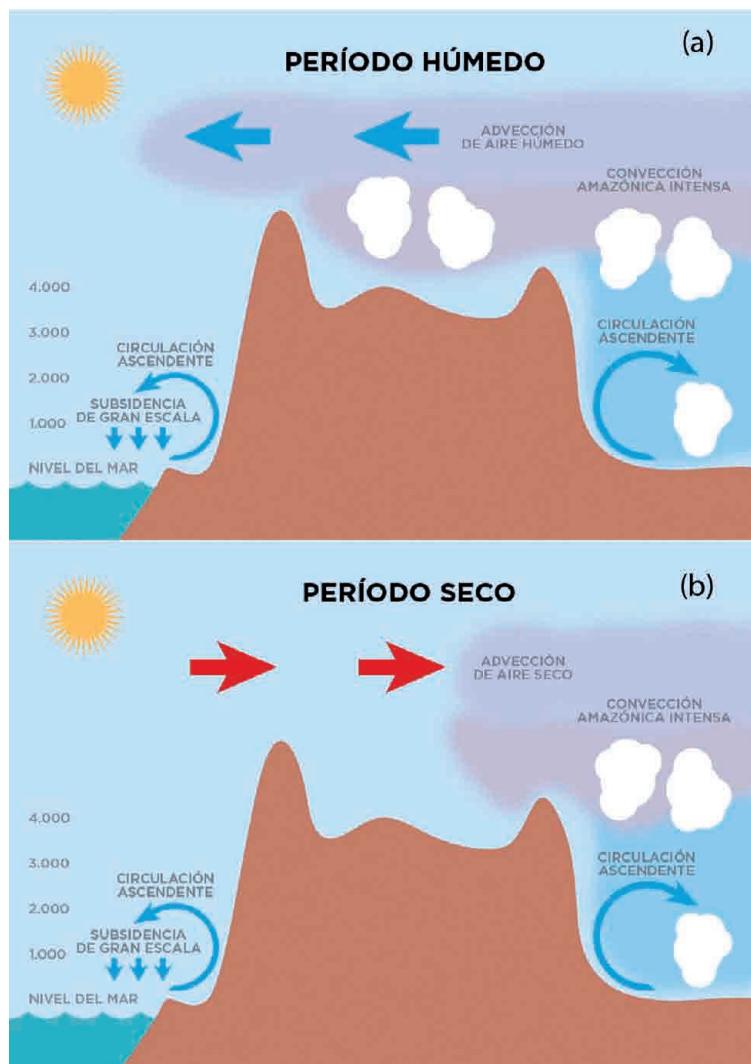


Figura 2. Representación esquemática de los patrones de circulación atmosférica en una sección vertical longitudinal sobre el Altiplano y regiones aledañas durante un período húmedo (a) y uno seco (b). Las flechas grandes azules (rojas) indican el sentido del viento zonal en la troposfera superior durante el período húmedo (seco). El sombreado representa las masas de aire húmedo generadas por la convección amazónica intensa. Las flechas cortas azules representan la subsidencia de gran escala sobre el SE del Pacífico subtropical. Esquema adaptado de Garreaud *et al.* (2003), Falvey y Garreaud (2005) y Vera *et al.* (2006).

a una reducción en el gradiente térmico meridional en latitudes subtropicales (Garreaud y Aceituno, 2001). Por el contrario, los veranos secos están asociados con eventos El Niño y se caracterizan por el predominio de los vientos del oeste y el bloqueo simultáneo de la penetración de aire húmedo desde el este (Garreaud *et al.*, 2003).

VARIACIONES HIDROCLIMÁTICAS PARA EL ÚLTIMO MILENIO

Las reconstrucciones climáticas que cubren los últimos 1000 años han cobrado notable interés ya que proporcionan herramientas importantes para entender la naturaleza de los cambios climáticos recientes en un contexto de largo plazo (Jansen *et al.*,

Tabla 1. Listado de las características geográficas de los sitios de muestreo de *Polyplepis tarapacana* y de la extensión temporal de las cronologías de ancho de anillos utilizadas para reconstruir las variaciones en la precipitación del Altiplano y el área de las lagunas ubicadas en la región de Vilama-Coruto (NOA-SOB).

Sitios de muestreo	Latitud (S)	Longitud (O)	Rango altitudinal (m)	Período	País
Vº Guallatiri / Gua	18°28'	69°10'	4.450-4.500	1377-2007	Chile
Salar de Surire / Sur	18°56'	69°00'	4.500-4.550	1278-1901	Chile
Frente Sabaya / Fsa	19°06'	68°27'	4.400-4.500	1352-2008	Bolivia
Queñiza / Que	19°22'	68°55'	4.300-4.350	1444-2007	Chile
Caquella / Caq	21°30'	67°34'	4.500-4.700	1226-2009	Bolivia
Soniquera / Son	22°00'	67°17'	4.500-4.600	1431-2003	Bolivia
Uturuncu / Utu	22°18'	67°14'	4.450-4.700	1242-2006	Bolivia
Granada / Gra	22°35'	66°33'	4.500-4.750	1620-2008	Argentina

Tabla 2. Características geográficas de las estaciones de precipitación en el Altiplano sur (19°-23°S). El (*) indica las estaciones que presentaron un factor de carga > 0.70 respecto al CP1, utilizadas para desarrollar la serie regional de lluvias de verano (DEF).

Estación / Código	Latitud (S)	Longitud (O)	Elevación (m)	Período	Factor de carga	Total anual
Lag Pampa Lirima/lpl*	19°49'	68°52'	4.000	1982-2008	-0.94	141
Coyacagua/coy*	20°03'	68°37'	3.990	1961-2008	-0.89	134
Uyuni/uyu*	20°28'	66°48'	3.660	1975-2004	-0.78	187
Lequena/leq*	21°39'	68°39'	3.320	1973-2009	-0.80	63
San Pablo/spa*	21°41'	66°37'	4.165	1979-2003	-0.75	287
Ojo San Pedro/osp*	21°58'	68°18'	3.800	1969-2009	-0.92	67
Inacalirí/ina*	22°01'	68°03'	4.040	1969-2009	-0.84	141
La Quiaca/qui	22°07'	65°36'	3.458	1903-2001	-0.27	361
Linzor/lin*	22°13'	68°01'	4.100	1973-2009	-0.91	162
TucTuca/tuc	22°25'	65°27'	3.950	1982-2012	-0.63	451
Nazareno/naz	22°30'	65°06'	3.050	1983-2012	0.00	658
Iruya/iru	22°47'	65°12'	2.730	1982-2012	-0.60	284

2007). Los anillos de árboles son uno de los mejores indicadores del clima pasado debido a su alta resolución (definición anual), su gran cobertura espacial, y su sensibilidad a las variaciones anuales o estacionales del clima (Jones *et al.*, 1998). Esta fuerte relación con las fluctuaciones climáticas permite su calibración con registros instrumentales y el desarrollo de modelos estadísticos que posibilitan la reconstrucción de la variabilidad climática pasada.

A lo largo del Altiplano (16°-23°S) se encuentra *Polyplepis tarapacana*, especie arbórea de la familia de las rosáceas conocida localmente con el nombre de queñoa, la cual crece en las laderas de volcanes y montañas entre los 4.000-5.200 msnm. *P. tarapacana* es una especie longeva con in-

dividuos que pueden alcanzar los 700 años de edad, y su desarrollo se encuentra adaptado a condiciones extremas de sequías y bajas temperaturas siendo su crecimiento muy sensible a los cambios hidroclimáticos (Morales *et al.*, 2004; Christie *et al.*, 2009; Soliz *et al.*, 2009). Estas excelentes características dendrocronológicas (sensibilidad climática y longevidad) han posibilitado el desarrollo de una red de más de 25 cronologías de ancho de anillos distribuidas en el Altiplano de Chile, Bolivia y Argentina. El hecho de que esta especie presente un crecimiento altamente sensible a la precipitación y temperatura, permite que exista un patrón común de variación en el crecimiento entre todos los individuos del bosque, posibilitando el desarrollo de cronologías de ancho de

anillos con alta capacidad para capturar las variaciones climáticas. Los métodos dendrocronológicos aplicados para el desarrollo de cronologías y reconstrucciones hidroclimáticas utilizando la especie *P. tarapacana*, han sido descritos detalladamente en la literatura (Christie *et al.* 2009, Soliz *et al.* 2009, Morales *et al.* 2012, 2015).

En base a esta red de cronologías de *P. tarapacana* (Tabla 1) se han desarrollado dos reconstrucciones de las variaciones hidroclimáticas regionales en el Altiplano (Figura 3a-b). Estas reconstrucciones incluyen un registro de las precipitaciones en el Altiplano cubriendo los últimos 707 años (Morales *et al.*, 2012) y otro de las variaciones de la superficie del sistema de lagunas Vilama-Coruto (noroeste Jujuy – suroeste Bolivia) para los últimos 601 años (Morales *et al.*, 2015). Ambas reconstrucciones presentan un patrón de variación temporal de largo plazo muy coherente. Períodos secos y húmedos prolongados (decenales a multidecenales) se observan en ambas reconstrucciones y coinciden temporalmente con otros registros paleoambientales y arqueológicos desarrollados para los Andes tropicales y subtropicales (Figura 3).

La reconstrucción de la precipitación en el Altiplano indica que las lluvias durante la mayor parte del siglo XIV estuvieron por debajo del promedio histórico de los últimos siete siglos, con un período húmedo breve entre los años 1300 y 1307 d.C. Estas condiciones de sequía persistieron hasta principios del siglo XV (Morales *et al.*, 2012). Se ha propuesto que este largo período con escasas lluvias tuvo un impacto negativo sobre las sociedades agrícolas locales, promoviendo conflictos sociales y guerras en el Altiplano durante los siglos XIV y XV (Nielsen *et al.*, 2002; IAI, 2012). Este largo período seco durante el siglo XIV fue también identificado en el testigo de hielo proveniente del Glaciar Quelccaya, Andes tropicales, Perú (Figura 3c; Thompson *et al.*, 2006) y en una reconstrucción tempo-espacial de aridez desarrollada para la región subtropical de América del Sur basada en múltiples registros ambientales que incluyen principalmente los testigos

de hielo de Quelccaya, Huascarán y Sajama (Boucher *et al.*, 2011).

Otro período con sequías prolongadas ocurrió casi todo a lo largo del siglo XVI (Figura 3a-b). Similarmente, persistentes sequías fueron registradas entre los años 1518 y 1586 d.C. en un testigo de sedimentos proveniente de una vega de altura en el cerro Tuzgle, Salta, Argentina (Schitteck *et al.*, 2016). En contraste con estos resultados, condiciones húmedas durante el siglo XVI, han sido inferidas a partir del testigo de hielo del Glaciar Quelccaya (Figura 3c; Thompson *et al.*, 1985, 1986). Estas sequías prolongadas que prevalecieron durante el siglo XVI fueron interrumpidas por un período notablemente húmedo durante la primera década del siglo XVII. En forma marcada, este evento húmedo fue seguido por una severa sequía centrada en la década de 1620 d.C. Luego de este período seco, mayores precipitaciones y lagunas extendidas prevalecieron en el Altiplano desde 1630s d.C. hasta mediados del siglo XVIII. Consistente con nuestras observaciones, condiciones climáticas frías y húmedas fueron identificadas en otros registros paleoclimáticos de los Andes tropicales de Perú incluyendo los testigos de hielo de Quelccaya (Figura 3c; Thompson *et al.*, 2006) y sedimentarios del lago Pumacocha (Figura 3d; Bird *et al.*, 2011). Sin embargo, las condiciones húmedas y frías en estos registros fueron más pronunciadas y extensas en el tiempo (ca. 300 y 400 años en Quelccaya y Pumacocha, respectivamente). En nuestras reconstrucciones basadas sobre el ancho de anillos se observa que gran parte del siglo XVI y dos períodos del siglo XVII (1615–1637 y 1684–1696) presentaron sequías prolongadas que no coinciden con los registros húmedos y fríos de Quelccaya y Pumacocha. Estas diferencias entre los registros paleoclimáticos podrían estar reflejando condiciones climáticas distintas entre sitios separados por una distancia mayor a 1000 km a través del gradiente de humedad norte-sur de los Andes tropicales. A su vez, la propia naturaleza de los diferentes registros paleoclimáticos (ancho de anillos de árboles, δO^{18} de testigos de hielo y sedimentos)

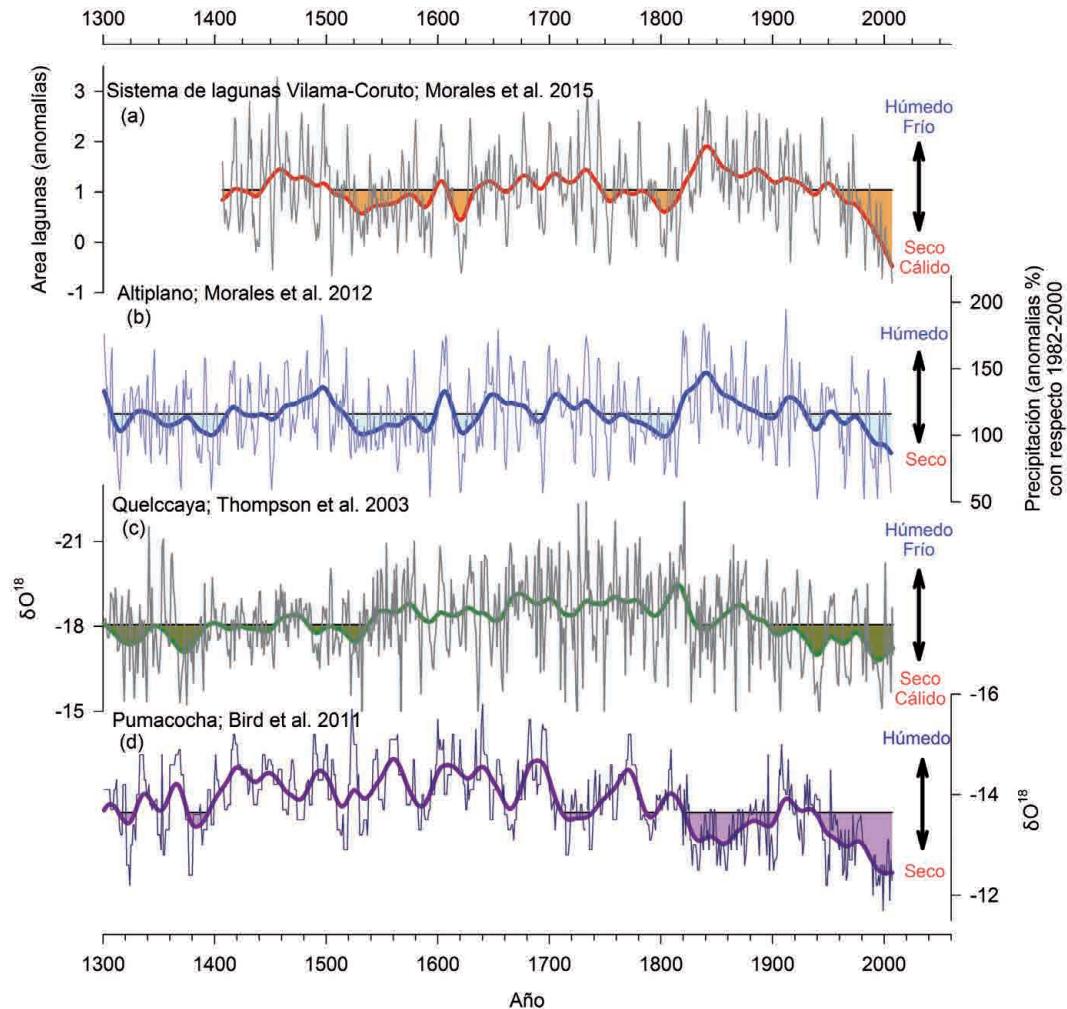


Figura 3. Evolución temporal de indicadores hidroclimáticos en el Altiplano durante los últimos siete siglos (a-b; Morales *et al.*, 2012, 2015) y comparación con los registros de isótopos estables δO^{18} del testigo de hielo de Quelccaya, Perú (c; Thompson *et al.*, 2006) y el sedimento lacustre de Pumacocha, Perú (d; Bird *et al.*, 2011). El ajuste polinómico (líneas gruesas) de 35 años, destaca la variabilidad multi-decenal en los cuatro registros paleoambientales.

podría explicar estas discrepancias. Mientras que el ancho de anillos captura las variaciones climáticas de alta y mediana frecuencia (variaciones interanuales a multidecenales), el δO^{18} de los testigos de hielo y sedimentos captura las variaciones de mediana y baja frecuencia (decenales a centenales), lo cual justamente, demuestra lo complementario que serían entre ellos.

El siglo XIX se caracterizó por presentar el período húmedo más importante identificado en las reconstrucciones de precipitación

y del tamaño de lagunas en el Altiplano sur durante los últimos 700 años (Morales *et al.*, 2012, 2015). De igual manera, el testigo de sedimentos en el cerro Tuzgle (Schitteck *et al.*, 2016) y los registros ambientales derivados de los depósitos de restos vegetales de roedores en la precordillera andina del norte del Desierto de Atacama en Chile (Mujica *et al.*, 2015), resaltan la ocurrencia del período húmedo del siglo XIX. Este máximo pluvial coincide con un aumento poblacional significativo de la cultura Aymara en la región de

Tarapacá del Altiplano chileno (Lima *et al.*, 2016), lo cual habría sido gatillado por una mayor productividad en su sistema agropastoril producto de condiciones favorables de humedad.

Desde la década de 1930 hasta el presente, las reconstrucciones basadas sobre anillos de árboles registran tendencias negativas persistentes en las precipitaciones y en el tamaño de las lagunas (Figura 3a-b). En particular, a partir de mediados de la década de 1970 las condiciones de sequías se han acentuado, coincidentes con los valores más bajos de precipitación y los tamaños más reducidos de lagunas. Estos resultados son consistentes con las condiciones más secas que muestra la reconstrucción de aridez para la región (Boucher *et al.*, 2011) y el rápido retroceso de los glaciares de los Andes tropicales durante la segunda mitad del siglo XX (Ramírez *et al.*, 2001; Francou *et al.*, 2003; Vuille *et al.*, 2008; Jomelli *et al.*, 2009). Por otro lado, este cambio abrupto hacia condiciones más áridas fue registrado también a partir de la década de 1970 en el testigo de hielo de Quelccaya (Figura 3c; Thompson *et al.*, 2006) y en el sedimento de Pumacocha (Figura 3d; Bird *et al.*, 2011). En ambos registros, este período de sequía generalizada tampoco tuvo precedentes en el contexto de los últimos 600 años. Es importante destacar la gran coherencia que muestran todos los registros analizados del Altiplano y Andes tropicales respecto al incremento de aridez desde comienzos del siglo XX. Este nivel de sincronía espacial de períodos prolongados de sequías severas prácticamente no se observa en siglos previos.

VARIACIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL SIGLO XX

TEMPERATURA

El análisis de registros instrumentales de temperatura proveniente de 279 estaciones meteorológicas distribuidas en los Andes tropicales (1°N - 23°S) muestra un aumento significativo de la misma durante el período 1939-2006 (Vuille *et al.*, 2008). El calentamiento estimado para los Andes tropicales

basado sobre estos resultados oscila entre $0,10$ - $0,15^{\circ}\text{C}/\text{década}$ (Vuille y Bradley, 2000; Vuille *et al.*, 2003; Vuille *et al.*, 2008). Sin embargo, el aumento de la temperatura se intensificó a partir de mediados de la década de 1970 con una tasa de calentamiento de $0,34^{\circ}\text{C}/\text{década}$ (Vuille y Bradley, 2000). De igual manera, estudios más acotados espacialmente para el Altiplano, muestran un aumento significativo de la temperatura a partir de mediados de la década de 1970 (Vuille *et al.*, 2000). Toumi *et al.* (1999) analizaron los registros de temperatura de la estación de La Quiaca durante el período 1954-1987, donde también se evidencia una tasa de calentamiento de $0,20^{\circ}\text{C}/\text{década}$. Asociado con aumento de la temperatura, Carrasco *et al.* (2008) registraron en el sector chileno del Altiplano un aumento significativo en la altura de la isoterma de 0°C con una tasa de $68 \pm 12 \text{ m}/\text{década}$ durante el período 1962-2003. Este aumento de la temperatura registrado para la región del Altiplano, es consistente con el calentamiento registrado a escala global (Jones *et al.*, 1999).

PRECIPITACIÓN

Los cambios en los registros instrumentales de precipitación no son tan homogéneos y consistentes como los registrados para la temperatura, debido, entre otras variables, a la heterogeneidad espacial de las lluvias sobre el Altiplano (Vuille *et al.*, 2008). Asimismo, la falta de registros largos y de buena calidad dificulta el análisis de las tendencias de largo plazo de las precipitaciones en el Altiplano. Dado estas limitaciones, las tendencias de las lluvias durante el siglo XX han sido evaluadas a través de los registros de OLR (Outgoing Longwave Radiation; Vuille *et al.*, 2008). OLR es un indicador de la precipitación convectiva ya que mide la cantidad y altura de las nubes en un momento y sobre una región determinada. Estos registros, muestran que durante el siglo XX, se han identificado cambios significativos en el patrón de lluvias en los Andes tropicales y subtropicales de América del Sur. El análisis de la circulación atmosférica durante el

período 1950-1998 de una transecta norte-sur centrada sobre los 65° O cubriendo la regiones tropicales y subtropicales en América del Sur, muestra un incremento significativo en la precipitación y la nubosidad en la región tropical más próxima al ecuador, que contrasta con menores precipitaciones y nubosidad en el sector sur más externo de los trópicos y en la región subtropical (Vuille *et al.*, 2008). Estos autores asocian los cambios en la precipitación y la nubosidad con la intensificación de la circulación de Hadley en este sector del continente, caracterizada por un fortalecimiento de los ascensos verticales en los trópicos con mayor actividad convectiva, que induce un aumento de la subsidencia y menor nubosidad en los subtrópicos (Vuille *et al.*, 2008). Sin embargo, trabajos más recientes (Neukom *et al.*, 2015; ver sección 5 sobre Proyecciones climáticas durante el siglo XXI) han asociado, además, la reducción de la precipitación en el Altiplano a una marcada intensificación de los vientos zonales sobre la región. La expansión e intensificación de la Celda de Hadley en el Hemisferio Sur ha sido reportada recientemente por varios autores (Lucas *et al.*, 2014 para una revisión del tema). Si bien la rama subtropical descendente de la Celda de Hadley podría haber aumentado la presión y reducido la humedad del aire sobre el Altiplano contribuyendo a la disminución de las precipitaciones, es posible que esta expansión favorezca la persistencia de vientos de altura del oeste asociados a menores precipitaciones sobre el Altiplano. Así, por ejemplo, la mega-sequía en Chile Central durante el período 2010-2014 ha sido asociada a cambios regionales de la circulación, los que a escala hemisférica están asociados, entre otros forzantes, a la expansión de la Celda de Hadley (Boisier *et al.*, 2016).

PROYECCIONES DE LAS PRECIPITACIONES PARA EL SIGLO XXI

Resulta difícil establecer con claridad las tendencias actuales de las precipitaciones en los Andes Centrales. Las principales razones son la complejidad topográfica de la región,

la enorme variabilidad espacial de las lluvias convectivas y la baja densidad y calidad de los datos meteorológicos existentes. Dada esta complejidad, las proyecciones futuras de la precipitación en el Altiplano presentan grandes incertidumbres que se acrecientan por la limitada capacidad de los modelos climáticos para simular procesos a escalas menores que la global (Vuille *et al.*, 2008; Neukom *et al.*, 2015). Si bien las aproximaciones numéricas y estadísticas han mejorado sustancialmente las predicciones regionales, aún hoy sigue siendo difícil simular las condiciones futuras de lluvias, en particular en las regiones montañosas (Buytaert *et al.*, 2010; Deser *et al.*, 2012). En este contexto, las simulaciones del flujo del viento zonal de la tropósfera media y alta proveen una herramienta más confiable para predecir los cambios futuros de la precipitación en los Andes Centrales (Minvielle y Garreaud, 2011; Thibeault *et al.*, 2012). La cantidad de masas de aire húmedo que ingresan al Altiplano desde el este están fuertemente moduladas por el flujo de los vientos zonales y la dinámica del Alto de Bolivia en la tropósfera superior (Lenters y Cook, 1997; Vuille, 1999; Garreaud y Aceituno, 2001; Garreaud *et al.*, 2003; Vuille y Keimig, 2004). Esta relación entre los vientos zonales de altura y la precipitación en el Altiplano ha sido confirmada por numerosos estudios que han utilizado un amplio espectro de datos, provenientes de registros instrumentales, reanálisis y modelos climáticos (Vuille, 1999; Garreaud y Aceituno, 2001; Garreaud *et al.*, 2003; Vuille y Keimig, 2004; Minvielle y Garreaud, 2011; Thibeault *et al.*, 2012).

Las simulaciones provenientes de los modelos climáticos globales y regionales indican que el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), van a ir exacerbando las condiciones de aridez en los Andes Centrales a lo largo del siglo XXI. La mayoría de los modelos climáticos predicen un aumento en el flujo de los vientos del oeste sobre los Andes Centrales, los que inducirían una disminución en el transporte de masas de aire húmedo desde el este sobre el Altiplano. Los modelos climáticos estiman

una reducción de la precipitación para el Altiplano que varía entre el 10 y el 30% para fines del siglo XXI (Urrutia y Vuille, 2009; Minvielle y Garreaud, 2011; Neukom *et al.*, 2015). Estas simulaciones sugieren que las tendencias futuras de la precipitación son consistentes con las observadas en los datos instrumentales y en las reconstrucciones hidroclimáticas (precipitación y área de lagunas) desarrolladas para el Altiplano (Morales *et al.*, 2012, 2015).

La Figura 4 muestra el campo espacial de correlación entre los vientos zonales de verano (DEF) a 200 hPa tomados del reanálisis ERA-40 y un índice regional de la precipitación instrumental de verano (DEF) proveniente de estaciones ubicadas a más de 2500 m de altitud, distribuidas entre los 19° y 23°S (Tabla 2), para el período común

1983-2003. Correlaciones estadísticamente significativas entre el índice regional de la precipitación instrumental y el viento zonal sobre el Altiplano y una región más extensa en América del Sur, son consistentes con los resultados de los estudios previos. Entre los 12°-23° S y 58°-78° O, las correlaciones fueron negativas y altamente significativas ($r < -0,6$; $p < 0,05$). La correlación entre el promedio de viento zonal para toda el área seleccionada en el recuadro blanco de la Figura 4 y el índice regional de precipitación es de $r = -0,71$ ($p < 0,05$). Esto indica que el viento zonal estaría explicando aproximadamente el 50% ($r^2 = 0,504$) de la variación de las precipitaciones en el Altiplano.

Considerando que el viento zonal de altura es un buen predictor de la precipitación en el sur del Altiplano, evaluamos la capaci-

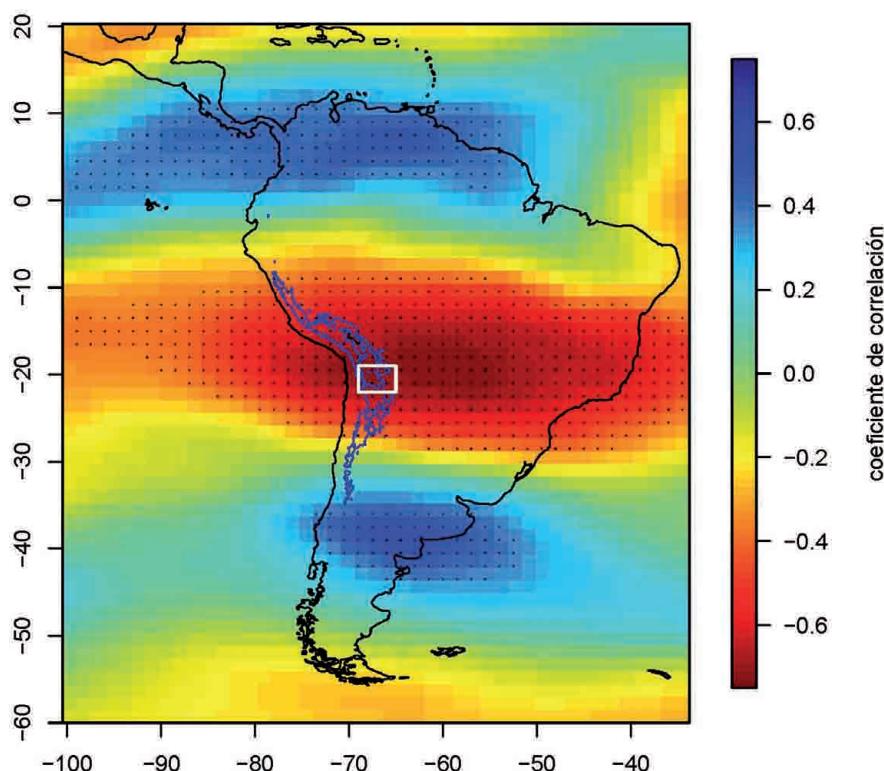


Figura 4. Patrón espacial de correlación entre la precipitación del sur del Altiplano (19°-23°S) y el viento zonal de verano (DEF) a 200 hPa (ERA-40; Uppala *et al.*, 2005) durante el período 1969-2008. Las áreas con relaciones significativas están indicadas con puntos negros. El recuadro blanco delimita el área en la cual los datos promedio de viento zonal fueron comparados con la precipitación y las reconstrucciones basadas en anillos de árboles. Las líneas azules encierran el área montañosa por encima de los 4000 msnm.

dad de los modelos para simular las condiciones hidroclimáticas pasadas y establecer su confiabilidad para proyectar los cambios en la precipitación durante el siglo XXI. Para ello, junto con los registros paleo-ambientales utilizamos los resultados de un ensamblaje de ocho modelos predictivos de circulación general de la atmósfera (GCMsCMIP5; Taylor *et al.*, 2012). Seleccionamos todas las simulaciones con datos completos de viento zonal para los siguientes experimentos: past1000, historical y los escenarios futuros RCP2.6 (2006-2100) y RCP8.5 (2006-2100). RCP2.6 (RCP8.5) es el escenario más optimista (pesimista) de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) usado por el IPCC en su informe AR5 (IPCC, 2013).

La Figura 5 muestra las variaciones de la precipitación y el área de las lagunas reconstruidas a partir de anillos de árboles, las simulaciones numéricas de las variacio-

nes en el viento zonal durante los últimos 1000 años y sus proyecciones para el siglo XXI. Se observan oscilaciones de baja frecuencia similares entre las reconstrucciones y las simulaciones del viento zonal para el período común (1300-2006). Esto sugiere que las simulaciones basadas en el ensamblaje de ocho modelos predictivos son confiables y con capacidad de capturar los cambios de las condiciones climáticas del pasado. Las simulaciones para el siglo XXI muestran que las lluvias estarán por debajo de sus valores medios, respecto al período preindustrial (1300-1850), tanto para el escenario de menor (RCP2.6) como el de mayor (RCP8.5) emisión de GEI.

En el escenario RCP2.6, la disminución es muy severa después del final del período observado (2006), estabilizándose cerca del año 2050. Por el contrario, el escenario RCP8.5 muestra que las precipitaciones dis-

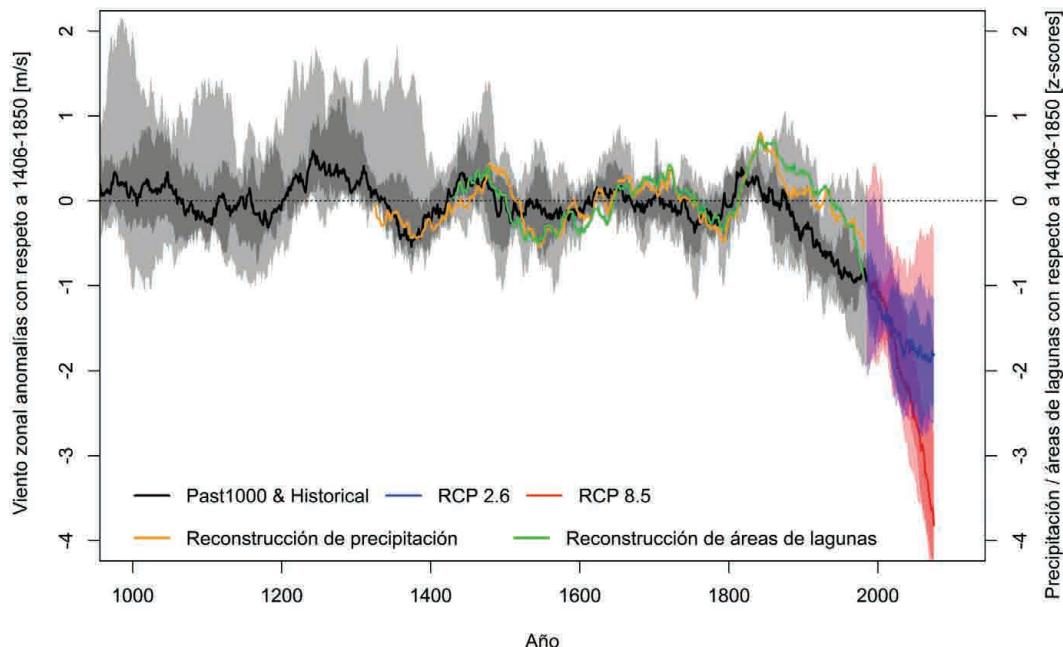


Figura 5. Comparación entre la simulación de viento zonal basada en el ensamblaje de ocho modelos (línea gruesa negra), con la reconstrucción de precipitación (línea gruesa naranja) y de área de lagunas (línea gruesa verde), durante el período 1000-2100 d.C. A las tres series se les aplicó un ajuste polinómico de 51 años para resaltar las variaciones multidecadales. La línea negra representa la mediana del ensamblaje de los modelos de viento zonal. La línea azul gruesa corresponde al escenario RCP2.6 y la línea roja gruesa al RCP8.5. El área sombreada gris clara representa el rango mínimo-máximo y el área gris oscura el rango percentil 15-85%.

minuirán de manera sostenida durante todo el siglo XXI, alcanzando condiciones de sequías extremas sin precedentes y totalmente fuera del rango de la variabilidad natural del sistema climático en la región. Según las proyecciones generadas por cada uno de los ocho modelos ensamblados indican que las lluvias entre las condiciones presentes (1971-2000) y futuras (2071-2100) disminuirán en un rango entre 18 y 31% (media 26%) para el escenario RCP2.6, y entre 49 y 86% (mediana 71%) para el escenario RCP8.5 (Figura 5).

CONCLUSIONES

En este capítulo documentamos los cambios en las condiciones hidroclimáticas de la región sur del Altiplano (19° - 23° S) desde un contexto multicentenario, el que nos permite colocar las condiciones presentes en el contexto del último milenio y sus proyecciones futuras durante el siglo XXI. Las reconstrucciones de alta resolución temporal de la precipitación y el área de lagunas recientemente desarrolladas para la región del Altiplano, nos han permitido caracterizar el rango de la variabilidad hidroclimática natural a diferentes escalas temporales durante los últimos 700 años. Ambas reconstrucciones comparten variaciones comunes (interanual a multidecenal) en la disponibilidad hídrica regional. Aun cuando períodos extensos caracterizados por condiciones secas se registran en ambas reconstrucciones durante el pasado, estos registros destacan la disminución sostenida de las lluvias durante la segunda mitad del siglo XX. En particular, a partir de mediados de la década de 1970 se registró en la región la peor sequía de largo plazo de los últimos 700 años.

El análisis de los datos instrumentales de precipitación en la región del Altiplano se puede abordar sólo para los últimos 50 años, lo que impide detectar tendencias de largo plazo (Vuille *et al.*, 2003). La perspectiva temporal provista por las reconstrucciones hidroclimáticas, nos permite encuadrar el período de registros instrumentales en un contexto multicentenario, y por lo tanto establecer, que

los registros instrumentales no son totalmente representativos de las variaciones naturales de la precipitación en la región.

En relación a las simulaciones de la precipitación futura en la región durante el siglo XXI, el ensamble de ocho modelos del CMIP5 proyecta una abrupta disminución de las lluvias bajo diferentes escenarios de emisión de GEI. Estas proyecciones son consistentes con las tendencias observadas en las reconstrucciones y los datos instrumentales durante el siglo XX. Bajo el supuesto de una relación estable entre la precipitación y el viento zonal en el Altiplano, se proyecta una disminución de la precipitación del 26% (71%) para el 2071-2100 para el escenario RCP2.6 (RCP8.5), relativo a las condiciones actuales. Incluso en el escenario más conservador (RCP2.6), se espera que el Altiplano experimente condiciones de sequías nunca antes registradas durante el último milenio.

Las sequías son componentes de la variabilidad climática de especial relevancia para esta región semiárida de los Andes. En el contexto del calentamiento global que experimenta el planeta (IPCC, 2013), el recurso hídrico del Altiplano es fundamental para la conservación de la biodiversidad y las actividades socioeconómicas tales como el pastoreo, la minería y el turismo. La disponibilidad de agua ha sido históricamente crítica en esta región, incluso se hipotetiza que sequías prolongadas como la ocurrida a comienzos del siglo XIV, desestabilizaron la economía local basada en la agricultura de secano y el pastoreo, provocando un período de luchas entre comunidades vecinas por el acceso a los recursos y la consecuente necesidad de la construcción de fortalezas defensivas (Nielsen, 2002). La disminución de lluvias proyectada para el siglo XXI junto con la creciente demanda por agua, incrementarán la presión sobre los recursos hídricos del Altiplano y deberán ser consideradas prioritarias por los tomadores de decisión para evitar conflictos sociales tanto a nivel local como regional. Bajo este escenario, es sumamente relevante anticipar la posible ocurrencia de estos cambios hidroclimáticos a los administradores de los recursos hídricos

con el fin de planificar y aplicar estrategias adaptativas para reducir estas vulnerabilidades de manera de garantizar un suministro suficiente y equitativo de agua ante su futura escasez.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado gracias a los financiamientos provistos por las siguientes instituciones y proyectos: ANP-CyT (PICT 2013-1880), CONICET, PIP 11220130100584, FONDECYT 1161381, FONDAP 15110009, Swiss NSF (PZ00P2_154802) y el Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC) de COSUDE. Agradecemos a Claudio Latorre y a los editores por sus valiosos comentarios y correcciones, que han ayudado a mejorar la calidad de este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Aceituno P. 1993. Elementos del clima en el altiplano sudamericano. *Revista Geofísica*, 44: 37-55.
- Aceituno P., Montecinos A. 1993. Circulation anomalies associated with dry and wet periods in the South American Altiplano. 4th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. *Actas*: 330-331, Hobart, Australia.
- Binford M. W., Kolata L., Brenner M., Janusek J., Seddon M. T., Abbott M. B., Curtis J. H. 1997. Climate variation and the rise and fall of an Andean civilization. *Quaternary Research*, 47: 235-248.
- Bird W. B., Abbott M. B., Vuille M., Rodbell D. T., Stansella N. D., Rosenmeier M. F. 2011. A 2,300-year-long annually resolved record of the South American summer monsoon from the Peruvian Andes. *Proceedings of the National Academy of Science*, 108: 8583-8588.
- Boisier J. P., Rondanelli R., Garreaud R. D., Muñoz F. 2016. Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysical Research Letter*, 43: doi:10.1002/2015GL067265.
- Boucher E., Guiot J., Chapron E. 2011. A millennial multi-proxy reconstruction of summer PDSI for Southern South America. *Climate of the Past*, 7: 957-974.
- Bradley R. S., Vuille M., Diaz H. F., Vergara W. 2006: Threats to water supplies in the tropical Andes. *Science*, 312: 1755-1756.
- Buytaert W., De Bièvre B. 2012. Water for cities: The impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes. *Water Resources Research*, 48: 1-13.
- Buytaert W., Vuille M., Dewulf A., Urrutia R., Karmalkar A., Céller R. 2010. Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management. *Hydrology and Earth System Science*, 14: 1247-1258.
- Carilla J., Grau H. R., Paolini L., Morales M. S. 2013. Lake fluctuations, plant productivity, and long-term variability in high elevation tropical andean ecosystems. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 45: 179-189.
- Carrasco J. F., Osorio R., Casassa G. 2008. Secular trend of the equilibrium-line altitude on the western side of the southern Andes, derived from radiosonde and surface observations. *Journal of Glaciology*, 54: 538-550.
- Christie D. A., Lara A., Barichivich J., Vilalba R., Morales M. S., Cuq E. 2009. El Niño-Southern Oscillation signal in the world's high-elevation tree-ring chronologies from the Altiplano, Central Andes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281: 309-319.
- Deser C., Knutti R., Solomon S., Phillips A. S. 2012. Communication of the role of natural variability in future North American climate. *Nature Climate Change*, 2: 775-779.
- Falvey M., Garreaud R. D. 2005. Moisture variability over the South American Altiplano during the South American low level jet experiment (SALLJEX) observing season. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 110: D22105.
- Francou B., Vuille M., Wagnon P., Mendoza J., Sicart J. E. 2003. Tropical climate change recorded by glacier in the central Andes during the last decades of the twentieth century: Chacaltaya, Bolivia, 16° S. *Journal Geophysical Research*, 108: 4154, doi:10.1029/2002JD002959.
- García M., Raes D., Jacobsen S. E. 2003. Reference evapotranspiration and crop coefficient of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in the Bolivian Altiplano. *Agricultural Water Management*, 60: 119-134.

- García, M., Raes, D., Jacobsen, S. E., Michel, T. 2007. Agroclimatic constraints for rainfed agriculture in the Bolivian Altiplano. *Journal of Arid Environment*, 71: 109-121.
- Garreaud R., Aceituno P. 2001. Interannual rainfall variability over the South American Altiplano. *Journal of Climate*, 14: 2779-2789.
- Garreaud R., Vuille M., Clement C. 2003. The climate of the Altiplano: Observed current conditions and mechanisms of past changes, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194: 5-22.
- Gil Montero R., Villalba R. 2005. Tree rings as a surrogate for economic stress – an example from the Puna of Jujuy, Argentina in the 19th century. *Dendrochronologia*, 22: 141-147.
- Holmgren M., Stapp P., Dickman C. R., Graña C., Graham S., Gutiérrez J. R., Hice C., Jaksic F., Kelt D., Letnic M., Lima M., López B., Meserve P., Mylnestead W., Polys G., Previtali M., Richter M., Sabate S., Squeo F. A. 2006. Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. *Frontiers in Ecology and Environment*, 4: 87-95.
- IAI. 2012. Tree rings point to drought as the trigger of social conflict. *Science Snapshots* 11. <http://www.iai.int/snapshots>.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 1535 pp.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: A. Global and Sectoral Aspects Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 1820 pp.
- Jansen E., Overpeck J., Briffa K. R., Duplessy J. C., Joos F., Masson-Delmotte V., Olago D., Otto-Bliesner B., Peltier W. R., Rahmstorf S., Ramesh R., Raynaud D., Rind D., Solomina O., Villalba R., Zhang D. 2007. Palaeoclimate. En: S. Solomon, *et al.* (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 433-497.
- Jomelli V., Favier V., Rabaté A., Brunstein D., Hoffmann G., Francou B. 2009. Fluctuations of glaciers in the tropical Andes over the last millennium and palaeoclimatic implications: A review *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 281: 269-282.
- Jones P. D., Briffa K. R., Barnett T. P., Tett S. F. B. 1998. High-resolution palaeoclimatic records for the last millennium: interpretation, integration and comparison with General Circulation Model control-run temperatures. *The Holocene*, 4: 455-471.
- Jones P. D., New M., Parker D. E., Martin S., Rigor I. G. 1999. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*, 37: 173-199.
- Lenters J. D., Cook K. H. 1997. On the origin of the Bolivian High and related circulation features of the South American climate. *Journal of Atmospheres Science*, 54: 656-677.
- Lenters J. D., Cook K. H. 1999. Summer-time Precipitation Variability over South America: Role of the Large-Scale Circulation. *Monthly Weather Review*, 127: 409-431.
- Lima L., Christie D. A., Calogero Santoro M., Latorre C. 2016. Coupled socio environmental changes triggered indigenous Aymara depopulation of the semiarid Andes of Tarapacá-Chile during the late 19th-20th centuries. *PLoS ONE*, 11: e0160580. doi:10.1371/journal.pone.0160580.
- Lucas C., Timbal B., Nguyen H. 2014. The expanding tropics: a critical assessment of the observational and modeling studies. *WIREs Climate Change*, 5: 89-112.
- Lynch B. D. 2012. Vulnerabilities, competition and rights in a context of climate change toward equitable water governance in Peru's Rio Santa Valley. *Global Environmental Change*, 22: 364-373.
- Minvielle M., Garreaud R. 2011. Projecting rainfall changes over the South American Altiplano. *Journal of Climate*, 24: 4577-4583.
- Morales M. S., Villalba R., Grau H. R., Paolini L. 2004. Rainfall controlled tree growth in high elevation subtropical treelines. *Ecology*, 85: 3080-3089.
- Morales M. S., Christie D. A., Villalba R., Argollo J., Pacajes J., Silva J. S., Alvarez C. A., Llancabure J. C., Soliz Gamboa C. C. 2012. Precipitation changes in the South American Altiplano since 1300 AD reconstructed by tree-rings. *Climate of the Past*, 8: 653-666.

- Morales M. S., Carilla J., Grau H. R., Vilalba R. 2015. Multi-century lake area changes in the Andean high-elevation ecosystems of the Southern Altiplano. *Climate of the Past*, 11: 1139-1152.
- Mujica M. I., Latorre C., Maldonado A., González-Silvestre L., Pinto R., de Pol-Holz R., Santoro C. M. 2015. Late Quaternary climate change, relict populations and present-day refugia in the northern Atacama Desert: A case study from Quebrada La Higuera (18°S). *Journal of Biogeography*, 42: 76-88.
- Neukom R., Rohrer M., Calanca P., Salzmann N., Huggel C., Acuña D., Christie D. A., Morales, M. S. 2015. Facing unprecedented drying of the Central Andes? Precipitation variability over the period AD 1000-2100. *Environmental Research Letters*, 10: 084017.
- Nielsen A. E. 2002. Asentamientos, conflicto y cambio social en el Altiplano de Lípez (Potosí, Bolivia). *Revista Española de Antropología Americana*, 32: 179-205.
- Ramírez E., Francou B., Ribstein P., Desclotres M., Guerin R., Mendoza J., Galaire R., Pouyaud B., Jordan E. 2001. Small glaciers disappearing in the tropical Andes. A case study in Bolivia: Glacier Chacaltaya (16° S). *Journal of Glaciology*, 47: 187-194.
- Schittek K., Kock S. T., Lücke A., Hensen J., Ohlendorf C., Kulemeyer J. J., Lupo L.C., Schäbitz F. 2016. A high-altitude peatland record of environmental changes in the NW Argentine Andes (24°S) over the last 2100 years. *Climate of the Past*, 12: 1165-1180.
- Soliz C., Villalba R., Argollo J., Morales M. S., Christie D. A., Moya J., Pacajes J. 2009. Spatio-temporal variations in *Polylepis tarapacana* radial growth across the Bolivian Altiplano during the 20th century. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281: 296-330.
- Tandeter E. 1991. Crisis in Upper Peru, 1800-1805, *Hispanic American Historical Review*, 71: 35-71.
- Taylor K. E., Stouffer R. J., Meehl G. A. 2012. An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93: 485-98.
- Thibeault J., Seth A., Wang G. 2012. Mechanisms of summertime precipitation variability in the Bolivian Altiplano: present and future. *International Journal of Climatology*, 32: 2033-2041.
- Thompson L., Mosley-Thompson E., Bolzan J. F., Koci B. R. 1985. A 1500-Year Record of Tropical Precipitation in Ice Cores from the Quelccaya Ice Cap, Peru. *Science*, 229: 971-973.
- Thompson L., Mosley-Thompson E., Dansgaard W., Grootes P. M. 1986. The Little Ice Age as Recorded in the Stratigraphy of the Tropical Quelccaya Ice Cap. *Science*, 234: 361-364.
- Thompson L. G., Mosley-Thompson E., Brecher H., Davis M., León B., Les D., Lin P. N., Mashott T., Mountain K. 2006. Abrupt tropical climate change: Past and present. *Proceedings of the National Academy of Science*, 103: 10536-10543.
- Toumi R., Hartell N., Bignell K. 1999. Mountain station pressure as an indicator of climate change. *Geophysical Research Letters*, 12: 1751-1754.
- Uppala S. M., Källberg P. W., Simmons A. J., Andrae U., Bechtold V. D. C., Fiorino M., Gibson J. K., Hinesler J., Hernandez A., Kelly G. A., Li X., Onogi K., Saarinen S., Sokka N., Allan R. P., Andersson E., Arpe K., Balmaseda M. A., Beljaars A. C. M., Berg L. V. D., Bidlot J., Bormann N., Caires S., Chevallier F., Dethof A., Dragosavac M., Fisher M., Fuentes M., Hagemann S., Hólm E., Hoskins B. J., Isaksen L., Janssen P. A. E. M., Jenne R., McNally A. P., Mahfouf J.-F., Mocrette J.-J., Rayner N. A., Saunders R. W., Simon P., Sterl A., Trenberth K. E., Untch A., Vasiljevic D., Viterbo P., Woolen J. 2005. The ERA-40 re-analysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, 131: 2961-3012.
- Urrutia R., Vuille M. 2009. Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geophysics Research*, 114: D02108.
- Vera C., Higgins W., Amador J., Ambrizzi T., Garreaud R., Gochis D., Gutzler D., Lettenmaier D., Marengo J., Mechoso C., Nogues-Paegle J., Silva Diaz P. L., Zhang C. 2006. Towards a unified view of the American Monsoon System. *Journal of Climate*, 19: 4977-5000.
- Viviroli, D., Weingartner, R., Messerli, B. 2003. Assessing the hydrological significance of the world's mountains. *Mountain Research and Development*, 23: 32-40.
- Vuille, M. 1999. Atmospheric circulation over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phases of the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology*, 19: 1579-1600.

- Vuille M., Bradley R. 2000. Mean annual temperature trends and their vertical structure in the tropical Andes. *Geophysical Research Letters*, 27: 3885-3888.
- Vuille M., Keimig F. 2004. Interannual variability of summertime convective cloudiness and precipitation in the central Andes derived from ISCCP-B3 data. *Journal of Climate*, 17: 3334-3348.
- Vuille M., Hardy D. R., Braun C., Keimig F., Bradley R. S. 1998. Atmospheric circulation anomalies associated with 1996/97 summer precipitation events on Sajama Ice Cap, Bolivia. *Journal of Geophysical Research*, 10:11191-11204.
- Vuille M., Bradley R. S., Keimig F. 2000. Interannual climate variability in the Central Andes and its relation to tropical Pacific and Atlantic forcing. *Journal of Geophysics Research*, 105: 12447-12460.
- Vuille M., Bradley R., Werner M., Keimig F. 2003. 20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results. *Climatic Change*, 59: 75-99.
- Vuille M., Francou B., Wagnon P., Juen I., Kaser G., Mark B., Bradley R. 2008. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth Science Review*, 89: 79-96.

Box ▶

Estacionalidad climática e hidrológica: las vegas puneñas

Navarro, Carlos Javier

Instituto de Ecología Regional. CONICET-UNT. Email: carlos-n@outlook.com

En general las vegas, «fens», dependen de fuentes de agua subterránea o cuencas de ríos, mientras que otros humedales como las turberas («bogs») dependen de las precipitaciones (Squeo *et al.*, 2006). Las precipitaciones de la Puna argentina fluctúan entre los 100 y 400 mm anuales. A pesar de estas condiciones áridas, las vegas son humedales que conservan agua superficial o subterránea durante todo el año. En consecuencia, son sitios de elevada productividad primaria. Un indicador de la productividad es el índice de diferencia normalizado (NDVI), obtenido a partir de imágenes satelitales. La figura 1A muestra una curva fenológica anual promedio de 11.951 vegas de la Puna argentina. Se puede observar que los meses con valores más altos de NDVI corresponden al verano cuando se registran mayores temperaturas y precipitaciones.

Nuestro monitoreo de la napa freática en vegas de Antofagasta de la Sierra, Catamarca, muestra variaciones estacionales de

unos pocos centímetros (0 a 20 cm), con un mínimo en verano (febrero) y máximo en invierno (agosto) (Figura 1B). Esto podría resultar llamativo si se tiene en cuenta que en la Puna las mayores precipitaciones ocurren en enero y febrero. Este máximo hídrico desfasado unos meses respecto del máximo de lluvias, podría explicarse por una mayor tasa de evapotranspiración en los meses de verano (que contribuye al descenso de la napa) y la existencia de un retraso en la cuenca entre el momento de las precipitaciones (líquidas y sólidas) y la llegada a las vegas.

LITERATURA CITADA

Squeo F. A., Ibáñez E., Warner B., Espinoza D., Aravena R., Gutiérrez J. R. 2006. Productividad y diversidad florística de la vega Tambo, cordillera de Doña Ana. En: P. J. Cepeda (ed.), *Geoecología de los Andes desérticos. La alta montaña del valle del Elqui*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile, pp. 323-354.

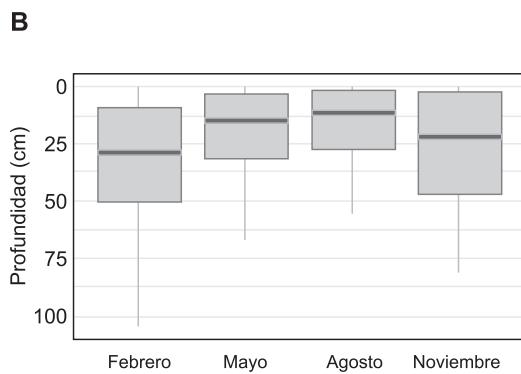
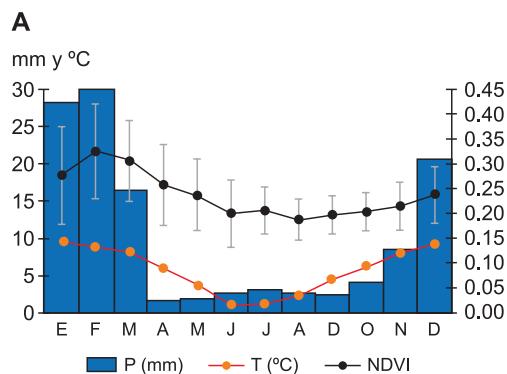


Figura 1. A) Climograma de la Puna argentina con datos promedio de temperatura (línea roja), precipitación (barras), elaborados a partir de datos de WorldClim v2, y curva fenológica promedio de 11.951 vegas de la Puna (barras negras, indicando desvío estándar (a partir de imágenes Landsat 7 usando Google Earth Engine®). B) Profundidad de la napa freática en diferentes estaciones.

Box ▶

Aprovechando la energía solar en la Puna

González, Jorge A.

LASPE Laboratorio de Simulación de Potencia Eléctrica; FACET Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. jgonzalez@herrera.unt.edu.ar

Las franjas geográficas alrededor de los trópicos de Cáncer y Capricornio están caracterizadas en general por alta presión atmosférica, extrema aridez, marcada amplitud térmica diaria, alta heliofanía e irradiación solar. La región de la Puna del noroeste argentino se encuentra en torno del trópico de Capricornio ($23^{\circ}26'$ de latitud sur) y presenta estas características y una muy alta intensidad de radiación solar debido a la baja attenuación atmosférica (efecto de altura, mayor a 3.000 msnm) y a la baja nubosidad. Con intensidades por encima de los 2.400 kWh/m^2 por año, la Puna está entre las regiones del mundo de mayor valor de radiación (Figura 1).

Este enorme y renovable recurso energético puede ser aprovechado por medio de diversos sistemas tecnológicos capaces de transformar la radiación solar en energía térmica (sistemas colectores planos, tubos de vacío, fresnel, cilindros parabólicos, helióstatos, discos parabólicos) y/o eléctrica (de manera directa con sistemas fotovoltaicos –FV- y de manera indirecta con sistemas termosolares de media y alta temperatura), con impactos ambientales mínimos. En la actualidad, los sistemas fotovoltaicos y los eóli-

cos, destinados a producir electricidad y los termosolares de baja temperatura, destinados a suministrar agua caliente domiciliaria, presentan una franca expansión y desarrollo en muchos países, debido al descenso sostenido de sus costos, aumento de eficiencia, mitigación de gases de efecto invernadero para cumplir con compromisos ambientales y búsqueda de seguridad y soberanía energética nacional.

En la década de 1980, diversas ONGs comenzaron a implementar en diversas partes del mundo proyectos de electrificación de baja escala en residencias rurales aisladas. En Argentina, donde la red eléctrica integrada llega al 98% de sus habitantes, se pone en marcha en el año 1999 y continúa hasta el día de hoy, el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) cuyo objetivo principal es abastecer de electricidad al 2% restante de hogares rurales (unas 150 mil familias) y a servicios públicos (escuelas, salas de emergencia médica, destacamentos policiales, comunicaciones, etc.; Figura 2A, B) que se encuentran fuera del alcance de la red. Este proyecto de alto contenido social está financiado por el Gobierno Nacional Argentino (con préstamos del Banco Mundial

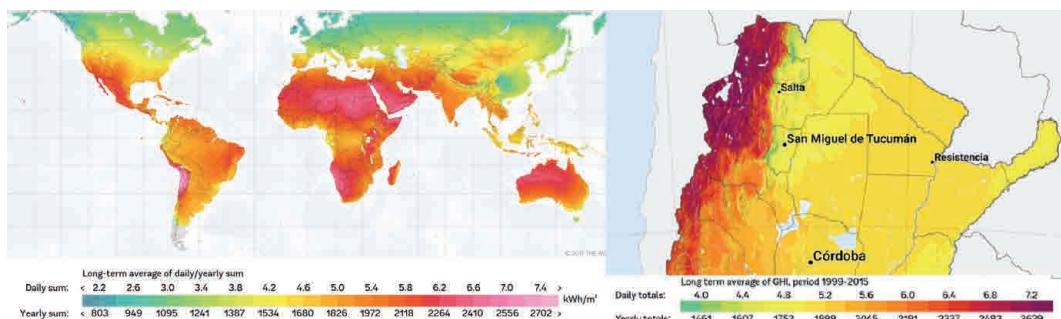


Figura 1. Distribución de la intensidad de radiación solar global horizontal en el mundo y en el norte de argentina. [<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/>]. Accedido: 20/12/2017.



Figura 2. A y B. Sistemas fotovoltaicos domésticos del proyecto PERMER instalados en la Puna catamarqueña, en vega Las Quinoas (3.300 msnm; 26°S) y vega Botijuela (3.500 msnm; 26°S). C. Planta solar El Romero (246 MW) de Empresa Acciona, Chile, desierto de Atacama (1.170 msnm; 29°S); es actualmente la mayor planta solar de América Latina. (www.accionar.cl/proyectos/energia/). Accedido: 20/12/2017.

y donaciones de Fondos Internacionales), fondos provinciales y pagos de consumidores. Las primeras instalaciones se realizaron en diversos lugares de la Puna jujeña, caracterizada por poblados rurales dispersos y aislados de la red. Se implementó también el aprovechamiento termosolar por medio de la instalación de cocinas y calefones solares para uso comunitario (Figura 2A, B). Estos lugares y comunidades conforman hoy en día verdaderos pueblos solares en la Puna.

En el marco del PERMER se instalaron en Argentina unos 8.100 kWp de potencia (hasta el año 2015), correspondientes a unos 30.000 equipos de los que unos 26.000 son residenciales y se estima que se llegarán a unos 45.000 sistemas cuando se termine de ejecutar el PERMER II. En todas las provincias los equipos montados fueron del tipo FV, salvo en Chubut, que fueron aerogeneradores de baja potencia.

El plan RenovAr tiene por objetivo dar cumplimiento a la Ley 27.191 (Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica) que señala que en el año 2025 un 20% de la matriz eléctrica del país deberá estar basada en energías renovables. En el marco de este plan, en la Puna jujeña y salteña se están desarrollando diversos proyectos de plantas FV, siendo que la Compañía Administradora del Mercado Mayorista (CAMMESA) garantiza la compra de la energía producida por estas plantas durante 20 años. En Jujuy, departamento de Susques se han comenzado a construir a 4.000 msnm, tres plantas FV de 100 MW, llamadas respectivamente Cauchari I, II y III, que inyectarán energía eléctrica al Sistema Interconectado Nacional suficiente para cubrir las necesidades de unos 100.000 hogares. Se montarán a tal fin 1,2 millones

de módulos FV en una superficie de 700 hectáreas. Se prevé que el 2% de las ganancias de este proyecto se destine a los pobladores originarios. En la Puna salteña se instalarán dos parques FV de 100 MW cada uno, ubicados uno en cercanía de Olacapato (4.000 msnm) y el otro a 15 kilómetros de San Antonio de los Cobres (3.800 msnm). Chile ya está muy avanzado en este desarrollo y tiene unos 2.000 MW de potencia con generación solar, instalados en su mayor parte en las regiones de Atacama y Antofagasta, a las latitudes de la Puna argentina, aunque a

menor altura sobre el nivel del mar (Figura 2C). Solo para tener una idea aproximada de magnitudes, sin considerar otras cuestiones, como el problema de la intermitencia solar o el tendido de las redes eléctricas para evacuar esta cantidad de energía generada, si se instalara una planta fotovoltaica en la Puna que ocupe una superficie de unos 1.000 km² (por ejemplo, un cuadrado de 32 km de lado), su producción anual de energía eléctrica sería aproximadamente equivalente a toda la generación anual de Argentina en el año 2016 (136.500 GWh).

5 ▶ **Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región**

Izquierdo, Andrea E.; Roxana Aragón; Carlos J. Navarro;
Elvira Casagrande

Instituto de Ecología Regional (IER, CONICET-UNT), CC34, (4107) Yerba Buena, Tucumán, Argentina.
aeizquierdo@gmail.com

► **Resumen** — Los humedales son unidades claves en el funcionamiento ecosistémico de la Puna, en la cual el agua es un recurso limitante. Entre los principales tipos de humedales que se encuentran en la región se destacan los ríos, lagos, lagunas, salares y vegas. Estos ecosistemas tienen un alto valor de conservación porque son los principales proveedores de servicios ecosistémicos: representan la mayor proporción de productividad primaria, soportan la mayor parte de biodiversidad y son los principales reguladores hidráticos de la región. Históricamente han sido afectados por el uso ganadero y actualmente están expuestos a dos tipos de posibles amenazas que incidirían principalmente sobre la hidrología: el cambio climático y usos del territorio de creciente desarrollo, tales como la minería y el turismo. En el presente capítulo resumimos las principales características de los distintos tipos de humedales de la Puna, describimos su importancia como proveedores de servicios ecosistémicos y discutimos su relación con las principales presiones antrópicas a las que se ven actualmente expuestos. Destacamos la necesidad y urgencia de diseñar y promover estrategias de conservación de humedales de la Puna considerando las potenciales amenazas derivadas del cambio climático y el uso del territorio.

Palabras clave: Hidrología, uso del suelo, altamontaña.

► **Abstract** — Wetlands are key units in the Puna ecosystem functioning where water is a limiting resource. The main types of wetlands in the region are: rivers, lakes, lagoons, salts, and vegas or peatbogs. These ecosystems have a high conservation value because they are the main suppliers of ecosystem services. They contribute to a significant proportion of primary productivity, maintain vertebrate populations and biodiversity, and regulate hydrological resources. Historically, they have been affected by grazing and presently are exposed to two types of potential threats, which would mainly affect hydrology: climate change and increasing land use development, such as mining and tourism. Here we summarize the main characteristics of the different types of wetlands in the Puna, describe their importance as ecosystem service providers and discuss the main anthropogenic pressures to which they are currently exposed. We highlight the need and urgency to design and promote strategies for the conservation of the Puna wetlands, considering the potential threats arising from climate change and land use.

Keywords: Hydrology, land use, high mountain.

DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍAS. TIPOS DE HUMEDALES Y CARACTERIZACIÓN DE LOS HUMEDALES PRESENTES EN LA PUNA

Los humedales son ampliamente reconocidos por su importancia en la producción de bienes y servicios para las poblaciones humanas y por su valor para el mantenimiento de la biodiversidad (MEA, 2005; Gardner *et*

al., 2015). Especialmente estratégicos son los humedales de zonas áridas y semiáridas como la Puna donde las precipitaciones anuales son exclusivamente estivales y en promedio menores a 400 mm anuales (Cabrera, 1976; Morales *et al.*, en este volumen). A su vez, los humedales altoandinos son especialmente sensibles en el contexto de cambio climático. Escenarios futuros predicen un aumento de temperatura de entre 2

a 4°C para ecosistemas de altura (Urrutia y Vuille, 2009; Morales *et al.*, en este volumen) y un descenso en disponibilidad de agua con estaciones secas más prolongadas (Buytaert *et al.*, 2010). A pesar de su reconocida importancia y vulnerabilidad, el conocimiento básico acerca de los distintos humedales de la Puna y su funcionamiento e interacciones ecohidrológicas es aún escaso.

Un primer paso para el estudio de los humedales es definir y clasificar sus distintos tipos. En general se acepta que los humedales son zonas en las que el agua es el principal factor que controla el medio y la vida vegetal y animal asociada a ellos. Se desarrollan en lugares donde la napa freática se halla en o cerca de la superficie de la tierra o donde el suelo está cubierto de agua poco profunda. A pesar de la amplia utilización del término, la definición de humedal todavía no está completamente consensuada aunque tiene importantes implicancias para los lineamientos en manejo y conservación de estos sistemas (Neiff, 2001).

La definición más difundida suele ser la de la Convención de Ramsar, tratado intergubernamental que ofrece el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos del cual Argentina es miembro. Esta definición emplea un criterio amplio y enumerativo definiendo a los humedales como “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Con esta amplia definición, la Convención de Ramsar abarca todos los lagos y ríos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, reservorios y salinas.

Otras definiciones más específicas se basan en características propias de los humedales y los definen como “ambientes en los cuales la presencia temporal o permanente de

agua superficial o subsuperficial causa flujos biogeoquímicos propios, suelos con acentuado hidromorfismo y una biota adaptada a dicho rango de disponibilidad de agua” (Neiff *et al.*, 1994). Esta definición especificando aspectos estructurales y funcionales propios de los humedales marca la diferencia entre estos y los ambientes netamente terrestres y los ambientes netamente acuáticos. Por un lado, en los sistemas terrestres la zona saturada se encuentra por debajo de la rizósfera (*i.e.*, 30-50 cm superiores del suelo donde se encuentra la mayor parte de las raíces) y los procesos biológicos tienen lugar en la zona aérea, mientras que en los sistemas acuáticos el agua está sobre el nivel aéreo de la biota y los procesos biológicos ocurren dentro de la columna de agua (Brinson, 2004; Benzaquén *et al.*, 2013). En los humedales la zona de saturación fluctúa entre los primeros niveles subsuperficiales del suelo (incluyendo la rizósfera) y los primeros niveles por sobre la superficie del suelo; los procesos biológicos están adaptados a esta fluctuación en la disponibilidad de agua (Brinson, 2004; Benzaquén *et al.*, 2013). Estrictamente bajo esta definición los lagos y lagunas profundos y los ríos permanentes cuya columna de agua mantenga niveles altos y constantes de flujo no serían humedales; pero sí podría incluirse como humedal al ecosistema ribereño sujeto a periódicas inundaciones por aumentos del caudal del sistema acuático (*i.e.*, humedal marginal fluvial en el caso de los ríos y humedal marginal palustre en el caso de riberas de lagos y lagunas profundas). Un caso particular son las vegas o bofedales que si bien cumplen con los rasgos de todo humedal (*i.e.*, presencia de agua temporaria o permanente, biota adaptada y ciclos biogeoquímicos propios) la causalidad del ecosistema podría discutirse considerando más bien que hay un ciclo de retroalimentación entre los componentes que crean y mantienen el sistema (E. Jobaggy, com. pers.). Si bien las vegas se originan por afloramientos del acuífero freático, ésta se mantiene cerca o en superficie debido a que la vegetación característica de vega promueve la acumulación de materia orgánica y modifica la

hidrología del lugar con su capacidad de retención y regulación del flujo del agua. Si la vegetación no mantuviera el agua bajo su cubierta, ésta podría circular y formar otro tipo de humedal o sistema netamente acuático, como arroyos o ríos, típicamente menos extendidos espacialmente que la vega.

A fin de contemplar la mayor cantidad de tipos de humedales como principales proveedores de recursos hídricos de la Puna, este trabajo se basa en la definición amplia de Ramsar, pero diferencia las características funcionales y estructurales de cada tipo de humedal descripto y su sistema acuático asociado. Así, en este contexto, se incluyen ríos (permanentes y transitorios), lagos y lagunas someros (y márgenes palustres de lagos y lagunas profundas), vegas (*i.e.*, turberas altoandinas) y salares.

En general, las particularidades de la Puna condicionan a estos recursos hídricos principalmente debido al control orográfico de las precipitaciones. Los cordones montañosos de orientación norte-sur actúan como barrera a los vientos húmedos del océano Atlántico haciendo disminuir progresivamente las precipitaciones estivales de norte a sur y de este a oeste. Los valores promedio varían desde 50 mm/año en la zona árida (Salta-Catamarca) hasta 350 mm/año en la zona más húmeda (Puna jujeña) (Paoli, 2003). Los meses de invierno son por lo general secos, pero ocasionalmente se presentan nevadas que se originan por la llegada de aire frío proveniente del Pacífico (Ruthsatz, 2012). A su vez, estos cordones montañosos delimitan una depresión de altura entre ellos formando valles de poco drenaje, los cuales tienen, en su mayoría, un salar en su parte más baja (Hongn *et al.*, en este volumen). Las escasas precipitaciones combinadas a otras variables climáticas extremas, tales como la alta evapotranspiración asociada al viento y la alta radiación, resultan en un balance hídrico regional negativo todo el año. Durante las lluvias de verano se ocasionan escorrentimientos torrentosos de agua superficial que elevan el caudal de los ríos permanentes presentes en la región y originan otros cauces transitorios que no presentan agua superficial y/o

tienen muy escaso caudal durante el resto del año.

En toda la región, así como en otras áreas áridas de montaña, las zonas con vegetación de estos “desiertos de sombra de lluvia” están fuertemente influenciadas por las entradas de agua laterales suministradas por ríos o acuíferos abastecidos por los frentes de montaña (Contreras *et al.*, 2011). En el caso de la Puna, la típica aridez de la región genera un entorno de cuencas hidrográficas cerradas con desagües en depresiones superficiales o lagunas presentes en el sector norte, o salares en el sur de la región. Las cuencas de la Puna se caracterizan por su endorreísmo con ríos, arroyos y pequeños cursos de agua que terminan en lagunas o salares o se infiltran (SRHN, 2002).

DISTRIBUCIÓN Y PATRONES ESPAZIALES DE DIFERENTES HUMEDALES DE LA PUNA

Las condiciones ambientales arriba descriptas de la Puna son similares a las de otras regiones áridas de altura del planeta donde se desarrollan ecosistemas parecidos. En América del Sur esta meseta de altura se presenta además en Chile, Bolivia y el sur de Perú; en Asia condiciones similares se encuentran en la meseta tibetana y la cordillera de Pamir.

A pesar de la reconocida importancia ecológica y económica de los humedales, los relevamientos para conocer sus patrones espaciales básicos son pocos y muchas veces incompletos (Finlayson y Davidson, 1999). La base de datos más global de humedales es la Global Lakes and Wetlands Database (GLWD) que reporta para las ecorregiones de Puna y Altos Andes de Argentina 16.880 ha (0,8% del área total de ecorregiones) de humedales incluyendo lagos, lagunas, reservorios y salares (Lehner y Doll, 2004). Nuestro equipo de trabajo desarrolla sus investigaciones en un área de 14.300.000 ha de la Puna argentina que se delimita al norte y oeste por los límites internacionales con Bolivia y Chile respectivamente; al este por la cota altitudinal de los 3200 msnm; y al

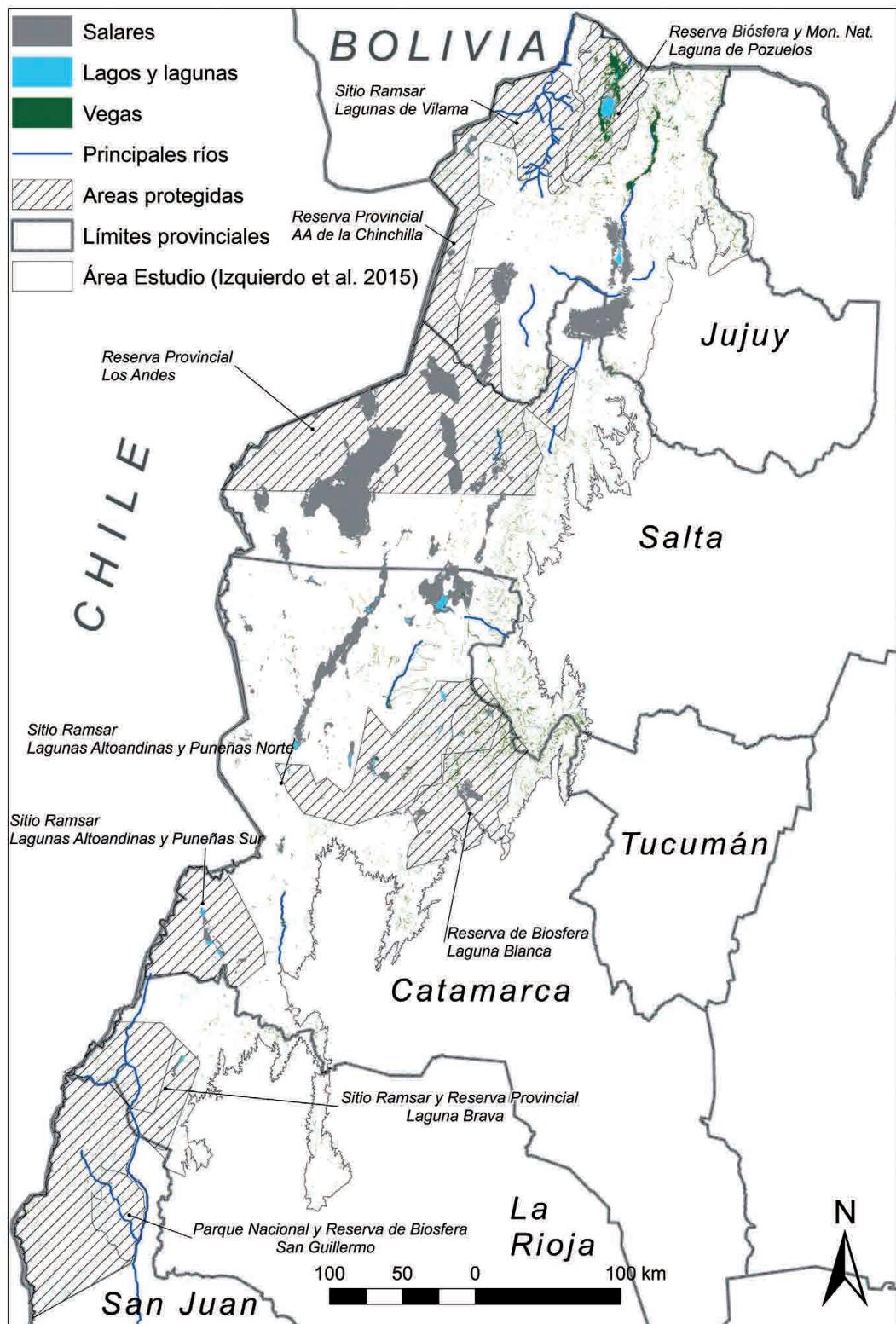


Figura 1. Humedales de la Puna: ríos principales, lagos, salares y vegas.

sur por los límites de la Reserva de Biosfera San Guillermo en la provincia de San Juan (Izquierdo *et al.*, 2015b). Nuestros estudios reportan 866.580 ha de humedales (6,06% del área de estudio), de los cuales 654.076 ha son salares (4,6% de la superficie del área de estudio), 40.486 ha son cuerpos de agua (0,28%), 61.123 ha son vegas salitrosas (0,43%) y 110.895 ha vegas (0,78%) (Izquierdo *et al.*, 2016; Figura 1). Estas diferencias muestran la importancia de relevamientos locales y técnicamente específicos para las particularidades de cada ecorregión.

Los 33 salares mapeados en el área de estudio se distribuyen mayormente sobre cuencas endorreicas al noroeste de la región y varían en tamaño desde pocas hectáreas (11 salares de entre 1 a 10 ha) hasta Arizaro, el mayor de la región con > 234.000 ha (Figura 1). Los lagos y las lagunas son más numerosos (113 unidades) pero de menor extensión, variando de 1 a 10 ha (66 unidades) a 11.038 ha (sistema de lagunas de Pozuelos). Estos valores fluctúan considerablemente de manera estacional e inter-anual. Las vegas son más numerosas, con la mayor cantidad en las clases de menor tamaño (1 a 10 ha) y unas pocas vegas mayores a 1.000 ha representan el 18% de la superficie total (Figura 1).

De la superficie total de humedales altoandinos, 321.488 ha (50,6%) se encuentran bajo algún tipo de protección (Figura 1), y entre ellas 224.753 ha lo están solo bajo jurisdicción de áreas protegidas provinciales y 96.735 ha (el 15% de la superficie total) bajo categorías de protección de relevancia internacional tales como Reservas de Biosfera o Sitios Ramsar (Figura 1). La implementación de las diferentes áreas protegidas es heterogénea en la región (Reid Rata *et al.*, en este volumen). La situación de cada una debería ser revisada con el objetivo de mejorar su eficiencia y acercarse al logro de sus objetivos.

CARACTERES ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE HUMEDALES DE LA PUNA

En un sistema árido como la Puna, entender los flujos de agua de los humedales es fundamental para evaluar su funcionamiento actual y para predecir su variación en el futuro. La gran diversidad de humedales altoandinos corresponde parcialmente al origen de los mismos. En la región se pueden encontrar ríos permanentes o estacionales, lagos y lagunas de agua dulce de origen glacial, hidrotermal o tectónico, salares y lagunas salobres en fondos de cuencas y turberas o bofedales que se formaron por sobresaturación del suelo (Figura 2).

RÍOS

Los ríos y arroyos de la región son alimentados por las escasas lluvias de verano que frecuentemente son torrenciales y ocasionan fenómenos aluvionales con fuertes crecidas y transporte de sedimentos. Los deshielos estivales son importantes para algunos ríos como el Jachal en el extremo sur de la ecorregión, mientras que las lluvias de invierno, generalmente en forma de nieve, no tienen efectos significativos en la dinámica fluvial intra ni interanual (Paoli, 2003).

En la Puna se distinguen dos grandes grupos de cuencas, las endorreicas y las exorreicas. Las cuencas endorreicas ocupan la mayor superficie e incluyen a ríos y arroyos que desembocan en lagunas y salares (Figura 2A), y están principalmente ubicadas en el oeste de las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. Los ríos de estas cuencas nacen en la cordillera de los Andes, específicamente en la cordillera de San Buenaventura y en las vertientes occidentales de las sierras Santa Victoria, Aguilar, Chañi y Acay. Los principales lagos, lagunas y salares donde desaguan los ríos más importantes son: laguna de Pozuelos (río Santa Catalina y Cincel), laguna de Vilama (cauces transitorios), laguna de Guayatayoc-Salinas Grandes (río del Puesto, Pastos Chicos, San Antonio de los Cobres, y Susques o Las Burras), salar Olaroz-Cauchari (río del Rosario), salar del Hombre Muer-

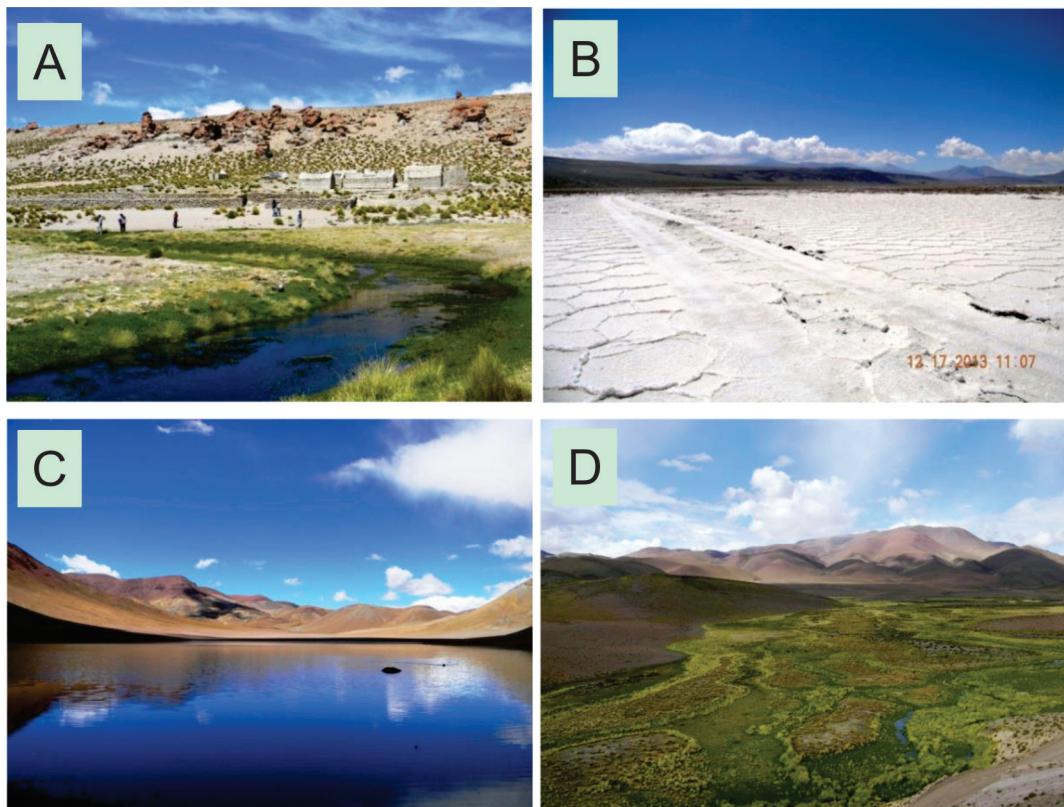


Figura 2. Tipos de humedales de la Puna: río Los Patos (A); salar Rincón (B); laguna El Gato (C), vega Incahule (D).

to (río Los Patos), laguna Antofagasta (río Antofagasta), salar de Antofalla (río Antofalla), laguna de Carachi Pampa y salar Arizaro (cauces transitorios).

Hay tres principales cuencas exorreicas. La Cuenca de río Grande de San Juan-Pilcomayo en el extremo norte de Jujuy que incluye los ríos Yavi, La Quiaca, Orosmayo y Cusi-Cusi; la Cuenca del río Abaucan que se ubica al sureste de la provincia de Catamarca y al norte de la Rioja y está formada por ríos en general temporarios con fuertes crecidas en el periodo de deshielo que descienden hacia el valle de Chascuil y de Tinogasta o el Bolsón de Fiambalá; y la cuenca del río Jachal que se ubica en el centro-norte de San Juan, oeste de La Rioja y una pequeña porción de Catamarca. El río Jachal nace en la cordillera, primero con el nombre de Salado discurriendo de norte a sur; luego

al dirigirse hacia el este toma el nombre de Jachal y llega al bañado de Zanjón donde en otras épocas llegaba a tributar al Bermejo. Es de régimen nival de primavera-verano. El río Blanco que desagua en el embalse Cuesta del Viento y el embalse Los Cauquenes son otros elementos importantes de esta cuenca.

SALARES

Los salares constituyen uno de los rasgos geomorfológicos más característicos y distintivos de la ecorregión puneña (Figura 2B) y en su mayor parte las sales que los conforman provienen de la meteorización de rocas volcánicas (Hongn *et al.*, en este volumen). En las cuencas endorreicas de la Puna la combinación de altas tasas de evapotranspiración y escasas precipitaciones da lugar a la acumulación y deposición de sales, con la consecuente formación de sala-

res en sitios en donde antes se encontraban lagos o lagunas. El tamaño y la frecuencia de los salares aumenta hacia el sudoeste de la región a medida que el clima se hace más seco (Izquierdo *et al.*, en prensa), en zonas en que las precipitaciones alcanzan los mínimos registros (50 mm/año). Los salares reciben aportes de ríos con desagües de escasa magnitud y en su centro suelen formarse, de manera temporal o permanente, ojos de agua de escasa profundidad como ocurre por ejemplo en los salares de Cauchari, Pastos Grandes y Hombre Muerto. Los salares más grandes del mundo se encuentran ubicados en la altiplanicie sudamericana, repartida entre el noroeste argentino, el suroeste de Bolivia y el noreste de Chile: el salar de Arizaro es el de mayor superficie de la Puna argentina (234.000 ha) y tercero en los Andes, luego de Uyuni (Bolivia) y Atacama (Chile) (Izquierdo *et al.*, 2016).

La aparición de este tipo de humedales implica el depósito y concentración de sales con elementos químicos de interés económico. Principalmente se extrae de ellos salitre o nitrato natural, yodo, cloruro de sodio o sal común entre las explotaciones más tradicionales. Entre los elementos de mayor valor económico se destacan el litio y el boro, los cuales conforman reservas de insumos estratégicos para industrias en actual crecimiento (Izquierdo *et al.*, 2015a; Lencina *et al.*, en este volumen).

Especial mención merece la minería del litio que en las últimas décadas ha cobrado particular importancia debido a su uso en la fabricación de baterías para dispositivos electrónicos y vehículos a propulsión eléctrica, generando un fuerte crecimiento en la demanda de litio en los mercados internacionales. Los depósitos más importantes de este metal se sitúan en lagos salinos continentales y en salares, encontrándose aproximadamente el 80% del litio (de salmueras) total del mundo en el denominado Triángulo del Litio, situado entre los salares de Atacama (Chile), Hombre Muerto (Argentina) y Uyuni (Bolivia). Esta creciente demanda, sumada a la abundancia de litio en el país y al bajo costo que representa su extracción de salmueras,

ha marcado un aumento en el número de inversores extranjeros que llegan a la Puna argentina en búsqueda del “oro blanco”. La utilización de litio como insumo para el funcionamiento de artículos electrónicos supone el reemplazo de energías convencionales por esta alternativa que reduce las emisiones de CO₂ y libera comparativamente menos contaminantes (Desselhaus y Thomas, 2001). Sin embargo, el proceso productivo de litio conlleva el bombeo de salmuera natural desde el núcleo del salar y la evaporación de agua en las pozas de evaporación solar, donde la salmuera va aumentando su concentración. Dependiendo de la concentración de litio en la salmuera es la cantidad de agua evaporada en el proceso productivo; algunos estudios estiman que para concentraciones promedio de 600 partes por millón de litio en salmueras, se evaporan alrededor de 2 millones de litros de agua (Gallardo, 2011). Teniendo en cuenta las características hidráulicas del sistema y de los materiales del salar, estas intervenciones podrían causar una disminución del nivel de base del agua subterránea de la cuenca produciendo un descenso del agua dulce fuera de los bordes del salar, afectando potencialmente el funcionamiento y la biodiversidad en lagunas y vegas asociadas (Gallardo, 2011). Aunque actualmente sólo dos empresas explotan litio en salares de la región (Hombre Muerto y Olaroz), existen numerosos proyectos en exploración (Salar de Diablillos), factibilidad (Salar de Cauchari) e incluso pre-producción (Salar de Rincón) (ver Lencina *et al.*, en este volumen).

La tendencia climática hacia una mayor aridización en la región debido a los efectos del cambio global (Carilla *et al.*, 2013; Morales *et al.*, en este volumen), puede hacer necesario evaluar la actividad minera del litio. Conocer la utilización que ésta hace de los recursos hídricos y comprender sus potenciales impactos son imprescindibles para tomar medidas de manejo y/o mitigación tendientes a minimizar los riesgos ambientales y la degradación del recurso más limitante de la región.

LAGOS Y LAGUNAS

Lagos y lagunas altoandinas son otro tipo de humedal en la región (Figura 2C). Son, por ejemplo, especialmente clave para mantener muchas especies de aves, incluyendo algunas amenazadas como los flamencos. Esto es reconocido por iniciativas como Ramsar que ha declarado sitios de interés para las aves a Laguna de los Pozuelos, Lagunas de Vilama, Laguna Brava y Lagunas Altoandinas y Puneñas de Catamarca (Ramsar, 2005). Más recientemente se ha demostrado la importancia de estos humedales para el mantenimiento de comunidades microbianas de alto valor científico como los microbialitos (Farias *et al.*, 2013; Farías, en este volumen).

En la Puna la mayor área y cantidad de lagunas se encuentra en la parte más húmeda del noreste; otras más pequeñas y aisladas se distribuyen en el resto de la región (Figura 1). Alrededor de 40.486 ha de “cuerpos de agua” han sido mapeados en la Puna, correspondientes al 0,28% de la superficie total del área de estudio (Izquierdo *et al.*, 2016), los cuales suman un perímetro total de más de 2 millones de km. Esto permitiría estimar aproximadamente 200 millones de km² de humedales marginales lacustres considerando un *buffer* de 100 metros.

Estos ecosistemas pueden separarse en lagunas profundas y salobres, de otras someras e hipersalinas (Caziani y Derlindati, 1999). Las primeras tienen perfiles pronunciados que les dan profundidad y poseen abundante vegetación de macrófitas que albergan una diversa avifauna de patos, gallaretas y macáes. Las lagunas someras tienen gran desarrollo de costa, son ricas en diatomeas y constituyen hábitat casi exclusivo de flamencos (Caziani y Derlindati, 1999). Los cambios en los niveles de agua por ciclos naturales de sequía son característicos de este tipo de lagos y están siendo afectados por las tendencias de cambio climático en la región, excediendo sus rangos de variabilidad natural (Carilla *et al.*, 2013; Morales *et al.*, 2015, Morales *et al.*, en este volumen). Lagos y lagunas han mostrado una fuerte relación con

las precipitaciones y el balance hídrico, lo que los hace buenos indicadores de patrones regionales de estas variables (Carilla *et al.*, 2013; Morales *et al.*, 2015). Sin embargo las características particulares de los cuerpos de agua y sus cuencas muestran diferencias en dicha relación. En particular, lagos pequeños mostraron un patrón de fluctuaciones de tamaño más consistente con las fluctuaciones del balance hídrico regional (Carilla *et al.*, 2013). Por el contrario, los lagos más grandes experimentaron una mayor variabilidad interanual que podría estar asociado con una menor proporción de área de profundidad (Caziani y Derlindati, 1999) y a la mayor complejidad y tamaño de las cuencas (Carilla *et al.*, 2013).

VEGAS

Las vegas o bofedales son probablemente los humedales de mayor importancia ecológica de la región (Figura 2D) y a su vez los más sensibles a influencias antrópicas sobre su funcionamiento. Se desarrollan por un proceso de retroalimentación positivo entre las características topográficas de la napa freática y la vegetación. En áreas cóncavas donde el suelo permite que la napa aflore o se encuentre cercana a la superficie, crece una vegetación característica del tipo cespitosa que actúa regulando el flujo de agua y formando capas de materia orgánica que retroalimenta positivamente el crecimiento vegetal. El sistema se comporta como una esponja, manteniendo el agua en o cerca de la superficie e impidiendo que ésta infiltre o se escurra rápidamente. De esta manera, las vegas se convierten en unidades funcionales clave del ecosistema, soportando la biodiversidad y proveyendo servicios ecosistémicos fundamentales como la regulación hídrica, la productividad y el secuestro de carbono, entre otros. Este intrincado acople de factores hace de las vegas un sistema frágil y vulnerable. Para que una vega se desarrolle y se mantenga en el tiempo se requiere de la combinación de diferentes condiciones ambientales que controlen la estabilidad de la “napa” (Tchilinguirian y Olivera, 2012),

la estructura y configuración espacial heterogénea de canales o cursos insertos en una matriz de vegetación (Squeo *et al.*, 2006) y la formación y acumulación de materia orgánica (Benavides-Duque, 2013). La alteración de estas condiciones por fuera de determinados umbrales de resiliencia puede empujar el ecosistema hacia un proceso desencadenante de emisión de carbono, aceleración de los flujos hídricos y pérdida de porosidad y capacidad de regulación hidrológica (Benavides-Duque, 2013).

Las principales perturbaciones a las que pueden estar sometidas las vegas están relacionadas con el pastoreo, la minería, extracción de agua, la construcción de carreteras sobre el humedal y el cambio climático. Las canalizaciones en la vega, ya sean para riego o para evitar anegamiento de los animales que la usan, pueden llevar a la degradación generada por un descenso en la napa freática que incrementa la descomposición de la materia orgánica por aireación de estratos naturalmente carentes de oxígeno. Este proceso puede acelerarse por invasión de plantas arbustivas que desarrollan sus raíces y favorecen el ingreso de oxígeno y agua de percolación a niveles inferiores degradando lentamente el humedal y transformándolo en otro tipo de ecosistema. Una consecuencia grave del drenaje extensivo es la subsistencia (*i.e.* el descenso del terreno por la descomposición de la turba y la expulsión del agua contenida y la formación de surcos y cárcavas que genera una mayor pérdida de agua retenida por la vega). El equilibrio entre la ganancia/pérdida del agua y de la materia orgánica es crítico, determinando si la vega avanza, permanece o retrocede en el tiempo (Tchilinguirian y Olivera, 2012). Por otra parte, el manejo apropiado de canalizaciones y niveles freáticos por la población local puede ayudar a mantener o aún restaurar el funcionamiento de las vegas ante fluctuaciones climáticas adversas.

ECOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD

Los humedales altoandinos presentan una alta diversidad biológica (Mittermeier *et*

al., 1998). Varias de las especies de plantas y animales que los habitan son endémicas (Mittermeier *et al.*, 1998; Carilla *et al.*, Perrovick *et al.* y Osinaga-Acosta y Martín, en este volumen).

La vegetación de los humedales puede separarse en: a) vegetación de zonas con poco drenaje (*e.g.*, vegas) usualmente dominadas por juncáceas (*e.g.*, *Distichia muscoides* y *Oxicloe andina*, y ciperáceas (*Eleocharis spp.*, *Carex spp.*, *Scirpus spp.*) con la característica forma de cojín cuya función crucial en el funcionamiento hídrico de las vegas lleva a considerarlas como especies fundadoras (Ellison *et al.*, 2005), y b) plantas acuáticas de lagos y arroyos que incluyen *Crassula venezuelensis*, *Myriophyllum quitense*, *Potamogeton spp.*, *Ranunculus spp.* y *Zannichellia*. Entre la flora andina endémica se pueden encontrar especies del género *Isoetes* (pteridófito andino) que han sido consideradas como especies en vías de extinción en la región (Young *et al.*, 1997) y de las cuales se han registrado especies endémicas de las lagunas de Huaca Huasi, Tucumán (A. Grau, com. pers.).

En los humedales se congregan temporalmente varias especies de aves migratorias (Caziani *et al.*, 2001), incluyendo especies como *Fulica gigantea* (gallareta) y *Chloephaga melanoptera* (guayata), ambas consideradas raras y de especial atención y vulnerable debido a su escasa presencia y distribución restringida respectivamente (SIB, 2017). Algunos de estos humedales son refugio y sitio de reproducción de flamencos endémicos como el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*) y el flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*), consideradas como especies vulnerables (BirdLife International, 2000).

Los humedales son también componentes fundamentales del hábitat de algunos mamíferos de importancia económica y ecológica tales como la vicuña, el guanaco, la chinchilla y algunos felinos (Cuyckens *et al.*, 2015) entre los cuales se destaca el emblemático gato andino (*Leopardus jacobita*), uno de los felinos menos conocidos y más vulnerables del país (Chébez *et al.*, 2008) e incluso considerado como la especie más amenazada

del continente americano (Villalba *et al.*, 2016).

La ictiofauna nativa del altiplano está representada por *Trichomycterus* sp., *Bryconamericus rubropictus* y *Jenynsia maculata* (ver Aguilera, en este volumen), cuya situación actual es desconocida para la región. Asimismo, algunas especies de anfibios endémicos no han sido bien estudiadas en los humedales, aunque se registra la presencia de especies propias de los géneros *Telmatobius*, *Batrachophryne* y *Gastrotheca* (Barriónuevo *et al.*, en este volumen).

La biodiversidad microbiana también ha tomado relevancia en los últimos años en lagos y salares altoandinos con el descubrimiento de comunidades extremófilas (e.g., Farias *et al.*, 2013). Estas comunidades expuestas a radiaciones y condiciones químicas extremas han llamado la atención de astrobiólogos que las usan de modelos para la prospección de vida en otros planetas (Cabrol *et al.*, 2009) o para estudios sobre el origen de la vida (Farias *et al.*, 2013). Las condiciones ambientales adversas para la mayoría de los sistemas vivos en los humedales altoandinos son las que permiten el desarrollo de estas interesantes comunidades de importante valor científico (Albarracín *et al.*, 2016).

INTRODUCCIÓN A LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y USO ANTRÓPICO DE HUMEDALES

En líneas generales los “servicios ecosistémicos” son comúnmente definidos como “aquellos beneficios que la naturaleza provee a los seres humanos” (Daily, 1997; MEA, 2003; Díaz *et al.*, 2015). El concepto engloba bienes y servicios, incluyendo aquellos que en la clasificación más difundida se conocen como de soporte, provisión, regulación y culturales (MEA, 2003). Los humedales se encuentran entre los ecosistemas más productivos como proveedores de servicios ecosistémicos y, a su vez, los más amenazados por cambios de uso del suelo (MEA, 2005). En sistemas áridos como la Puna, los servicios ecosistémicos asociados a la econo-

mía hídrica toman una relevancia especial dada la gran dependencia y adaptación de las poblaciones al medio natural, lo cual los convierte en materia de oportunidades y de amenazas dependiendo de las decisiones de manejo que se haga de los mismos.

Las vegas en particular, aunque representan sólo el 0,78% de la superficie total de la región (Izquierdo *et al.*, 2015b, 2016) aportan una proporción significativa de la productividad primaria (Baldassini *et al.*, 2012). Los suelos de las áreas de vegas tienen muy alto contenido de materia orgánica y en zonas con drenaje pobre suele haber altos niveles de carbonatos y cloruros de sodio, calcio y litio como cationes predominantes. Esta combinación de características biofísicas convierten a las vegas en los principales reservorios de carbono en la alta montaña (Limpse, 2008; Benavides-Duque, 2013). Adicionalmente, al crear una matriz orgánica porosa en ambientes de roca, contribuyen a regular la velocidad del agua y generar caudales más constantes (Tchiliguirian y Olivera, 2012). Es así que estos sistemas clave en la región son proveedores de los principales servicios de provisión por regulación y mantenimiento.

Los ríos por su parte, además de la regulación y provisión de servicios hídricos son los principales corredores para la biodiversidad entre vegas en una matriz árida. Lagos y lagunas y salares son en general reservorios de una notable biodiversidad y en particular, hábitat de varias especies amenazadas (Caziani y Derlindati, 1999; Caziani *et al.*, 2001; Osinaga y Martín, en este volumen).

Dentro de las principales amenazas reconocidas para la región las predicciones de los modelos de cambio climático muestran que el calentamiento aumenta con la altitud (Beniston *et al.*, 1997) proyectando una tendencia a la aridización en la región (Urrutia y Vuillé, 2009; Morales *et al.*, en este volumen). A este escenario se agrega el incremento en la presión antrópica principalmente sobre los recursos hídricos por cambios en el uso del territorio. En la actualidad, entre los principales cambios que se suman a la tradicional actividad ganadera (Quiroga

Mendiola y Cladera, en este volumen) se incluyen el incremento de la actividad minera (Izquierdo *et al.*, 2015a; Lencina *et al.*, en este volumen) y el creciente desarrollo turístico (Troncoso, en este volumen).

A pesar de ser una región poco habitada en relación a otras (Longhi y Krapovickas, en este volumen), las presiones antrópicas son varias y están ampliamente distribuidas (Figura 3) con diferente asociación espacial y potencial impacto sobre los distintos tipos de humedales (Tabla 1). En la región existen 45 localidades con 37.636 habitantes (Figura 3; INDEC, 2010; Longhi y Krapovickas, en este volumen). Otras 67 localidades con 100.303 habitantes existen fuera del área de estudio delimitada, pero se encuentran aguas abajo de la misma, por lo cual se proveen de los recursos hídricos “exportados” desde la región puneña (Figura 3; INDEC 2010). La densidad de viviendas rurales, que podría considerarse un indicador indirecto de la presión ganadera, es mayor hacia el límite este y noreste de la región (Figura 3; INDEC, 2010); mientras tanto, 38 desarrollos mineros en distintas fases de producción se encuentran mayormente distribuidos en el centro-oeste y algunos en el extremo sur (Figura 3). En el caso del turismo no se en-

cuentran los indicadores regionales sistematizados y mucho menos espacialmente explícitos, pero un *proxy* podría ser el registro de *tracks* en páginas especializadas. Hasta octubre de 2016 se encontraron 193 *tracks* en wikiloc.com (<https://www.wikiloc.com/>) que surcan el territorio de la Puna (Figura 3; Izquierdo *et al.*, datos no publicados) en diferentes tipos de actividades turísticas (*i.e.*, viajes en automóvil, todo terreno, motocross o motociclismo) y distintos grados de dificultad (*i.e.*, fácil, difícil, sólo expertos). En base a criterio de experto y a partir de estos indicadores de presiones antrópicas nosotros modelamos el impacto relativo espacial de dichas actividades. Para ello usamos parámetros de intensidad, distancia y *decay* (Tabla 1) para modelar una superficie de riesgo. Una superficie de riesgo es un modelo espacial de la relación entre elementos de riesgo (las presiones antrópicas en nuestro caso) y elementos de conservación (los humedales) a través de un valor de intensidad (*i.e.*, el grado de riesgo de cada presión antrópica para los elementos de conservación), la distancia a la que cada presión modelada actúa y el *decay* (*i.e.*, la forma en que ese indicador varía en relación a la distancia). Nuestro modelo reporta que 4,10% (35.562 ha) de

Tabla 1. Parámetros y sus valores utilizados en el modelado del impacto de los distintos usos del suelo a través de indicadores espaciales. I: intensidad; D: distancia.

Uso del suelo	Impacto	Indicador	Parámetros		
			Intensidad	Distancia (m)	Decay
Turismo	Daño por tránsito	Tipo de actividad			
		✓ Tren	1	0	I
		✓ Auto	10	100	
		✓ Todo terreno	100	1.000	
		✓ Moto/endure	1.000	1.000	D
Minería	Uso de recursos y contaminación	Tipo de producción			
		✓ No metálica	10.025	10.000	I
		✓ Metálicas:			
		○ Abandonada	10.050	10.000	
		○ Prospecto	10.075	10.000	
		○ Activa	10.100	10.000	D
Ganadería	Sobrepastoreo	Densidad de viviendas rurales	Densidad	0	x

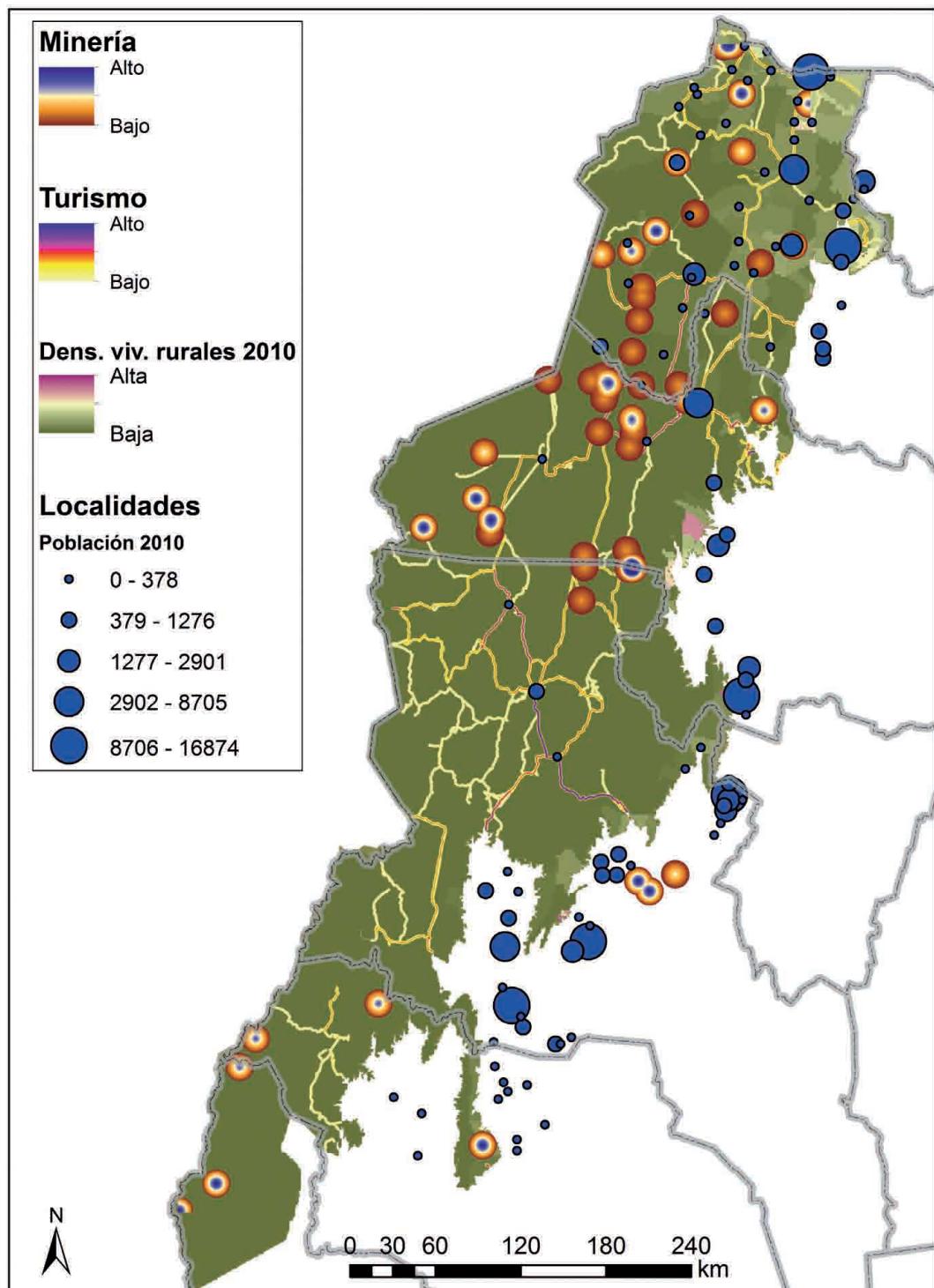


Figura 3. Indicadores espaciales de diferentes presiones antrópicas en la región. Localidades por población 2010, proyectos y prospectos mineros, *tracks* de turismo y densidad de viviendas rurales por radio censal.

Tabla 2. Superficies y porcentajes de áreas de distintos tipos de humedales relacionados espacialmente con los diferentes indicadores de uso del suelo considerados.

Humedal \ Actividad	Vegas		Lagos y lagunas		Salares		TOTAL	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Ganadería	1.186	0,69	2	0,005	2.950	0,45	4.138	0,48
Turismo	2.878	1,67	530	1,31	7.231	1,11	10.639	1,23
Minería	1.924	1,12	913	2,26	17.948	2,74	20.785	2,40
TOTAL	5.988	3,48	1.445	3,57	28.129	4,3	35.562	4,10

la superficie total de humedales se encuentra espacialmente asociada a alguno de los indicadores de presiones antrópicas, estando la mayor parte de esta superficie relacionada a la minería (20.785 ha, 2,4%) y el turismo (10.639 ha, 1,23%) (Tabla 2). Por otro lado, hay diferencias en la relación espacial de estos indicadores de presiones antrópicas con los distintos tipos de humedales. Las vegas se encuentran mayormente asociadas con el turismo (2.878 ha, 1,67% de su superficie); mientras que los salares mayormente están asociados espacialmente a la presencia de minería (17.948 ha, 2,74%). Por último cabe destacar que las diferentes actividades tienen a su vez distintas intensidades de presión, por lo cual se considera que la asociación espacial con la actividad minera es relativamente de mayor impacto para los humedales que la asociación con los indicadores del turismo (Tabla 1).

Estas diferencias en la distribución espacial de las actividades antrópicas y en sus asociaciones espaciales con los distintos humedales pueden dar información para el manejo y gestión específicos para cada caso. Con parametrizaciones de los impactos relativos de cada actividad a partir de indicadores espaciales como los presentados aquí, podrían generarse modelos espaciales de uso del territorio. El relevamiento de información y actividades de monitoreo de las diferentes actividades en la región son una información necesaria para generar modelos de calidad y deberían ser una política de estado que permitan alcanzar y promover

decisiones políticas de manejo basadas en información regional.

CONCLUSIONES

Los humedales de la Puna representan unidades funcionales clave con alto valor de conservación para la ecorregión. Estos poseen la mayor diversidad de plantas y animales de los ecosistemas de montaña y una rica diversidad microbiana en lagunas y salares de alta relevancia para la ciencia y el desarrollo de innovaciones biotecnológicas. Son los principales proveedores de servicios ecosistémicos dado que poseen la mayor productividad primaria y son los encargados de la regulación hídrica, en una región donde el agua es un recurso limitante.

Históricamente, estos ecosistemas han sido afectados por el uso ganadero y actualmente están expuestos a dos tipos de posibles amenazas crecientes que incidirían principalmente sobre la hidrología: el cambio climático y el incremento del uso del territorio generado por la minería y el turismo. Dado que estas actividades pueden ser oportunidades de desarrollo regional, deberían basarse en programas planificados compatibles con la conservación de los humedales y los servicios ecosistémicos que ellos proveen. A pesar de la importancia de los humedales de la Puna, su funcionamiento hidrológico y probables mecanismos de retroalimentación entre ellos y entre sus atributos son aún poco comprendidos. Esta información es necesaria para analizar la vulnerabilidad de estos ecosistemas al cambio climático y a

los usos del territorio y poder definir pautas de manejo tendientes a la conservación y al desarrollo regional.

LITERATURA CITADA

- Aguilera G. 2018. Peces de la Puna. En H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie de Conservación de la Naturaleza*, 24: 229-230.
- Albarracín V. H., Gärtner W., Farias M. E. 2016. Forged under the sun: life and art of extremophiles from Andean lakes. *Photochemistry and Photobiology*, 92: 14-28.
- Baldassini P., Volante J. N., Califano L. M., Paruelo J. M. 2012. Caracterización regional de la estructura y de la productividad de la vegetación de la Puna mediante el uso de imágenes MODIS. *Ecología Austral*, 22: 22-32.
- Barriiduejo J. S., Abdala C. 2018. Herpetofauna de la Puna. En H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie de Conservación de la Naturaleza*, 24: 209-228.
- Benavides-Duque J. C. 2013. The Changing Face of Andean Peatlands: the Effects of Climate and Human Disturbance on Ecosystem Structure and Function. Ph. D. dissertation, Southern Illinois University Carbondale, USA, 230 pp.
- Beniston M., Díaz H., Bradley R. 1997. Climatic change at high elevation sites. An overview. *Climatic Change*, 36: 233-251.
- Benzaquén L., Blanco D. E., Bó R., Kandus P., Lingua G., Quintana R., Minotti P. 2013. Los humedales y sus beneficios. En: L. Benzaquén, D. E. Blanco, R. Bó, P. Kandus, G. Lingua, R. Quintana y P. Minotti (eds.), *Inventario de los Humedales de Argentina: Sistemas de Paisajes de Humedales del Corredor Fluvial Paraná Paraguay*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires, Argentina, pp. 17-28.
- Birdlife International. 2000. *Threatened Birds of the World*. Lynx Editions, Barcelona Spain, 852 pp.
- Brinson M. 2004. Niveles extremos de variación de patrones y procesos en humedales. En: A. I. Malvárez y R. F. Bó (eds.), *Documentos del Curso-taller Bases Ecológicas para la Clasificación e Inventario de Humedales en Argentina*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires, Argentina, pp. 19-24.
- Buytaert W., Vuille M., Dewulf A., Urrutia R., Karmalkar A., Celleri R. 2010. Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14: 1247-1258.
- Cabrera A. L. 1976. *Regiones Fitogeográficas Argentinas*. Editorial Acme. Buenos Aires, Argentina, 85 pp.
- Cabrol N. A., Grin E., Chong G., Minkley E., Hock A. N., Yu Y. *et al.* 2009. The high-lakes project. *Journal of Geophysical Research*, 114: doi:10.1029/2008JG000818
- Carilla J., Grau H. R., Paolini L., Morales, M. 2013. Lake fluctuations, plant productivity, and long-term variability in high-elevation tropical Andean ecosystems. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 45: 179-189.
- Carilla J., Grau A., Cuello S. 2018. Vegetación de la Puna argentina. En H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie de Conservación de la Naturaleza*, 24: 143-156.
- Caziani S. M., Derlindati, E. J. 1999. Humedales altoandinos del norte de Argentina: su contribución a la biodiversidad regional. En: A. I. Malvarez (ed.), *Tópicos sobre Humedales Subtropicales y Templados de Sudamérica*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay, pp. 1-13 pp.
- Caziani S., Derlindati E. J., Tálamo A., Sureda A. L., Trucco C. E., Nicolossi, G. 2001. Waterbird richness in Altiplano wetlands of Northwestern Argentina. *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology*, 24: 103-117.
- Chébez J. C., Nigro N. A., Martínez, F. 2008. Gato andino. En: J. C. Chébez (ed.), *Los que se Van. Fauna argentina amenazada*. Editorial Albatros, Buenos Aires, pp. 109-115.
- Contreras S., Jobaggy E., Villagra P., Nosedo M., Puidefabregas J. 2011. Remote sensing estimates of supplementary water consumption by arid ecosystems of central Argentina. *Journal of Hydrology*, 397: 10-22.
- Cuyckens E., Perovich P. G., Cristóbal L. 2015. How are wetlands and biological interactions related to carnivore distributions at high altitude? *Journal of Arid Environments*, 115: 14-18.

- Daily G. C. 1997. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem Services, 1st ed.; Island Press: Washington, DC, USA, 393 pp.
- Díaz S., Demissew S., Carabias J., Joly C., Lonsdale M., Ash N. *et al.* 2015. The IPBES conceptual framework-connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14: 1-16.
- Desselhaus M. S., Thomas I. L. 2001. Alternative energies technologies. *Nature*, 414: 332-337.
- Ellison A. M., Bank M. S., Clinton B. D., Colburn E. A., Elliott K., Ford C. R., Foster D. R., Kloeppe B. D., Knoepp J. D., Lovett, G. M. 2005. Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3: 479-486.
- Farías M. E., Rascovan N., Toneatti D. M., Albarracín V. H., Flores M. R., Poiré D. G., Collavino M., Aguilar O. M., Vázquez M. P., Polerecky L. 2013. The discovery of stromatolites developing at 3570 m above sea level in a high-altitude volcanic lake Socompa, Argentinean Andes. *PLoS One*, 8:e53497.
- Farías M. E. 2018. Ecosistemas microbianos de la Puna. El inmenso valor de lo diminuto. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie de Conservación de la Naturaleza*, 24: 246-268.
- Finlayson C. M., Davidson N. C. 1999. Global Review of Wetland Resources and Priorities for Wetland Inventory: Summary Report. Wetlands International, The Netherlands and the environmental research institute of the supervising scientists, Australia. 15 pp.
- Gallardo S. 2011. Extracción de litio en el norte argentino. La fiebre comienza. Exactamente, 48: 26-29.
- Gardner R. C., Barchiesi S., Beltrame C., Finlayson C. M., Galewski T., Harrison I., Paganini M., Perennou C., Pritchard D. E., Rosenqvist A., Walpole M. 2015. State of the World's wetlands and their services to people: a compilation of recent analyses. Ramsar Briefing Note no. 7. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Hongn F., Montero-López C., Guzmán S., Aramayo A. 2018. Geología. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie de Conservación de la Naturaleza*, 24: 13-29.
- INDEC. 2010. Censo Nacional de Población y Viviendas 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Argentina.
- Izquierdo A. E., Grau H. R., Carilla J., Casagrande, E. 2015a. Side effects of green technologies: the potential environmental costs of Lithium mining on high elevation Andean wetlands in the context of climate change. *GLP-News*, 12: 53-56.
- Izquierdo A. E., Foguet J., Grau H. R. 2015b. Mapping and spatial characterization of Argentine High Andean peatbogs. *Wetlands Ecology and Management*, 23: 963-976.
- Izquierdo A. E., Foguet J., Grau H. R. 2016. "Hidroecosistemas" de la Puna y Altos Andes de Argentina. *Acta Geológica Liliana*, 28: 390-402.
- Lehner B., Doll P. 2004. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology*, 296: 1-22.
- Lencina R., Peralta E., Sosa Gómez J. 2018. La actividad minera en la Puna argentina. Caracterización sociohistórica, presente y perspectivas. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie de Conservación de la Naturaleza*, 24: 406-421.
- Longhi F., Krapovickas J. 2018. Población y pobreza en la Puna argentina en los inicios del siglo XXI. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie de Conservación de la Naturaleza*, 24: 364-379.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2003. Ecosystems and Human Well-being: a Framework for Assessment. World Resources Institute, Washington, DC, 31 pp.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC, 80 pp.
- Mittermeier R. A., Myers N., Thomsen J. B., Da Fonseca G. A., Olivieri S. 1998. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology*, 12: 516-520.
- Morales M., Carilla J., Grau H. R., Villalba, R. 2015. Multi-century lake area changes in the Andean high-elevation ecosystems of the Southern Altiplano. *Climate of the Past*, 11: 1821-1855.
- Morales M. S., Christie D. A., Neukom R., Rojas F., Villalba R. 2018. Variabilidad

- hidroclimática en el sur del Altiplano: pasado, presente y futuro. En H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 75-91.
- Neiff J. J. 2001. *Humedales de la Argentina: sinopsis, problemas y perspectivas futura*. En: A. Fernandez Cirelli (ed.), *El Agua en Iberoamérica. Funciones de los Humedales, Calidad de Vida y Agua Segura*. CYTED, España, pp. 1-30 pp.
- Neiff J. J., Iriondo M. H., Carignan R. 1994. Large tropical South American wetlands: an overview. En: G. L. Link y R. J. Naiman (eds.), *The Ecology and Management of Aquatic-terrestrial Ecosystems*. University of Washington, USA, pp. 156-165.
- Osinaga-Acosta O., Martín E. 2018. Estado actual de conocimiento de las aves de la Puna argentina. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 161-179.
- Paoli H. P. 2003. *Recursos Hídricos de la Puna, Valles y Bolsones Áridos del Noroeste Argentino*. INTA y CIED, Salta, 134 pp.
- Perovic, P. G., Trucco C. E., Tellaeche C., Bracamonte C., Cuello P., Novillo A., Lizárraga L. 2018. Mamíferos puneños y altoandinos. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 182-206.
- Quiroga Mendiola M., Cladera J. L. 2018. Ganadería en la Puna argentina. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 387-402.
- RAMSAR. 2005. *Regional Strategy for the conservation and sustainable use of High Andean Wetlands*. COP9 DOC. 26. IX Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Wetlands. Kampala, Uganda.
- Reid Rata Y., Malizia L. R., Brown A. D. 2018. Áreas protegidas de la Puna. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 465-481.
- Ruthsatz B. 2012. Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenología*, 42: 133-179.
- SIB (Sistema de Información de Biodiversidad). 2017. <https://www.sib.gov.ar> Accedido el 03/02/2017.
- SRHN (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación – Instituto Nacional del Agua). 2002. *Atlas digital de los recursos hídricos superficiales de la República Argentina*. CD-ROM, Buenos Aires.
- Squeo F. A., Warner B. G., Aravena R., Espinoza D. 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79: 245-255.
- Tchilinguirian P., Olivera D. E. 2012. Degradoación y formación de vegas puneñas (900-150 años AP), Puna Austral (26° S) ¿Respuesta del paisaje al clima o al hombre? *Acta Geológica Lilloana*, 24: 41-61.
- Troncoso C. 2018. Valoración turística: tendencias recientes. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 426-440.
- Urrutia R., Vuille M. 2009. Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geophysical Research*, 114: doi:10.1029/2008JD011021.
- Villalba, L., Lucherini, M., Walker, S., Lagos, N., Cossios, D., Bennett, M., Huaranca, J. 2016. *Leopardus jacchita*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T15452A50657407. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T15452A50657407.en>. Accedido el 18 April de 2017.
- Young K. R., Leon B., Cano A., Herrera Macbride O. 1997. 'Peruvian puna, Peru'. En: S. D. Davis, V. H. Heywood, O. Herrera MacBryde y A. C. Hamilton (eds.), *Centres of Plant Diversity: a Guide and Strategy for their Conservation: the Americas*, WWF and IUCN, London, pp. 470-476.

Box ▶ El manejo de las vegas como estrategia adaptativa de las poblaciones puneñas

Gonnet, Jorge M.

Consultor independiente. Paraguay 1240, depto 2, Villa Hipódromo, Godoy Cruz, (5501) Mendoza.
E mail: jorgegonnet@gmail.com

En el ambiente desértico de los Andes subtropicales, los períodos secos requieren de estrategias adaptativas que las poblaciones puneñas han desarrollado a lo largo de la historia. Éstas se evidencian, por ejemplo, en prácticas específicas basadas en el conocimiento de los ecosistemas de la Puna y Altos Andes y ecorregiones adyacentes como el Monte y las Yungas por la vertiente oriental de los Andes y el desierto de Atacama por la vertiente occidental hasta la costa del Pacífico. Estas relaciones permitieron que las poblaciones realizaran movimientos entre ambientes para aprovisionamiento y rotación del ganado. Las estrategias también abarcan el conocimiento de grupos funcionales de plantas, el manejo del agua y los humedales, y el desarrollo de variedades domésticas de cultivos y ganado. Los estudios paleocli-

máticos para la Puna indican una disminución sostenida de precipitaciones durante la segunda mitad del siglo XX, sin precedentes en los últimos 700 años, con tendencia a intensificarse en el siglo XXI (Morales *et al.*, en este volumen). En este escenario, las prácticas tradicionales de manejo del agua cobran importancia vital.

Las vegas (ciénagos o bofedales) y sus fuentes de agua son manejadas desde hace milenios por las culturas de Puna y Altos Andes (Villagrán y Castro, 1997; Hocsman *et al.*, en este volumen). Kandus *et al.* (2011) postularon que el manejo del riego de vegas por las poblaciones andinas tiene efectos sinérgicos en los procesos productivos y servicios ecosistémicos relacionados con la provisión de agua. La disminución poblacional en la Puna podría implicar una pérdida de uso y



Figura 1. Ganaderos de la comunidad kolla (con influencia quechua) «Lagunillas del Farallón» supervisan la distribución del agua en vegas de sus territorios de las tierras altas de Vilama (4550 msnm). Canales y diques de champas administran las aguas del río Salle Grande en el marco del Proyecto de Mejoramiento de Vegas facilitado por organizaciones civiles (Consejo de Organizaciones Aborígenes de Jujuy y Fundación Avina).

conocimiento de los manejos tradicionales de estos humedales. Ganaderos de la comunidad aborigen kolla «Lagunillas del Farallón» (noroeste de Jujuy) revalorizan las prácticas tradicionales de manejo del agua para el mejoramiento de vegas en la Puna jujeña (Figura 1). Estas experiencias son replicadas por comunidades aymara en el Altiplano de Tarapacá (Chile). Estos proyectos intentan vivenciar prácticas tradicionales para evitar procesos de deterioro, desecación, erosión, salinización y/o sobrepastoreo. Canalizaciones y champeos recuperan los niveles de base del agua (Figura 1), incrementando la productividad. Se promueve la infiltración en cabeceras de cuencas, se almacena agua en el suelo y rinde más para procesos ecosistémicos de producción y disponibilidad de agua. Así se suavizan las amplias oscilaciones hidroclimáticas.

LITERATURA CITADA

Hocsman S., Grana L., Babot M. P. 2018. Historias prehispánicas de gente y de

una vega puneña. 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: 295-296.

Kandus P., Quintana R. D., Minotti P. G., Oddi J. P., Baigún C., González Trilla G., Ceballos D. 2011. Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración de sus bienes y servicios. En: P. Laterra, Jobbagy E. G., Paruelo J. M. (eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*, pp. 265-290.

Morales M. S., Christie D. A., Neukom R., Rojas F., Villalba R. 2018. Variabilidad hidroclimática en el sur del Altiplano: pasado, presente y futuro. 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: 95-91.

Villagrán M. C., Castro V. 1997 (1999). Ethnobotánica y manejo ganadero de las vegas, bofedales y quebradas en el Loa Superior, Andes de Antofagasta, Segunda Región, Chile. Chungara, 29: 275-304.

II

Biodiversidad

6 ► Registro fósil de la Puna

Babot, M. Judith^{1,2}; Guillermo Aceñolaza^{3,4}; Hugo Alfredo Carrizo¹;
Daniel A. García-López^{3,4}

¹ Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
jubabot@gmail.com

² CONICET.

³ Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Miguel Lillo 205, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

⁴ INSUGEQ, Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET. Tucumán.

► **Resumen** — Las referencias de restos fósiles de la Puna son escasas; las más diversas y abundantes incluyen mayormente fauna paleozoica constituida principalmente por trilobites, graptolites, conodontes, trazas y en menor medida se registran foraminíferos, braquiópodos, esponjas, moluscos, briozoos y cnidarios. Los datos florísticos paleozoicos son también escasos y no están analizados en detalle, a excepción de criptoesporas ordovicico-silúricas. Las rocas sedimentarias mesozoicas expuestas en la región están virtualmente desprovistas de elementos bióticos asociados. Escasos restos de cianobacterias, foraminíferos, ostrácodos, equinodermos, moluscos y peces fueron citados para depósitos jurásicos y cretácicos. El contenido paleontológico cenozoico incluye principalmente vertebrados del Eoceno tardío cuyo grupo más significativo y mejor conocido lo constituyen los mamíferos. Entre estos, los más diversos son los Metatheria y los euterios Notoungulata y Cingulata que en algunos casos indican un regionalismo marcado en relación a la fauna coetánea de unidades eocenas próximas, mientras que en otros evidencian una asociación de fauna relacionada a diversos taxones de distribución temporal y geográfica más amplia. Son también llamativas las huellas de aves miocenas y pleistocenas y los restos óseos de fauna pliocena y pleistocena. En el contexto regional, la Puna limita con provincias morfotectónicas muy ricas en contenido fósil; en este marco, la intensificación y sistematización de las prospecciones paleontológicas y el estudio detallado del material ya recuperado proveerá evidencia relevante para comprender o reinterpretar diversos aspectos de la evolución de parte de la biota sudamericana en estas latitudes.

Palabras clave: Noroeste argentino, Paleozoico, Cenozoico.

► **Abstract** — “The fossil record of the Puna”. Fossil references are scarce for the Puna; the most diverse and abundant materials include mainly Paleozoic fauna from Cambrian, Ordovician, Silurian, and Permian rocks represented by trilobites, graptolites, conodonts, and associated trace fossils. Other records include foraminifers, brachiopods, sponges, molluscs, bryozoans, cnidarians, and crinoids. The Puna paleofloristic records are scarce and poorly studied, except for Ordovician and Silurian cryptospores from western Puna. The Mesozoic sedimentary units are almost devoid of fossil content, with meager elements assigned to cyanobacteria, foraminifers, ostracods, echinoderms, molluscs, and fishes cited from the Jurassic and Cretaceous. The Cenozoic fossil data include mainly late Eocene vertebrates, among which the best known are mammals. The most diverse mammalian groups recorded are Metatheria and the eutherian Notoungulata and Cingulata (Xenarthra). Some of these clades exhibit some degree of regionalism in relation to the contemporary fauna of geographically close Eocene units. Others fossils reveal a faunistic association allied to geographically distant taxa. The Cenozoic record also includes Miocene and Pleistocene trace fossils assigned to aquatic birds and Pliocene and Pleistocene mammalian osseous materials. In a regional context, the Puna is bounded by morphotectonic provinces distinguished by their high paleontological content; the intensification and systematization of paleontological surveys and the detailed study of fossil material previously exhumed in this plateau will provide relevant evidence for understanding or reinterpreting diverse aspects of the evolution of the South American biota in these subtropical latitudes.

Keywords: Northwestern Argentina, Paleozoic, Cenozoic.

INTRODUCCIÓN

Las formaciones sedimentarias de la Puna están representadas por vastos afloramientos en los cuales se han identificado diversos niveles fosilíferos (Figura 1). Sin embargo, a pesar de la gran extensión geográfica de estas unidades, el volumen de información paleontológica es escaso y está geográficamente restringido en relación a las provincias morfotectónicas que la limitan (*e.g.*, Cordillera Oriental, Sierras Pampeanas Septentrionales, Sistema de Famatina). Una de las razones que explica este hecho es que, dado el aislamiento geográfico, sus unidades potencial y efectivamente fosilíferas han sido poco exploradas en comparación con aquéllas más cercanas a los principales centros urbanos del noroeste argentino, en las cuales se han concentrado históricamente los esfuerzos de muestreo (*e.g.*, valles Calchaquíes, valle de Lerma, quebrada de Humahuaca). Por otro lado, sedimentos derivados de la actividad volcánica que caracterizó los últimos 20 millones de años cubrieron extensas áreas de afloramientos que podrían ser potencialmente fosilíferos. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, desde hace varias décadas diversos investigadores realizan esfuerzos concretos que han contribuido significativamente a comprender la evolución de la biota de esta región durante gran parte del Fanerozoico.

El contenido fósil de los sedimentos expuestos en la Puna ha sido objeto de mención desde el siglo XIX, inicialmente como resultado de expediciones mineras/geológicas y a partir de la década de 1970, como consecuencia de campañas paleontológicas. El registro abarca tanto macrofósiles (*i.e.*, visibles al ojo humano: plantas, invertebrados, vertebrados y huellas fósiles), como microfósiles que incluyen formas microscópicas como palinomorfos (*e.g.*, esporas, granos de polen, cutículas), partes del aparato bucal de conodontos (cordados primitivos), tentaculítidos (animales marinos de pequeño tamaño con conchillas cónicas) y espículas de esponjas (Aceñolaza y Toselli, 1971; Aceñolaza *et al.*, 1972a, b; Alonso *et al.*, 1980; Pascual,

1983; Bahlburg *et al.*, 1990; Moya *et al.*, 1993; Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996; López, 1997; Goin *et al.*, 1998; Aceñolaza, 2002; Benedetto, 2003; Rubinstein y Vaccari, 2004; Azcuy *et al.*, 2007; Tortello *et al.*, 2008; Alonso, 2012; Babot *et al.*, 2012; García-López y Babot, 2015; Ciancio *et al.*, 2016).

Desde el punto de vista temporal, los taxones mencionados corresponden principalmente a formas paleozoicas (que habitaron la Puna entre \sim 541 y 252 millones de años [Ma]) restringidas en su mayoría a ambientes marinos, y a formas cenozoicas que habitaron ambientes continentales (algunos con influencia fluvial y lacustre) los últimos 46 millones de años. Los registros mesozoicos (restringidos al lapso entre \sim 190 y 66 Ma) son poco frecuentes debido a la escasez de sedimentitas triásicas y jurásicas y al ámbito restringido de desarrollo de los depósitos del Grupo Salta del Mesozoico superior, los cuales en regiones limítrofes (Cordillera Oriental) contienen una diversidad marcada de vertebrados cretácicos (*e.g.*, cocodrilos, dinosaurios, aves). Las menciones correspondientes a invertebrados y paleoflora se concentran principalmente en las unidades paleozoicas, mostrando ciertas singularidades de carácter regional. El registro cenozoico en cambio, corresponde en su amplia mayoría a mamíferos fósiles, entre los que se destacan los representantes de asociaciones paleógenas que evolucionaron aproximadamente entre los 38 y los 34 Ma, intervalo temporal cercano al límite Eoceno/Oligoceno. Los taxones más comúnmente aquí representados son Metatheria (grupo que incluye los marsupiales actuales y sus más primitivos ancestros) y los euterios Notoungulata (ungulados sudamericanos cenozoicos actualmente extintos) y Cingulata (armadillos actuales, grupos extintos relacionados y todos sus ancestros).

En este capítulo se brinda una síntesis de los principales datos paleontológicos recabados para la región, indicando los taxones registrados y su relevancia en el contexto de las biotas fósiles de América del Sur. Las asociaciones aquí detalladas se encuadran además en un contexto geológico variado,

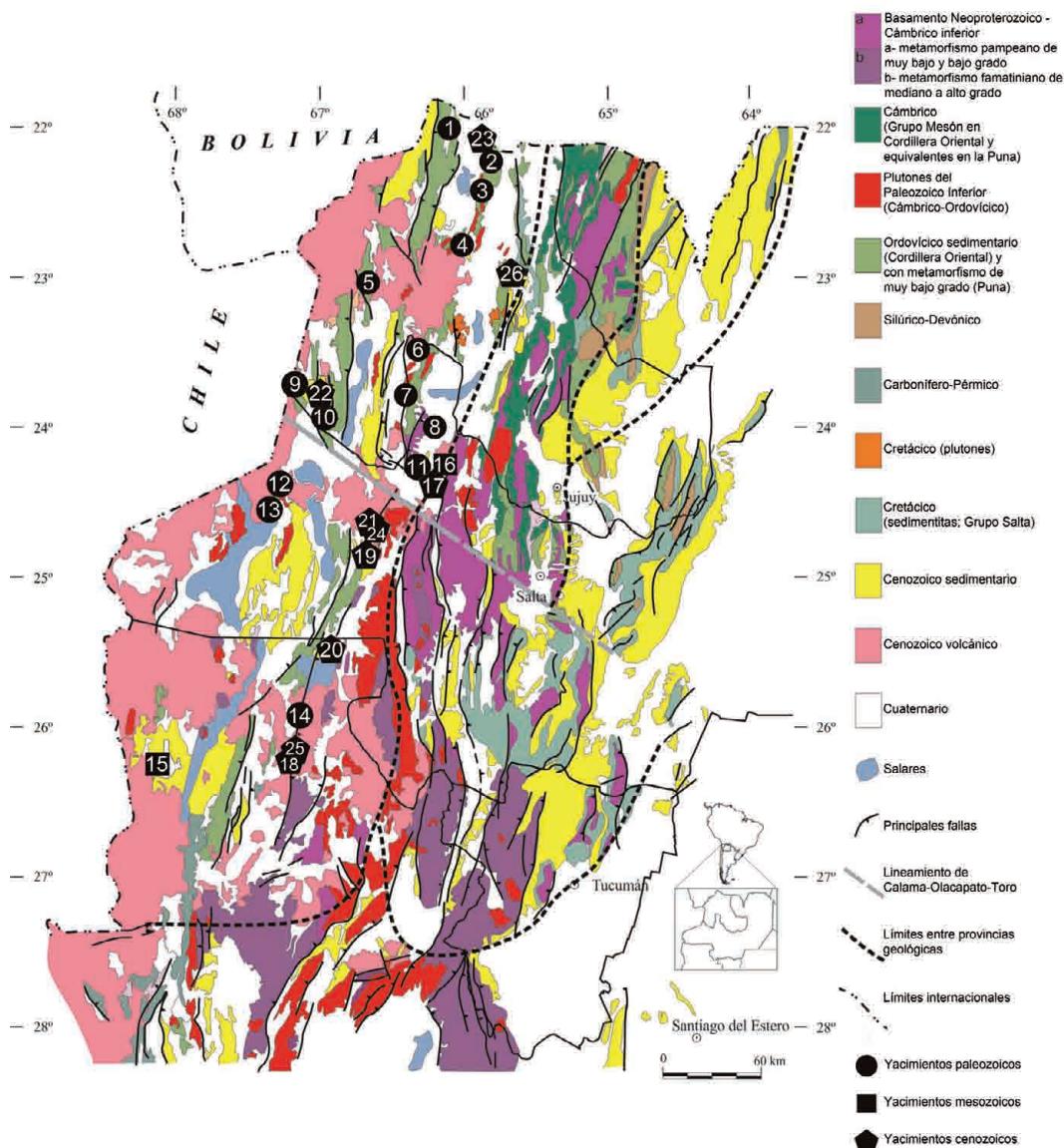


Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades fosilíferas de la Puna (modificado de Mon y Salfty, 1995 y Hongn *et al.*, en este volumen). **1.** Santa Catalina/sierra de Rinconada (Jujuy); **2.** Cordón de Escaya/Tafna/Cieneguillas/La Quiaca (Jujuy); **3.** Queta/sierra de Cochinoa/Escaya (Jujuy); **4.** Quichagua/Muñayoc (Jujuy); **5.** Sierra de Lina (Jujuy); **6.** Susques/sierra Cobres (Jujuy); **7.** Huancar/Taique/sierra Cobres (Jujuy); **8.** Cangrejillos (Jujuy); **9.** Aguada de la Perdiz/Huaytiquina (Jujuy); **10.** Catua (Jujuy/Salta); **11.** San Antonio de los Cobres (Salta); **12.** Lari, Las Vicuñas, salar del Rincón, cerro Oscuro (Salta); **13.** Vega Pinato/Arizaro (Salta); **14.** Falda Ciénaga (Catamarca); **15.** Salar del Fraile (Catamarca); **16.** Paraje Los Patos (Salta); **17.** Corte Blanco (Salta); **18.** Antofagasta de la Sierra (Catamarca); **19.** Quebrada El Paso, cercanías del salar de Pozuelos (Salta); **20.** Salar del Hombre Muerto (Salta); **21.** Salar de Pastos Grandes (Formación Sijes; Salta); **22.** Afloramientos cenozoicos en las cercanías de Catua (Salta/Jujuy); **23.** Calahoyo y cuenca del río Casira (Jujuy); **24.** Salar de Pastos Grandes (Formación Blanca Lila; Salta); **25.** Sitios arqueológicos Peñas de las Trampas y Cacao 1A (Catamarca); **26.** Barro Negro, Tres Cruces (Jujuy).

donde el territorio puneño es el resultado de una evolución ambiental compleja, con diversos ambientes que representan fondos marinos, lagos, ríos y ambientes volcánicos y continentales que le imprimen características únicas a la región. La información referida a esta evolución ambiental, que se expone con detalle en los primeros capítulos de este volumen (Hongn *et al.* y Grosse y Guzmán, en este volumen), se sintetiza a continuación.

En líneas generales, hacia finales del Proterozoico y durante el Paleozoico (es decir, entre los 560 Ma hasta los 252 Ma) en el actual territorio de la Puna se conformaron en diferentes épocas, depresiones (cuencas o depocentros) y terrenos positivos que no recibieron el aporte de material sedimentario. Las cuencas fueron invadidas por mares donde se acumularon depósitos de plataforma continental con participación volcanogénica variable (principalmente entre el Neoproterozoico y el Ordovícico) o por sedimentos continentales (e.g., Cuenca de Arizaro desarrollada durante el Paleozoico Tardío). Hacia finales del Mesozoico se formó en el noroeste argentino la cuenca del Grupo Salta que acumuló sedimentos principalmente continentales (fluviales y lacustres) que recibieron aporte de una ingresión marina somera ocurrida a finales del Cretácico. Los depósitos de esta cuenca, más desarrollados en la Cordillera Oriental, son aislados y escasos en la Puna y están restringidos principalmente a la Puna jujeña.

En el Cenozoico, específicamente a partir del Eoceno, la Puna comenzó a conformarse como una meseta de altura, aunque sin alcanzar aún las características geológicas y ambientales actuales. A partir del Neógeno (los últimos 23 Ma) y como consecuencia del ascenso de la Cordillera de los Andes, se intensificó la actividad tectónica y ellevantamiento de la meseta. Asociado a este proceso, se incrementó notablemente la actividad volcánica con dispersión de material de variada constitución en la mayor parte de la Puna. Paralelamente, a partir del Neógeno evolucionaron nuevas cuencas que recibieron el aporte de sedimentos fluviales o fueron anegadas formando lagos y salares y

adquiriendo hacia mediados de este período, un aspecto similar al actual, de mayor aridez y drenaje endorreico. En los últimos millones de años la Puna continuó recibiendo influencia de la actividad volcánica a la que se sumaron los efectos geomorfológicos de los cambios climáticos generados por las glaciaciones del Pleistoceno.

REGISTRO PALEOFLORÍSTICO

La revisión de los registros de mega y microflora fósil de la Puna deja en evidencia la escasez de datos paleoflorísticos para la región (Carrizo, en prep.). A esto se suma que sólo algunos de ellos presentan un control estratigráfico preciso y estudios taxonómicos detallados. Entre éstos, los más significativos corresponden a palinomorfos (principalmente esporas de primitivas plantas terrestres) hallados en el miembro superior de la Formación Salar del Rincón (Ordovícico Tardío-Silúrico Temprano), interpretado como un paleoambiente litoral marino. Estos microfósiles están representados mayormente por criptoesporas (elementos de propagación de las más antiguas plantas terrestres) que, aunque similares a otras globalmente distribuidas, corresponden a uno de los pocos registros sudamericanos para este tipo de palinomorfos (Rubinstein y Vaccari, 2004). Algunos de los taxones reconocidos son *Cheilotetras* sp., *Imperfectotriletes patinatus*, *Pseudodyadospora petasus*, *Rimosotetras problematica*, *Segetrespora laevigata*, *Sphaerasaccus glabellus*, *Velatitetras laevigata*, *Vestitusd Yadus qalibahinus*, *Laevolancis chibrikovae* y *Tetrahedraletes medinensis*. Junto a esta asociación de origen terrestre fueron hallados además elementos marinos tales como acritarcos (microestructuras de origen orgánico y de afinidades desconocidas) y algas verdes (e.g., *Dactylofusa estillis*, *Evittia remota*, *Eupoikilofusa ctenista*, *Leiofusa tumida*, *Multiplicisphaeridium arbusculum* y *Veryhachium oklahomense*, entre otros) y quitinozoos (*Angochitina* sp.) (Rubinstein y Vaccari, 2004; Rubinstein, 2010; Vaccari *et al.*, 2010). Por otro lado, en la Formación Cerro Oscuro Aceñolaza *et al.* (1972a) determinaron la

presencia de probables helechos con semilla asignados al género *Fedekurtzia* (*Pteridospermophyta*?) que se incluye en la Fitozona *Notorhacopteris-Botrychiopsis-Ginkgophyllum* emend. Azcuy *et al.* (2011), Superfitozona *Notorhacopteris* (Carrizo y Azcuy, 2015) del Carbonífero tardío de Argentina. Finalmente, aunque sin control estratigráfico preciso, se menciona en la Formación Patquía? la existencia de moldes de fragmentos de raíces o tallos asignados a “*Lepidodendron*” sp. y “*Sigillaria*” sp. (Pérmino?) (Vogellehmer en Kraemer *et al.*, 1999: 162). Hasta el momento, estos últimos registros de megaflora fósil neopaleozoica indican cierta distribución regional, hipótesis que podría confirmarse con el enriquecimiento de colecciones, lo cual permitirá la comparación con otras asociaciones neopaleozoicas de Argentina y del ámbito gondwánico de América del Sur.

Los registros paleoflóricos mesozoicos se restringen a cianobacterias jurásicas (*Rivularia* sp.) provenientes de depósitos expuestos en las cercanías del salar del Fraile Catamarca (Seggiaro *et al.*, 2004) y a estromatolitos (producto de la actividad de estos microrganismos) registrados en la Formación Yacoraite expuesta al oeste de San Antonio de los Cobres (Marquillas y del Papa, 1993). El registro cenozoico carece de datos relevantes, a excepción de hallazgos de diatomeas citadas por Pratt (1961) en el Miembro Monte Esperanza de las Formación Sijes (Alonso, 1992). De los 31 morfotipos que incluyó inicialmente Pratt, ocho corresponden a especies actualmente válidas (e.g., *Amphora commutata*, *A. ovalis*, *Caloneis bacillum*, *Mastogloia elliptica*) y 11 fueron asignadas a especies o géneros distintos (e.g., *Halamphora coffeaeformis*, *Cymbopleura hauckii*, *Fallacia pygmaea*). El resto corresponde a formas que figuran en la lista original pero cuya identidad taxonómica no pudo corroborarse (N. Maidana, com. pers.).

A pesar de la escasez del registro paleoflórico, la existencia de afloramientos de rocas sedimentarias continentales potencialmente aptas para la preservación de plantas, el grado de preservación de los especímenes hallados y la diversidad de ci-

tas referidas a megaflora fósil (no revisadas aún en profundidad) en diversas localidades (Carrizo, en prep.), permiten inferir que la paleoflora de la Puna es probablemente más rica de lo que se conoce.

REGISTRO FAUNÍSTICO

LA FAUNA PALEOZOICA PUNEÑA Y SU CONTEXTO PALEOAMBIENTAL

El Paleozoico sedimentario de la Puna argentina constituye mayormente el zócalo estratigráfico (parte inferior de la secuencia rocosa) de la región y se encuentra representado por rocas de diferentes edades y características genéticas, asociadas a un peculiar contexto paleoambiental. Éste se caracterizó por un volcanismo activo desarrollado hace más de 400 millones de años en el margen de una plataforma marina somera que se abría hacia el oeste. En términos generales, este basamento litológico está representado —en las sucesiones del Paleozoico temprano— por sedimentitas marinas silicoclásticas con variada participación volcanogénica, las cuales son cubiertas de manera muy localizada en su margen suroccidental por rocas neopaleozoicas continentales que representan ambientes marino-marginales (Turner, 1964; Caminos, 1999; González Bonorino *et al.*, 1999; Azcuy y di Pascio, 2000; Astini, 2003; Coira y Zappettini, 2008, y referencias allí citadas).

A efectos de interpretar de manera integradora la información faunística de la región, se citan las asociaciones marinas paleozoicas de la Puna en el marco de su contexto geológico regional y paleoambiental, el cual constituye un destacado condicionante biótico. Asimismo, se presenta su contexto cronoestratigráfico de referencia en el marco de la subdivisión de Puna norte y sur definida originalmente por Bahlburg (1990), con sus complementos y modificatorias posteriores (Coira *et al.*, 1999; Astini, 2003; Coira y Koukharsky, 2003).

Es en la Puna norte donde se reconoce el mayor número de referencias paleozoicas (Figura 1), y desde un punto de vista cronológico, es donde se presentan los fósiles

más antiguos de la región. En cercanías a la localidad de San Antonio de los Cobres (Salta), la sucesión asignada a la Formación Puncoviscana (Neoproterozoico tardío-Terreneuviano) que aflora en El Angosto exhibe una asociación de pistas fósiles incluidas en areniscas finas y pizarras (Figura 2). En este caso se destaca el hecho de que la distribución y caracteres morfológicos de las pistas están vinculados estrechamente a la interacción de determinados organismos productores y los paleoambientales presentes al momento de su generación, existiendo una clara relación entre el tipo de organismo productor de la pista y el marco ambiental donde habitaba. En esta localidad se reconocen a nivel icnogenérico a *Oldhamia*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*, *Palaeophycus*, *Cochlichnus*, *Diplichnites*, *Dimorphichnus*, *Didymaulichnus* y *Circulichnus*, mientras que en las facies más gruesas de areniscas con abundantes estructuras sedimentarias (calcós de flujo, carga y ondulitas) se destacan pistas fósiles asignadas a *Palaeophycus*, *Helminthopsis*, *Diplichnites* y *Thalassinoides*. Asimismo, y tal como es de esperarse en ambientes marinos de escasa profundidad, es frecuente el registro de variadas estructuras en rocas que habrían tenido un origen microbiano, las cuales hoy se reconocen como destacados elementos en la paleoecología de los mares someros de la transición precámbrica-cámbrica, hace aproximadamente 540 Ma (Aceñolaza y Aceñolaza, 2005, 2007, y referencias allí citadas).

En la sierra de Cobres se localiza el Grupo homónimo, en cuyo sector inferior se reconoce a la Formación Taique (de edad tremadociana, ~ 480 millones de años de antigüedad) con una variada fauna de trilobites (artrópodos primitivos), entre los que se reconocen *Parabolina* (*Neoparabolina*) sp., *Leiostegium douglasi* (Vaccari *et al.*, 1999) y *Onychopyge* sp. que se incluyen en la denominada biozona de “*Parabolina argentina*”, muy característica en el margen andino de América del Sur. Entre otros, se reconoce también la presencia del braquiópodo *Aphe-noorthis samensis* que ratifica una edad tremadociana para la Formación Taique. Desde

el punto de vista temporal, esta unidad es parcialmente equivalente a la base del Grupo Santa Victoria, de amplia distribución en la Cordillera Oriental. En la Formación Taique y la subyacente Matancilla, Bahlburg (1990) mencionó la presencia del icnofósil *Cruziana* en la base de sus niveles arenosos, de la misma manera que Aceñolaza (2002) dio a conocer *Cruziana semiplicata* en cuarcitas asignadas a la Formación Potrerillos. Particularmente para el flanco occidental de esta misma sierra de Cobres se han identificado graptolites asignados a *Didymograptus* sp. (Schwab, 1973).

Un poco más al norte, en el cordón de Escaya y en cercanías a la localidad de Tafna (Jujuy), Loss (1948) mencionó la presencia de graptolites, trilobites y céfalópodos del Ordovícico Inferior (con la presencia de *Tetragraptus*, *Didymograptus* y “*Endocerathides*”) que corresponderían a la zona de “*Baltograptus cf. B. deflexus*” del Floiano-Darriwiliano. En la cercana cuesta de Toquero han sido descriptas graptofaunas del Da-pingiano-Darriwilliano por Gutiérrez-Marco *et al.* (1996) que definieron la biozona de *Undulograptus austrodentatus* para los niveles más jóvenes de este sector (Brussa *et al.*, 2008). Se destaca en esta área de la sierra al particular trilobite telefínido *Carolinites* que se reconoce en niveles arenoso-pelíticos cercanos a la localidad de Tafna (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2012). Hacia el sur, al oeste de Abra Pampa, otros niveles del Complejo Magmático-Sedimentario Cochinoca-Escaya presentan asociaciones de graptolites que son asignadas a la zona de *Didymograptellus bifidus* del Floiano tardío.

Hacia el oeste puneño, e incluidas en el Complejo Turbídítico de la Puna aflorante en la sierra de la Rinconada, se reconocen secuencias con graptolites asignados a *Pseudoamplexograptus* cf. *P. distichus* y *Dicello-graptus salopiensis* que señalan una edad darriwiliana tardía para los niveles portadores (Toro y Brussa, 2003; Toro *et al.*, 2006).

En los estratos del Ordovícico Medio aflorantes en la sierra de Lina se ha identificado una fauna de graptolites integrada por *Eoglyptograptus* cf. *E. dentatus*, *Glossograptus*

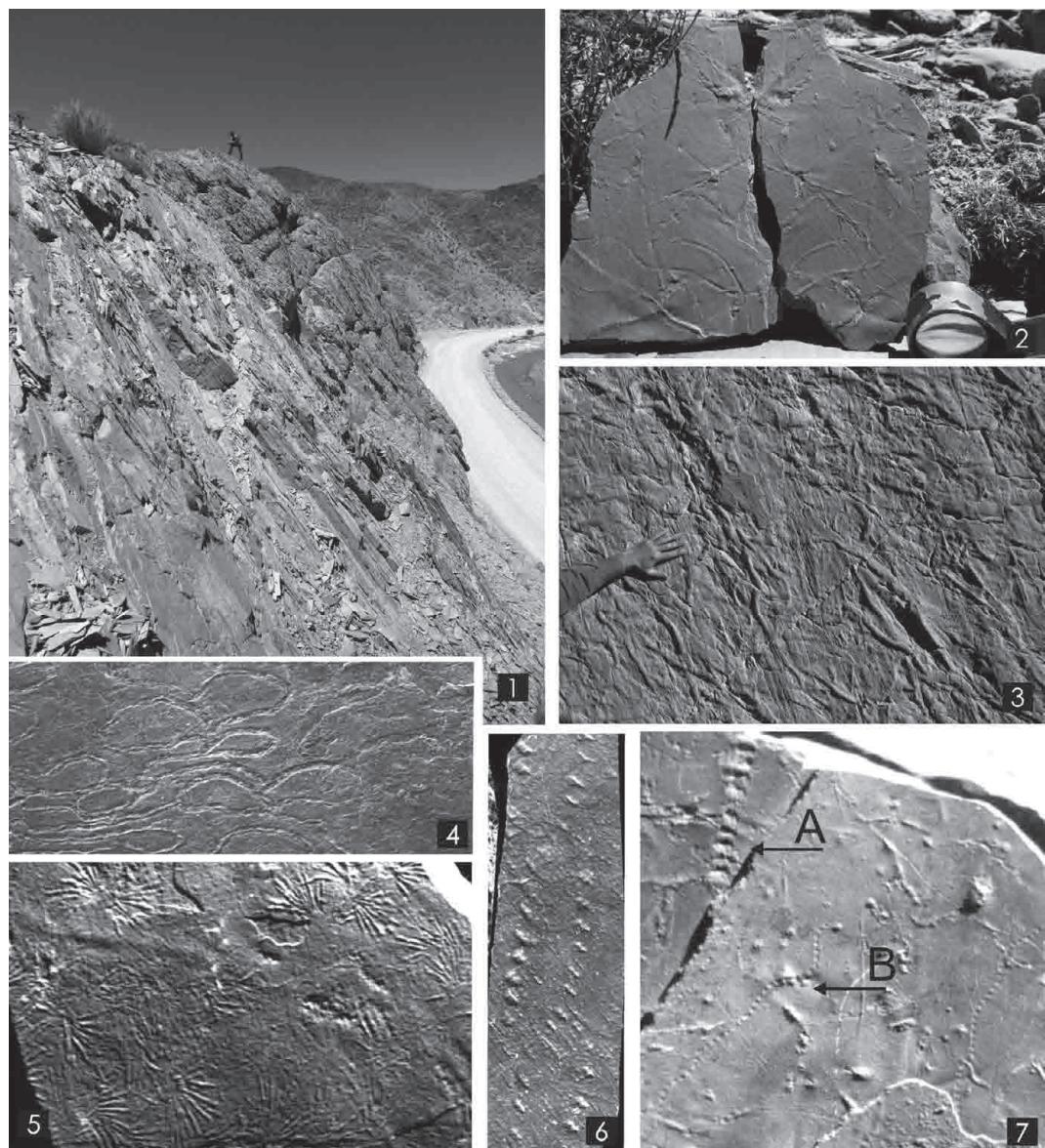


Figura 2. Afloramientos rocosos de San Antonio de Los Cobres y algunos icnofósiles puneños allí identificados. **1.** El Angosto, en cercanías al puente ferroviario al sur de la localidad; **2.** Huellas fósiles en las capas de una arenisca fina (molde y contramolde una vez abierta la roca); **3.** Nivel arenoso con abundantes ejemplares de huellas fósiles que representan galerías de gran tamaño asignadas a *Thalassinoides* isp.; **4.** *Nereites saltensis* (non. *Psammichnites saltensis*, x 0,4); **5.** Huella fósil asignada a la icnoespecie *Oldhamia radiata* (x 0,6); **6.** Huella de apéndices locomotores asignadas a *Tasmanadia cachii* (x 1); **7.** Superficie de una capa con abundantes huellas fósiles producidas por organismos bentónicos que se alimentaban en el sustrato marino A. *Neonereites biserialis* y B. *Nereites uniserialis*. La totalidad de los ejemplares figurados provienen de la Formación Puncoviscana y de una localidad clásica para los estudios de huellas fósiles primitivas en el NOA.

hincksii fimbriatus, *Glyptograptus* (*Oelandograptus* sp.?), *Pseudoplexograptus* cf. *P. distichus*, *Archiclimatograptus* sp., *Oelandograptus?* sp. y *Hustedograptus?* (Ramos, 1972; Aceñolaza y Baldis, 1987; Ortega *et al.*, 2011).

En la sierra de Quichagua (Muñayoc), la secuencia volcanoclástica presente está asociada a niveles portadores de graptolitos de la zona de *Didymograptellus bifidus* que se correlacionó con los niveles aflorantes en la localidad de Huaytiquina en la Puna occidental (Monteros *et al.*, 1996; Martínez *et al.*, 1999). Benedetto *et al.* (2002 y bibliografía allí citada) describieron para la Formación Chiquero en la región de Susques-Huancar, dos asociaciones de graptolites, una compuesta por *Kiaerograptus* cf. *K. kiaeri*, *Clonograptus* sp. y *Paradelograptus*, y la otra por *Hunnegraptus copiosus*, *Tetragraptus* sp. y *Paradelograptus* sp. que definen la zona de *H. copiosus* de edad tremadociana tardía. Los icnofósiles de esta unidad en Susques han sido considerados en dos icnoasociaciones, pre y post-depositacionales, identificándose *Bergaueria* isp., *Helminthoidichnites tenuis*, *Lockeia* isp., *Lorenzinia plana*, *Megagrapton irregulare*, *Multina magna*, *Palaeophycus tubularis*, *Paleodictyon* isp., *Protovirgularia* isp. y *Treptichnus* isp.?

En el borde occidental de la Puna norte, incluida en la Formación Aguada de La Perdiz (de edad floiana tardía) se registra una asociación de graptolitos donde se destaca la presencia de *Didymograptellus bifidus*, *Azygograptus* y *Tetragraptus* entre otros, secuencia que junto a las formaciones Las Vicuñas y Tolillar conforman el Complejo Volcanosedimentario de la Puna occidental (Bahlburg, 1990; Monteros *et al.*, 1996; Zimmermann y Bahlburg, 2003, y bibliografía allí citada). En los alrededores de la localidad limítrofe de Huaytiquina y Catua se han reconocido niveles equivalentes a estas unidades con graptolites endémicos de una diversidad muy baja que no permiten su correlación a biozonas concretas (Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996). Estos fueron preliminarmente asignados a la biozona de *Azygograptus eivionicus* por Erdtmann (en Breitkreuz, 1986).

Complementando el registro anterior, ya en la Puna sur, se reconoce en la Formación Las Vicuñas (Tremadociano) la presencia de coquinas trilobíticas que a nivel genérico registran *Asaphellus*, *Geragnostus*, *Kainella*, *Shumardia*, *Pareuloma* y *Onychopyge*, junto a graptolites como *Staurograptus*, *Rhabdinopora* y conodontes asignados a la zona de *Cordyliodus lindstromi* (Moya *et al.*, 1993; Rao *et al.*, 2000; Brussa *et al.*, 2008).

En Vega Pinato y Lari, las secuencias son portadoras de una variada fauna fósil compuesta por trilobites (*Leiostegium douglasi*, *Kainella?*, *Pseudokainella* n. sp., *Gymnagnostus* sp., *Micragnostus* sp., *Geragnostus* aff. *G. intermedius*, *Shumardia* sp. aff. *S. alata*, *Pareuloma* sp., *Angelina* sp., *Parabolinella argentinensis*, *Rossaspis rossi*, *Amzaskiella*, *Asaphellus* sp. aff. *A. communis*, *Asaphellus communis*, *Conophrys*, *Australoharpes*, *Onychopyge* sp., *Pharostomina?* sp., y *Bellaspidea*) y braquiópodos (*Trigonostrophia*, *Pinatotechia* y *Rugostropia*) (Issacson *et al.*, 1976; Moya *et al.*, 1993; Koukharsky *et al.*, 1996; Brussa *et al.*, 2008, y bibliografía allí citada). Se destaca asimismo el registro de esponjas exactinélidas asignadas a *Larispongia magdalena* en los estratos de la Formación Las Vicuñas (Carrera, 1998) y la mención de un posible ostrácodo en esta secuencia (Salas y Vaccari, 2012). El sector medio de la Formación Salar del Rincón registra *Chattiaspis* y cf. *Eohomalonotus* (Trilobita), mientras que del sector superior se ha recuperado una asociación de criptoesporas mencionadas en la sección referida a la paleoflora de la Puna. La combinación de ambas asociaciones sugiere una edad que incluye el intervalo transicional Ordovícico/Silúrico (Benedetto y Sánchez, 1990; Malanca y Moya, 1998; Rubinstein y Vaccari, 2004).

Zimmermann *et al.* (1999) mencionaron la presencia del graptolite *Araneograptus murrayi* en la base de la Formación Tolillar en la Puna austral y asignaron a estos niveles una edad La2 / Hunnebergiano temprano (Tremadociano tardío; Ordovícico).

Los datos fosilíferos puneños más australes constituyen los de Aceñolaza *et al.* (1976) y Zimmermann *et al.* (1998), quienes dieron

a conocer la presencia de *Glossograptus* sp. y *Phyllograptus* sp. en la Formación Falda Cié-naga (Ordovícico Medio) del oeste catamarqueño, incluidas en una sucesión dominada por areniscas feldespáticas cuarzosas, ya sin la participación de material volcánico ni volcánogénico (Zimmermann *et al.*, 2002).

El registro de fósiles paleozoicos se complementa con el material hallado en los estratos asignados al Paleozoico tardío, los cuales se presentan en el marco de la denominada Cuenca de Arizaro y están representados por las formaciones Cerro Oscuro y Arizaro, ambas aflorantes en la zona norte del salar de Arizaro (Aceñolaza *et al.*, 1972a). Ambientalmente la Formación Cerro Oscuro (Carbonífero) constituye una unidad silicoclástica continental, con pelitas, areniscas y conglomerados asociados genéticamente a abanicos aluviales que evolucionan a sistemas fluviales (Donato y Vergani, 1985, y bibliografía allí citada); su registro fósil incluye el icnofósil *Didymaulichnus lyelli* (Aceñolaza y Buatois, 1991). Por sobre la unidad anterior se dispone la Formación Arizaro (Pérmino), que constituye una sucesión clástico-piroclástico-carbonático de origen marino somero, que ha brindado briozos, braquípodos, gasterópodos, bivalvos, cnidarios, crinoideos, peces y foraminíferos que sugieren las Series Cisuraliano y Guadalupiano (Pérmino temprano a medio) (Benedetto, 1973; Coira y Zappettini, 2008).

FAUNA MESOZOICA

Las unidades sedimentarias mesozoicas expuestas en la Puna están pobemente representadas y son reducidas en área, a excepción de las sedimentitas del Grupo Salta que afloran en una superficie relativamente mayor (ver Hongn *et al.*, en este volumen). No se conocen elementos faunísticos del Mesozoico temprano y medio, salvo restos de foraminíferos (*Psammosphaera* sp.), equinodermos y ostrácodos hallados en unidades jurásicas aflorantes al noroeste del salar del Fraile, Catamarca (Figura 1) (Seggiaro *et al.*, 2004). En la Puna, el Mesozoico tardío (representado por las unidades cretácicas

del Grupo Salta) carece de registros fósiles mayores; los materiales recuperados hasta el momento incluyen gasterópodos, bivalvos y peces hallados en las cercanías del paraje Los Patos y Estación Muñano, en niveles de la Formación Yacoraite (Cione *et al.*, 1985; Marquillas *et al.*, 1988; R. Alonso, com. pers.) que se expone al este de San Antonio de los Cobres. Sin embargo, la presencia de vertebrados cretácicos es esperable teniendo en cuenta el abundante material hallado en unidades del Mesozoico tardío expuestas en la Cordillera Oriental, donde las formaciones correspondientes a los subgrupos Pirgua y Balbuena registran restos óseos e icnitas de vertebrados, como peces (Benedetto y Sánchez, 1972), anuros (Reig, 1959), dinosaurios (Bonaparte y Bossi, 1967; Bonaparte *et al.*, 1977; Powell, 1979; Alonso, 1980) y otros saurópsidos indeterminados (Pinedo y Carbajal, 1975).

FAUNA CENOZOICA

Las principales unidades fosilíferas ceno-zoicas que afloran en la Puna son las formaciones Geste (Eoceno tardío) y Sijes (Mioceno tardío – Plioceno temprano). A esto se suman depósitos del Cuaternario donde se hallaron evidencias fósiles en sedimentos no consolidados del Pleistoceno tardío. Afloramientos menores en relación a su extensión y a número de fósiles hallados, se exponen al sureste de San Antonio de los Cobres (paraje conocido como Corte Blanco) donde en niveles de la Formación Lumbra se han recuperado restos de vertebrados, entre ellos, tortugas, cocodrilos y mamíferos (R. Alonso, com. pers.). Por otro lado, datos recientes de la Puna jujeña indican la presencia de fósiles en la Tafna (Plioceno?) (Figura 1; Tabla 1).

La unidad más rica en vertebrados fósiles es la Formación Geste. Está expuesta en las provincias de Catamarca y Salta y su edad depositacional ha sido establecida entre el Eoceno medio tardío y probablemente el Oligoceno más temprano (ver abajo). Hasta el momento, los afloramientos que contienen vertebrados eocenos se ubican en las cercanías del salar de Pozuelos (Salta) y en

Tabla 1. Registros de vertebrados cenozoicos hallados en la Puna. Referencias: **1.** López (1997); **2.** Alonso *et al.* (1980); **3.** Alonso (2012); **4.** Pascual (1983); **5.** Babot y García-López (2014); **6.** Goin *et al.* (1998); **7.** Powell *et al.* (2011); **8.** Ciancio *et al.* (2016); **9.** Babot *et al.* (2012); **10.** Herrera *et al.* (2016); **11.** Camacho *et al.* (2016a); **12.** Camacho *et al.* (2016b); **13.** Martínez, en este volumen; **14.** Geijo (2006); **15.** Armella *et al.* (2016); **16.** López (1995); **17.** García-López y Babot (2015); **18.** López y Bond (1995); **19.** Reguero *et al.* (2008); **20.** García-López *et al.* (2016); **21.** Guantay y Alonso (1989); **22.** Fernández (1984-1985); **23.** Albendi *et al.* (1986); **24.** García-López (2015); **25.** Inedito; **26.** Ortiz *et al.* (2011); **27.** R. Alonso, com. pers. Cat: Catamarca; Sa: Salta; Juj: Jujuy. El (*) indica agrupamientos no monofiléticos.

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleambiente	Ref.
AMPHIBIA					
Anura	Taxón indet.	Fm. Gesté (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Postáraneo	Fluvial y aluvial, dominado por ríos meandrantes; clima cálido subtropical?
SAUROPSIDA					
Testudines	Taxón indet.	Fm. Gesté (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Fragmentos de placas	Idem anterior
Lepidosauria	Lacertilia indet.	Fm. Gesté (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición, básicráneo	Idem anterior
Serpentes indet.		Fm. Gesté (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición, postcráneo	Idem anterior
Crocodylia	Sebecidae?	Fm. Gesté (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Idem anterior
AVES					
Charadriformes	<i>Reyesichnus punensis</i>	Sedimentos indeterminados (~Mioceno medio)	Salar del Hombre Muerto (Cat)	Iconitas	Cuerpos de agua temporarios
Iconofósil indet.	<i>Reyesichnus punensis</i>	Fm. Sijes (Mioceno tardío); Fm. Blanca Lila (Pleistoceno medio)	Salar de Pastos Grandes (Sa)	Iconitas	Salares y lagunas someras con playas; clima árido
Phoenicopteriformes	Iconofósil indet.	Fm. Sijes (Mioceno tardío); Fm. Blanca Lila (Pleistoceno medio)	Salar de Pastos Grandes (Sa)	Iconitas	Idem anterior

Tabla 1 (cont.).

Taxón		Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Palenambiente	Ref.
Anseriformes	Icnofósil indet.	Fm. Sijes (Mioceno tardío); Fm. Blanca Lila (Pleistoceno medio)	Salar de Pastos Grandes (Sa)	Icnitas	Ídem anterior	3
Ardeiformes	Icnofósil indet.	Fm. Sijes (Mioceno tardío)	Salar de Pastos Grandes (Sa)	Icnitas	Ídem anterior	3
MAMMALIA						
METATHERIA						
<i>Ameridelphian*</i>	<i>Reigia punae</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Dentición	Fluvial y aluvial, dominado por ríos meandantes; clima cálido subtropical?	4, 25
<i>Polydolopimorphia</i>	<i>Bonapartatherium serrensis</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Huesos del oído interno (petrosos)	Ídem anterior	5
	<i>Punadolops alonsoi</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Dentición	Ídem anterior	6
Sparassodonta	<i>Callistoe</i> sp.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	4, 6
EUTHERIA						
Xenarthra	Dasypodidae					
	cf. <i>Astegotherium</i> sp.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	<i>Prostegotherium</i> sp. nov.?	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	<i>Parastegosimponia</i> cf. <i>P. peruviana</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	Dasypodinae indet.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Hueso del oído interno (petroso)	Ídem anterior	9
	<i>Parutaetius punensis</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	<i>Pucatherium parvum</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	<i>Pucatherium</i> sp.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	10

Tabla 1 (cont.).

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleambiente	Ref.
<i>Punatherium catamarquensis</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	8
<i>Macrochorobates chapalmalensis</i>	Fm. Tafna (Plioceno?)	Calahoyo (Juj)	Información no disponible	Corrientes de lodo en su fase distal	11
Glyptodontidae	<i>Eosclerocalyptus lineatus</i>	Fm. Tafna (Plioceno?)	Calahoyo (Juj)	Información no disponible	Ídem anterior
<i>Pyramidodontherium berghi</i>	Fm. Tafna (Plioceno?)	Calahoyo (Juj)	Información no disponible	Ídem anterior	11
Megatheriidae	<i>Megatheriinae</i> indet.	Sedimentos arenosos no consolidados (ca.19.600 y 12.500 AP)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición; coprolitos; tejidos blandos	Áreas abiertas dominadas por arbustos y pastizales; clima frío y árido, más húmedo que el presente
Mylodontidae	<i>Glossotherium</i> sp.	Fm. Tafna (Plioceno?)	Cuenca río Casira (Juj)	Información no disponible	Depósitos de dunas
	<i>Mylodontinae</i> indet.	Sedimentos arenosos no consolidados (ca.19.600 y 12.500 AP)	Sitios arqueológicos. Peñas de las Trampas 1.1 y Cacao 1A. (Cat)	Coprolitos	Áreas abiertas dominadas por arbustos y pastizales; clima frío y árido, más húmedo que el presente
Astrapotheria	<i>Astrapotheriidae</i> indet.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Depósitos de dunas
	<i>Pyrotheria</i>	<i>Propyrotherium</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Fluvial y anuvial, dominado por ríos meandrantes; clima cálido subtropical?
Notoungulata	<i>Notostylopidae</i>	Gen. et sp. indet.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición
Oldfieldthomasiidae*	<i>Colbertia</i> sp.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior
	<i>Suniodon catamaricensis</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior
	<i>Suniodon</i> sp.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior
Gen. et sp. indet. A		Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior
Gen. et sp. indet. B		Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior

Tabla 1 (cont.).

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleambiente	Ref.
Interatheriidae	<i>Punapithecus minor</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Dentición	Ídem anterior
<i>Antogastia turneri</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17, 18
Interatheriidae indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Tarsales	Ídem anterior	17, 24
Interatheriidae indet. B	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Tarsales	Ídem anterior	15
Interatheriidae indet. C	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Tarsales	Ídem anterior	15
Archaeohyracidae *	<i>Punahyrax bondestai</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Dentición	Ídem anterior
<i>Pseudohyrax cf. P. eurachytheroides</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	19
Typhotheria indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	20
Typhotheria indet. B	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17
Isotemnidae *	Gen. et sp. indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior
Gen. et sp. indet. B	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17
Notohippidae *	cf. <i>Pampalhippus</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior
Gen. et sp. indet.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	16
Toxodontia	Taxón indet.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Tarsales	Ídem anterior
Notoungulata	Taxón indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior
Notoungulata	Taxón indet. B	Fm. Lumbra (Eoceno medio)	Corte Blanco (Sa)	Dentición	Inf. no disponible
Notoungulata	Taxón indet. C	Fm. Sijes (Mioceno tardío)	Salar de Pastos Grandes (Sa)	Icnitas	Salares y lagunas someras con playas; clima árido
					21

Tabla 1 (cont.).

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleambiente	Ref.
Insetae sedis	Didolodontidae				
	<i>Ernestokokenia</i> cf. <i>E. yirunhor</i>	Fm. Gesté (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición; tarsales	Fluvial y aluvial, dominado por ríos meandrantes; clima cálido subtropical?
Perissodactyla	<i>Hippidion</i>	1- Sedimentos no consolidados (ca. 13.350 y 12.500 AP); 2- Sedimentos con limo, arcilla, arena y turba (ca. 12.250 y 9.120 AP)	1- Sitios arqueológicos Peñas de las Trampas 1.1 y Cacao 1A. (Cat); 2- Tres Cruces, Barro Negro (Juj)	Dentición; coprolitos; restos óseos esqueléticos	1- Áreas abiertas dominadas por arbustos y pastizales; clima frío y árido, más húmedo que el presente; 2- Ambiente lítico anegado.
Rodentia	Caenomorpha	Formación Tafna (Plioceno?)	Cuenca río Casnia (Juj)	Información no disponible	Paleosuelos?
	Cricetidae <i>Andinomys</i> <i>Phyllotis</i> sp.	Sedimentos no consolidados (Pleistoceno-Holoceno)	Sitios arqueológicos Inca Cueva y Huachichocana (Juj)	Restos dentarios	Predominio de estepas herbáceas en un clima más húmedo y frío que el actual
Mammalia	Indet.	Niveles probablemente Neógenos, aún indeterminados	Catua y salar del Rincón (Juj)	Iconitas	Inf. no disponible
					27

Antofagasta de la Sierra y alrededores (Catamarca). Los depósitos de Salta fueron los primeros en ser reconocidos por su contenido de mamíferos fósiles (Pascual, 1983) aunque actualmente la búsqueda está centrada en los depósitos de Catamarca donde, a las áreas muestreadas tradicionalmente (Alonso y Fielding, 1986; López, 1997), se han sumado en tiempos recientes nuevos sitios fosilíferos.

Los materiales hallados en esta unidad están representados principalmente por restos fragmentados de pequeños vertebrados; la mayoría de los ejemplares no supera los 15 mm. Los restos de mayor tamaño son escasos y suelen estar muy deteriorados, sin preservar rasgos diagnósticos; es por esto que gran parte de los taxones identificados corresponden a los representantes más pequeños de algunos grupos o a grupos caracterizados por su pequeño tamaño (García-López y Babot, 2015). Esta particularidad tafonómica se debe a que los sedimentos que los contienen son de origen fluvial y fueron depositados bajo condiciones de moderada a alta energía, generando niveles de concentración de fragmentos rodados de restos óseos (Alonso, 1992).

Los grupos no mamalianos incluyen materiales muy incompletos de anfibios (Anura), víboras y lagartos (Squamata, Lacertilia y Serpentes), tortugas (Testudines) y cocodrilos (Crocodylia) (Figura 3 A, B). Los mamíferos, por su parte, están representados por los especímenes más diversos y abundantes y son el grupo que aporta mayor información bioestratigráfica. Los registros abarcan cingulados (armadillos) Dasypodidae (Dasypodinae Astegotheriini, Euphractinae), Metatheria (Sparassodonta, Polydolopimorpha y “ameridelfios” basales), y ungulados Notoungulata (Notostylopidae, “Oldfieldthomasiidae”, Interatheriidae, “Archaeohyracidae”, “Notohippidae” e “Isotemnidae”), Didolodontidae, Pyrotheria y Astrapotheria (Figura 3 C-M) (Pascual, 1983; Alonso *et al.*, 1988; López, 1995; López y Bond, 1995; López, 1997; Goin *et al.*, 1998; Reguero *et al.*, 2008; Babot *et al.*, 2012; García-López, 2015; García-López y Babot, 2015; Armella

et al., 2016; Ciancio *et al.*, 2016; Herrera *et al.*, 2016; ver otras referencias en Tabla 1).

Datos radimétricos indican para la Formación Geste una edad depositacional entre $39,8 \pm 0,6$ y $34,7 \pm 3,5$ Ma, tomadas alrededor de 30 m por arriba de la base de esta unidad y sobre la base del miembro superior, respectivamente (Carrapa y DeCelles, 2008), aunque probablemente los niveles más superiores correspondan al Oligoceno más temprano. La edad de los niveles fosilíferos, correspondientes a parte del miembro medio (sensu Alonso, 1992) de esta formación puede limitarse entre $37,5 \pm 0,1$ y al menos $35,4 \pm 1,5$ Ma (Priaboniano). Esta edad es soportada por la información bioestratigráfica que aportan los mamíferos fósiles, principalmente los notoungulados. La presencia de notoungulados “Archaeohyracidae” e Interatheriidae, ausentes en unidades asignadas al Eoceno medio y geográficamente cercanas (e.g., Formación Lumbra inferior), apoyan una edad más reciente que la de unidades aledañas. En particular, los “Archaeohyracidae” están representados por gran cantidad de restos correspondientes al menos a dos taxones, uno de los cuales (*Pseudhyrax*; García-López *et al.*, 2016), es característico del Eoceno tardío de Patagonia (Priaboniano, EM Mustersense; Croft *et al.*, 2003; Woodburne *et al.*, 2014). Por su parte, el clado Interatheriidae comprende formas filogenéticamente más derivadas que los representantes del Eoceno medio (Bartoniano, EM Casamayorense) de Patagonia (García-López y Babot, 2015).

Los datos sedimentológicos indican que la Formación Geste, como se mencionó en párrafos anteriores, es el resultado del depósito de areniscas y conglomerados generados en un ambiente fluvial y de abanicos aluviales, donde la intensidad de la corriente habría sido de moderada a alta (Alonso, 1992; Carrapa y DeCelles, 2008). Si bien no existen datos de vegetación, estas características del ambiente fluvial hacen suponer entonces que el ambiente era notablemente más húmedo que el actual. La fauna característica de esta unidad indica también un ambiente fluvial (presencia de anfibios) y de mayor humedad

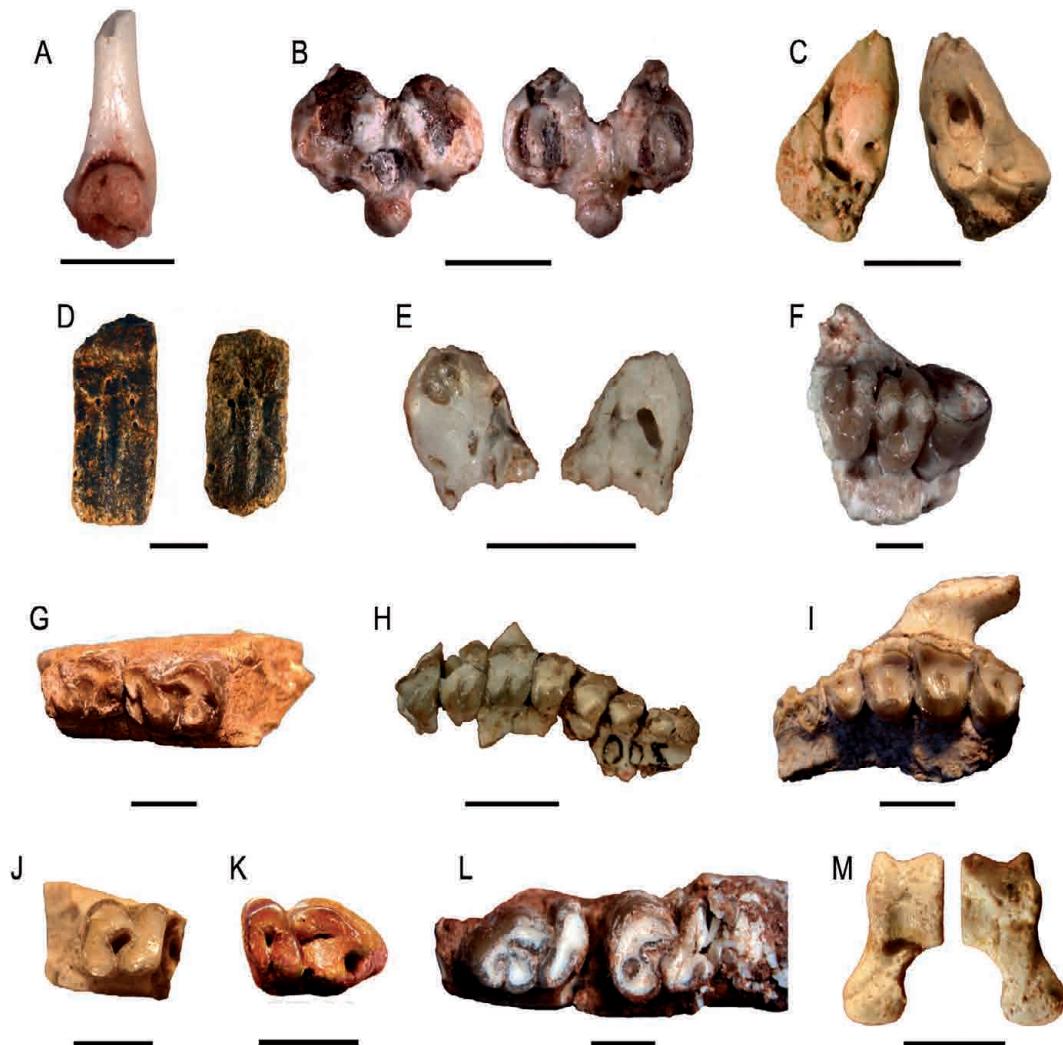


Figura 3. Ejemplares fósiles recuperados en la Formación Geste expuesta en Antofagasta de la Sierra (Catamarca). **A.** Anura indet. (MHAS 086), fragmento distal de húmero en vista ventral; **B.** Squamata indet. (MHAS 087), brasícráneo en vista dorsal y ventral; **C.** Dasypodinae indet. (PVL 6245), petroso derecho en vista timpánica y cerebelar; **D.** *Punatherium catamarquensis*, osteodermos fijos (izquierdo, holotipo: MLP 93-VI-1-18; derecho, paratipo: MLP 86-V-6-24); **E.** "Ameridelphia" indet. (MHAS 065), petroso izquierdo en vista timpánica y cerebelar; **F.** *Punadolops alonsoi* (MHAS 078), fragmento maxilar derecho con P3-M2; **G.** "Oldfieldthomasiidae" indet. (Notoungulata, Typotheria; MHAS 002), fragmento de cuerpo mandibular derecho con m1-2; **H.** *Punapithecus minor* (MHAS 005), fragmento de maxilar derecho con P2-M3; **I.** *Antofagastia turneri* (MHAS 003), fragmento maxilar izquierdo con P4 y M1 incompletos y M2-3. **J.** "Archaeohyracidae" indet. (MHAS 014), fragmento de cuerpo mandibular izquierdo con m1 o m2; **K.** *Punahyrax bondesioi* (MHAS 052), m3 derecho; **L.** *Pseudohyrax* cf. *P. eutrachytheroides* (MHAS 076); **M.** *Ernestokokenia* cf. *E. yirunhor* (MHAS 049), astrágalo izquierdo. **Abreviaturas:** MHAS, Museo del Hombre de Antofagasta de la Sierra (Catamarca); MLP, Museo de La Plata (Buenos Aires); PVL, Paleontología de Vertebrados Lillo (Tucumán); P y p, premolares superiores e inferiores, respectivamente; M y m, molares superiores e inferiores. Escala: 5 mm (excepto en A, E y F = 1 mm).

que habría sostenido una diversidad importante de insectívoros, frugívoros y folívoros, así como también predadores de tamaño mediano.

En cuanto a los depósitos del Mioceneo-Plioceno, los registros faunísticos de la Puna corresponden mayormente a huellas (icnitas), aunque también se han descrito restos de invertebrados y de mamíferos. La Formación Sijes (Turner, 1964) depositada aproximadamente entre los $6,81 \pm 4,0 \pm 1,2$ Ma (Alonso, 1992) preserva gasterópodos asignados a la especie *Heleobia naomiae* (Martínez y De Francesco, 2011; *Littoridina naomiae* en Pratt, 1961 y Alonso y Wayne, 1992) que fueron hallados en niveles lacustres del Miembro Esperanza. Los icnofósiles corresponden a huellas de aves y mamíferos hallados principalmente en el Miembro Monte Amarillo de esta formación que aflora en las cercanías del salar de Pastos Grandes y cuya edad fue determinada entre $6,8 \pm 0,2$ y $6,3 \pm 0,2$ Ma (Alonso, 1986). Las icnitas más abundantes corresponden a aves relacionadas a ambientes lacustres someros afines morfológicamente a Phoenicopteriformes (flamencos), Anseriformes (patos y taxones relativos), Ardeiformes (garzas) y Charadriiformes (teros, chorlos) (Alonso, 1986; Alonso, 2012); mientras que las huellas de mamíferos incluyen rastros de tamaño pequeño de aspecto rodentiforme y otros grandes atribuidos a ungulados nativos de los órdenes Litopterna o Notoungulata (Guantay y Alonso, 1989). Otras icnitas (*Reyesichnus punensis*; Charadriiformes) fueron halladas en depósitos cercanos al salar del Hombre Muerto (Catamarca) en rocas terciarias más antiguas datadas en 15 Ma (Alonso *et al.*, 1980; Alonso, 2000; Alonso, 2012) y en niveles probablemente neógenos, aunque aún indefinidos, cercanos a Catua (Jujuy) y al salar del Rincón, Salta (R. Alonso, com. pers.). Estos últimos han sido asociados a mamíferos indeterminados. Por otro lado, en sedimentos de la Formación Tafna (Plioceno?) expuestos en la cuenca del río Casira y en las cercanías de Calahoyo, Camacho *et al.* (2016a, b) encontraron restos de roedores caviomorfos (cuises y taxones relaciona-

dos) y xenartros (específicamente armadillos y perezosos). Estos últimos se asignaron a *Eosclerocalyptus lineatus* (Cingulata, Glyptodontidae), *Macrochorobates chapalmalensis* (Cingulata, Dasypodidae), *Pyramiodontherium bergi* (Megatheriidae) y *Glossotherium* (Mylodontidae).

Para el Pleistoceno medio (0,3 Ma) se registran rastros de aves en niveles de la Formación Blanca Lila expuestos en las cercanías del salar de Pastos Grandes (Alonso, 2012) y hacia el Pleistoceno tardío, icnofósiles y restos óseos, de tegumento (pelos) y partes blandas (tejidos del abdomen) de megafauna. Estos materiales fueron hallados en los sitios arqueológicos Peñas de las Trampas y Cacao 1A en las cercanías de la localidad de Antofagasta de la Sierra (Catamarca), cuyas edades han sido determinadas entre ca. 19.600 y 12.500 años antes del presente (AP) (ver Martínez, 2014; Buckley *et al.*, 2015; Martínez, en este volumen y referencias allí citadas). Los restos óseos (molares y postcráneo) fueron asignados a *Xenarthra* (Megatheriinae) y *Perissodactyla* (*Hippidion*). Por su parte, los icnofósiles corresponden a excrementos (coprolitos) consolidados asignados a carnívoros, perezosos (Megatheriinae y Mylodontinae) y caballos (*Hippidion*), de acuerdo a la forma y al contenido y procesamiento de materia orgánica allí identificada (Martínez *et al.*, 2010). El análisis de estas evidencias permitió inferir para los milodontinos y para *Hippidion* una dieta con dominancia de especies herbáceas, mientras que en los Megatheriinae el consumo de especies leñosas habría sido predominante. Otros restos de *Hippidion* datados en 12.550 y 9.120 años AP, fueron recuperados en Barro Negro, Tres Cruces (Jujuy; Fernández, 1984-1985; Alberdi *et al.*, 1986). En ninguno de estos registros de megafauna puneña hay indicios de interacción con humanos, aunque sí aparecen restos de mamíferos de menor tamaño asociados a actividad antrópica en ambas localidades en capas inmediatamente suprayacentes, de edad holocena. Por último, Ortiz *et al.* (2011) describieron restos de roedores sigmodontinos provenientes de sitios arqueológicos en

Huachichocana (Puna de Jujuy) atribuidos al límite Pleistoceno-Holoceno.

Las primeras evidencias del poblamiento humano en la Puna datan de 11.000 años antes del presente (ver Martínez, en este volumen), por lo que por el momento no puede atribuirse a la presión antrópica una relación causal con la extinción de la fauna pleistocena puneña. Sin embargo, tal como lo indica Martínez, es probable que la Puna haya estado poblada con anterioridad a los 11.000 años (aunque sin preceder los registros más antiguos en América del Sur que no superan los 14.000 años AP; Politis *et al.*, 2016), dado que condiciones más húmedas que las actuales habrían predominado en la región entre los 20.000 y los 10.000 años AP, ofreciendo un ambiente favorable para el desarrollo de la actividad humana. Nuevos hallazgos podrían poner a prueba las hipótesis sobre la interacción entre el hombre y la megafauna y ayudar a entender las causas de su extinción en regiones de altura sudamericanas.

CONSIDERACIONES FINALES

Tal como se evidencia en el registro fósil florístico y faunístico, la Puna presenta un potencial paleontológico muy importante que está dado por la extensión de sus unidades sedimentarias paleozoicas y cenozoicas, y por la diversidad del registro conocido hasta el momento.

Los datos paleoflorísticos son los más escasos. Sin embargo, el hallazgo de criptoesporas del límite Ordovícico-Silúrico representantes de la flora terrestre más antigua, invita a profundizar de modo sistemático las exploraciones paleobotánicas. Del mismo modo, la diversidad de invertebrados paleozoicos delinea un futuro esperanzador ante nuevas investigaciones.

En el caso particular de los vertebrados, los taxones más significativos son aquellos que provienen de unidades del Eoceno tardío cuya importancia radica, entre otros aspectos, en que evolucionaron en el lapso previo al límite Eoceno/Oligoceno. En este límite se produjo un evento profundo de enfriamiento

global que generó marcados recambios en la biota marina y continental. Las consecuencias evolutivas de este evento climático son bien conocidas en la región austral del continente (ver Goin *et al.*, 2010), aunque no así en latitudes más bajas. En este contexto, la fauna de mamíferos descubierta para el Eoceno de la Puna ofrece una base diversa de taxones para testar estos cambios. Por otro lado, sus niveles de endemismo en mamíferos fósiles eocenos y ciertas similitudes faunísticas con sitios paleógenos tropicales (e.g., Contamana, Perú) abren nuevos interrogantes sobre las relaciones faunísticas y geográficas entre otras regiones subtropicales y tropicales de América del Sur y la Puna, la cual durante el Paleógeno comenzó las primeras etapas de levantamiento.

El intervalo subsiguiente a este evento climático-biótico está presentado en la Puna por grandes extensiones de sedimentos de la Formación Peñas Coloradas (Eoceno tardío – Oligoceno tardío?) que afloran en el altiplano jujeño. Si bien aún no se han encontrado vertebrados fósiles en estos afloramientos, resultan altamente promisorios para el hallazgo de fauna de este particular período evolutivo de la biota del Cenozoico sudamericano. Por su parte, la búsqueda y el estudio sistemático de nuevas icnitas de aves en los afloramientos de la Formación Sijes, proveerá evidencia más detallada de las comunidades de estos vertebrados miocenos. En relación a la megafauna plio-pleistocena, los registros son aún escasos, en parte debido a la falta de exploraciones paleontológicas sistemáticas en rocas de esta edad. Datos recientes provenientes de afloramientos del Plioceno en las márgenes del río Casira y la localidad de Calahoyo (Jujuy) abren la posibilidad de hallar nuevos y más completos restos que serían importantes para interpretar patrones de distribución de la fauna en regiones de altura de América del Sur, su relación con los sucesos del Gran Intercambio Biótico Americano y sus variaciones en relación a los cambios ambientales y a la interacción con los primeros hombres que poblaron la región.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Ricardo Alonso y Emilio Vaccari por las valiosas sugerencias realizadas a lo largo del texto y a Nora Maidana por aclarar la validez taxonómica de las diatomeas tratadas en el texto. J. Babot y D. García-López agradecen además al personal de la Sub Estación de Altura de la Secretaría de Ganadería de la provincia de Catamarca (en especial a C. Palacios y L. Soriano) por brindar apoyo logístico permanente durante las campañas a Antofagasta de la Sierra. H. A. Carrizo agradece a J. Aris (UNSa) por el préstamo de material paleobotánico, a C. Moya, C. Azcuy y F. Aceñolaza por sus enriquecedoras sugerencias, a N. Mansilla por el préstamo de material bibliográfico y a los técnicos E. Fernández y A. De Rosa (FML) por su colaboración en el tratamiento y fotografías del material paleobotánico. Los estudios de J. Babot y H. Carrizo fueron financiados por la Fundación Miguel Lillo.

LITERATURA CITADA

- Aceñolaza F. G. 2002. Ordovician fossils of Argentina. Serie Correlación Geológica, 16: 1-370.
- Aceñolaza F. G., Aceñolaza G. 2005. La Formación Puncoviscana y unidades estratigráficas vinculadas en el Neoproterozoico-Cámbrico temprano del noreste argentino. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, 12: 65-88.
- Aceñolaza G., Aceñolaza F. G. 2007. Insights in the Neoproterozoic – early Cambrian transition of NW Argentina: facies, environments and fossils in the proto-margin of western Gondwana. Geological Society, Special Publication, 286: 1-13.
- Aceñolaza F. G., Baldis B. A. 1987. The Ordovician System of South America. Correlation chart and explanatory notes. International Union of Geological Sciences Publication, 22: 1-68.
- Aceñolaza F. G., Buatois L. 1991. Trazas fósiles del Paleozoico Superior continental argentino. Ameghiniana, 28: 89-108.
- Aceñolaza F. G., Toselli A. 1971. Hallazgo de graptolites en el supuesto Precámbrico de la Puna de Catamarca. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 2: 274.
- Aceñolaza F. G., Benedetto J. L., Koukhar-sky M., Salfity J. A., Viera O. 1972a. Presencia de sedimentitas devónicas y neopaleozoicas en la Puna de Atacama, provincia de Salta, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 27: 345-346.
- Aceñolaza F. G., Benedetto J. L., Salfity J. A. 1972b. El Neopaleozoico de la Puna Argentina: su fauna y relación con sus áreas vecinas. Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 44: 5-20.
- Aceñolaza F. G., Toselli A. J., Gonzalez O. 1976. Geología de la región comprendida entre el Salar del Hombre Muerto y Antofagasta de la Sierra, provincia de Catamarca. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 31: 127-136.
- Alberdi M. T., Fernández J., Menegaz A. N., Prado J. L. 1986. *Hippidion* Owen 1869 (Mammalia, Perissodactyla) en sedimentos del Pleistoceno tardío de la localidad de Barro Negro (Jujuy, Argentina). Estudios Geológicos, 42: 487-493.
- Alonso R. N. 1980. Icnitas de dinosaurios (Ornithopoda, Hadrosauridae) en el Cretácico Superior del norte argentino. Acta geológica lilloana, 15: 55-64.
- Alonso R. N. 1986. Ocurrencia, posición estratigráfica y génesis de los depósitos de boratos de la Puna argentina. Tesis Doctoral (inédita). Universidad Nacional de Salta, 196 pp.
- Alonso R. N. 1992. Estratigrafía del Cenozoico de la cuenca de Pastos Grandes (Puna salteña) con énfasis en la Formación Sijes y sus boratos. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47: 189-199.
- Alonso R. N. 2000. El terciario de la Puna en tiempos de la ingresión marina paranense. En: F. G. Aceñolaza y R. Herbst (eds.), El Neógeno de Argentina. Serie Correlación Geológica 14: 163-180.
- Alonso R. N. 2012. Icnitas de aves en depósitos de boratos y su contribución a la reconstrucción paleoambiental. Revue de Paléobiologie, Volume Spécial, 11: 429-445.
- Alonso R. N., Fielding E. J. 1986. Acerca de un nuevo yacimiento de vertebrados paleógenos de la Puna argentina (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). III Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Resúmenes: 5, Buenos Aires, Argentina.
- Alonso R. N., Wayne W. J. 1992. Hallazgo de gasterópodos en la Formación Sijes (Mioceno Superior) Salta, República Ar-

- gentina. *Estudios Geológicos*, 48: 179-186.
- Alonso R. N., Berman W. D., Bond M., Carlini A. A., Pascual R., Reguero M. A. 1988. Vertebrados Paleógenos de la Puna Austral: sus aportes a la evolución biogeográfica. V Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Resúmenes: 38-39, La Plata, Argentina.
- Alonso R. N., Carbajal E., Raskovsky M. 1980. Hallazgo de icnitas (Aves, Chadriformes) en el Terciario de la Puna Argentina. I Congreso Latinoamericano de Paleontología y II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas: 75-83, Buenos Aires, Argentina.
- Armella M. A., García-López D. A., Lorente M., Babot M. J. 2016. Anatomy, systematic, and functional study on native ungulate proximal tarsals from middle-late Eocene of Northwestern Argentina. *Ameghiniana*, 53: 142-159.
- Astini R. 2003. The Ordovician proto-andean basins. En: J. L. Benedetto (ed.), Ordovician fossils of Argentina. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 1-74.
- Azcuy C. L., di Pasquo M. M. 2000. Carbonífero y Pérmico de las Sierras Subandinas, Cordillera Oriental y Puna. En: R. Caminos (ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 239-260. Servicio Geológico Minero Argentino Buenos Aires, Argentina.
- Azcuy C. L., Beri A., Bernardes-de-Oliveira M. E. C., Carrizo H. A., di Pasquo M., Díaz Saravia P. *et al.* 2007. Bioestratigrafía del Paleozoico Superior de América del Sur: primera etapa de trabajo hacia una nueva propuesta cronoestratigráfica. Asociación Geológica Argentina Serie D, Publicación Especial, 11: 9-65.
- Azcuy C. L., Carrizo H. A., Iannuzzi R. 2011. Frondes rhacopterídeas del Neopaleozoico de América del Sur: taxonomía y evolución morfológica. *Acta geológica lilloana*, 23: 3-26.
- Babot M. J., García-López D. A. 2014. Metatherian petrosals from the middle-late Eocene of Northwestern Argentina. IV International Palaeontological Congress. Abstracts: 648, Mendoza, Argentina.
- Babot M. J., García-López D. A., Gaudin T. J. 2012. The most ancient xenarthran petrosal: Morphology and evolutionary significance. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32: 1186-1197.
- Bahlburg H. 1990. The Ordovician basin in the Puna of NW Argentina and N Chile: geodynamic evolution from back-arc to foreland basin. *Geotectonische Forschungen*, 75: 1-107.
- Bahlburg H., Breitkreuz Ch., Maletz J., Moya M. C., Salfity J. A. 1990. The Ordovician sedimentary rocks in the northern Puna of Argentina and Chile: New stratigraphical data based on graptolites. *Newsletter on Stratigraphy*, 23: 69-89.
- Benedetto J. L. 1973. Foraminíferos pérmicos de la Formación Arizaro (Provincia de Salta, Argentina). II Congreso Latinoamericano de Geología. Actas 2: 1009-1024, Caracas, Venezuela.
- Benedetto J. L. 2003. Ordovician fossils of Argentina. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 665 pp.
- Benedetto J. L., Sánchez M. T. 1972. El hallazgo de peces Pycnodontiformes (Holosteil) en la Formación Yacoraite (Cretácico Superior) de la provincia de Salta (Argentina) y su importancia paleoecológica. *Acta geológica lilloana*, 11: 151-176.
- Benedetto J. L., Sánchez T. 1990. Fauna y edad del estratotípico de la Formación Salar del Rincón (Eopaleozoico, Puna, Argentina). *Ameghiniana*, 27: 317-326.
- Benedetto J. L., Brussa E. D., Pompei J. F. 2002. El Ordovicico de la región de Susques-Huancar (Puna Oriental de Jujuy): Precisiones sobre su edad y significado estratigráfico. XV Congreso Geológico Argentino. Actas: 279, El Calafate, Santa Cruz.
- Bonaparte J. F., Bossi G. E. 1967. Sobre la presencia de dinosaurios en la Formación Pircua del Grupo Salta y su significado cronológico. *Acta geológica lilloana*, 9: 25-44.
- Bonaparte J. F., Salfity J. A., Bossi G. E., Powell J. E. 1977. Hallazgo de dinosaurios y aves cretácicas en la Formación Lecho de El Brete (Salta), próximo al límite con Tucumán. *Acta geológica lilloana*, 14: 5-17.
- Breitkreuz C. 1986. Das Palaeozoikum in den Kordilleren Nordchiles (21°-25°S). *Geotektonische Forschungen*, 70: 1-88.
- Brussa E., Toro B., Vaccari, N. E. 2008. Bioestratigrafía del Paleozoico inferior en el ámbito de la Puna. XVII Congreso Geológico Argentino. Actas: 5, Jujuy.
- Buckley M., Fariña R. A., Lawless C., Tambusso P. S., Varela L., Carlini A. A., Powell J. E., Martínez J. G. 2015. Collagen sequence analysis of the extinct

- giant ground sloths *Lestodon* and *Megatherium*. PLoS ONE 10(12): e0144793. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144793>.
- Camacho M., Zurita A. E., Miño-Boilini A. R., Rodríguez-Bualó S. M., Canavidez D. H., Scillato-Yané G. J. 2016a. El paleoambiente de la comarca de Calahoyo, Puna Norte, Argentina. *Ameghiniana*, 53 (3R): 7.
- Camacho M., Zurita A. E., Miño-Boilini A. R., Rodríguez-Bualó S. M., Canavidez, D. H. 2016b. Geología y paleontología de la cuenca del río Casira, Puna Norte Argentina. *Ameghiniana*, 53 (3R): 7-8.
- Caminos R. 1999. Geología Argentina. *Anales del Servicio Geológico Argentino*, 29: 1-796.
- Carrapa B. D., DeCelles, P. G. 2008. Eocene exhumation and basin development in the Puna of northwestern Argentina. *Tectonics*, 27: TC1015. doi.org/10.1029/2007TC002127.
- Carrera M. 1998. First Ordovician sponge from the Puna Region, Northwest Argentina. *Ameghiniana*, 35: 205-210.
- Carrizo H. A., Azcuy C. L. 2015. Floras Neodevónicas-Eocarboníferas de Argentina. Consideraciones sobre las Fitozonas del Carbonífero Tardío del Centro Oeste Argentino. *Opera Lilloana*, 49: 1-292.
- Ciancio M., Herrera C., Aramayo A., Payrola P., Babot M. J. 2016. Diversity of cingulates (Mammalia, Xenarthra) in the middle-late Eocene of Northwestern Argentina. *Acta Palaeontologica Polonica*, 61: 575-590.
- Coira B., Koukharsky M. 2003. Ordovician volcanic activity in the Puna, Argentina. En: F. G. Aceñolaza (ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina*. Serie Correlación Geológica 16: 267-280.
- Coira B., Zappettini E. 2008. Geología y recursos naturales de la provincia de Jujuy. Relatorio del XVII Congreso Geológico Argentino, Jujuy, Asociación Geológica Argentina, 642 pp.
- Coira B., Toselli A., Koukharsky M., Rossi J., Kay S. 1999. Magmatismo Famatiniano. En: G. González Bonorino, R. Omarini, y J. Viramontes (eds.), *Geología del Noroeste Argentino*, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina, pp. 189-211.
- Croft D. A., Bond M., Flynn J. J., Reguero M. A., Wyss A. R. 2003. Large archaeohyracids (Typotheria, Notoungulata) from central Chile and Patagonia including a revision of *Archeotypotherium*. *Fieldiana Geology, New Series*, 49: 1-38.
- Donato E., Vergani G. 1985. Geología del Devónico y Neopaleopaleozoico de la zona del Cerro Rincón, provincia de Salta, Argentina. IV Congreso Geológico Chileno. *Actas* 1: 262-283, Antofagasta, Chile.
- Fernández J. 1985. Reemplazo del caballo americano (Perissodactyla) por camélidos (Artiodactyla) en estratos del límite pleistocénico-holocénico de Barro Negro, Puna de Jujuy, Argentina. Implicancias paleoambientales, faunísticas y arqueológicas. *Relaciones de la Sociedad de Antropología*, 16: 137-152
- García-López D. A. 2015. New information on the interatheriid *Antofagastia turneri*. *Ameghiniana*, 52: 286-293
- García López D. A., Babot M. J. 2015. Notoungulate faunas of Northwestern Argentina: Recent findings on Eocene early diverging forms. *Journal of Systematic Palaeontology*, 13: 557-579.
- García-López D. A., Gelfo J., Babot M. J., Madozzo-Jaén M. C. 2016. Sobre la presencia del género *Pseudhyrax* (Notoungulata, Archaeohyracidae) en sedimentos de la Formación Geste, provincia de Catamarca. XXX Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Resúmenes: 98, Buenos Aires, Argentina.
- Gelfo J. N. 2006. Los Didolodontidae (Mammalia: Ungulatomorpha) del Terciario Sudamericano. Sistemática, origen y evolución. Tesis Doctoral (inédita), Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina, 454 pp.
- Goin F. J., Abello M. A., Chornogubsky L. 2010. Middle Tertiary marsupials from central Patagonia (early Oligocene of Gran Barranca): understanding South America's Grande Coupure. En: R. H. Madden, A. A. Carlini, M. G. Vucetich y R. F. Kay (eds.), *The Paleontology of Gran Barranca*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 69-105.
- Goin F. J., Candela A., López G. M. 1998. Middle Eocene marsupials from Antofagasta de la Sierra, Northwestern Argentina. *Geobios*, 31: 75-85.
- González Bonorino G., Omarini R., Viramonte, J. 1999. Geología del Noroeste Argentino. Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina, 748 pp.
- Grosse P., Guzmán S. R. 2018. Volcanismo. En: H. R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 32-51.

- Guantay S., Alonso R. N. 1989. Icnita de mamífero en la Formación Sijes (Mioceño Superior), Salta. VI Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Actas: 93-96, San Juan.
- Gutiérrez-Marco J. C., Aceñolaza G., Esteban S. B. 1996. Revisión de algunas localidades con graptolitos ordovícicos de la Puna salto-jujeña (noroeste de Argentina). XII Congreso Geológico de Bolivia. Actas 2: 725-731, Tarija, Bolivia.
- Gutiérrez-Marco J. C., Rábano I., Aceñolaza G. F., García-Bellido D. C. 2012. New records of telephinid trilobites (*Carolinites* and *Opsites*) from the Ordovician of the Central Andean Basin. V Conference on Trilobites and their relatives. Czech Geological Survey and Charles University. Resúmenes: 26, Praga, República Checa.
- Herrera C. M., Ciancio M., Babot J. 2016. Un nuevo Dasypodidae (Mammalia, Xenarthra) para el Eoceno del Noroeste argentino. XXX Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Resúmenes: 101, Buenos Aires, Argentina.
- Hongn F., Montero-López C., Guzmán S., Aramayo A. 2018. Geología. En: H. R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 13-29.
- Issacson P., Antelo B., Boucot A. J. 1976. Implications of a Llandovery (Early Silurian) brachiopod fauna from Salta Province, Argentina. Journal of Paleontology, 50: 1102-1112.
- Koukharsky M., Torres R., Etcheverría M., Vaccari N. E., Waisfeld B. G. 1996. Episodios volcánicos del Tremadociano y del Arenigiano en Vega Pinato, Puna salteña, Argentina. XIII Congreso geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas 5: 535-542, Buenos Aires.
- Kraemer B., Adelmann D., Alten M., Schnurr W., Erpenstein K., Kiefer E., van den Bogaard P., Görler 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.
- López G. M. 1995. *Suniodon catamaricensis* gen. et sp. nov. y otros Oldfieldthomasiidae (Notoungulata, Typotheria) del Eocene de Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina. IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas: 167-172, Mendoza.
- López G. M. 1997. Paleogene faunal assemblage from Antofagasta de la Sierra (Catamarca Province, Argentina). Paleovertebrata, 26: 61-81.
- López G. M., Bond M. 1995. Un nuevo Notopithecinae (Notoungulata, Typotheria) del Terciario Inferior de la Puna, Argentina. Studia Geológica Salmanticensis, 31: 87-99.
- Loss R. 1948. Consideraciones preliminares sobre la cronología de las estructuras paleozoicas de los alrededores de La Quiaca (Jujuy). Revista del Instituto de Geología y Minería de Jujuy, 1: 23-28.
- Malanca S., Moya M. C. 1998. Nuevos fósiles de la Formación salar del rincón (Ashgill tardío - Llandovery temprano), Puna occidental argentina. XIII Congreso Geológico de Bolivia. Actas 1: 167-173, Potosí, Bolivia.
- Marquillas R. A., del Papa 1993. Las calizas estromatolíticas del Cretácico-Terciario del norte argentino. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1, Mendoza. Sin datos de paginación.
- Marquillas R., Alonso R., Gorustovich S., Salfty J. 1988. El Grupo Salta (Cretácico-Eogénico) en la Puna Argentina. II Simposio Proyecto 242 "Cretácico de América Latina", Mendoza. Sin datos de paginación.
- Martínez J. G. 2014. Contribution to the knowledge of the natural history and archaeology of hunter-gatherers of Antofagasta de la Sierra (Argentine South Puna): the case of Peñas de las Trampas 1.1. En: E. Pintar (ed.), Hunter-gatherers from a high-elevation desert: People of the Salt Puna. Northwest Argentina, Bar International Series 2641. Archaeopress, England, pp. 71-93.
- Martínez J. G. 2018. Sociedades prehistóricas de la Puna argentina: desde el poblamiento temprano hasta los inicios de la producción pastoril y agrícola. En: H. R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 273-294.
- Martínez J. G., Powell J. E., Rodríguez M. F. 2010. Dung analysis and its correlation with three different species of extinct megafauna in the Southern Argentinean Puna. Current Research in Pleistocene, 27: 176-179.
- Martínez M., Brussa E., Pérez B., Coira B. 1999. El Ordovícico de la Sierra de Quichagua (Puna Nororiental argentina): litofacies volcanosedimentarias y

- graptofaunas. XIV Congreso Geológico Argentino. Actas 1: 347-350, Salta, Argentina.
- Martínez S. A., De Francesco C. G. 2011. El género *Heleobia* en el registro fósil. *Amici Molluscarum*, 7: 17-18.
- Mon R., Salfity J. A. 1995. Tectonic evolution of the Andes of northern Argentina. En: A. J. Tankard, R. Suárez y H. J. Welsink (eds.), *Petroleum basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 62: 269-283.
- Monteros J. A., Moya M. C., Monaldi R. C. 1996. Graptolitofaunas arenigianas en el borde occidental de la Puna argentina. Implicancias paleogeográficas. XII Congreso Geológico de Bolivia. Actas 2: 733-746, Santa Cruz, Bolivia.
- Moya M. C., Malanca S., Hongn F., Bahlburg H. 1993. El Tremadoc temprano en la Puna occidental argentina. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas 2: 20-30, Mendoza, Argentina.
- Ortega G., Albanesi G. L., Monaldi C. R. 2011. Darriwillian graptolites from the Lina Range, northwestern Puna of Jujuy, Argentina. *Cuadernos del Museo Geominero*, 14: 409-411.
- Ortiz P. E., Jayat J. P., Pardiñas U. F. J. 2011. Fossil sigmodontine rodents from northwestern Argentina: Taxonomy and paleoenvironmental meaning. En: J. A. Salfity y R. A. Marquillas (eds.), *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, SCS Publisher, Salta, 301-315 pp.
- Pascual R. 1983. Novedosos marsupiales paleógenos de la Formación Pozuelos (Grupo Pastos Grandes) de la Puna, Salta, Argentina. *Ameghiniana*, 20: 265-286.
- Pinedo R., Carbajal E. 1975. Hallazgo de vertebrados en el Grupo Salta de la comarca de Carahuasi, provincia de Salta, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 30: 286-287.
- Politis G. G., Gutiérrez M. A., Rafuse D. J., Blasi A. 2016. The arrival of *Homo sapiens* into the Southern cone at 14,000 years ago. *Plos One*, 11(9): e0162870. doi:10.1371/journal.pone.0162870.
- Powell J. E. 1979. Sobre la asociación de dinosaurios y otras evidencias de vertebrados del Cretácico Superior de la región de La Candelaria, provincia de Salta, Argentina. *Ameghiniana*, 16: 191-204.
- Powell, J. E., Babot, M. J., García López, D. A., Deraco, M. V., Herrera, C. M. 2011. Eocene vertebrates of northwestern Argentina: annotated list. En: J. A. Salfity y R. A. Marquillas (eds.), *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, SCS Publisher, Salta, 349-370 pp.
- Pratt W. 1961. Local evidence of Pleistocene to Recent orogeny in the Argentine Andes. *Bulletin of the Geological Society of America*, 72: 1539-1550.
- Ramos V. A. 1972. El Ordovícico fosilífero de la Sierra de Lina, departamento Susques provincia de Jujuy, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 2: 84-94.
- Rao R. I., Moya M. C., Hünicken M. A. 2000. Conodontes en la Formación Las Vicuñas (Tremadociano temprano), Puna occidental argentina. *Ameghiniana*, 37: 13-14.
- Reig O. 1959. Primeros datos descriptivos sobre los anuros del Eocretácico de la provincia de Salta. *Ameghiniana*, 1(4): 3-8.
- Reguero M. A., Croft D. C., López G., Alonso R. N. 2008. Eocene archaeohyracids (Mammalia: Notoungulata: Hegetotheria) from the Puna: northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 26: 225-233.
- Rubinstein C. V. 2010. Palinoestratigrafía y diversidad del fitoplancton de pared orgánica y mioesporas del Paleozoico (Cámbrico al Devónico Inferior) del oeste de Argentina. VII Congreso Latinoamericano de Paleontología. Resúmenes: 53, La Plata, Argentina.
- Rubinstein C., Vaccari N. E. 2004. Cryptospore assemblages from the Ordovician /Silurian boundary in the Puna Region, Northwest Argentina. *Palaeontology*, 47: 1037-1061.
- Salas M. J., Vaccari N. E. 2012. New insights into the early diversification of the Ostracoda: Tremadocian ostracods from the Cordillera Oriental, Argentina. *Acta Palaeontologica Polonica*, 57: 175-192.
- Schwab K. 1973. Die stratigraphie in der Umgebung des Salar de Cauchari (NW Argentinien). Ein Beitrag zur Erdgeschichtlichen Entwicklung der Puna. *Geotectonische Forschungen*, 43: 1-68.
- Seggiaro R., Beccio R., Martínez L., González O. 2004. Hoja Geológica 2569 – IV. Antofalla. *Boletín* 343. Programa Nacional de Cartas Geológicas. 1:250.000. SEGEMAR, Buenos Aires, 122 pp.
- Toro B., Brussa E. 2003. Graptolites. En:

- J. L. Benedetto (ed.), Ordovician Fossils of Argentina, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, pp. 441-505.
- Toro B., Brussa E., Maletz J. 2006. Implicancias bioestratigráficas y paleobiogeográficas de los graptolitos de la localidad de Santa Rosa, Puna Oriental, Argentina. IX Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas: 116, Córdoba, Argentina.
- Tortello M. F., Esteban S. B., Aceñolaza G. F., Aráoz L., Powell J. E., Carrizo H., Azcuy C. 2008. Paleontología y bioestratigrafía de la provincia de Jujuy. En: B. Coira y O. Zappettini (eds.), Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Jujuy, Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, pp. 589-605.
- Turner J. M. C. 1964. Descripción geológica de la Hoja 2b, la Quiaca. Boletín del Instituto Nacional de Geología y Minería, 103: 1-118
- Vaccari N. E., Martínez M., Hongn F. 1999. Trilobites tremadocianos de la Formación Taique en la Quebrada del río Taique, Salta, Argentina. XIV Congreso Geológico Argentino y IV Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas 1: 53, Salta, Argentina.
- Vaccari N. E., Toro B. A., de la Puente S. G., Rubinstein C. V. 2010. Nuevos aportes al conocimiento del Paleozoico inferior del área de Salar del Rincón, Puna occidental, Argentina. X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía.
- VII Congreso Latinoamericano de Paleontología. Resúmenes: 56, La Plata, Argentina.
- Woodburne M. O., Goin F. J., Bond M., Carlini A., Gelfo J., López G., Iglesias I., Zimicz N. 2014. Paleogene Land Mammal faunas of South America; a response to global climatic changes and indigenous floral diversity. Journal of Mammalian Evolution, 21: 1-73.
- Zimmermann U., Bahlburg H. 2003. The Ordovician Puna Basin (NW Argentina): Proposal of a new stratigraphy. Serie de Correlación geológica, 17: 483-486
- Zimmermann U., Moya M. C., Bahlburg H. 1998. New evidence for the stratigraphic subdivision of Ordovician sedimentary successions in the Southern Puna (NW Argentina) based on graptolites. Terra Nostra, 98: 179-180.
- Zimmermann U., Moya M. C., Bahlburg H. 1999. First find of Coger Ordovician graptolites propose a new stratigraphic subdivision for the southern Puna (NW Argentina). XIV Congreso Geológico Argentino y IV Congreso de Exploración de Hidrocarburos 1: 343-346, Salta, Argentina.
- Zimmermann U., Luna Tula G., Marchioli A., Narváez G., Olima H., Ramírez A. 2002. Análisis de procedencia de la Formación Falda Ciénaga (Ordovícico Medio, Puna Argentina) por petrografía sedimentaria, elementos trazas e isotopía de Nd. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología, 9: 165-188.

Box ▶ Huellas de aves fósiles

Alonso, Ricardo N.

CONICET – Escuela de Geología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Avda. Bolivia 5500, (4400) Salta. E-mail: rnalonso@gmail.com

La Puna conserva un interesante registro de huellas (icnitas) de aves neógenas. Las más antiguas se encontraron en unas capas rojas de Farallón Catal en el salar del Hombre Muerto y tienen una edad de 15 millones de años (Alonso *et al.*, 1978). Corresponden a un representante antiguo de los teros que fueron bautizadas como *Reyesichnus punensis*, en homenaje al Dr. Celso Reyes, quien fuera profesor de la Universidad Nacional de Salta. En la sierra de Sijes, en el salar de Pastos Grandes, se encuentran capas de boratos formadas entre 5 y 7 millones de años atrás. Esos mantos boratíferos yacen entre camadas de cenizas volcánicas, yeso, arenas, limos y arcillas. Representan el relleno sedimentario de una antigua cuenca tectónica tal como lo es el actual salar de Pastos Grandes, y fueron plegadas por los movimientos orogénicos andinos. Las capas se formaron en un ambiente de lago alcalino, rodeado de playas arcillosas y sobre el cual se depositaban periódicamente cenizas

volcánicas. En aquel tiempo la Puna, al igual que ahora, estaba salpicada de lagos salinos de distintos tamaños. En esos lagos vivía una abundante avifauna que medraba en sus playas y dejaba impresas sus huellas en el barro fresco. Cada tanto las pisadas eran enterradas por sedimentos que las preservaron como estructuras fósiles. Se han identificado representantes morfológicos de los actuales flamencos, patos, guayatas, teros, y otras aves (Figura 1). A veces se encuentran también huellas de roedores y algún otro mamífero. Estas huellas fósiles tienen un gran valor para interpretar cómo fueron aquellos ambientes antiguos o paleoambientes (Alonso, 2012). Por ejemplo, por el tipo y tamaño de las icnitas se puede saber la profundidad del agua desde el borde hasta el centro de los cuerpos lacustres logrando valiosas reconstrucciones paleobatimétricas los ambientes en los que cuales los boratos (importante recurso minero de la Puna) se formaron.

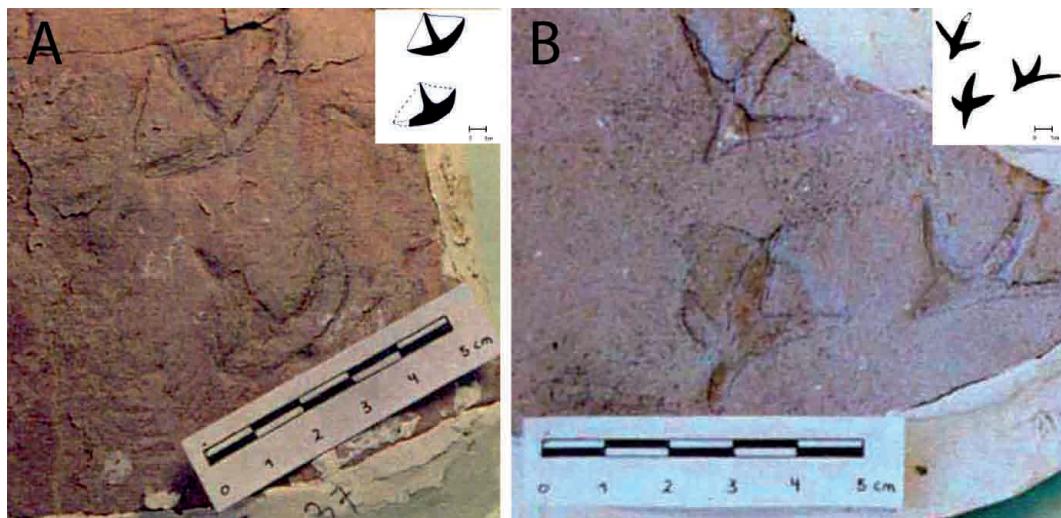


Figura 1. Fotografía y esquema asociado de icnitas de aves de la Formación Sijes atribuidas a flamencos (A) y garzas (B). Modificado de Alonso (2012).

LITERATURA CITADA

- Alonso R. N., Carabajal E., Raskovsky M. 1980. Hallazgo de icnitas (Aves, Charadriiformes) en el Terciario de la Puna Argentina. II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología. Actas 3: 75-83, Buenos Aires.
- Alonso R. N. 2012. Icnitas de aves en depósitos de boratos y su contribución a la reconstrucción paleoambiental. *Revue de Paléobiologie*, volume spécial, 11: 429-445.

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. *Parastrepbia 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. *Parastrepbia 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 Puna 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 3000 m en el sur (San Juan). El límite entre la provincia Altoandina y la provincia Puna, 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

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

Hacia el este, las provincias Puna y Altoandina limitan con la provincia fitogeográfica del Monte (el sector denominado Prepuna por Cabrera, 1971), con el ecoton 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 descriptas 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 Cochino (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 seriphiooides*, *Baccharis tola*, *Senecio viridis*, *Aloysia deserticola* (= *Acantholipia deserticola*), *Ephedra breana*, *Ocyroe armata* (= *Nardophyllum armatum*) y *Adesmia spinossissima*.

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

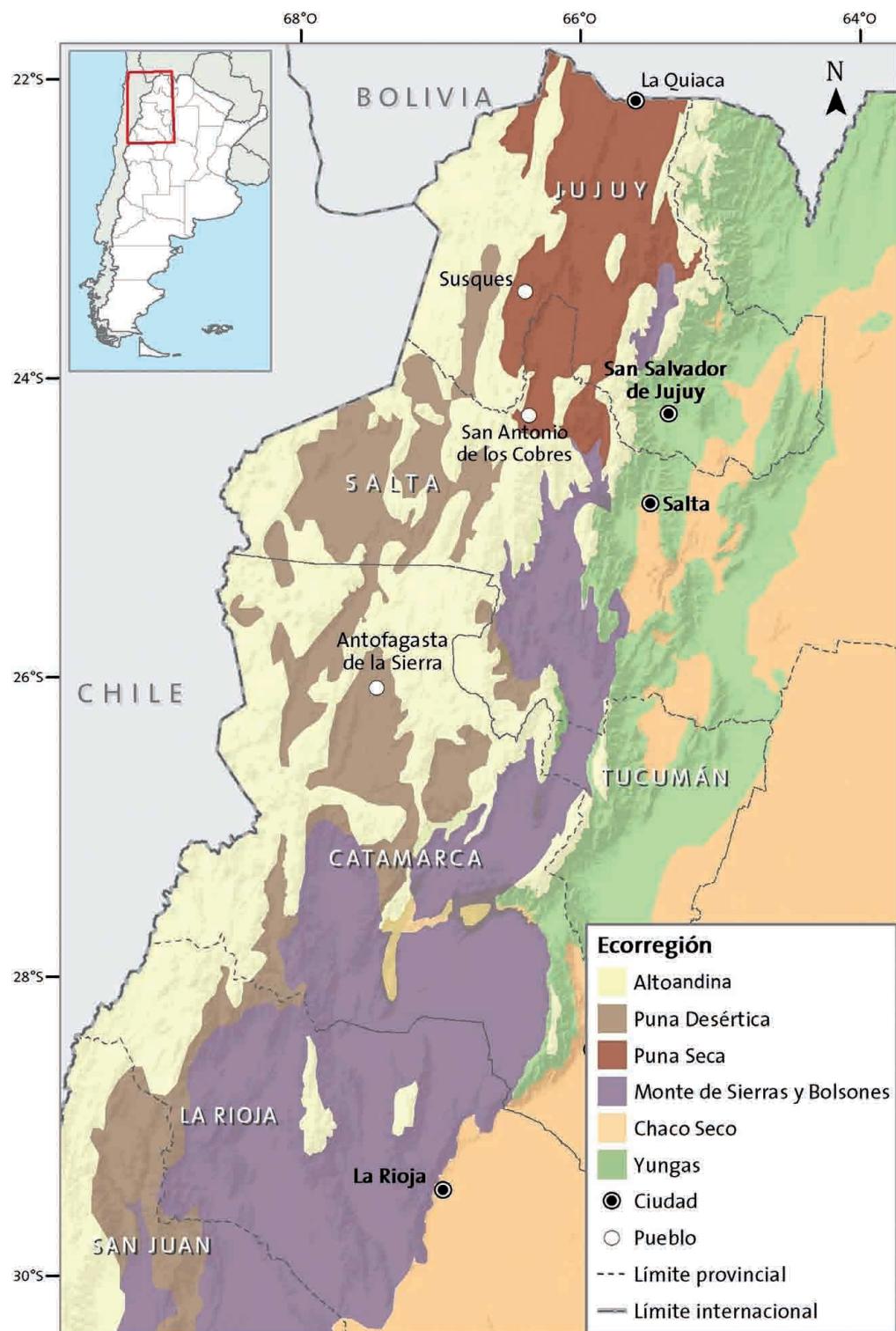


Figura 1. Ecorregiones del noroeste argentino, tomando como base Brown y Pacheco (2006), ajustado en base a observaciones de campo durante la realización de este trabajo.

(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 *Parastrepbia 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*; esporal), 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).

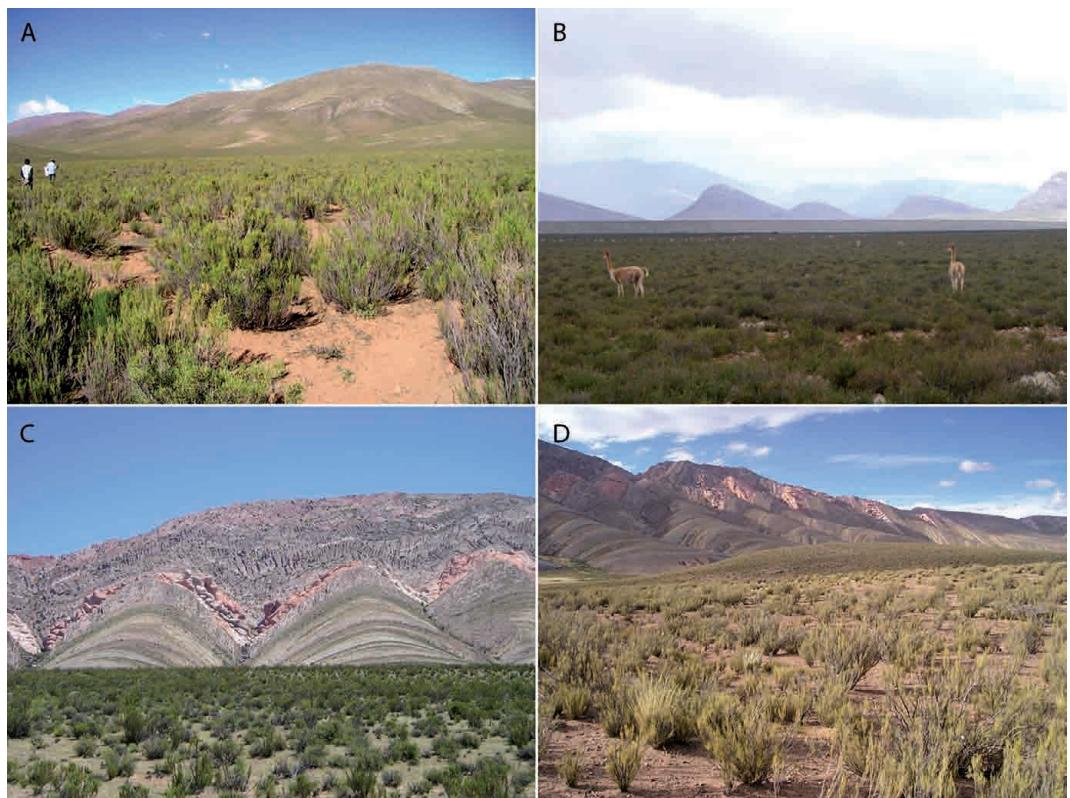


Figura 2. Puna seca. **A.** Estepa arbustiva dominada por *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis*, Suripugio, Jujuy 3700 msnm; **B.** Estepa arbustiva dominada por *Baccharis boliviensis*, Yavi, Jujuy, 3600 msnm; **C.** Estepa arbustiva dominada por *Adesmia horrida* y *Tetraglochin cristatum*, Tres 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, cardinales 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 bosquecitos 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 *Chenopodium 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 Rachaita, 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 Rachaita, o la quebrada de Susques, crecen en laderas de mucha pendiente y con exposición norte o noreste en el mismo corazón de la

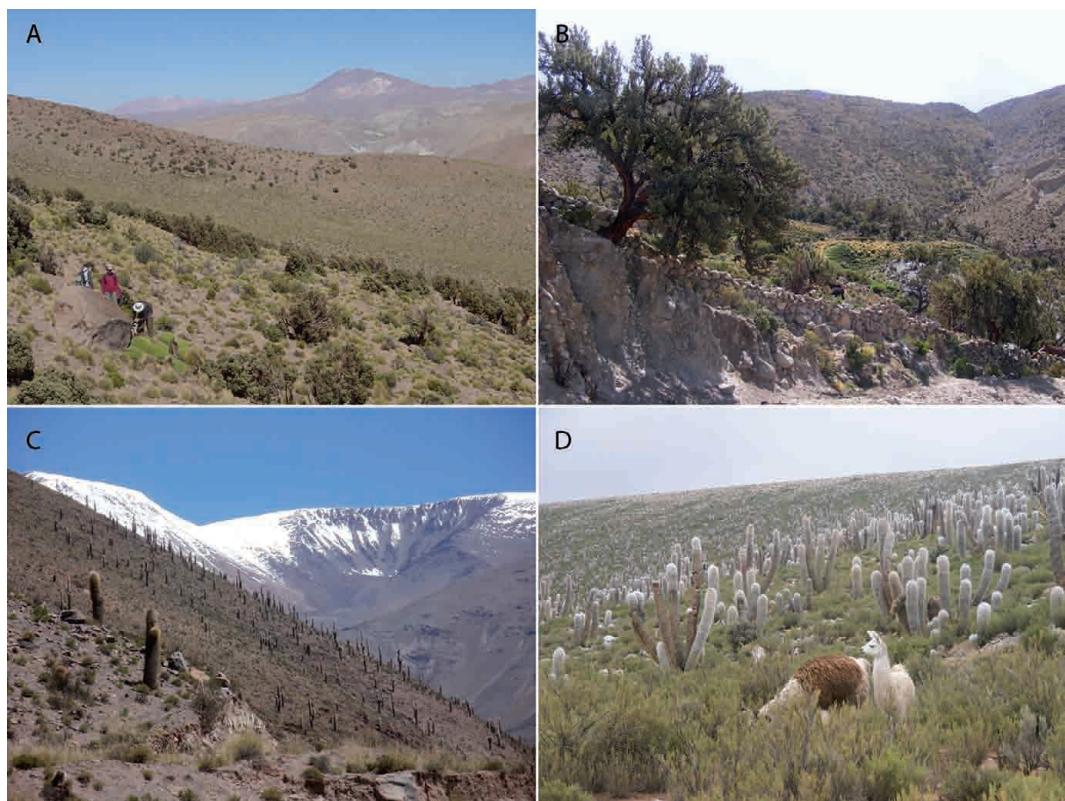


Figura 4. Queñoales y cardonales. **A.** Bosquecitos de *Polylepis tarapacana*, Puca Cueva, Jujuy, 4400 msnm; **B.** Bosquecitos de *Polylepis tomentella*, Abra de Rachaita, Jujuy, 4000 msnm; **C.** Cardonal de *Trichocereus atacamensis*, ruta a San Antonio de los Cobres, Salta, 3800 msnm; **D.** Cardonal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

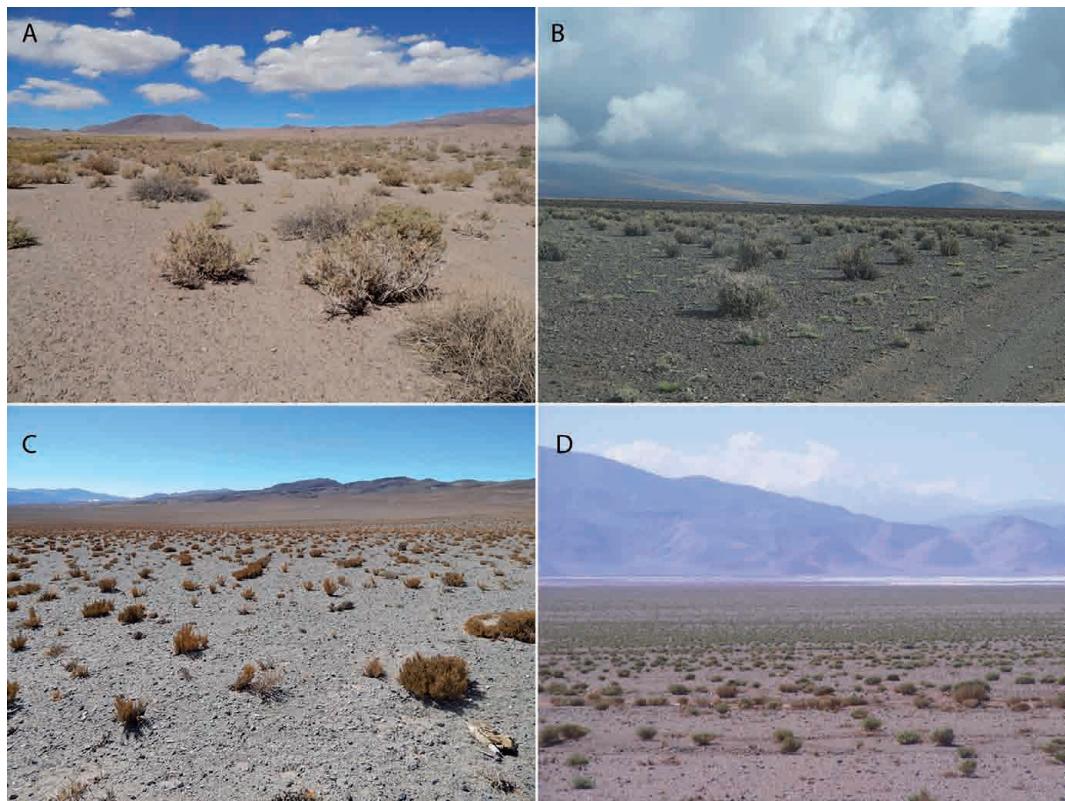


Figura 5. Puna desértica. **A.** Arbustal *Aloysia deserticola* (=*Acantholippia deserticola*), Antofagasta de la Sierra, Catamarca, 3100 msnm; **B.** Arbustal de *Lycium chañar*, San Guillermo, San Juan, 3600 msnm; **C.** Arbustal de *Fabiana densa*, *Junelia seriphiooides* y *Adesmia horrida*, cuenca 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 seriphiooides* 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), Táalamo *et al.* (2010), Vervoort (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 depresos 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.

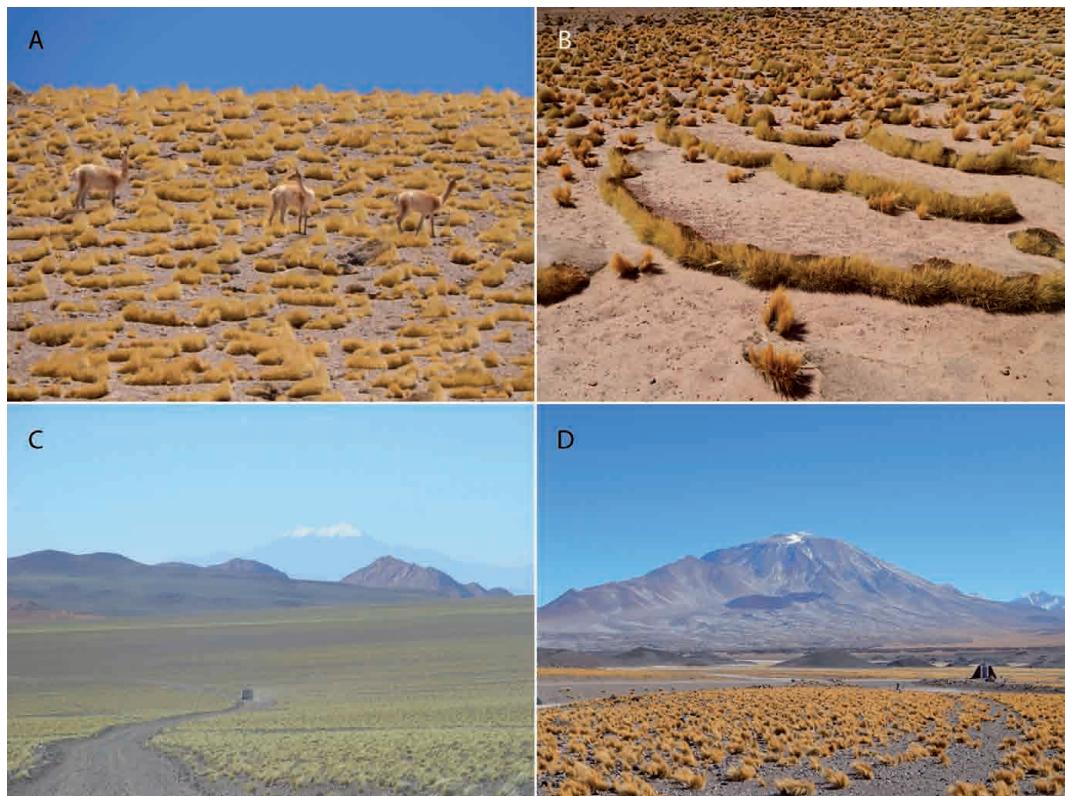


Figura 7. Pastizales altoandinos. **A-B.** Pastizal de *iro* (*Festuca ortophylla*), quebrada de Real Grande, Antofagasta de la Sierra, Catamarca, 4300 msnm; **C.** Pastizal de *Pappostipa frigida*, bajada de Tebenquíncho a Arizaro, Catamarca, 4200 msnm; **D.** Pastizal de *Deyeuxia* cf. *crispa*, ruta 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*, *Calandrinia*, 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 cabrerae*, *Pappostipa hieronymusii*, a veces alternan arbustos de *Baccharis tola* (= *Baccharis incarum*; lejía), *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*, *Tetraglochyn 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 boliviiana* (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 boliviiana*, cuenca de Laguna Grande, Catamarca, 4300 m; **D.** *Ephedra* sp., El Peñón, 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 *cryptoerubetum* 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 *cryptoerubetum* 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., *Nototrichie* sp., *Azorella* sp., *Junellia arietiooides* 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

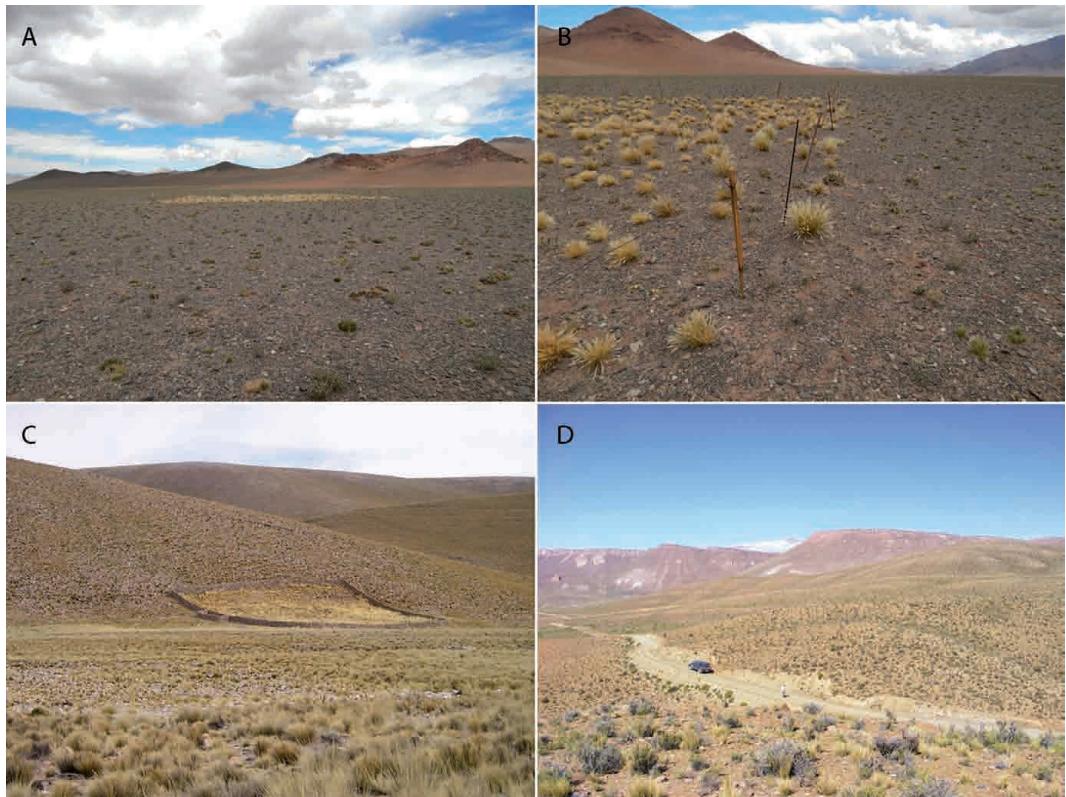


Figura 10. Efecto del pastoreo. **A-B.** Clausura experimental, Parque Nacional San Guillermo, San Juan, 3500 msnm; **C.** Clausura tradicional, Viscachani, Jujuy, 4100 msnm. El pastizal de *Festuca* es transformado localmente en arbustal de *Baccharis tola*; **D.** Arbustal puneño con pastos intercaladas, 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 descriptas 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 salares, hay predominio de especies halófitas, como *Nitrophilla australis* o *Triglochin coccinea*. 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 unas de sus principales amenazas.

EFFECTO 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 (Quiróga 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 Buzzza, 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-Andean

- dean (central and southern Perú, western Bolivia, northern Chile and north-western 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., Casagranda 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.
- Vervoort 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.

Box ▶ Ángel Cabrera y la Puna

Brown, Alejandro D.

Fundación ProYungas, Perú 1180, (4107) Yerba Buena, Tucumán. Email: abrown@proyungas.org.ar

«La Provincia Punaña se extiende, en la Argentina, por las mesetas y montañas del noroeste, entre los 3400 y los 4500 metros de altura, desde el límite con Bolivia hasta el noroeste de Mendoza, donde desciende a unos 2000 m de altura sobre el mar. Sus suelos son inmaduros, y su clima frío y seco. La temperatura media oscila entre 7.5 y 9.9 grados centígrados, y la precipitación, que disminuye rápidamente de este a oeste, varía desde 324 mm en La Quiaca a 103 mm en San Antonio de los Cobres y casi cero en el límite con Chile. El tipo de vegetación dominante es la estepa arbustiva, pero también hay estepas herbáceas, vegas, etc. Hay una gran abundancia de arbustos áfilos o con hojas reducidas, plantas resinosas y, en general, formas altamente xerófilas... la agricultura es casi nula y se reduce

a pequeñas chacras en las quebradas donde se cultiva maíz y quinoa... en la zona oriental hay ganadería, criándose ovejas y llamas».

Esta sencilla y precisa descripción de la Puna corresponde a uno de los botánicos más importantes de Argentina, el Dr. Ángel L. Cabrera (Figura 1), autor de la Fitogeografía Argentina (Cabrera, 1971), obra consultada por miles de estudiantes, profesores, redactores de Estudio de Impacto Ambiental, etc., por espacio de muchas décadas... Lo que quizás menos saben, es que esta obra clásica de la expresión geográfica de la distribución de las plantas de Argentina, fue realizada en su gran mayoría a bordo de un Citroen 3CV!, en el que el Dr. Cabrera cargaba el equipo de campaña, los herbarios y los estudiantes y jóvenes profesionales que lo



Figura 1. Ángel Cabrera y Marta Ronco entre plantas de neneo (*Mulinum spinosum*) en el año 1973, en la Patagonia extraandina.

acompañarían por esas entrañables travesías por todo el país, incluida la Puna.

La Puna y Jujuy en particular, tuvo una especial ensoñación para el Dr. Cabrera; sus extraordinarias dimensiones, la expectativa de encontrar nuevos endemismos en cada quebrada, en cada cima montañosa a la que podía acceder, no dejaban de excitarlo en los repetidos viajes por la región... A propósito decía *«Jujuy constituye un interesantísimo tema de estudio ya explotado por etnógrafos, arqueólogos, musicólogos, geólogos y otros estudiosos de los más diversos temas. Su vegetación ha sido también motivo de atracción para los botánicos y el estudio integral de su flora fue iniciado hace muchos años en el Museo de La Plata y continuado ahora en el Instituto de Botánica Darwinion. Paralelamente con el estudio florístico se ha comenzado el relevamiento fitosociológico de la provincia, relevamiento muy complicado dada la multiplicidad de ambientes que se encuentran»*. Pero no sólo la botánica lo atraía de las inmensidades punéñas... También su gente, taciturna pero

hospitalaria, siempre dispuesta a compartir lo poco que tienen. Es así que muchas veces, para lamento de sus acompañantes, a pesar de estar provistos del equipo de campaña suficiente, el Dr. Cabrera priorizaba «pedir alojamiento» en algún distante y campesino caserío y todos debían compartir el apretujado y a veces no muy higiénico recinto. Posiblemente el acercamiento botánico y humano haya sido el impulso a generar una obra tan vasta de colección y taxonomía de las plantas colección que no interrumpió ni siquiera en su viaje de luna de miel por las montañas salteñas con sencillez y humildad, que han sido sin duda las características más notables que irradiaba a quienes tuvimos la suerte de conocerlo y disfrutar de sus charlas francas y atemporales.

LITERATURA CITADA

Cabrera A. L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 14:1-42.

Box ▶

Musgos del Socompa: islas de vida en el cielo

Halloy, Stephan

Ministry for Primary Industries, Nueva Zelanda. Email: Stephan.Halloy@mpi.govt.nz

Las altas cumbres (más de 5500 a ci. 7000 msnm) que emergen de la Puna desértica (3000-4000 m) escapan a los forzantes macroclimáticos que condicionan un balance hídrico fuertemente negativo, caracterizado por salares y sequedad extrema. Por su altura, las cumbres interceptan y condensan aire húmedo que precipita en ellas, acumulándose en nevés, subsuelos, lagunas y arroyos. Debido a la menor temperatura, disminuye la evaporación, resultando en un balance hídrico al menos levemente positivo. Para-

dójicamente y a pesar de ello, en vez de refugios llenos de plantas, estas cumbres quedan totalmente desprovistas de vegetación, pues el aumento de humedad se contrapone a una disminución de temperatura y de CO₂ disponible para las plantas. A ello se suma que faltan propágulos (semillas, esporas, huevos) de plantas y animales adaptados para colonizar tales ambientes que además de extremos son muy aislados. Por ello, por encima de 5200-5600 las plantas vasculares desaparecen totalmente.

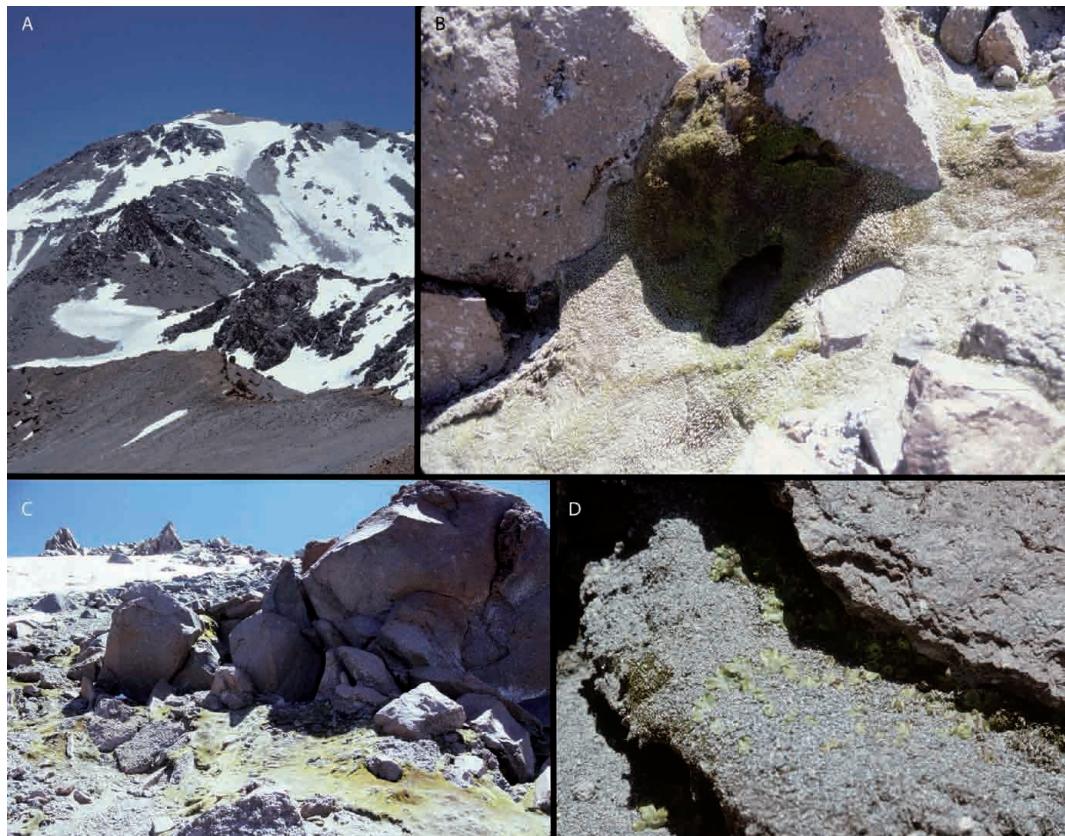


Figura 1. Comunidades de musgos y hepáticas en la cumbre del volcán Socompa, 6060 m. A. Vista general de la zona cumbral. B y C. Agujeros por donde escapa gas caliente y húmedo, presumiblemente aire rico en CO₂. D. Comunidad de hepáticas talosas en una grieta. Fotos de la expedición de noviembre 1983 en Halloy (1991).

Sin embargo, algunos exploradores tempranos reportaron con obvio asombro la presencia de tapices verdes exuberantes a 6000 m en la cumbre del volcán Socompa (Figura 1). Exploraciones desde 1984 en adelante corroboraron la existencia de estas inesperadas comunidades vegetales, con una alta riqueza de especies en pocos metros cuadrados: densas alfombras de musgos, hepáticas, líquenes y algas de varios centímetros de espesor como solo se suelen encontrar cerca de cascadas y como epífitas en bosques de neblina. La parca desolación de la Puna desértica del Atacama no parece lugar para encontrarse con comunidades parientes de los frondosos tapices de musgos de los bosques de neblina, la ceja de montaña, los humedales andinos o los páramos húmedos de los Andes del norte. Sin embargo, los musgos, hepáticas, colémbolos, ensambles de bacterias y otros organismos encontrados parecen más relacionados a esos ambientes que a los de la Puna vecina, e incluyen grupos taxonómicos de mayor nivel totalmente novedosos para la ciencia.

Algunos parches de musgos en la zona de cumbre del Socompa alcanzan a 200 m², sobre un suelo que alcanzaba entre 22 y 31 °C a 10 cm de profundidad. Los parches están situados alrededor de fumarolas que emiten vapor a 9-37 °C, mientras que la temperatura del aire fluctúa entre -12 y 9 °C. Presentan 36 especies diferentes de briofitas pero también hay algas, hongos y líquenes, insectos, un pájaro (*Sicalis olivaceus*) y un roedor (*Phyllotis darwini rupestris* = *Phyllotis xanthopygus rupestris*).

Mucho falta por conocer y entender estas comunidades casi tan remotas como los puntos calientes de los fondos oceánicos. Y mucho falta también para protegerlos adecuadamente de acciones humanas desprevistas que pueden degradarlas con un simple pisoteo.

LITERATURA CITADA

- Halloy S. R. P. 1991. Islands of life at 6000 m altitude - the environment of the highest autotrophic communities on Earth (Socompa Volcano, Andes). *Arctic and Alpine Research*, 23: 247-262.

8 ▶ Estado actual de conocimiento de las aves de la Puna argentina

Oriana Osinaga Acosta¹; Eduardo Martín²⁻³

¹ Instituto de Ecología Regional, Universidad Nacional de Tucumán, y CONICET. CC 34, (4107) Yerba Buena; oriana.osinaga@gmail.com

² Instituto de Genética, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251. San Miguel de Tucumán.

³ Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Naturales e IML, UNT. Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán; eduardomartin76@gmail.com

► **Resumen** — A pesar de las rigurosas condiciones ambientales, la Puna alberga una importante avifauna cuya riqueza se refleja en un endemismo relativamente alto y la presencia de un elevado número de especies migratorias que utilizan sus humedales como sitios de congregación estival. A pesar de ello, los estudios sobre la diversidad de aves de la Puna argentina y la estructura de sus comunidades son aún escasos. Nuestro objetivo fue evaluar el estado de conocimiento actual de la avifauna de la Puna argentina, analizando los factores que determinan su distribución a distintas escalas, su diversidad y estado de conservación. A escala regional la diversidad está explicada por barreras de aislamiento producto del ascenso de los Andes; a menor escala el gradiente longitudinal y las discontinuidades horizontales generan diversidad específica. Compilamos registros de 152 especies, algunas exclusivas de ambientes desérticos, como el picaflor andino castaño, otras características de bosques de *Polylepis* como el coludito puneño y 45 especies que habitan humedales. En Argentina el valor conservación de la avifauna puneña está asociado a 8 especies endémicas, 21 especies migratorias y 19 especies amenazadas. Existen 14 áreas naturales protegidas bajo jurisdicción internacional, nacional, provincial y municipal, que poseen dispar instrumentación y menos del 1% cuenta con protección estricta. Actualmente la expansión de la minería, el cambio climático, el sobrepastoreo de ganado, el uso de leña y los vehículos todo terreno son las amenazas más importantes. La conservación de las aves de la Puna requiere promover la investigación, controlar las amenazas potenciales y fortalecer las áreas naturales.

Palabras clave: Comunidad de aves, riqueza, conservación, Altiplano, Argentina.

► **Abstract** — “Current State of Knowledge about the Argentine Puna Bird”. Despite harsh environmental conditions, the Puna ecoregion harbors an important avifauna, whose richness is reflected to high endemism and the presence of several migratory species, which use the wetlands as congregation sites in summer. However, studies about bird diversity and community structure in the Argentina Puna are scarce. Our aim was to evaluate the current state of knowledge of the avifauna of the Argentine Puna, by analyzing factors that determine its distribution at different scales, their diversity and conservation status. At a regional scale, diversity is explained by isolation barriers due to the emergence of the Andes; at a finer scale the longitudinal gradient and the landscape discontinuities generate specific diversity. Records of 152 species were compiled, some of which are exclusive of desert environments, such as the Wedge-tailed Hillstar; while others were characteristic of *Polylepis* forests, such as the Tawny Tit-Spinetail; while 45 species inhabit wetlands. In Argentina, the conservation value of avifauna in the Puna is associated to 8 endemic species, 21 migratory species and 19 threatened species. The 14 protected natural areas under international, national, provincial and municipal jurisdiction exhibit uneven instrumentation and less than 1% involve strict protection. At present, mining expansion, climate change, cattle overgrazing, firewood extraction and all-terrain vehicles are the most important threats. The conservation of Puna birds requires of further research, the control of potential threats and the strengthening of natural areas.

Keywords: Bird’s community, richness, conservation, Altiplano, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La Puna se encuentra situada en las partes más altas de los Andes Centrales, entre las latitudes 8°S y 30°S aproximadamente, extendiéndose a través del norte de Argentina y Chile, occidente de Bolivia, y centro y sur de Perú donde es denominada Altiplano. En Argentina, se encuentra en parte de las provincias de Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja y San Juan, abarcando aproximadamente 12.500.000 ha, ubicadas por encima de los 3.000 m de altura (Reboratti, 2005).

Es una región fría y árida, expuesta a radiación solar intensa, fuertes vientos y fluctuaciones diarias de temperatura, de hasta 30°C. La temperatura media anual es de 9°C, con escasas precipitaciones que ocurren en verano, las mismas disminuyen progresivamente de norte a sur y de este a oeste (Paoli, 2003). Los valores registrados varían de 50 mm/año en la zona árida (Salta-Catamarca) hasta 350 mm/año en la zona más húmeda (Jujuy) (Paoli, 2003). Los meses de invierno son secos, pero ocasionalmente presentan nevadas originadas por la llegada de aire frío proveniente del Pacífico (Ruthsatz, 2012). Presenta numerosas cuencas principalmente endorreicas, en cuyo nivel de base aparecen parches de vegetación azonal que tienen el aspecto de oasis (Paoli, 2003).

La vegetación dominante es una estepa arbustiva con géneros xerófilos que se transforma en una estepa graminosa al aumentar la altitud; el único hábitat boscoso desarrollado a esta altitud, es un bosque bajo y abierto dominado por *Polylepis* sp. (llamado bosque de queñoa) (Paoli, 2003; Reninson *et al.*, 2013).

A pesar de las rigurosas condiciones ambientales, la Puna mantiene una diversidad biológica única que se caracteriza por endemismo de plantas y animales, albergando especies de aves con características tan diversas como suris, flamencos, patos, jilgueros, catas, cóndores, etc. (Figura 1).

Según Vuilleumier (1969) 64 géneros y 153 especies de aves viven en la Puna/Altiplano, 48 de ellas son endémicas, mientras que otras 21 están catalogadas como «casi endémicas». El mismo autor indica la presen-

cia de 35 especies migratorias, 30 de América del Norte y 5 de América del Sur, que utilizan los humedales de la región como sitios de congregación estival. Esta alta diversidad está explicada por las barreras de aislamiento y los enormes gradientes de elevación sucedidos durante el ascenso de los Andes, donde las presiones selectivas sobre las aves variaron en distancias cortas (Vuilleumier, 1969; Fjeldså, 1993).

Localmente, las especies de aves de la Puna, están asociadas a hábitats particulares como bosques de *Polylepis*, arbustales, pastizales, lagunas, vegas, suelo desnudo o laderas rocosas (Stotz *et al.*, 1996). De estos, los ambientes más estudiados son los bosques de *Polylepis* (Fjeldså, 1985; Fjeldså, 1993; Herzog *et al.*, 2003; Lloyd y Marsden, 2008) y los humedales (Mascitti y Castañera, 2006; Caziani *et al.*, 2007; Derlindati *et al.*, 2014), de los cuales las vegas se empezaron a estudiar más intensamente en los últimos años (Josens *et al.*, 2017). En tanto que el resto de los hábitats y su avifauna asociada han recibido menor atención.

La información publicada sobre la avifauna de la Puna argentina es escasa y está principalmente orientada a la identificación de especies. La mayor parte se encuentra en libros como la Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay (Narosky e Yzurieta, 2010), Aves de la Puna y los Altos Andes del noroeste de Argentina (Rodríguez, 2011), El maravilloso mundo de los animales y plantas de la Puna (Szumik *et al.*, 2016) o en un estudio sobre diversidad de áreas específicas tales como las reservas San Guillermo, Laguna Brava y Laguna Blanca (Cajal, 1998a). Si bien a partir de finales de la década de los noventa, el conocimiento sobre aves acuáticas de la Puna argentina, especialmente flamencos, se incrementó sustancialmente promovido principalmente por la consolidación de iniciativas como el Grupo de Conservación de Flamencos Altoandinos (GCFA), el conocimiento sobre aves terrestres es aún escaso e insuficiente, lo que quedó expuesto con las numerosas novedades ornitológicas provenientes de las exploraciones de los valles y quebradas puneñas,

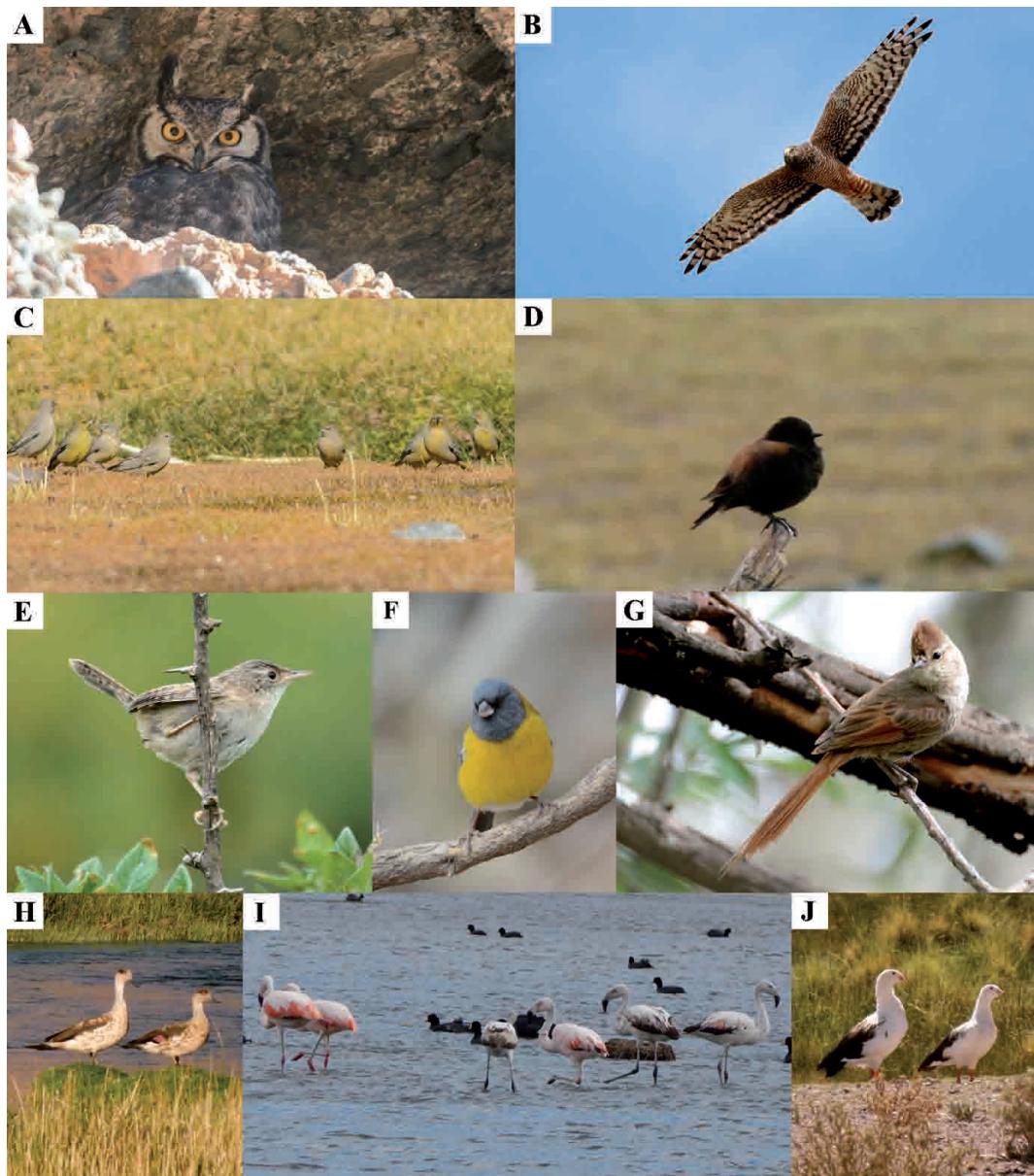


Figura 1. Aves de la Puna. **A.** Tucuqueré (*Bubo virginianus*). **B.** Gavilán ceniciente (*Circus cinereus*). **C.** Jilguero oliváceo (*Sicalis olivascens*). **D.** Sobrepuesto andino (*Lessonia oreas*). **E.** Ratona aperdizada (*Cistothorus platensis*). **F.** Comesobo andino (*Phrygilus gayi*). **G.** Coludito canela (*Leptasthenura fuliginiceps*). **H.** Pato crestón (*Lophonetta specularioides*). **I.** Flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*). **J.** Guayata (*Oressochen melanopterus*) (Fotos: C. Abdala, L. Macchi y R. Aráoz).

realizadas en el proceso de identificación de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA) (Di Giacomo *et al.*, 2007).

Asimismo es notable la falta de estudios ecológicos sobre respuestas de las aves a dis-

turbios naturales y antrópicos, más aun si se considera que la Puna, región clave para la conservación en el Neotrópico (WWF, 2017), fue clasificada como Vulnerable al considerar sus especies amenazadas, especies endé-

micas y las consecuencia de las actividades antropogénicas que se llevan a cabo en la en la región (e.g., extracción de recursos, pastoreo intensivo, proyectos hidráticos y mineros) (Loyola *et al.*, 2009).

En este capítulo se evalúa el estado de conocimiento actual de la avifauna de la Puna argentina a partir de la literatura disponible. Se presenta información sobre: a) la distribución de las especies buscando entender los patrones y procesos que estructuran los ensambles a escala regional, paisajística y local; b) la diversidad presente en función al uso de hábitats y c) el estado de conservación considerando las especies amenazadas; sus amenazas potenciales y los instrumentos legales que aseguran su protección. Finalmente en base a la información generada se sugieren recomendaciones de conservación.

PATRONES ESPACIALES DE DISTRIBUCIÓN

Los factores que potencialmente afectan la distribución y abundancia de las especies en general, pueden ser analizados a diferentes escalas: a) regional, donde se consideran procesos histórico-evolutivos como especiación, endemismos y dispersión geográfica (Vuilleumier y Simberloff, 1980); b) paisaje, donde se considera la heterogeneidad ambiental y la conectividad entre ambientes (With *et al.*, 1997; Girvetz y Greco, 2007); y c) local, donde intervienen factores inherentes al hábitat como la vegetación, la disponibilidad de alimento, refugio y sitios de reproducción, las interacciones entre las especies y los disturbios ambientales (Wiens, 1976).

A escala regional, la hipótesis mayormente aceptada sobre la actual distribución de la avifauna andina, y por ende la de la Puna, postula que la misma sería resultado del ascenso de los Andes y de los ciclos glaciares ocurridos en el Pleistoceno. El ascenso de los Andes habría actuado como vía de dispersión, que involucró la ocupación de nuevos hábitats disponibles a partir de distintas rutas de colonización. Luego, en el período glacial, la aparición de lagos y gla-

ciarios podría haber generado discontinuidad de los ambientes puneños, restringiendo el área, fragmentando poblaciones y generando procesos de diferenciación y especiación. Finalmente, durante el período interglacial se habría restablecido la superficie continua, permitiendo nuevamente el contacto de las especies, lo que habría producido el alto grado de simpatría hoy observado (Vuilleumier y Simberloff, 1980; Vuilleumier, 1983). Es importante señalar que dicha hipótesis debería ser reevaluada a la luz de la nueva información paleoclimatológica y los nuevos conocimientos sobre los mecanismos que impulsan el cambio climático global (García Moreno y Fjeldså, 2000).

A escala de paisaje, la Puna presenta principalmente dos características que influyen fuertemente en la diversidad de la avifauna. Por un lado el gradiente longitudinal que provoca una amplia heterogeneidad ambiental desde condiciones desérticas en el oeste hacia condiciones más húmedas en el este y norte (Reboratti, 2005) y por otro la existencia de numerosos humedales que además de ser ambientes completamente distintos a la matriz circundante son especialmente particulares y diferentes entre sí (e.g., lagunas salobres, lagunas de agua dulce, bofedales, vegas con cursos de agua permanente y temporales, salares, entre otros) (Caziani y Derlindati, 1999; Izquierdo *et al.*, 2016).

A escala local, las características estructurales y florísticas de la vegetación están estrechamente relacionadas con el hábitat que seleccionan las aves para residir, debido a su asociación con recursos críticos (e.g., alimento, sitios de nidificación) y con la protección contra climas adversos, predación y/o parasitismo de las nidadas (Cody, 1981). En ambientes con poca complejidad vertical de vegetación, como la Puna, las discontinuidades horizontales del ambiente juegan un papel preponderante en la diversidad de especies de aves (Wiens, 1976), razón por la cual los humedales y su periferia se constituyen en centros de alta diversidad y densidad de aves (Vides Almonacid, 1990). Por otra parte, en las zonas áridas, la disponibilidad de agua utilizable por las aves se constituye en un

factor causal que determina la organización de las comunidades ecológicas (Blendinger, 2005).

DIVERSIDAD DE AVES

Se recopilaron registros de 190 especies de aves para la Puna argentina (Olrog, 1984; Olrog y Caplonch, 1986; Cajal, 1998a; Burgos *et al.*, 2009; Narosky e Yzurieta, 2010; Rodríguez, 2011; Moschione *et al.*, 2012; Jossens *et al.*, 2017). Debido a que en general la bibliografía utilizada no es específica para la Puna, se consideraron únicamente los registros mencionados al menos en dos de las citas consultadas, con el objetivo de aumentar la precisión de la información recopilada. Por esta razón, se analizaron 38 especies que presentaron registros únicos, que finalmente no fueron consideradas en la lista de especies confeccionada en este trabajo.

De esta forma, se consideran 152 especies válidas, las que constituyen el 5% de las especies de aves presentes en territorio argentino. Las mismas pertenecen a 34 familias representadas entre 1 y 23 especies; siendo la familia de los horneros (Furnariidae) la que presenta mayor riqueza con 23 especies, seguida por los tangaras (Thraupidae) con 19 y las viuditas (Tyrannidae) con 16 (Figura 2). Los ñandúes (Rheidae),

garzas (Ardeidae), bandurrias (Threskiornithidae), atajacaminos (Caprimulgidae), vencejos (Apodidae), carpinteros (Picidae), zorzales (Turdidae) y cardenales (Emberizidae) presentaron una sola especie.

PATRONES GENERALES DE DISTRIBUCIÓN ECOLÓGICA

Los patrones de distribución ecológica descritos en la literatura para estas especies muestran que 67% de las mismas se encuentran asociadas a ambientes desérticos, 30% a distintos tipos de humedales y 3% a bosques de *Polylepis* (Figura 3).

AMBIENTES DESÉRTICOS

De las 152 especies registradas, 103 utilizan predominantemente los ambientes desérticos puneños (Figura 3), de estas, 81 están asociadas a hábitats característicos de la región como estepas arbustivas y gramíneas, roquedales, médanos de arena y suelo desnudo; en tanto que las 22 especies restantes presentan una distribución más amplia, que excede a la Puna (Narosky e Yzurieta, 2010). Las familias con mayor presencia de especies en estos ambientes son los horneros (Furnariidae) con 18 especies, los tangaras (Thraupidae) con 17 y las viuditas (Tyrannidae) con 14 (Tabla 1).

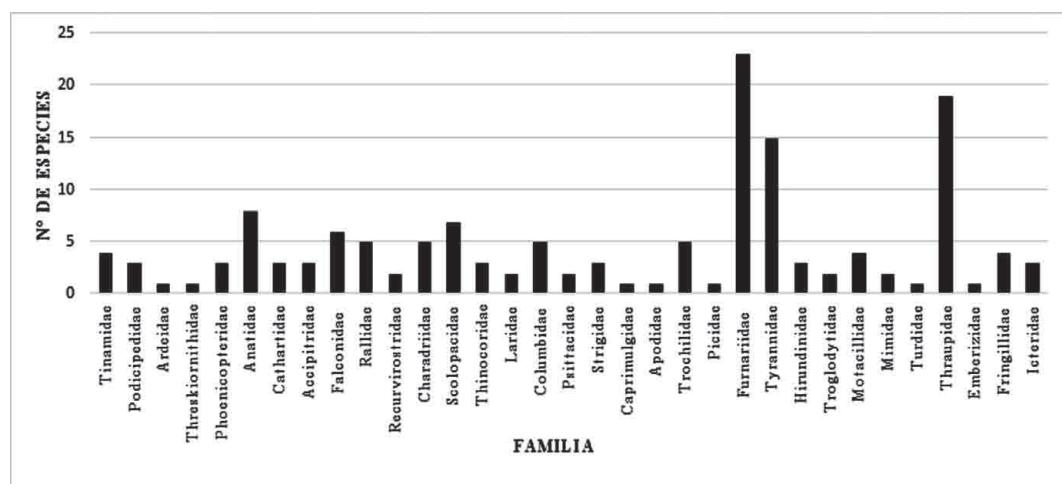


Figura 2. Número de especies por familia presentes en la Puna argentina. No se graficaron las familias representadas por una sola especie.

Tabla 1. Lista de aves de la Puna argentina. Familia y especies, según Remsen *et al.* (2018). Status migratorio, según del Hoyo *et al.* (2017) (R: residente; MP: migrante panamericana, MI: migrante intratropical, MT: migración entre los lugares templados de cría de América del Sur y el trópico). Hábitat y nombre común, según Narosky y Izurieta (2010) (AA: ambientes acuáticos, aa: arroyos altoandinos, AD: ambientes diversos, AR: ambientes rurales, EA: estepas altoandinas, J: juncales, LA: lagunas altoandinas, PA: pastizales de altura, PP: pre-puna TAA: territorios áridos altoandinos, VA: vegas altoandinas). *Presencia hipotética para la República Argentina (MAYDS y AA, 2017). **Su distribución no abarcaría la Puna (Areta *et al.*, 2012); (E) Taxón endémico de la Argentina; (e) Taxón endémico de la Puna.

Nombre común	Familia / Especie	Estatus migratorio	Hábitat
— Rheidae —			
Choique	<i>Rhea pennata</i>	R	EA
— Tinamidae —			
Inambú serrano	<i>Nothoprocta ornata</i>	R	EA, PP
Inambú silbón	<i>Nothoprocta pentlandii</i>	R	PA
Quiula puneña	<i>Tinamotis pentlandii</i>	R	EA
— Podicipedidae —			
Macá común	<i>Rollandia rolland</i>	R	AA
Macá pláteado	<i>Podiceps occipitalis</i>	R	AA
Macá pico grueso	<i>Podilymbus podiceps</i>	R	AA
— Ardeidae —			
Garza bruja	<i>Nycticorax nycticorax</i>	R	AA
— Threskiornithidae —			
Cuervillo puneño	<i>Plegadis ridgwayi</i> (e)	R	AA
— Phoenicopteridae —			
Flamenco austral	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	MI	AA
Parina grande	<i>Phoenicoparrus andinus</i> (e)	MI	LA
Parina chica	<i>Phoenicoparrus jamesi</i> (e)	MI	LA
— Anatidae —			
Guayata	<i>Oressochen melanopterus</i>	R	LA
Pato crestón	<i>Lophonetta specularioides</i>	R	AA
Pato maicero	<i>Anas georgica</i>	R	AA
Pato barcino	<i>Anas flavirostris</i>	R	AA
Pato colorado	<i>Anas cyanoptera</i>	R	AA
Pato puna	<i>Anas puna</i> (e)	R	LA
Pato castaño	<i>Netta erythrophthalma</i>	R	LA
Pato zambullidor grande	<i>Oxyura jamaicensis</i>	R	AA
— Cathartidae —			
Cónedor andino	<i>Vultur gryphus</i>	R	EA, PA, TAA
Jote cabeza colorada	<i>Cathartes aura</i>	R	DA
Jote cabeza negra	<i>Coragyps atratus</i>	R	DA
— Accipitridae —			
Águila mora	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	R	DA
Gavilán ceniciente	<i>Circus cinereus</i>	R	DA
Aguilucho común	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	R	DA
— Falconidae —			
Matamico andino	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	R	EA
Carancho	<i>Caracara plancus</i>	R	DA
Chimango	<i>Milvago chimango</i>	R	DA
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	R	DA
Halcón plomizo	<i>Falco femoralis</i>	R	DA
Halconcito colorado	<i>Falco sparverius</i>	R	DA

Tabla 1 (cont.).

Nombre común	Familia / Especie	Estatus migratorio	Hábitat
— Rallidae —			
Gallineta común	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	R	AA
Gallareta gigante	<i>Fulica gigantea</i>	R	LA
Gallareta cornuda	<i>Fulica cornuta</i>	R	LA
Gallareta andina	<i>Fulica ardesiaca</i>	MP	LA
Pollona negra	<i>Gallinula galeata</i>	R	AA
— Recurvirostridae —			
Avoceta andina	<i>Recurvirostra andina</i> (e)	R	LA
Tero real	<i>Himantopus mexicanus</i>	MP	AA
— Charadriidae —			
Tero común	<i>Vanellus chilensis</i>	R	DA
Tero serrano	<i>Vanellus resplendens</i>	R	LA, PA
Chorlo cabecón	<i>Oreopholus ruficollis</i>	R	EA
Chorlito puneño	<i>Charadrius alticola</i> (e)	R	LA
Chorlito de vincha	<i>Phegornis mitchellii</i>	R	VA
— Scolopacidae —			
Pitotoy grande	<i>Tringa melanoleuca</i>	MP	AA
Pitotoy chico	<i>Tringa flavipes</i>	MP	AA
Pitotoy solitario	<i>Tringa solitaria</i>	MP	AA
Playerito pectoral	<i>Calidris melanotos</i>	MP	AA
Playerito unicolor	<i>Calidris bairdii</i>	MP	AA
Becasina de la puna	<i>Gallinago andina</i> (e)	R	VA
Falaropo común	<i>Phalaropus tricolor</i>	MP	AA
— Thinocoridae —			
Agachona de collar chica	<i>Thinocorus rumicivorus</i>	MT	EA, VA, LA
Agachona de collar	<i>Thinocorus orbignyianus</i>	R	EA, VA
Agachona grande	<i>Attagis gayi</i>	R	EA
— Laridae —			
Gaviota andina	<i>Chroicocephalus serranus</i>	R	AA
Gaviota chica	<i>Leucophaeus pipixcan</i>	MP	AA
— Columbidae —			
Torcaza	<i>Zenaida auriculata</i>	R	DA
Palomita cordillerana	<i>Metriopelia melanoptera</i>	R	EA, TAA
Palomita dorada	<i>Metriopelia ayvara</i>	R	EA, TAA
Palomita ojo desnudo	<i>Metriopelia morenoi</i> (E)	R	EA, TAA
Palomita moteada	<i>Metriopelia ceciliae</i>	R	EA, TAA
— Psittacidae —			
Catita serrana grande	<i>Psilopsiagon aymara</i>	R	EA, PP
Catita serrana chica	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	R	EA, PP
— Strigidae —			
Tucuqueré	<i>Bubo virginianus</i>	R	EA, PA
Lechucita de la vizcachera	<i>Athene cunicularia</i>	R	EA, AR
Lechuzón de campo	<i>Asio flammeus</i>	R	EA, AR
— Caprimulgidae —			
Atajacaminos ñañarca	<i>Systellura longirostris</i>	R	DA
— Apodidae —			
Vencejo blanco	<i>Aeronautes andecolus</i>	R	EA, PA
— Trochilidae —			
Picaflor andino	<i>Oreotrochilus leucopleurus</i>	R	EA
Picaflor puneño	<i>Oreotrochilus estella</i>	R	EA

Tabla 1 (cont.).

Nombre común	Familia / Especie	Estatus migratorio	Hábitat
Picaflor colorado	<i>Oreotrochilus adela</i>	R	EA
Colibrí grande	<i>Colibri coruscans</i>	R	PP
Picaflor gigante	<i>Patagona gigas</i>	MI	EA, AR
— Picidae —			
Carpintero andino	<i>Colaptes rupicola</i>	R	EA, PA, PP
— Furnariidae —			
Caminera colorada	<i>Geositta rufipennis</i>	R	EA
Caminera grande	<i>Geositta isabellina</i>	R	EA
Caminera común	<i>Geositta cunicularia</i>	R	EA
Caminera puneña	<i>Geositta punensis</i>	R	EA
Caminera picuda	<i>Geositta tenuirostris</i>	R	EA
Bandurrita andina	<i>Upucerthia validirostris</i>	R	EA
Bandurrita común	<i>Upucerthia dumetaria</i>	R	EA
Bandurrita cola castaña	<i>Ochetorhynchus andaecola</i>	R	EA
Bandurrita pico recto	<i>Ochetorhynchus ruficaudus</i>	R	EA
Remolinera castaña	<i>Cinclodes atacamensis</i>	R	Aa
Remolinera común	<i>Cinclodes fuscus</i>	R	aa, LA
Junquero	<i>Phleocryptes melanops</i>	R	J
Canastero andino	<i>Asthenes heterura</i>	R	BQ, EA
Canastero castaño	<i>Pseudasthenes steinbachi**</i>	R	EA
Canastero rojizo	<i>Asthenes dorbignyi</i>	R	EA
Canastero pálido	<i>Asthenes modesta</i>	R	EA
Espartillero serrano	<i>Asthenes sclateri</i>	R	PA
Espartillero estriado	<i>Asthenes maculicauda</i>	R	EA
Cachalote pardo	<i>Pseudoseisura gutturalis</i>	R	EA
Coludito canela	<i>Leptasthenura fuliginiceps</i>	R	EA
Coludito puneño	<i>Leptasthenura yanacensis</i>	R	BQ
Coludito cola negra	<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	R	EA
Espinero andino	<i>Phacellodomus striaticeps</i>	R	PA
— Tyrannidae —			
Pitajo canela	<i>Ochthoeca oenanthonoides</i>	R	EA, PP
Sobrepuerto andino	<i>Lessonia oreas</i>	R	LA, VA
Cachudito pico negro	<i>Anairetes parulus</i>	R	EA
Birro gris	<i>Polioxolmis rufipennis</i>	R	BQ, EA
Gaucho común	<i>Agriornis micropterus</i>	R	EA
Gaucho andino	<i>Agriornis albicauda</i>	R	EA
Gaucho serrano	<i>Agriornis montanus</i>	R	EA, PP
Dormilona chica	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	R	EA, PP
Dormilona gris	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	R	EA, aa
Dormilona puneña	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	R	EA, VA
Dormilona ceja blanca	<i>Muscisaxicola albilonra</i>	MT	EA, aa
Dormilona canela	<i>Muscisaxicola capistratus</i>	MT	PA
Dormilona fraile	<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	MT	EA, VA
Dormilona cara negra	<i>Muscisaxicola maclovianus</i>	MT	EA, VA
Dormilona frente negra	<i>Muscisaxicola frontalis</i>	MT	EA
Dormilona cenicienta	<i>Muscisaxicola cinereus</i>	R	EA, PP, aa
— Hirundinidae —			
Golondrina barranquera	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	R	DA
Golondrina tijereta	<i>Hirundo rustica</i>	MP	AA, AR
Golondrina andina	<i>Orochelidon andecola</i>	R	AA

Tabla 1 (cont.).

Cuencas	Familia / Especie	Status migratorio	Hábitat
— Troglodytidae —			
Ratona común	<i>Troglodytes aedon</i>	R	DA
Ratona aperdizada	<i>Cistothorus platensis</i>	R	PA
— Turdidae —			
Zorzal chiguancó	<i>Turdus chiguancó</i>	R	DA
— Mimidae —			
Calandria castaña	<i>Mimus dorsalis</i>	R	PP
Calandria mora	<i>Mimus patagonicus</i>	MT	EA
— Motacillidae —			
Cachirla uña corta	<i>Anthus furcatus</i>	R	DA
Cachirla común	<i>Anthus correndera</i>	R	DA
Cachirla pálida	<i>Anthus hellmayri</i>	R	DA
Cachirla andina	<i>Anthus bogotensis</i>	R	PA, EA
— Thraupidae —			
Yal platero	<i>Phrygilus alaudinus</i>	R	EA, PA
Yal plomizo	<i>Phrygilus unicolor</i>	R	EA, PA
Yal chico	<i>Phrygilus plebejus</i>	R	EA
Yal negro	<i>Phrygilus fruticeti</i>	R	EA
Yal grande	<i>Idiopsar brachyurus</i>	R	EA
Comezebo puneño	<i>Phrygilus dorsalis</i>	R	EA
Comezebo andino	<i>Phrygilus gayi</i>	R	TAA
Comezebo cabeza negra	<i>Phrygilus atriceps</i>	R	EA, PP
Saí grande	<i>Conirostrum binghami*</i>	R	BQ
Jilguero cara gris	<i>Sicalis uropygialis</i>	R	EA, PP
Jilguero corona gris	<i>Sicalis luteocephala</i>	R	EA
Jilguero oliváceo	<i>Sicalis olivascens</i>	R	EA, PP
Jilguero grande	<i>Sicalis auriventris</i>	R	EA
Jilguero puneño	<i>Sicalis lutea</i>	R	EA, PP
Monterita pecho gris	<i>Poospiza hypochondria</i>	R	EA, PA
Piquito de oro común	<i>Catamenia analis</i>	R	EA, PA
Piquito de oro grande	<i>Catamenia inornata</i>	R	EA
Diuca común	<i>Diuca diuca</i>	R	EA, PP
Diuca ala blanca	<i>Diuca speculifera*</i>	R	VA
— Emberizidae —			
Chingolo	<i>Zonotrichia capensis</i>	R	DA
— Icteridae —			
Tordo renegrido	<i>Molothrus bonariensis</i>	R	DA
Varillero ala amarilla	<i>Agelaius thilius</i>	R	AA
Loica común	<i>Sturnella loyca</i>	R	EA, A
— Fringillidae —			
Cabecitanegra común	<i>Spinus magellanicus</i>	R	DA
Cabecitanegra picudo	<i>Spinus crassirostris</i>	R	EA
Negrillo	<i>Spinus atratus</i>	R	EA
Cabecitanegra andino	<i>Spinus uropygialis</i>	R	EA

Dentro de este ambiente, los valles puneños de Yavi y de Yavi Chico, (extremo norte de Jujuy) juegan un papel importante para la avifauna de la Puna argentina al representar características similares al Altiplano hú-

medo típico de Bolivia, pero a menor altura. En estos valles, se han descubierto especies prácticamente exclusivas para el área, como el picaflor andino castaño (para referencias de nombres científicos ver Tabla 1), o pobla-

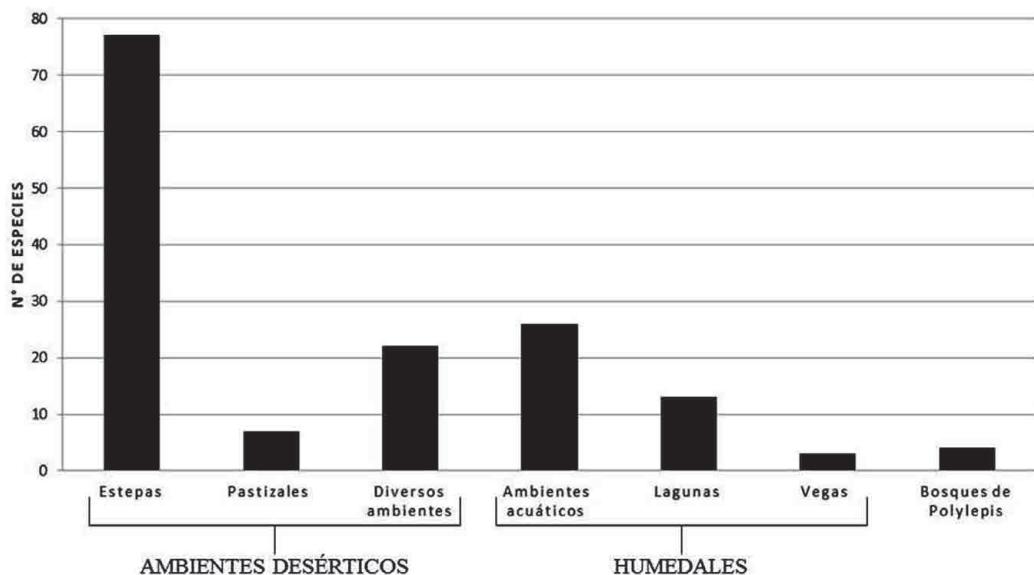


Figura 3. Distribución de la riqueza de especies de aves de la Puna argentina por tipos de hábitat usados preponderantemente (con base en Narosky e Yzurieta, 2010).

ciones densas de especies que son escasas en otros sitios como el jilguero corona gris y la palomita moteada (Moschione, 2007).

La información disponible sobre las especies que utilizan este tipo de hábitat se limita casi exclusivamente a listas de especies, por lo que el vacío de información ofrece un interesante campo de estudio en relación a su ecología y evolución (e.g., competencia, utilización de recursos, coexistencia entre especies similares, mecanismos de aislamiento reproductivo), más aun si consideramos que algunas especies congéneres presentan alto grado de simpatría, entre 30 y 36% según Vuilleumier y Simberloff (1980), principalmente en las familias Furnariidae (e.g., *Geositta* y *Upucerthia*) y Thraupidae (e.g., *Phrygilus* y *Sicalis*).

HUMEDALES

La mayor parte de la Puna (salvo su sector norte) constituye un conjunto de cuencas arreicas, que forman humedales (e.g., lagos, ríos, pastizales húmedos, vegas, bofedales y turberas) con características muy variables en cuanto a sus particularidades físicas, espaciales y temporales (Caziani y Derlindati,

1999; Reboratti, 2005; Jossens *et al.*, 2017). Estas particularidades generan heterogeneidad ambiental que proveen diferentes microhábitats, recursos y funciones para las especies que los habitan (Fjeldså y Krabbe, 1990; Izquierdo y Grau, 2009; Izquierdo *et al.*, 2016; Izquierdo *et al.*, en este volumen). Esta característica lleva a que los humedales en la Puna funcionen como centros de alta diversidad y densidad de aves (Vides Almonacid, 1990).

De las 152 especies recopiladas, 45 utilizan los humedales como hábitat específico (Figura 3), las cuales representan a 13 familias, siendo las de mayor presencia de especies la de los patos (Anatidae) con nueve, los playeros (Scolopacidae) con siete y los flamencos (Phoenicopteridae) con las tres especies existentes registradas para Argentina (Tabla 1). Es importante señalar que además de estas 45 especies, la mayoría de las aves de la Puna, son encontradas en los humedales o en sus zonas de influencia, utilizando los recursos de agua, alimento, refugio, etc. generados por los mismos (Jossens *et al.*, 2017).

BOSQUES DE *POLYLEPIS*

Los bosques del género *Polylepis* caracterizan las regiones montañosas más altas de Sudamérica y se distribuyen en pequeños parches, principalmente restringidos a barrancos y afloramientos rocosos; distribución atribuida a la larga historia de actividades humanas realizadas en la región (Fjeldså y Kessler, 1996; Reninson *et al.*, 2013). En consecuencia, estos bosques están considerados como uno de los tipos de vegetación neotropical más amenazados (Jameson y Ramsay, 2007). A pesar de su extensión limitada y distribución irregular albergan gran riqueza de especies de aves, incluyendo muchas endemias relativamente bien estudiadas en los Andes tropicales (Fjeldså, 1993; Fjeldså y Kessler, 1996; Herzog *et al.*, 2003; Lloyd y Marsden, 2008).

En la Puna argentina, estos bosques están restringidos exclusivamente a la provincia de Jujuy, principalmente en su extremo norte, en ellos se encuentran dos especies, *Polylepis tomentella* y *P. tarapacana* sobre los que existe escasa información (Reninson *et al.*, 2013). Con relación a la avifauna que los habita, la información disponible está únicamente referida a reportes de presencia de especies características como: el saí grande (Moschione, 2007; Burgos *et al.*, 2009), el canastero andino, el coludito puneño y el birro gris (Narosky y Yzurieta, 2010).

Considerando lo antes expuesto y que Argentina ofrece buenas oportunidades para la conservación y restauración de estos bosques debido a que aún quedan numerosos relictos y en muchas áreas la presión antrópica ha disminuido, especialmente en la Puna (Izquierdo y Grau, 2009; Reninson *et al.*, 2013), resultaría interesante, al menos, evaluar la avifauna asociada a los mismos y sus necesidades de conservación.

ESPECIES ENDÉMICAS

En la región de la Puna existe un endemismo de aves relativamente alto especialmente a nivel de subespecie (*e.g.*, pato colorado y gallineta común, entre otros), el cual posiblemente haya sido generado por

evolución adaptativa a las condiciones climáticas de altura y mantenida por falta de flujo genético a través de los marcados ecosistemas presentes a lo largo de las pendientes andinas (Fjeldså, 1985).

Ocho de las 152 especies registradas, se consideran endémicas de la Puna o Altiplano: el cuervillo puneño, las parinas (grande y chica), el pato puna, el chorlito puneño, la avoceta andina, la becasina de la puna y la palomita de ojo desnudo (Fjeldså, 1985). De ellas la última, es la única especie exclusivamente endémica de la Puna argentina (BirdLife International, 2012; MARYDS y AA, 2017).

Estas especies, sumadas a un grupo que presentan una amplia distribución en tierras bajas con subespecies puneñas moderadamente bien definidas (Fjeldså, 1985), han hecho que la región andina norte de Argentina, donde está incluida la Puna, esté considerada como una de las 221 áreas del mundo con endemismos de aves prioritarias para la conservación (Bibby *et al.*, 1992).

ESPECIES MIGRATORIAS

El 14% de las especies de aves de la Puna argentina realizan algún tipo de desplazamiento migratorio y la mayoría de ellas se encuentra asociada a humedales (Figura 4). Siguiendo la clasificación de migración de aves propuesta por Cueto *et al.* (2015), 11 especies realizan migraciones panamericanas (MP), es decir que nidifican en América del Norte y en sus movimientos migratorios llegan a América Central y del Sur, estas aves se observan en la Puna desde fines de la primavera hasta el inicio del otoño. Realizan estas migraciones: la gallareta andina, el tero real, los pitotoy (grande, chico y solitario), los playeritos (pectoral y unicolor), el falaropo común, la gaviota chica, el halcón peregrino y la golondrina tijereta (del Hoyo *et al.*, 2017). Siete especies realizan migraciones entre los lugares templados de cría de América del Sur y el trópico (MT), es decir que nidifican en el sur del continente y/o en las costas patagónicas en la primavera y verano austral y pasan la época invernal en la Puna. Ellas son: la agachona de collar

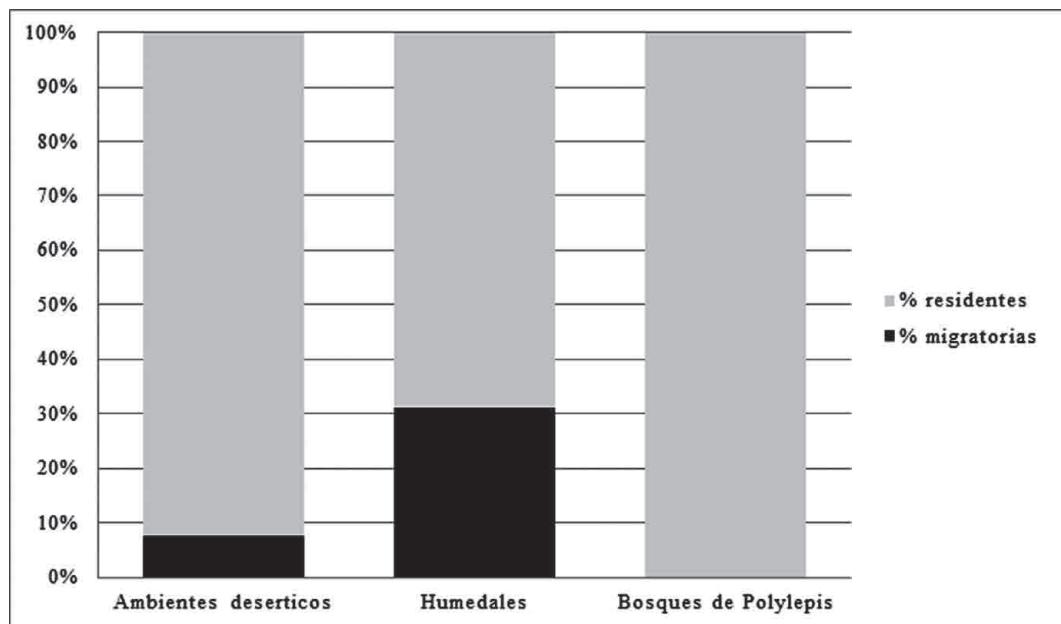


Figura 4. Distribución de la riqueza de especies de aves de la Puna argentina, en porcentaje, de acuerdo a su estatus de residencia, considerando los distintos tipos de hábitat utilizados.

chica, las dormilonas (frente negra, canela, ceja blanca, fraile, cara negra) y la calandria mora (del Hoyo *et al.*, 2017). Finalmente, las parinas grande y chica, el flamenco austral y el picaflor gigante, efectúan migraciones intratropicales (MI), realizando desplazamientos altitudinales regulares en busca de áreas de alimentación más adecuadas (del Hoyo *et al.*, 2017).

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Según autoridades nacionales (MAyDS y AA, 2017) e Internacionales (IUCN, 2015) ocho especies de la Puna argentina se encuentran en alguna categoría de amenaza de extinción (amenazadas o en peligro), además otras 11 se encuentran en estado de vulnerabilidad o cercanas a la amenaza y dos más son insuficientemente conocidas para aplicar los criterios poblacionales necesarios para su categorización (Tabla 2).

Estos resultados indican que al menos las ocho especies amenazadas de extinción (3 en peligro y 5 amenazadas) requieren de un esfuerzo de conservación prioritario a escala nacional y un incremento de estudios téc-

nico-científicos que mejoren la información disponible sobre sus poblaciones y amenazas directas para asegurar la supervivencia de sus poblaciones.

Por otra parte, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), incluye tres especies en el Apéndice I, que abarca aquellas que se encuentran en peligro de extinción cuyo comercio debería realizarse solo bajo condiciones excepcionales y 17 en Apéndice II, que incluye a las que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia (CITES, 2016) (Tabla 2).

SITUACIÓN LEGAL DE CONSERVACIÓN

ÁREAS PROTEGIDAS

La Puna argentina cuenta con un sistema de áreas naturales protegidas compuesto por 14 unidades, bajo jurisdicción internacional, nacional, provincial y municipal (Figura 5), junto a la unidad Altoandina cuenta con las

Tabla 2. Estatus de conservación de las especies de aves de la Puna argentina, según MAyDS y AA (2017) (EN: en peligro; AM: amenazada; VU: vulnerable; NA: no amenazada; IC: insuficientemente conocida), IUCN (2015) (EN: en peligro; NT: casi amenazado, VU: vulnerable; LC: Preocupación menor, DD: datos insuficientes), y CITES (2016) (I: Apéndice I; II: Apéndice II).

Nombre común	Especie	MAyDS y AA	IUCN	CITES
Choique	<i>Rhea pennata</i>	VU	NT	I
Cuervillo puneño	<i>Plegadis ridgwayi</i>	AM	VU	
Flamenco austral	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	VU	NT	II
Parina grande	<i>Phoenicoparrus andinus</i>	AM	VU	II
Parina chica	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	AM	VU	II
Guayata	<i>Oressochen melanopterus</i>	VU	NT	
Pato zambullidor grande	<i>Oxyura jamaicensis</i>	VU	NT	
Cóndor andino	<i>Vultur gryphus</i>	AM	VU	I
Águila mora	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	NA	LC	II
Gavilán ceniciente	<i>Circus cinereus</i>	NA	LC	II
Aguilucho común	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	NA	LC	II
Matamico andino	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	NA	LC	II
Carancho	<i>Caracara plancus</i>	NA	LC	II
Chimango	<i>Milvago chimango</i>	NA	LC	II
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	NA	LC	I
Halcón plomizo	<i>Falco femoralis</i>	NA	LC	II
Gallareta cornuda	<i>Fulica cornuta</i>	AM	VU	
Chorlito de vincha	<i>Phegornis mitchellii</i>	EN	EN	
Palomita ojo desnudo	<i>Metriopelia morenoi</i>	VU	NT	
Palomita moteada	<i>Metriopelia ceciliae</i>	VU	NT	
Catita serrana grande	<i>Psilopsiagon aymara</i>	NA	LC	II
Catita serrana chica	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	NA	LC	II
Tucuqueré	<i>Bubo virginianus</i>	NA	LC	II
Lechucita de la vizcachera	<i>Athene cunicularia</i>	NA	LC	II
Lechuzón de campo	<i>Asio flammeus</i>	VU	NT	
Picaflor andino	<i>Oreotrochilus leucopleurus</i>	NA	LC	II
Picaflor puneño	<i>Oreotrochilus estella</i>	NA	LC	II
Picaflor colorado	<i>Oreotrochilus adela</i>	EN	EN	
Picaflor gigante	<i>Patagona gigas</i>	NA	LC	II
Canastero andino	<i>Asthenes heterura</i>	VU	LC	
Espartillero estriado	<i>Asthenes maculicauda</i>	IC	DD	
Coludito puneño	<i>Leptasthenura yanacensis</i>	VU	NT	
Birro gris	<i>Polioxolmis rufipennis</i>	VU	NT	
Gaucho andino	<i>Agriornis albicauda</i>	EN	EN	
Yal grande	<i>Idiopsar brachyurus</i>	IC	DD	
Sai grande	<i>Conirostrum binghami</i>		NT	

áreas naturales protegidas más extensas de la Argentina. En general estas áreas tienen instrumentación dispar, careciendo a veces, de guardaparques y apoyo técnico y logístico. Si bien poseen una cobertura satisfactoria (26,5%) respecto a la superficie dentro del sistema de áreas protegidas, es importante resaltar que menos del 1% se encuentra dentro de protección estricta (Reboratti, 2005; Reid Rata *et al.*, en este volumen).

OTRAS INICIATIVAS DE CONSERVACIÓN

En los últimos años han surgido estrategias con nuevos enfoques que buscan ampliar los esfuerzos de conservación hacia el exterior de las áreas protegidas, o por lo menos promover actitudes sociales y prácticas de producción y desarrollo más compatibles con la biodiversidad que existe en el territorio en

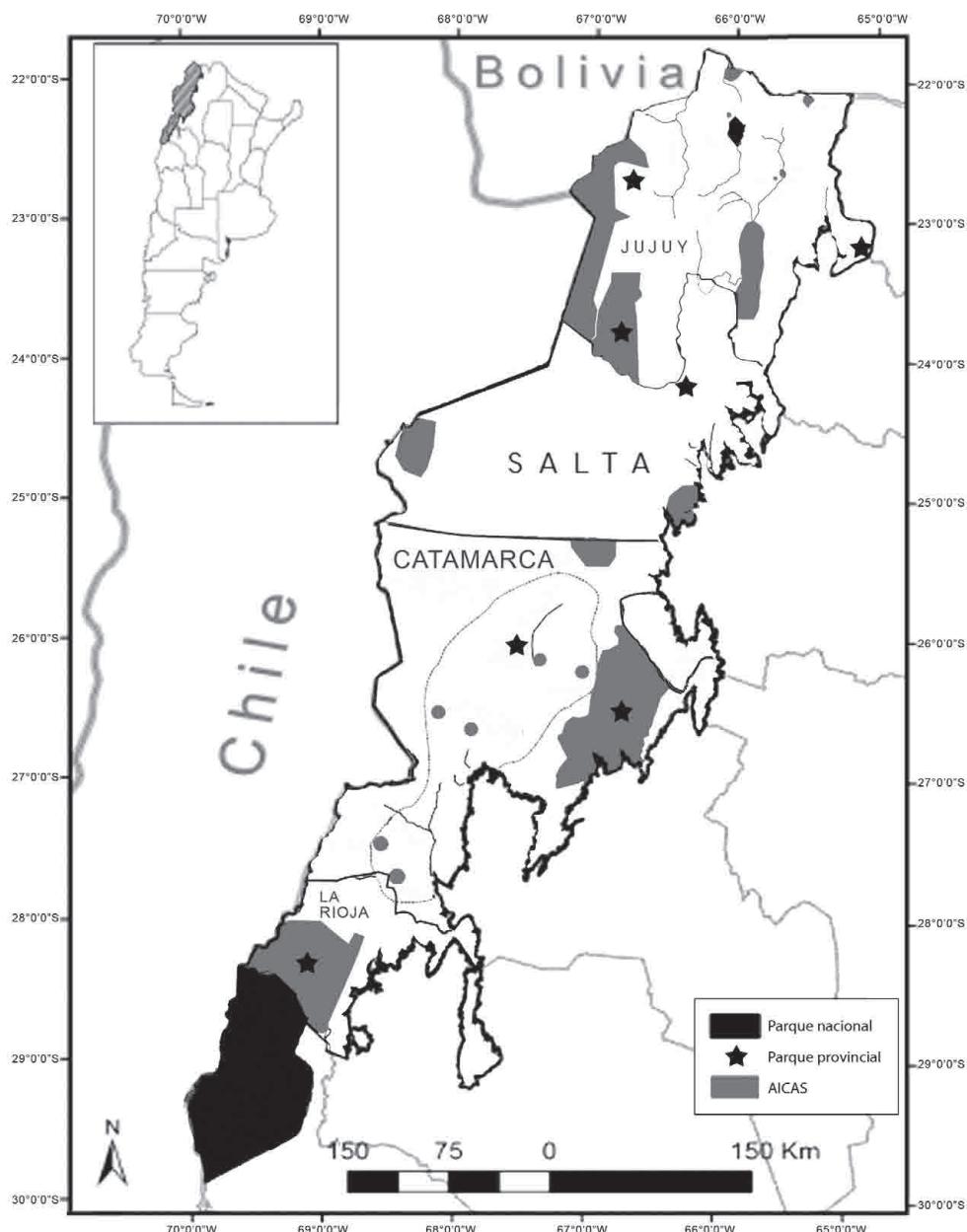


Figura 5. Áreas protegidas nacionales, provinciales y áreas importantes para la conservación de las aves en la Puna argentina (Modificado de Di Giacomo *et al.*, 2007).

el que están inmersas las áreas protegidas. En este sentido los convenios internacionales en materia de conservación, se han convertido en un importante instrumento legal que permite regular desde el Derecho Internacional el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Argentina ha incorporado varios tratados internacionales a su legislación interna como marco normativo para la protección del medio ambiente. A continuación se presentan los tratados internacionales que tienen relevancia para la protección y conservación de la avifauna de la Puna.

Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves Acuáticas (RAMSAR) (Ley N° 23.919/91).— Su objetivo es la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo. Bajo esta figura se encuentran protegidas 1.790,18 ha, que incluyen a: Laguna de los Pozuelos (Jujuy), Lagunas de Vilama (Jujuy), Laguna Brava (La Rioja) y Lagunas Altoandinas y Puneñas de Catamarca (Catamarca).

Convención sobre el Comercio Internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (CITES) (Ley 22.344/81).— Su objetivo es velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no se constituya una amenaza para su supervivencia. En el área se encuentran 20 especies citadas en alguno de los apéndices de esta Convención (Tabla 2).

Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (CMS) (Ley 23.918/91).— Su objetivo conservar las especies marinas y terrestres migratorias en todo su ámbito de aplicación. Bajo esta figura se encuentran protegidas siete especies de aves de la Puna argentina: las parinas grande y chica (Apéndice I y II), el cóndor, el halcón peregrino, el lechuzón de campo, el tero real y el pato castaño (Apéndice II).

Convenio sobre la diversidad biológica (Ley N° 24.375/94).— Su objetivo es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. Argentina entre otros adopta el Programa de Trabajo sobre Diversidad Biológica de Montañas (incluye a la Puna), conjunto de medidas que se ocupan de las características y problemas específicos de los ecosistemas de montaña. Además existen otras estrategias de conservación como el Grupo de Conservación de Flamencos Altoandinos (GCFA), iniciativa que involucra a científicos y especialistas en conservación de Argentina, Bolivia, Chile y Perú, interesados en la conservación de los

flamencos altoandinos y sus hábitats. El GCFA coordina un programa regional de investigación y manejo enfocado en el monitoreo de las poblaciones de flamencos, protección de sus colonias, estudios de distribución y uso de hábitat y estado sanitario.

AMENAZAS PARA LAS AVES DE LA PUNA Y SUS HÁBITATS

El sobrepastoreo extensivo de ganado doméstico, la quema y recolección de leña son actividades que históricamente han transformado los hábitats de la Puna y generado erosión; a pesar de ello no han sido evaluadas hasta el momento en la Puna argentina (Salvador *et al.*, 2014). Estas prácticas podrían ser controladas por medio de políticas de promoción social y fomento del desarrollo económico local (Reboratti, 2005).

El incremento en la intensidad y frecuencia de la minería en la región, podría tener efectos importantes sobre la avifauna considerando que dichas actividades implican el uso de grandes cantidades de agua, lo cual puede producir reducción de las capas freáticas. Dicha situación podría generar fluctuaciones en los niveles de lagos, lagunas y humedales en general, lo que podría afectar los recursos de nidificación, alimento y refugio de las aves. Además la minería metalífera puede producir efectos directos como altas mortandades por intoxicación con metales pesados propios de la actividad (Amiard-Triquet *et al.*, 1991; Ramo *et al.*, 1992).

El uso de vehículos todo terreno en turismo no regulado y deportivo (especialmente en actividades off-road), podría afectar a las comunidades de aves terrestres dada su alta sensibilidad a cambios en las condiciones y recursos del ambiente. Si bien no hay trabajos específicos sobre el tema para la Puna, estudios sobre los efectos de estas actividades en ambientes desérticos de tierras bajas mostraron aumentos en la mortalidad, alteraciones en los patrones de uso del hábitat y reducción del éxito reproductivo, con la consecuente disminución en el tamaño de las poblaciones de aves (Watson *et al.*, 1996; Gutzwiller y Barrow, 2003).

Los escenarios futuros de cambio climático identifican a los ecosistemas de alta montaña como particularmente sensibles al calentamiento global puesto que están condicionados por las bajas temperaturas y una disminución en las precipitaciones (Beniston *et al.*, 1997; Vuille *et al.*, 2008; Morales *et al.*, en este volumen). En este contexto, se cree que los impactos de las alteraciones climáticas en las distribuciones de especies serán proporcionalmente más perceptibles en los ecosistemas de montaña que en las zonas bajas y que la severidad será más intensa debido a la alta proporción de especies de rango restringido que integran estos ecosistemas (Cuesta *et al.*, 2008).

RECOMENDACIONES DE CONSERVACIÓN

La conservación de las aves de la Puna requiere acciones diversas que coadyuven a garantizar su supervivencia a largo plazo; a continuación se plantean sugerencias para ser consideradas a la hora de elaborar planes de manejo y conservación:

Promover la investigación aplicada a la conservación.— La escasa información, el incompleto conocimiento de la distribución de las especies y la insuficiente evaluación de las amenazas a las que está expuesta la avifauna en la Puna argentina constituyen el obstáculo más importante para su conservación. Documentar hasta qué punto la avifauna de la región está representada en las áreas protegidas existentes, identificar los vacíos de conservación y generar modelos de escenarios futuros que consideren las zonas y especies más vulnerables al cambio climático, la minería, ganadería y otros potenciales usos en la región, son elementos clave al momento de desarrollar e implementar planes de manejo y estrategias de conservación a largo plazo (Izquierdo y Grau, 2009; Paillet *et al.*, 2010).

Fortalecer las áreas naturales creadas e impulsar la protección de las AICAs.— La conservación de las aves en la Puna reviste alta

complejidad, ya que para su aplicación se debe considerar además de la diversidad de la avifauna, la amplia heterogeneidad ambiental que produce respuestas muy particulares a las también heterogéneas presiones y amenazas. Por lo tanto, para conservar e implementar planes de manejo en la región es importante considerar: a) además de la riqueza, a las especies endémicas, migratorias y amenazadas, las cuales en las últimas décadas están siendo consideradas como elementos clave para establecer el valor de conservación de las regiones b) las características ambientales a escalas local y regional analizando escenarios futuros que contemplan las amenazas (Orme *et al.*, 2005).

Tomando en cuenta lo anterior para alcanzar el objetivo de conservación sería necesario replantear un modelo que contemple la articulación de varias reservas (Cajal, 1998b), en el que se consideren los aspectos antes mencionados. En este sentido dicha consigna se cumplirían en gran medida si se lograse la real implementación de las 14 unidades de conservación del área (Reboratti, 2005), la protección de las 29 Áreas Importantes para la Conservación de las Aves identificadas para la zona y su articulación conjunta.

Implementar planes de uso de la avifauna coproducidos con las comunidades locales.— Las comunidades locales son las más interesadas en que sus recursos naturales no se agoten dado que son parte de su subsistencia. Cuando las comunidades locales, son empoderadas, disponen de instrumentos de gestión, y toman conciencia de que está en juego su futuro, pueden manejar de forma eficiente y sostenible sus recursos naturales (Álvarez, 2007). Por tanto fortalecer sus estructuras tradicionales a partir del diseño participativo y aplicación de planes de manejo adaptativos *e.g.*, sinergizando actividades turísticas con la conservación de servicios ecosistémicos y ecosistemas claves por su valor estético (*e.g.*, los humedales); podría resultar una herramienta efectiva para conservar la avifauna de la región.

LITERATURA CITADA

- Álvarez J. 2007. Comunidades locales, conservación de la avifauna y de la biodiversidad en la Amazonía peruana. *Revista Peruana de Biología*, 14: 151-158.
- Amiard-Triquet C., Pain D., Delves H. T. 1991. Exposure to trace elements of flamingos living in a biosphere reserve, the Camargue (France). *Environmental pollution*, 69: 193-210.
- Areta J. I., Hernández I., Prieto J., Delhey K., Povedano H. 2012. La distribución austral del canastero castaño (*Pseudasthenes steinbachi*). *Nuestras Aves*, 57: 54-59.
- Beniston M., Díaz H. F., Bradley R. S. 1997. Climatic Change at High Elevation Sites: An Overview. *Climatic Change*, 36: 233-251.
- Bibby C., Collar N., Crosby J., Heath M., Imboden Ch., Johnson T., Long A., Stattersfield A., Thirgood S. 1992. Putting biodiversity on the map: Priority areas for global Conservation. International Council for Bird Preservation (ICBP), Cambridge, UK. 90 pp.
- BirdLife International. 2012. *Metriopelia morenoi*. En: IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1. www.iucnredlist.org. Accedido: 14/06/2017.
- Blendinger P. G. 2005. Abundance and diversity of small-bird assemblages in the Monte desert, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 61: 567-587.
- Burgos F. G., Baldo J. L., Comel F. M. 2009. Lista de Aves de la Provincia de Jujuy. Argentina. Secretaría de Turismo de la Provincia de Jujuy. S. S de Jujuy. 19 pp.
- Cajal J. L. 1998a. La avifauna andina. En: J. L. Cajal, 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 Biosfera*. FUCEMA - UNESCO, Montevideo, pp. 81-102.
- Cajal J. L. 1998b. Potencial de conservación y factores de amenaza en la Puna y cordillera frontal. En: J. L. Cajal, 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 Biosfera*. FUCEMA - UNESCO, Montevideo, pp. 297-306.
- Caziani S. M., Derlindati J. E. 1999. Humedales altoandinos del noreste de Argentina. Su contribución a la biodiversidad regional. En: M. A. I. Álvarez (ed.), *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. MAB UNESCO, Montevideo, Uruguay, pp. 1-14.
- Caziani S. M., Rocha Olivio O., Rodríguez Ramírez E., Romano M., Derlindati E. J., Tálamo A., Sosa H. 2007. Seasonal distribution, abundance, and nesting of Puna, Andean, and Chilean Flamingos. *The Condor*, 109: 276-287.
- CITES. 2016. Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora. <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>. Accedido: 01/05/2016.
- Cody M. L. 1981. Habitat selection in birds: The roles of vegetation structure, competitors and productivity. *BioScience*, 31: 107-113.
- Cuesta F., Peralvo M., Ganzenmüller A. 2008. Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales. En: P. Mena y G. Maldonado (eds.), *Páramo y Cambio Climático # 23. Serie Páramo. Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador / EcoCiencia*, Quito, 82 pp.
- Cueto V. R., Jahn A. E., Tuero D. T., Guaraldo A. C., Sarasola J. H., Bravo S. P., Gómez V., Giraldo J. I., Masson D. A., MacPherson M., Jiménez J. E. 2015. Las aves migratorias de América del Sur. Nuevas técnicas revelan información sobre su comportamiento. *Ciencia Hoy*, 24: 19-25.
- del Hoyo J., Elliott A., Sargatal J., Christie D. A., de Juana E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. <http://www.hbw.com/species/>. Accedido: 09/03/2017 <http://www.rufford.org/files/09.06%20Detailed%20Final%20Report.pdf>.
- Derlindati E. J., Romano M. C., Cruz N. N., Barisón C., Arengo F., Barberis I. M. 2014. Seasonal activity patterns and abundance of Andean flamingo *Phoenicoparrus andinus* at two contrasting wetlands in Argentina. *Ornitología Neotropical*, 25: 317-331.
- Di Giacomo A. S., De Francesco M. V., Conconier E. G. (eds.). 2007. Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. *Sitios Prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Temas de Naturaleza y Conservación* 5:1-514. Aves Argentinas / Asociación ornitológica del Plata, Buenos Aires.
- Fjeldså J. 1985. Origin, evolution, and status of the avifauna of Andean wetlands. *Ornithological Monographs*, 36: 85-112.
- Fjeldså J. 1993. The avifauna of the *Polylepis* woodlands of the Andean highlands: the

- efficiency of basing conservation priorities on the patterns of endemism. *Bird Conservation International*, 3: 37-55.
- Fjeldså J., Kessler M. 1996. Conserving the biological diversity of *Polylepis* woodlands of the highland of Peru and Bolivia. A contribution to sustainable natural resource management in the Andes. Nordic Foundation for Development and Ecology, Copenhagen, Denmark, 250 pp.
- Fjeldså J., Krabbe N. 1990. Birds of the High Andes. Apollo Books. Svendborg, 880 pp.
- García Moreno J., Fjeldså J. 2000. Chronology and mode of speciation in the Andean avifauna. *Bonner Zoologische Monographien*, 46: 25-46.
- Girvetz E. H., Greco S. E. 2007. How to define a patch: a spatial model for hierarchically delineating organism-specific habitat patches. *Landscape Ecology*, 22: 1131-1142.
- Gutzwiler K. J., Barrow W. C. 2003. Influences of roads and development on bird communities in protected Chihuahuan Desert landscapes. *Biological Conservation*, 113: 225-237.
- Herzog S. K., Soria R. A., Matthysen E. 2003. Seasonal variation in avian community composition in a high-Andean *Polylepis* (Rosaceae) forest fragment. *Wilson Bulletin*, 115: 438-447.
- IUCN 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2015-4. <http://www.iucnredlist.org>. Accedido: 09/05/2016.
- Izquierdo A. E., Grau H. R. 2009. Agriculture adjustment, land-use transition and protected areas in Northwestern Argentina. *Journal of Environmental Management*, 90: 858-865.
- Izquierdo A. E., Foguet J., Grau H. R. 2016. "Hidroecosistemas" de la Puna y Altos Andes de Argentina. *Acta Geológica Illoana*, 28: 390-402.
- Jameson J. S., Ramsay P. M. 2007. Changes in high-altitude *Polylepis* forest cover and quality in the Cordillera de Vilcanota, Perú, 1956-2005. *Biological Conservation*, 138: 38-46.
- Josens M.A., Osnaga-Acosta O., Martín E., Izquierdo A.E., Grau H.R. 2017. Bird diversity and its relationship with habitat characteristics in high andean peatbogs. *Ardeola*, 64: 363-376.
- Lloyd H., Marsden S. J. 2008. Bird community variation across *Polylepis* woodland fragments and matrix habitats: implications for biodiversity conservation within a high Andean landscape. *Biodiversity Conservation*, 17: 2645-2660.
- Loyola R. D., Kubota U., Dafonseca G. A. B., Lewinsohn T. M. 2009. Key Neotropical ecoregions for conservation of terrestrial vertebrates. *Biodiversity Conservation*, 18: 2017-2031.
- M. A. y D. S. y A. A. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Aves Argentina]. 2017. Categorización de las Aves de la Argentina (2015). Informe del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y de Aves Argentinas, edición electrónica. C. A. Buenos Aires, Argentina. 148 pp.
- Mascitti V., Castañera M. B. 2006. Foraging depth of flamingos in single-species and Mixed Species Flocks at Laguna de Po-zuelos. *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology*, 29: 328-334.
- Morales M. S., Christie D. A., Neukom R., Vilalba R., Gonnet J. M., Rojas F. 2018. Variabilidad hidroclimática en el sur del Altiplano: pasado, presente y futuros. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. E. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 75-91.
- Moschione F., Spitznagel O., González M. 2012. Lista de Aves de Salta (Birds Checklist). Ministerio de Cultura y Turismo. Salta. (Versión octubre 2012).
- Moschione F. 2007. Yavi y Yavi Chico. En: A. S. Di Giacomo, M. V. De Francesco, E. G. Coconier (eds.), Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sistios prioritarios para la conservación de la biodiversidad: 236. Temas de Naturaleza y Conservación 5. CD-ROM. Edición Revisada y Corregida. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires. pp. 236.
- Narosky T., Yzurieta D. 2010. Aves de Argentina y Uruguay - Birds of Argentina & Uruguay: Guía de Identificación Edición Total - A Field Guide Total Edition. 16a ed. 427 págs., Vázquez Mazzini Editores. Buenos Aires. Argentina.
- Olrog C. C. 1984. Las aves argentinas: una guía de campo. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires, 352 pp.
- Olrog C. C., Caplonch P. 1986. Bio-ornitología Argentina. Historia Natural, suplemento especial, Corrientes, 2: 1-41.
- Orme C. D. L., Davies R. G., Burgess M., Eigenbrod F., Pickup N., Olson V. A., Stattersfield A. J. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature*, 436: 1016-1019.

- Paillet Y., Bergès L., Hjältén J., Odor P., Avon C., Bernhardt-Römermann M., Bijlsma R.J., De Bruyn L., Fuhr M., Grandin U., Kanka R., Lundin L., Luque S., Magura T., Matesanz S., Mészáros Y., Sebastian M. T., Schmidt W., Standovár T., Tóthmérész B., Uotila A., Valladares F., Vellak K., Virtanen R. 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology*, 24: 101-112.
- Paoli H. P. 2003. Aprovechamiento de los recursos hídricos y tecnología de riego en el Altiplano Argentino. EEA INTA Salta/CIED.
- Ramo C., Sánchez C., Saint-Aubin L. H. 1992. Lead poisoning of greater flamingo *Phoenicopterus ruber*. *Wildfowl*, 43: 220-222.
- Reboratti C. 2005. Situación ambiental en las ecorregiones Puna y Altos Andes. En: A. Brown, U. Martínez, M. Acerbi y J. Corcuera (eds.), *La situación ambiental argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, pp. 33-51.
- Reid Rata Y., Malizia L., Brown A. D. 2018. Áreas Protegidas de la Puna. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. E. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 465-481.
- Remsen J. V., Jr., Areta J. I., Cadena C. D., Claramunt S., Jaramillo A., Pacheco J. F. Pérez-Emn J., Robbins M. B., Stiles F. G., Stotz D. F., Zimmer K. J. Versión [11/02/2018]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBase-line.htm>.
- Reninson D., Cuyckens G. A. E., Pacheco S., Guzmán G. F., Grau H. R., Marcora P., Robledo G., Cingolani A. M., Dominguez J., Landi M., Bellis M. L., Hensen I. 2013. Distribución y estado de conservación de las poblaciones de árboles y arbustos del género *Polylepis* (Rosaceae) en las montañas de Argentina. *Ecología Austral*, 23: 27-36.
- Rodríguez E. D. 2011. Aves de la Puna y los Altos Andes del Noroeste de Argentina. Fundación COPAJIRA. Salta, 192 pp.
- Ruthsatz B. 2012. Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenología*, 42(3-4): 133-179.
- Salvador F., Monerris J., Rochefort L. 2014. Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, 3: 1-17.
- Stotz, D. F., Fitzpatrick, J. W., Parker III, T. A., Moskovits, D. K. (eds.). 1996. *Neotropical birds: ecology and conservation*. Chicago: University of Chicago Press. 478 pp.
- Szumik C., Molina A., Rajmil J., Aagesen L., Correa C., Pereyra V. V., Scrocchi G. J. 2016. El maravilloso mundo de los animales y plantas de la Puna. Alfarcito, Laguna de Guayatayoc, Jujuy, Argentina. Serie Conservación de la Naturaleza, 22: 1-174.
- Vides Almonacid R. 1990. Observaciones sobre la utilización del hábitat y la diversidad de especies de aves en una laguna de la Puna argentina. *Hornero*, 13: 117-128.
- Vuille M., Francou B., Wagnon P., Juen I., Kaser G., Mark B. G., Bradley R. S. 2008. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth Science Reviews*, 89: 79-96.
- Vuilleumier F. 1969. Pleistocene speciation in birds living in the high Andes. *Nature* 223: 1179-80.
- Vuilleumier F. 1983. The origin of high andean birds. *Journal of Natural History*, 90: 50-57.
- Vuilleumier F., Simberloff D. 1980. Ecology versus history as determinants of patchy and insular distribution in high Andean birds. En: M. Hecht, W. Steere y B. Wallace (eds.), *Evolutionary biology*. Plenum Publishing Corporation, New York, pp. 235-379.
- Watson J. J., Kerley G. I. H., McLachlan A. 1996. Human activity and potential impacts on dune breeding birds in the Alexandria coastal Dunefield. *Landscape and Urban Planning*, 34: 315-322.
- Wiens J. A. 1976. Population response to patchy environments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 7: 81-120.
- With K., Gardner R. H., Turner M. G. 1997. Landscape connectivity and population distributions in heterogeneous environments. *Oikos*, 78: 151-169.
- World Wildlife Fund. 2017. Terrestrial Ecoregions. <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt1002>. Accedido: 26/05/2017.

Box ▶

Los flamencos de los Andes

Derlindati, Enrique J.

Cátedras de Biología de los Cordados y Ecología en Comunidades Áridas y Semiáridas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Avda. Bolivia 5150, (A4408FVY) Salta, Argentina. Email: ejderlindati@gmail.com

De las seis especies de flamencos que existen en el mundo, tres se encuentran en el cono sur de América: el flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*), el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*) y el flamenco puneño (*Phoenicoparrus jamesi*, Figura 1). Las dos últimas especies son las que tienen una distribución más limitada en humedales altoandinos y pampeanos de Argentina, Bolivia, Chile y Perú. En la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN), el flamenco puneño está clasificado como casi

amenazada y flamenco andino como vulnerable. Ambas especies están en el apéndice II de CITES y el flamenco andino está listado como amenazado en el Acta de Especies Amenazadas (*Endangered Species Act*) de EEUU (Caziani *et al.*, 2007).

Se trata de aves (familia Phoenicopteridae) con mecanismos de alimentación muy especializados (son filtradores) que forman grandes colonias de alimentación y reproducción, con números que alcanzan los 30.000 individuos. Su hábitat se restringe a lagunas salinas, salares y costas marinas. Su



Figura 1. Colonia reproductiva de parinas chicas (*Phoenicoparrus jamesi*) en la laguna Santa María, departamento de Los Andes, Salta, Argentina. Febrero 2009.

abundancia en los humedales varía con las fluctuaciones de conductividad, el pH y la densidad del agua, y la diversidad y disponibilidad de potenciales productos alimenticios (Caziani y Derlindati, 2000), y para ajustarse a estas fluctuaciones, realizan migraciones de miles de kilómetros. En Argentina, los flamencos altoandinos utilizan alternativamente humedales de los Andes Centrales (periodo reproductivo de octubre a marzo) y las tierras bajas de la Pampa y el Chaco (abril a setiembre). Muchos de estos humedales están amenazados por presiones y actividades humanas.

Los flamencos altoandinos utilizan como hábitat primario humedales salinos que son sensibles a cambios en las precipitaciones y evaporación (Derlindati *et al.*, 2014). Durante la temporada no reproductiva, grandes porciones de hábitat actuales utilizados por los flamencos se pueden perder. En las pampas, el aumento en las lluvias documentado en los últimos años podría generar aumentos en los niveles de agua en los sitios de inviernada y reducir la salinidad hasta quedar fuera del rango óptimo para los flamencos para adultos o crías. En los Andes en cambio, ocurre el proceso opuesto, la disminución de las precipitaciones y aumento de la evaporación podría secar o aumentar la salinidad de algunos humedales actualmente adecuados pero someros y con pocas aguas abiertas.

A pesar de la importancia de estos procesos, es mucho lo que aún se desconoce el impacto local del clima, en particular con respecto a las precipitaciones y al de condiciones en las que los flamencos pueden prosperar y sobrevivir. La mejor manera de mantener poblaciones de flamencos viables a largo plazo en un escenario de cambio cli-

mático es proteger sitios claves que incluyan la heterogeneidad de hábitats utilizados por estas especies como Vilama, Pozuelos, Laguna Grande y Mar chiquita en Argentina, o Laguna Colorada en Bolivia (Caziani *et al.*, 2007). Como parte de un grupo internacional para la preservación de flamencos (Grupo de Conservación de Flamencos Altoandinos), se propuso e implementó parcialmente una red de sitios clave para la conservación flamencos (Marconi *et al.*, 2011) que incluye áreas protegidas, tierras privadas y tierras públicas.

LITERATURA CITADA

- Caziani S. M., Derlindati E. J. 2000. Abundance and habitat of High Andes Flamingos in Northwestern Argentina. *Wetlands*, 23: 121-133.
- Caziani S. M., Rocha Olivio O., Rodríguez Ramírez E., Romano M., Derlindati E. J., Tálamo A. 2007. Seasonal distribution, abundance, and nesting of Puna, Andean, and Chilean Flamingos. *Condor*, 109: 276-287.
- Derlindati E. J., Romano M. C., Cruz N. N., Barisón C., Arengo F., Barberis I. 2014. Seasonal activity patterns and abundance of Andean flamingo (*Phoenicoparrus andinus*) at two contrasting wetlands in Argentina. *Ornitología Neotropical*, 25: 317-331.
- Marconi P., Sureda A. L., Arengo F., Aguilar M. S., Amado N., Alza L., Rocha O., Torres R., Moschione F., Romano M., Sosa H., Derlindati E. 2011. Fourth simultaneous flamingo census in South America: preliminary results. En: R. Lee, F. Arengo y A. Bechet (eds.), *Flamingo, Bulletin of the IUCN-SSC/Wetlands. International Flamingo Specialist Group, Wildfowl and Wetlands Trust, Slimbridge, UK*, 18: 48-53.

9 ► Mamíferos puneños y altoandinos

Perovic, Pablo Gastón¹; Carlos Eduardo Trucco²; Cintia Tellaeché³; César Bracamonte⁴; Pablo Cuello⁵; Agustina Novillo⁵; Leónidas Lizárraga¹

¹ Administración de Parques Nacionales, Delegación Regional Noroeste, Santa Fe 23, (4400) Salta. Correo electrónico: pperovic@apn.gov.ar; llizarraga@apn.gov.ar

² Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Avenida Bolivia 5150; y Fundación Somos Parte, J. V. González 2660, (4400) Salta. Email: cetrucco@gmail.com

³ Centro de Estudios Territoriales, Ambientales y Sociales (CETAS). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy / CONICET. Alberdi 47, (4600) S. S. de Jujuy, Jujuy. Correo electrónico: cintiatellaeché@gmail.com

⁴ Centro de Investigaciones Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47, (4600) S. S. de Jujuy, Jujuy. Correo electrónico: jcbraca@gmail.com

⁵ Instituto Argentino de Investigaciones en Zonas Áridas (IADIZA) – CCT Mendoza – CONICET. Av. Ruiz Leal s/n, Parque General San Martín, (5500) Mendoza, Argentina. Correo electrónico: pcuello@mendoza-conicet.gob.ar; anovillo@mendoza-conicet.gob.ar

► **Resumen** — Los mamíferos de la Puna argentina se encuentran representados por 54 especies, 33 géneros pertenecientes a 15 familias y 6 órdenes. Rodentia y Carnivora son los órdenes más ricos en especies comprendiendo el 69 y 15%, respectivamente, seguidos de Chiroptera con el 9%. En orden de importancia sigue Artiodactyla con una sola familia y dos especies. Cingulata y Marsupialia se ubican al final con una familia y una especie cada una. Considerando la totalidad de las especies de mamíferos de la Puna y las cinco áreas protegidas nacionales presentes en esta ecorregión se calculó una representatividad general del 65%, es decir 35 de las 54 especies de mamíferos se encuentran registradas en las áreas protegidas nacionales de Argentina. Chiroptera y Rodentia fueron los órdenes presentes en la Puna que tuvieron especies no registradas dentro del sistema nacional de áreas protegidas, alcanzando representatividades del 80 y 51%, respectivamente. Las principales amenazas para los mamíferos en estos ambientes se relacionan con actividades humanas, e incluyen: la cacería, la contaminación y desecación de las fuentes de agua, la introducción de especies exóticas, la degradación del hábitat, la contaminación causada por el turismo y/o las competencias deportivas y la disminución de la cobertura vegetal. Son pocos y muy específicos los esfuerzos científicos y gubernamentales por generar conocimiento sobre los mamíferos puneños, siendo sumamente difícil implementar políticas de uso comercial, manejo y/o conservación. En general, se sabe muy poco sobre los roedores y quirópteros, siendo este desconocimiento una de las amenazas más críticas en algunas circunstancias. Esto ha hecho sumamente difícil interpretar los impactos que una actividad determinada puede causar sobre sus poblaciones.

Palabras clave: Áreas protegidas, conservación, mamíferos, Puna, riqueza específica.

► **Abstract** — “Puna and High-Andes Mammals”. Mammals at the Puna of Argentine are represented by 54 species, 33 genera belonging to 15 families and 6 orders. Rodentia and Carnivora are the richest orders (69 and 15%, respectively) followed by Chiroptera (9%). Artiodactyla includes one family and two species; Cingulata and Marsupialia are last with one species each. Considering all mammalian species of the Puna and High Andes and the four protected areas of national jurisdiction, a general representation of 61% is calculated: 33 of the 54 mammal species of these ecoregions are recorded in national protected areas of Argentina. Chiroptera and Rodentia orders have species not recorded in the national system of protected areas, reaching a representativeness of 80 and 46% respectively. The main threats to mammals in these environments due to interaction with human activities include: pollution and loss of water sources, hunting and introduction of exotic species, habitat degradation, pollution caused by tourism and/or sporting activities and decreased vegetation cover. Scientific and government efforts are scarce and very specific to generate knowledge about Puna mammals, which results in extremely difficult implementation of policies for commercial use, management and/or conservation. Very little is known about rodents and bats, and this ignorance is one of the most critical threats in some circumstances, since it is not possible to interpret the impacts of any activity to their populations.

Keywords: Protected area, conservation, mammals, Puna, species richness.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo trataremos a las ecorregiones de Puna y Altos Andes conjuntamente y nos referiremos a ellas como Puna, en forma consistente con gran parte de la bibliografía que las aborda desde diversos puntos de vista y donde frecuentemente se las considera como una sola región ecológica. Esto es particularmente evidente cuando de la flora y fauna se trata, siendo importante destacar que la información biológica y ecológica sobre la región es escasa y restringida a ciertos tópicos (Mateucci, 2012).

Entre las principales características climáticas y físicas de esta región destacan las condiciones extremas de salinidad en las cuencas de los salares, los altos índices de radiación UV, la gran amplitud térmica diaria con temperaturas nocturnas de hasta -20 °C y diurnas de 30 °C en verano, la baja presión de oxígeno, las precipitaciones estacionales y sequías prolongadas, las heladas intensas, los vientos fríos, la sequedad del aire y la escasa disponibilidad de nutrientes excepto en las vegas y ciénagas (Mateucci, 2012; Morales *et al.*, en este volumen; Izquierdo *et al.*, en este volumen).

Las condiciones ambientales de la Puna constituyen factores limitantes que demandan una serie de adaptaciones a los seres vivos que las habitan. Entre estas, para los mamíferos se pueden citar la mayor cantidad de hemoglobina y de glóbulos rojos, la mayor frecuencia y amplitud respiratoria, una mayor densidad capilar sanguínea, la presencia de pelaje fino y abundante, el predominio de ciertos colores miméticos (marrones claros y amarillentos), la profusa acumulación de grasa, estrategias reproductivas con la mayoría de las especies reproductivamente activas al final de la época seca o durante el verano, entre otras (Schmidt-Nielsen, 1983; Monge y León Velarde, 1991; Urquiza, 1992).

En este capítulo se presenta la riqueza de especies de mamíferos de la Puna, se describen algunos de ellos, se analiza su representatividad en las áreas protegidas nacionales y se mencionan las principales amenazas. Para el ordenamiento taxonómico de las especies

se siguió principalmente el Libro Rojo de Mamíferos de Argentina (Ojeda *et al.*, 2012) con algunos ajustes de acuerdo a revisiones posteriores (Lacher, 2016; Abba *et al.*, 2015; Pardiñas *et al.*, 2015; Spotorno y Valladares Faundes, 2016; Jayat *et al.*, 2016). Para el análisis de la representatividad en las áreas protegidas se procesaron los datos de presencia de especies ingresados al Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales (SIB-APN; 2017). Este análisis se restringió a las cuatro áreas que protegen ambientes de Puna: Monumento Natural Laguna de Los Pozuelos y los Parques Nacionales Los Cardones, Campo de Los Alisos y San Guillermo.

COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLE DE MAMÍFEROS PUNEÑOS

Los mamíferos de la Puna argentina se encuentran representados por 54 especies, 33 géneros pertenecientes a 15 familias y 6 órdenes. Rodentia y Carnivora son los órdenes mejor representados con el 69 y 15% respectivamente, seguidos de Chiroptera con el 9%. En orden de importancia sigue Artiodactyla con una sola familia y dos especies. Cingulata y Marsupialia se ubican al final con una familia y una especie cada una (Tabla 1, Figura 1).

De acuerdo a la IUCN, una especie se encuentra «En Peligro Crítico» (la chinchilla andina), una «En Peligro» (el gato andino), una «Vulnerable» (el quirquincho andino) y dos «Casi Amenazadas» (el cuis andino y el gato del Pajonal) (IUCN, 2015). A nivel nacional, también la chinchilla andina se encuentra categorizada como «En Peligro Crítico», tres carnívoros como «Vulnerables» (el gato andino, gato del pajonal y el hurón menor) y el cuis andino como «Casi Amenazado» (Ojeda *et al.*, 2012). Además, tres especies se encuentran en el Apéndice I de CITES y siete en el Apéndice II (Tabla 1).

ORDEN CARNIVORA

Los miembros de este orden se alimentan principalmente de carne aunque pueden tener una dieta omnívora e incluso herbívora

estricta. Se caracterizan por tener el cuarto premolar superior y el primer molar inferior transformados en un par de piezas de función cortante y caninos largos y afilados (Redford y Eisenberg, 1992; Nowak, 2005).

Los carnívoros terrestres se encuentran en todos los hábitats, desde praderas hasta los árticos, pasando por desiertos y bosques, geográficamente ocupan casi el mundo entero y comparado con otros animales suelen tener distribuciones muy amplias (Nowak, 2005). Por encontrarse en la cima de la cadena alimenticia son importantes en el mantenimiento de la biodiversidad, estabilidad

e integridad de las comunidades de las que forman parte (Terborgh *et al.*, 1999).

Por su necesidad de amplios territorios son susceptibles a los conflictos con humanos. Generalmente son perseguidos por depredar sobre el ganado doméstico, pero también por sus pieles, o por la demanda de determinadas partes de su cuerpo a las cuales se les otorga poderes curativos (Kruuk, 2002; Barbarán, 2004; Nowak, 2005).

En la región puneña argentina podemos encontrar representadas cuatro familias, seis géneros y ocho de las 37 especies de carnívoros presentes en la Argentina. Felidae y

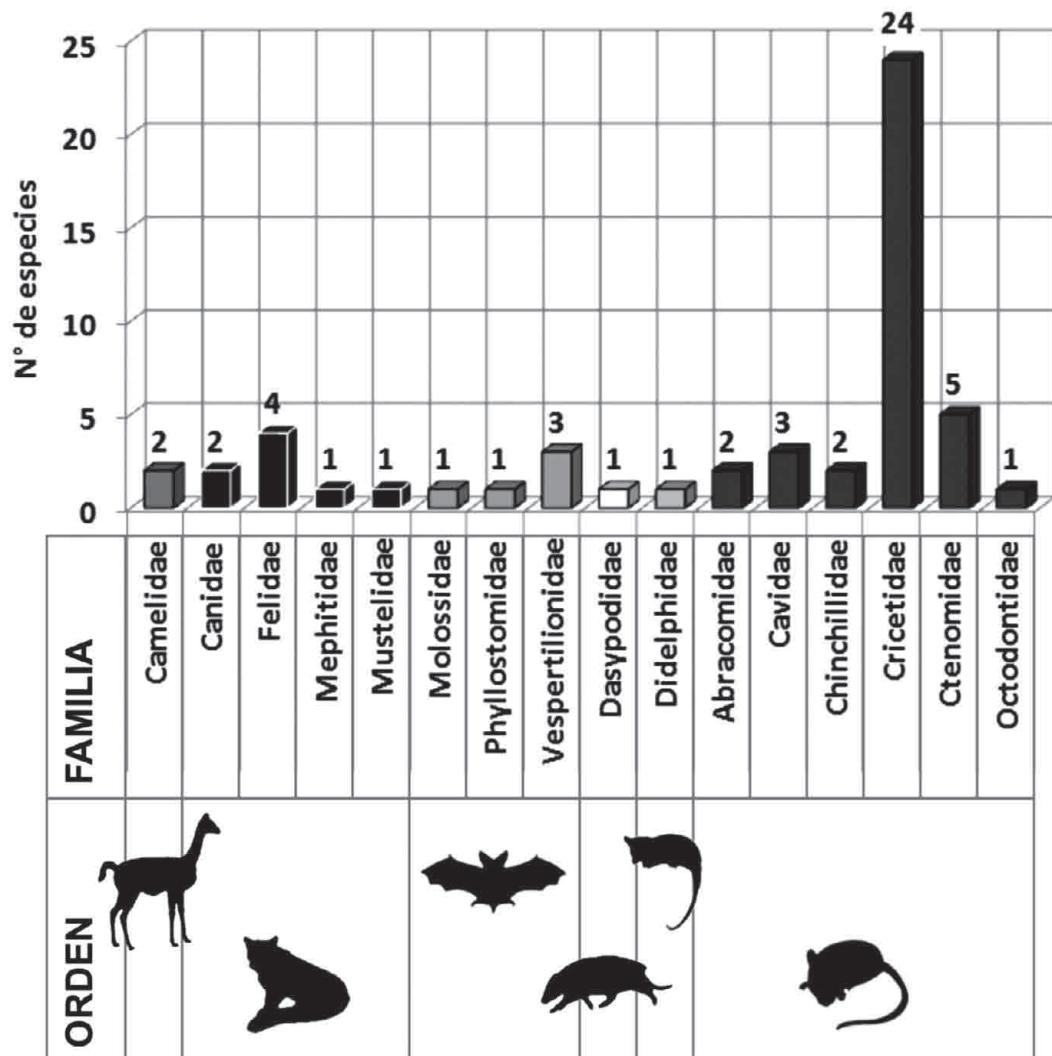


Figura 1. Riqueza de especies discriminada por familia de los mamíferos de la Puna.

Tabla 1. Lista de especies presentes en la Puna, su estado de conservación según IUCN, Ojeda *et al.* (2012; SAREM) y CITES, y número de fuentes bibliográficas que citan a la especie para cada una de las áreas protegidas (AP): AI, Parque Nacional Los Alisos; CD, Parque Nacional Los Cardones; EL, Parque Nacional El Leoncito; PO, Monumento Natural Laguna de los Pozuelos; SG, Parque Nacional San Guillermo. Categorías de conservación: CR: En Peligro crítico, EN: En Peligro, VU: Vulnerable, NT: Casi amenazado; LC: Preocupación menor; DD: Datos insuficientes.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	IUCN	SAREM	CITES	FUENTES	Nº AP	P0	CD	AI	SG	LE
Artiodactyla	Camelidae	<i>Lama guanicoe</i>	Guanaco	LC	II	52	4	0	19	7	20	6	
		<i>Vicugna vicugna</i>	Vicuña	LC	LC	1	35	2	15	0	0	20	0
Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro colorado	LC	NT	II	50	5	5	12	10	14	9
		<i>Lycalopex gymnocercus</i>	Zorro gris	LC	LC	II	22	5	2	8	1	7	4
Felidae		<i>Leopardus colocolo</i>	Gato del pajonal	NT	VU	II	13	4	2	8	1	2	0
		<i>Leopardus geoffroyi</i>	Gato del monte	LC	LC	1	8	2	2	6	0	0	0
		<i>Leopardus jacchetta</i>	Gato andino, oskollo	EN	VU	1	12	2	0	0	10	2	0
		<i>Puma concolor</i>	Puma, león	LC	LC	II	51	5	3	12	10	13	13
Mephitidae		<i>Conepatus chinga</i>	Zorrino, añasco	LC	LC	II	16	4	3	7	4	0	2
Mustelidae		<i>Galictis cuja</i>	Hurón menor	LC	VU	III	11	5	2	4	1	2	2
Chiroptera	Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Moloso común	LC	LC	-	1	1	0	0	1	0	0
	Phyllostomidae	<i>Desmodus rotundus</i>	Vampiro común	LC	LC	-	1	1	0	1	0	0	0
Vespetilionidae		<i>Eptesicus furinalis</i>	Murciélagos marrón	LC	LC	-	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Histiotus macrotus</i>	Murciélagos orejón oscuro	LC	LC	-	2	1	0	2	0	0	0
		<i>Myotis dinellii</i>	Murciélaguito amarillento	LC	LC	-	5	2	0	3	2	0	0
Cingulata	Dasypodidae	<i>Chaetophractus vellerosus</i>	Quiquirinchos chico	LC	LC	-	15	3	1	10	0	0	4
Marsupialia	Didelphidae	<i>Thylamyse pallidior</i>	Marmosa pálida o enana	LC	LC	-	6	2	0	5	0	0	1
Rodentia	Abrocomidae	<i>Abrocomam cinerea</i>	Rata chinchilla iujeña	LC	LC	-	10	2	0	0	0	5	5
		<i>Abrocomam famatina</i>	Rata chinchilla de Famatina	DD	LC	-	0	0	0	0	0	0	0
Caviidae		<i>Galea comes</i>	Cuis común	LC	LC	-	8	3	1	5	0	0	2
		<i>Microcavia australis</i>	Cuis chico	LC	LC	-	14	2	0	2	0	0	12
		<i>Microcavia shiptoni</i>	Cuis andino	NT	NT	-	1	1	0	1	0	0	0
Chinchillidae		<i>Chinchilla chinchilla</i>	Chinchilla andina	EN	CR	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Lagidium viscacia</i>	Chinchillón	LC	LC	-	31	5	1	9	4	9	8
Cricetidae		<i>Abrothrix andinus</i>	Ratón andino	LC	LC	-	12	4	0	4	2	3	3
		<i>Abrothrix jésskii</i>	Ratón tricolor	LC	DD	-	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 1 (cont.).

Número total de especies registradas por área protegida

Canidae son las familias más representadas, alcanzando en la Puna una riqueza específica equivalente al 50% y el 25% del total de especies presentes en Argentina respectivamente (Fernández Salvador, 1996; Díaz y Barquez, 2002; Wozencraft, 2005; Pereira y Aprile, 2012) (Tabla 1).

Gato andino
Leopardus jacobita

Es un félido de pequeño tamaño (4-8 kg), su distribución está acotada a la región andina de Argentina, Bolivia, Chile y Perú y la porción norte de la estepa patagónica argentina (Redford y Eisenberg, 1992; AGA, 2011; Pereira y Aprile, 2012). De los cuatro países donde se encuentra, la Argentina es el país con la mayor superficie de hábitat óptimo disponible para la especie (Marino *et al.*, 2011). Prefiere zonas de grandes roquedales y con topografía quebrada, donde también se encuentra una de sus principales presas, el chinchillón (*Lagidium viscacia*) (Walker *et al.*, 2007; Napolitano *et al.*, 2008; Tellaeché, 2010; Marino *et al.* 2011; Reppucci, 2012; Cuyckens, 2013).

Se encuentra catalogado como en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Villalba, 2016). Se han detectado numerosas amenazas para esta especie, entre las cuales podemos mencionar: la pérdida y degradación de hábitat, la caza, la reducción de las poblaciones de sus presas y las enfermedades introducidas. No presenta conflictos con los humanos dado que se alimenta de roedores pequeños y chinchillones, y no depreda el ganado doméstico (Acosta *et al.*, 2009; AGA, 2011).

Es el más enigmático y críptico de todos los carnívoros, difícil de ver, y muy poco conocido. Según las comunidades locales su avistaje es un símbolo de buena suerte y fertilidad (Barbarán, 2004).

Gato del pajonal
Leopardus colocolo

De pequeño tamaño (3-7 kg) y frecuentemente confundido con el gato andino. Presenta una amplia distribución en Sudamé-

rica, abarcando toda la región continental de la Argentina, Uruguay, sur y centro de Brasil, Bolivia, Perú, sur de Ecuador y centro y norte de Chile (Redford y Eisenberg, 1992; Pereira y Aprile, 2012; Lucherini *et al.*, 2015).

A lo largo de toda su distribución habita una amplia variedad de ambientes y dentro de la Puna específicamente prefiere los ambientes quebrados, los cuales pueden brindarle refugio (Pereira y Aprile, 2012; Tellaeché, 2015).

Al igual que al gato andino se alimenta de pequeños roedores y chinchillones por lo que tampoco consume ganado doméstico (Walker *et al.*, 2007; Napolitano *et al.*, 2008; Tellaeché, 2010; Reppucci, 2012). A pesar de ser más abundante y más conocido por los pobladores locales que el gato andino, es también difícil de encontrar (Reppucci, 2012). Estas especies son frecuentemente confundidas por lo que se les atribuyen los mismos poderes (buena suerte y fertilidad) (Barbarán, 2004).

Puma
Puma concolor

Es el félido de mayor tamaño de la Puna (34-90 kg); se distribuye desde el sur de Canadá hasta el sur de la Argentina y Chile, ocupando una amplia variedad de ambientes (Redford y Eisenberg, 1992; Pereira y Aprile, 2012).

Se alimenta principalmente de roedores pequeños (< 2 kg), camélidos tanto salvajes (vicuñas) como domésticos (llamas) y otros animales domésticos como vacunos, equinos, chivos y ovejas (Pacheco *et al.*, 2004).

Entre las amenazas para su conservación se encuentran la pérdida y fragmentación de hábitat y la caza, generalmente relacionada a conflictos con humanos, debido la degradación sobre ganado doméstico (Nielsen *et al.*, 2015). A pesar de encontrarse bajo una enorme presión de caza, esta especie aún persiste en ambientes hostiles como la Puna, y de hecho en algunos sitios los pobladores perciben un aumento significativo de sus poblaciones (e.g., Nevados del Aconcagua, cuenca de Antofalla, cuenca de Pozuelos).

Zorro colorado
Pseudalopex culpaeus

Es el zorro más grande de Sudamérica (5-13 kg) (Figura 2A); se distribuye a lo largo de los Andes desde el sur de Colombia hasta la Argentina, ocupando una amplia variedad de ambientes, dentro de la Puna prefiere ambientes similares a los del gato andino y el gato del pajonal, en general de topografía quebrada y con buena disponibilidad de presas (Redford y Eisenberg, 1992; Jiménez *et al.*, 2008; Iriarte y Jaksic, 2012; Tellaeche, 2015).

Tiene una dieta variada que incluye pequeños roedores, camélidos, ganado doméstico (chivos, ovejas y llamas pequeñas), insectos, aves y plantas (Walker *et al.*, 2007).

Al igual que el puma es una de las especies más perseguidas debido a que pude atacar al ganado doméstico. Sumado al conflicto con el humano, existe la creencia de que la nariz del zorro protege a los niños contra el «mal de aire» y el «estado de angustia», por lo que en ocasiones es cazado con este propósito.

Hurón menor
Galictis cuja

Es un carnívoro de tamaño pequeño (1-2,5 kg). Se distribuye en Perú, Bolivia, Paraguay, sur de Brasil, Uruguay, Chile y Argentina (Redford y Eisenberg, 1992; Helgen y Schiaffini, 2016). Comúnmente asociado a arbustales con suelos arenosos, suele verse de a pares, lo que sugiere que podrían formar parejas monógamas (Nowak, 2005; Tellaeche *et al.*, 2014). Su piel es considerada de buena suerte para los negocios; por esto es común verlos embalsamados, su piel o esqueleto en locales comerciales típicamente adornados con guirnaldas y hojas de coca.

Zorrino
Conepatus chinga

El zorrino es un carnívoro de tamaño pequeño (1,5-3 kg); se distribuye en Perú, Bolivia, Paraguay, sur de Brasil, Uruguay, Chile y Argentina. Hasta el momento para la Puna no se ha encontrado asociación con ningún tipo de hábitat dado que se lo ha registrado tanto en roquedales, como arbustales y



Figura 2. Zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) en la localidad de Loma Blanca, provincia de Jujuy. Foto: J. Repucci.

pastizales (Redford y Eisenberg, 1992; Emmons y Helgen, 2008; Iriarte y Jaksic, 2012; Tellaeché *et al.*, 2014).

A pesar de su pequeño tamaño y apariencia inofensiva, el zorrino cuenta con glándulas odoríferas que pueden ser utilizadas como un arma para defenderse de las más diversas amenazas. Los pobladores locales consideran como un presagio de muerte el acercamiento de individuos de esta especie a las casas, lo que a menudo estimula su caza.

ORDEN ARTIODACTYLA

Su característica más distintiva es la presencia de dedos pares en las patas, el tercero y cuarto bien desarrollados, mientras que el segundo y quinto pueden estar reducidos o ausentes, mientras que el primero siempre falta. Los dedos presentan pezuñas y se los conoce como ungulados (Canevari y Vaccaro, 2007). Gran parte de los miembros de este orden son rumiantes y poseen el estómago modificado, lo que les permite digerir la celulosa.

Es un orden muy amplio distribuido en todo el mundo salvo en Australia y Antártida, representado en la Puna por la familia Camelidae. Los camélidos sudamericanos están presentes desde Ecuador hasta el sur patagónico, ocupando los países de Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Los grandes herbívoros nativos silvestres presentes en la Puna incluyen dos camélidos silvestres, vicuña (*Vicugna vicugna*) y guanaco (*Lama guanicoe*); y dos domesticados que derivan de las especies anteriores, respectivamente, la alpaca (*Lama pacos*) y la llama (*Lama glama*). La alpaca es poco común en Argentina y existen dudas sobre su presencia en el período prehispánico (Merlino y Rabey, 1978) (Figura 3).

Tanto la vicuña como el guanaco están adaptados al clima seco y frío. Su labio superior hendido y con gran movilidad le permite seleccionar ciertas partes vegetales y cortar las hierbas pequeñas sin romper ni arrancar el resto de las plantas. Sus patas, con almohadillas elásticas en lugar de pezuñas,



Figura 3. Guanaco (*Lama guanicoe*), cerca del volcán Socompa en la Reserva Natural de Fauna Silvestre Los Andes, Salta. Se observa un espécimen blanco (leucístico). Foto: E. Derlindati.

se adaptan a la topografía irregular y por lo tanto tienen un impacto menor sobre la vegetación. Estas características hacen de los camélidos el tipo de ganado ideal para las zonas áridas y frías (Canedi y Pasini, 1996). Estos animales poseen hábitos gregarios, formando grupos liderados por un macho alfa, el cual conforma un harén de entre 10 y 30 hembras (Vilá *et al.*, en este volumen). También es común encontrar grupos numerosos de hasta 120 individuos, todos ellos machos juveniles, comúnmente conocidos como «solteros».

Las poblaciones de vicuñas y guanacos experimentaron disminuciones notables hacia mediados del siglo pasado (Rabinovich *et al.*, 1991; Franklin *et al.*, 1997); situación que derivó en importantes esfuerzos de conservación a nivel local e internacional y en definitiva, a su protección legal en gran parte de su distribución. En el caso particular de la vicuña, estas acciones parecerían estar dando frutos, con poblaciones recuperadas en gran parte de la Puna argentina (Baigún *et al.*, 2008; Vilá *et al.*, en este volumen). No sucede lo mismo con el guanaco, especie alguna vez considerada el herbívoro dominante de los ecosistemas semiáridos de Sudamérica y que actualmente presenta una gran heterogeneidad de situaciones poblacionales a lo largo de su rango de distribución. Mientras que en algunos sectores de la Patagonia argentina es una especie frecuente, en el noroeste argentino existen sólo pequeñas poblaciones con fuertes presiones y amenazas (Baigún *et al.*, 2008; Vilá *et al.*, en este volumen).

ORDEN CINGULATA

Entre los representantes actuales, este orden incluye sólo a la familia Dasypodidae, representada por un grupo de especies comúnmente conocidas como armadillos o quirquinchos. Se caracterizan por tener el cuerpo redondeado y placas óseas articuladas dispuestas en bandas en la región dorsal. Estas bandas se encuentran separadas por piel flexible que, en algunas especies, se hallan cubiertas de pelos. Poseen patas cortas y

garras robustas, con 3 a 5 dedos en las patas delanteras y 5 en las traseras (Eisenberg y Redford, 1999). En las áreas de Puna de argentina se encuentra una sola especie.

Quirquincho chico *Chaetophractus vellerosus*

Es un quirquincho pequeño; su caparazón está formado por placas rectangulares similares en toda su extensión y cubierto de abundantes pelos largos que varían en coloración y ocultan entre 7 y 9 bandas móviles. Su escudete cefálico es corto y ancho.

Se distribuye en el centro y sur de Bolivia (Noss *et al.*, 2008), oeste de Paraguay y norte de Argentina (Gardner, 2005; Abba *et al.*, 2012), en ambientes áridos y semiáridos con suelos arenosos y vegetación xerófila (Carlini y Vizcaíno, 1987). Una población disyunta ocurre en el este de la provincia de Buenos Aires (Abba y Cassini, 2008).

Cabrera (1957) citó para la Puna argentina a *Chaetophractus nationi*, al que denominó quirquincho andino; sin embargo, Wetzel (1985) desestimó su presencia y la consideró como una probable subespecie de *C. vellerosus*. Carrizo *et al.* (2005) describieron nuevos especímenes asignados a *C. nationi* y mencionaron algunas diferencias morfológicas respecto de *C. vellerosus*, aunque estudios recientes, que incluyeron aspectos morfológicos y moleculares, no han encontrado diferencias entre ambas formas (Abba *et al.*, 2015; Gibb *et al.*, 2016).

ORDEN DIDELPHIMORPHIA

Los marsupiales se caracterizan por parir las crías en un estado temprano de su desarrollo, completándolo adheridos a las mamas. Algunas especies poseen un pliegue ventral o marsupio, en el que las crías se desarrollan y encuentran protección. Tienen hocico alargado, casi piramidal, con orejas grandes semejantes a membranas delicadas y retráctiles. Las patas son cortas, con cinco dedos y pulgar oponible en las traseras, lo que les confiere facilidades para trepar. La cola suele ser larga y prensil y el pelaje es generalmente denso y suave (Rocha y Rumiz, 2010).

Marmosa pálida o enana

Thylamys pallidior

Se distribuye desde el suroeste de Perú, a través del norte de Chile y sudoeste de Bolivia, hasta aproximadamente los 42° de latitud, a lo largo de la vertiente oriental de los Andes, en el sur de Argentina (Braun *et al.*, 2005; Giarla *et al.*, 2010). Alcanza altitudes de más de 4.500 msnm (Mares y Braun, 2000). De acuerdo a recientes estudios genéticos y moleculares la marmosa que se encuentra en la Puna de Argentina podría ser una especie diferente a la que se distribuye en Bolivia, Chile y Perú (Giarla *et al.*, 2014; Palma *et al.*, 2014).

Esta marmosa se distingue de otras especies por su color dorsalmente grisáceo y ventralmente blanco, y por presentar anillos perioculares bien desarrollados. Alcanza un largo total de 19 cm y un peso de entre 20 y 30 g (Mares y Braun, 2000). Como en otras especies del género, la marmosa enana almacena reservas energéticas en forma de grasa en la cola durante el otoño (Cabrera y Yepes, 1940); esta acumulación estacional de recursos energéticos le sirvendurante los períodos de letargo en los que el agua y los alimentos son limitados o escasos (Ojeda y Tabeni, 2009).

ORDEN RODENTIA

Es el orden más numeroso de mamíferos, con más de 2.000 especies. Se encuentra distribuido en todo el mundo, salvo en la Antártida y algunas islas. Su principal característica es la presencia de un par de dientes incisivos superiores e inferiores de crecimiento continuo. Entre éstos y los premolares (dada la ausencia de caninos) poseen un amplio espacio llamado diastema.

Si bien suelen ser de pequeño tamaño, varían desde unos pocos gramos hasta varios kilogramos. Los roedores encontrados en la Puna y sistemas altoandinos de Argentina se encuentran representados por 18 géneros, 11 pertenecientes a la familia Cricetidae, y el resto a Cavidae, Chinchillidae, Ctenomyidae, Abrocomidae y Octodontidae (Tabla 1). En la región se registran un total de 37 especies, de

las cuales se seleccionaron cinco para describir su distribución y hábitos ecológicos.

Tuco-tuco andino otojo

Ctenomys opimus

Se distribuye desde el sur de Perú hasta el noreste de Argentina y Chile. A esta subespecie se la encuentra en Jujuy, Catamarca y Salta (Bidau, 2015). Habita en áreas abiertas dominadas por gramíneas y otras herbáceas, cerca de vías fluviales y se los puede encontrar en menor densidad en áreas con arbustos de tola (*Bacharis* sp. o *Parastrepelia* sp.). Presenta hábitos crepusculares. Se ha determinado que es una especie social, debido a la superposición espacial entre los adultos de ambos sexos (Lacey *et al.*, 2011). Se suele utilizar a este animal para la cura de ciertos malestares físicos (Figura 4).

Chozchori

Octodontomys gliroides

Se distribuye desde el suroeste de Bolivia hasta el noreste de Chile y noroeste de Argentina, con un rango altitudinal amplio, que va desde los 300 hasta los 4.400 msnm; es el único representante del género en zonas elevadas (Verzi *et al.*, 2015). Habita en zonas rocosas con vegetación dominada por cactus columnares, arbustos y vegetación herbácea. Tiene un comportamiento escansorial (se denomina así a un animal flexible en sus hábitos, puede trepar y caminar por el suelo con la misma facilidad) y se alimenta de cactus y corteza de arbustos (Ojeda y Tabeni, 2009). Sus vocalizaciones son similares a silbidos de aves (Figura 5).

Laucha colilarga puneña

Eligmodontia puerulus

Se distribuye en la Puna argentina y chilena. En Argentina está presente en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca, generalmente por arriba de los 3.500 mnsn. Se encuentra en tolares arenosos (*Parastrepelia*, *Fabiana*) y asociado a *Atriplex* sp. Es una especie omnívora (Lanzone *et al.*, 2015) que muestra una locomoción bípeda en situaciones de escape.



Figura 4. Tojo (*Ctenomys opimus*) en el Monumento Nacional Laguna de los Pozuelos, provincia de Jujuy. Foto: J. Repucci.



Figura 5. Chozchori (*Octodon tolioides*) en la localidad de Loma Blanca, provincia de Jujuy. Foto: J. Repucci.

Ratón de vientre blanco
Akodon albiventer

Ampliamente distribuido en el Altiplano y Puna desde el sur de Perú hasta noroeste de Argentina. En general se encuentra en sitios elevados entre 3.000 y 4.500 msnm. Prefiere ambientes de arbustales de tola y zonas con pircas de rocas (Pearson, 1951). Se alimenta de insectos y otros invertebrados.

Chinchillón o vizcacha
Lagidium viscacia

Se distribuye desde el centro sur de Perú, por el oeste de Bolivia, norte y centro de Chile, noroeste y oeste de Argentina, hasta los 42° de latitud sur. Se la encuentra en ambientes con acantilados y afloramientos rocosos, siempre asociadaa la presencia de grietas y cuevas que son utilizadas como refugio. Esfueradamente gregaria y vive en colonias constituidas por entre 4 y 75 individuos (Spotorno y Patton, 2015). Es una especie diurna y herbívora, especializada en el consumo de hojas, flores, frutos, y brotes, más

que en partes vegetales secas (Spotorno y Patton, 2015). Emite vocalizaciones cuando detecta la presencia de un depredador. Suele ser utilizada como alimento por las poblaciones altoandinas y en algunas comunidades se utiliza su pelo, sumado a los de alpaca, y vicuña, para colorear los tejidos (Figura 6).

Chinchilla
Chinchilla chinchilla

Su distribución abarcaba desde el sur de Perú, oeste de Bolivia, y norte de Chile, hasta el noroeste de Argentina; sin embargo, no ha sido registrada en Bolivia y Perú en los últimos 50 años (Valladares *et al.*, 2014). En la Puna de Argentina no existen evidencias directas de su presencia, sin embargo se registraron restos de esta especie en la dieta de zorro colorado en Catamarca (Walker *et al.*, 2007) y en la del búho magallánico en Salta (Ortiz *et al.*, 2010; como *C. brevicaudata*). Ocupa un hábitat similar al del chinchillón, en terrenos escarpados y rocosos entre los 3.500 y 5.000 msnm. Es de actividad noc-



Figura 6. Chinchillón (*Lagidium viscacia*) en un roquedal en cerro Negro de Tirao, provincia de Salta. Foto: C. Trucco.

turna- crepuscular y de hábitos coloniales (aparentemente dominan las hembras). Emite diversos sonidos de alarma. Se alimenta de vegetación coriácea de alta montaña, tales como gramíneas de los géneros *Festuca* y *Distichia* y arbustos del tolar de los géneros *Senecio* y *Parastrepia* (Mann, 1978). En tiempos precolombinos se aprovechaba su piel y carne, mientras que en el siglo XIX se extendió su uso peletero en Europa (Holzer y Lara, 2004).

ORDEN CHIROPTERA

Son los únicos mamíferos capaces de volar activamente gracias a una serie de características morfológicas, como las manos alargadas para soportar el patagio. Este último consiste en una membrana de piel elástica y resistente que comienza en el cuello, envuelve los brazos y los dedos, llega hasta los flancos y las patas, y se extiende hasta la cola, permitiéndoles volar. Además, poseen adaptaciones sensoriales, como el sistema deradar (ecolocación) que emplean para orientarse en plena oscuridad.

Estas características les han permitido alcanzarcasi todos los biomas existentes en el planeta, desde densas selvas hasta desiertos, ciudades e incluso lugares muy cercanos a los círculos polares.

En Argentina se han mencionado 62 especies de murciélagos, siendo las de la Puna escasamente estudiadas (Barquez *et al.*, 1999). Las características climáticas y la baja complejidad ambiental de los ecosistemas áridos neotropicales determinan una estructura funcional simplificada de los ensambles de murciélagos, es decir, pocos grupos tróficos representados. Esta simplificación podría deberse a la carencia de alimento y/o refugio en comparación con los ambientes húmedos (Soriani y Ruiz, 2006). Para la Puna se conocen tres familias, cinco géneros y cinco especies de murciélagos (Tabla 1).

Vampiro común *Desmodus rotundus*

De tamaño mediano a grande, con la longitud del cuerpo de 78 a 90 mm y un peso

de 25 y 40 g (Barquez *et al.*, 1999). Pelaje corto, abundante y variable en coloración entre un castaño claro o gris hasta un rojizo. Incisivos prominentes, bien desarrollados, los que usa para producir un corte y así obtener su alimento, que consiste exclusivamente en sangre de otros mamíferos. Posee órganos especiales con sensibilidad térmica ubicados en su nariz yunos pulgares muy desarrollados que le proporcionan un andar cuadrúpedo para lograr el acercamiento a sus presas (Kürten y Schmidt, 1982).

Está ampliamente distribuido en Sudamérica y se encuentra en todas las provincias del noroeste de Argentina (Villa-R y Villa-Cornejo, 1969). Se refugia en cuevas, casas, establos abandonadas y huecos de árboles (Greenhall, 1983). Se reproduce en cualquier época aunque solo una vez al año y tiene una cría por parto. Es estrictamente hematófago (se alimenta de sangre) y un agente zoonótico, lo que ha generado conflictos con el hombre (por ser vector del virus de la rabia en el ganado; Delpietro y Russo, 1996). Vive en colonias de hasta cientos de individuos y posee un complejo comportamiento social en el que todos los miembros de la colonia colaboran entre sí para sobrevivir (Paolucci, 2006).

Murciélagos orejón oscuro *Histiotus macrotus*

Es una especie de tamaño mediano con una longitud total de entre 10 y 13 cm y un antebrazo de 45 a 50 mm de largo (Barquez *et al.*, 1999). Lo más llamativo y característico de esta especie son sus prominentes orejas, largas (casi un tercio del largo del cuerpo) y anchas y de terminación más bien puntiaguda, con una coloración pardo oscura o casi negra. Las alas y la membrana que une las patas con la cola, llamada uropatagio, no presentan pelos y son oscuros al igual que las orejas (Figura 7).

En Argentina se distribuye ampliamente desde el norte de Jujuy hasta el sur de la provincia de Neuquén, oeste de Río Negro y noroeste de Chubut (Giménez, 2010; Giménez *et al.*, 2012). En el noroeste del país



Figura 7. Murciélagos orejón oscuro (*Histiotus macrotus*) en la cuenca de Pozuelos, provincia de Jujuy. Foto: C. Bracamonte.

está asociado a zonas de montaña (Jayat y Ortiz, 2010; Sandoval *et al.*, 2010) y ha sido registrado en zonas de Puna hasta los 3.500 metros de altura (Barquez *et al.*, 1999; Urquiza, com. pers.; Bracamonte, datos no publicados). Durante el día se refugia en huecos de árboles y cuevas, donde puede compartir espacio con otras especies como *Myotis* sp. y *Tadarida brasiliensis* (Barquez *et al.*, 1999). También usa grietas y huecos en edificios y casas abandonadas (Bracamonte, 2010).

Comienza su actividad en las primeras horas de la noche, incluso con los últimos

rezagos de luz del día. Es insectívoro y se alimenta principalmente de insectos voladores como polillas, escarabajos, y mosquitos; pero también de algunos insectos acuáticos (Bracamonte, 2013), por lo que cumple un rol importante como controlador biológico (Núñez Regueiro, 2009). Se reproduce desde septiembre hasta enero (Barquez *et al.*, 1999).

Murcielaguito amarillento *Myotis dinellii*

Pequeño, con una longitud total de 74 a 81 mm y un antebrazo de 34 a 38 mm. El

peso de la especie varía entre 3,8 y 5,2 g (Barquez *et al.*, 1999). Dorsalmente su coloración es parda con tonos amarillentos y un fuerte contraste de color entre la base oscura y la punta de los pelos más clara, mientras que el vientre es similar pero con las puntas aún más pálidas (amarillentas) y de base oscura. Los ejemplares de zonas áridas pueden ser más claros y con pelos con un contraste menos marcado. Tiene amplia distribución en América del Sur donde habita bosques tropicales y subtropicales (Wilson y LaVal, 1974). En Argentina está presente en todas las provincias del Noroeste y sólo ha sido registrado en zonas marginales de la Puna en las provincias de Tucumán y Catamarca (Barquez *et al.*, 1999); en la provincia de Jujuy fue registrado acústicamente en la localidad de Aguas Calientes, departamento de Rinconada, aproximadamente a 4.000 m de altitud (Bracamonte, datos sin publicar). Como refugio, generalmente prefiere estructuras construidas por el hombre tales como puentes, alcantarillas y techos de viviendas; entre los refugios naturales prefiere árboles, en donde se oculta bajo la corteza (Barquez *et al.*, 1999; Wilson, 1971). En los refugios tolera la compañía de otras especies como *Molossus molossus* e *Histiotus macrotus*.

Insectívoro, se alimenta principalmente de polillas, grillos pequeños, chinches, escarabajos, mosquitos, y avispas nocturnas pequeñas (Bracamonte, 2010). Se reproduce en primavera y verano, con un período de gestación de entre 50 y 60 días, y pare una sola cría (Bracamonte, obs. pers.).

Murciélagos marrón *Eptesicus furinalis*

Tamaño mediano con una longitud total de 80 a 140 mm y un antebrazo de entre 36 y 42 mm. En general, esta especie presenta un color pardo o marrón oscuro, pero puede ser casi negro en algunos especímenes; el color del vientre es muy variable pero siempre más claro que el dorso (Barquez *et al.*, 1999). La cabeza es alargada y se caracteriza por tener el hocico aparentemente hinchado. El patagio es de color oscuro, casi negro y no

presenta pelos, aunque sí están presentes en la zona basal del uropatagio. Las orejas son medianas y bien separadas, con las puntas redondeadas y el trago levemente desarrollado en la base (Barquez *et al.*, 1999). Vive tanto en grupos pequeños o en colonias de miles de individuos, refugiándose en huecos de árboles o casas abandonadas, frecuentemente en compañía de otras especies (Mies *et al.*, 1996). Es un murciélagos insectívoro, su dieta incluye escarabajos, polillas, mosquitos, avispas y arañas (Bracamonte, 2013).

Moloso común *Tadarida brasiliensis*

Esta especie es mediana a pequeña, su longitud total puede variar entre 87 y 114 mm, su antebrazo es de entre 41 y 46 mm de largo y su peso ronda los 12 g. Es de coloración gris pálida con el vientre más claro que el dorso (Barquez *et al.*, 1999). La boca con labios superiores con arrugas verticales constituye una de sus características diagnósticas. Las orejas son redondeadas y se proyectan hacia adelante. Sus alas son largas y delgadas en relación al cuerpo; esto les permite un vuelo rápido y eficiente, por lo que puede volar grandes distancias. Es una especie migratoria (Russell *et al.*, 2005). Utiliza comúnmente refugios en estructuras creadas por el hombre como puentes, diques y edificios; generalmente aprovechando la presencia de grietas y fisuras (Wilkins, 1989). También pueden refugiarse en cuevas naturales donde forman colonias de millones de individuos. Se alimenta de grandes cantidades de polillas; además de chinches, avispas nocturnas, mosquitos, y otros insectos (McWilliams, 2005; Bracamonte, 2013). Por esto último son importantes controladores de las poblaciones de insectos (Kunz *et al.*, 2011).

ESPECIES EN ÁREAS PROTEGIDAS NACIONALES

Dentro del sistema nacional de áreas protegidas del país, la Puna se encuentra representada en cinco áreas protegidas nacionales: Monumento Natural Laguna de

Los Pozuelos (16.000 ha), Parque Nacional Los Cardones (42.336 ha), Parque Nacional Campo de Los Alisos (5.764 ha), Parque Nacional San Guillermo (148.711 ha) y Parque Nacional El Leoncito (30.649 ha). En conjunto estas áreas cubren una superficie de poco más de 240.000 ha, que representan el 1% de la ecorregión (SIB-APN, 2017).

Sólo cinco de las especies presentes en las áreas de Puna (*Lycalopex culpaeus*, *Lycalopex gymnocercus*, *Puma concolor*, *Galictis cuja* y *Lagidium viscacia*) fueron registradas en todas las áreas protegidas consideradas en este estudio. Aquellas documentadas en cuatro áreas protegidas incluyeron a *Lama guanicoe*, *Leopardus colocolo*, *Conepatus chinga*, *Abrothrix andinus* y *Calomys lepidus*. En tres áreas se registraron *Chaetophractus vellerosus*, *Galea comes*, *Akodons pegazzini* y *Phyllotis xanthopygus*.

Las 12 especies registradas en dos áreas incluyeron a *Vicugna vicugna*, *Leopardus jacchita*, *Leopardus geoffroyi*, *Myotis dinellii*, *Thylamys pallidior*, *Abrocoma cinerea*, *Microcavia australis*, *Akodon albiventer*, *Andinomys edax*, *Eligmodontia puerulus*, *Ctenomys opimus* y *Octodontomys gliroides*. Finalmente, ocho de las 54 especies de esta ecorregión solo se registraron en un área protegida: *Phyllotis tucumanus* y *Tadarida brasiliensis* (P.N. Campo de Los Alisos); *Desmodus rotundus*, *Histiotus macrotus*, *Auliscomys sublimis* y *Microcavias hiptoni* (P.N. Los Cardones); *Neotomys ebriosus* (P.N. San Guillermo); *Ctenomys mendocinus* y *Ctenomys tuluco* (P.N. El Leoncito).

Del total de especies identificadas en la Puna, diecinueve especies no se registraron en las áreas protegidas consideradas. Estas corresponden a los órdenes Chiroptera (*Eptesicus furinalis*) y Rodentia (*Abrocoma fatimina*, *Chinchilla chinchilla*, *Abrothrix jelskii*, *Abrothrix longipilis*, *Abrothrix olivacea*, *Akodon caenosus*, *Akodon fumeus*, *Calomys musculinus*, *Chelemys macronix*, *Eligmodontia hirtipes*, *Euneomys chinchilloides*, *Euneomys mordax*, *Phyllotis caprinus*, *Reithrodon auritus*, *Tapecomys primus*, *Tapecomys wolffsohni*, *Ctenomys frater* y *Ctenomys pontifex*).

REPRESENTATIVIDAD DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS NACIONALES

Considerando la totalidad de las especies de mamíferos de la Puna y las 5 áreas protegidas consideradas se calculó una representatividad general del 65%; es decir, 35 de las 54 especies de mamíferos de estas ecorregiones se encuentran registradas en las áreas protegidas nacionales de Argentina (Tabla 2).

A nivel de orden, se observó que las dos especies de Artiodactyla estuvieron bien representadas en el sistema nacional de áreas protegidas. Los carnívoros tuvieron todas sus especies registradas en más de dos áreas protegidas y Cingulata tuvo una especie registrada en dos áreas. La única especie de Didelphimorphia fue registrada solo en dos áreas. Finalmente Chiroptera y Rodentia fueron los órdenes que tuvieron especies no registradas dentro del sistema nacional de áreas protegidas, alcanzando representa-

Tabla 2. Número de especies por orden de mamíferos de la Puna y representatividad en las áreas protegidas nacionales (APS).

Orden	Nº de APS con presencia					Total especies por orden	%	Representatividad del orden
	0	1	2	3	4			
Artiodactyla			1		1	2	4	100
Carnivora			2		2	4	15	100
Chiroptera	1	3	1			5	9	80
Cingulata				1		1	2	100
Didelphimorphia			1			1	2	100
Rodentia	18	6	7	3	2	1	37	69
Total especies	19	9	12	3	5	5	54	100
% Presencia APS	35	17	22	7	9	9		65

tividades del 80% (4 sp.) y 51% (19 sp.), respectivamente.

El área protegida con mayor cantidad de especies registradas fue Los Cardones (24), seguida por Campo de Los Alisos y El Leoncito con 17 especies en cada una. Finalmente se ubicaron Pozuelos y San Guillermo con 16 especies por área protegida (Tabla 1).

INTERACCIONES CON ACTIVIDADES HUMANAS

El desarrollo de actividades socio-productivas a diferentes escalas implica interacciones de las mismas con los diferentes componentes de la biodiversidad. En la Puna predominan las poblaciones rurales, las cuales presentan una fuerte dependencia de los recursos naturales. Esta situación, sumada a otras que se detallan a continuación, determina amenazas de diversa índole para las poblaciones de mamíferos.

DISMINUCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y DEGRADACIÓN DEL SUELO

La leña es la principal fuente de recurso combustible y su extracción contribuye a disminuir la cobertura vegetal (Reboratti, 2006). Las especies de tola (*Parastrepia* sp.), la queñoa (*Polylepis tomentella*) y el churqui (*Prosopys ferox*) son las plantas más usadas por los pobladores locales, siendo las tolas las más abundantes y con mayor distribución regional (el churqui y la queñoa están restringidos a ciertos hábitats, como las quebradas y las partes bajas de las cuencas fluviales en el norte de la ecorregión) (Vorano y Vargas Gil, 2002; Matteucci, 2012; Carilla *et al.*, en este volumen). Sin embargo, los tolares prácticamente no existen fuera de la Puna.

La introducción de ovejas, cabras y burros no adaptados a las características del ambiente puneño, favorecería la disminución de la cobertura vegetal y los procesos erosivos (Vorano y Vargas Gil, 2002). A diferencia de los camélidos nativos de estas regiones, la forma de sus mandíbulas y su dentición (sobre todo en las ovejas) no les permite cortar pastos y pequeñas ramas, teniendo que

arrancar las plantas de raíz; a su vez, estos animales no poseen patas con almohadillas sino con pezuñas las cuales ocasionan la compactación y erosión del suelo. La degradación progresiva de la comunidad biológica y de la cubierta del suelo se intensifica con el incremento de la carga ganadera (Canedi y Pasini, 1996).

La apertura de huellas y caminos vehiculares también influyen disminuyendo la cobertura vegetal y erosionando el suelo ya que ocasionan cicatrices que en los ambientes puneños y altoandinos tienen muy lenta recuperación (C. Trucco, obs. pers.). De este modo, constituye un factor sinérgico con los citados en procesos erosivos, de pérdida de hábitat y de sitios de ramoneo o pastoreo (Alianza Gato Andino, 2008).

La vegetación representa un recurso alimenticio para los mamíferos herbívoros y provee de sitios de refugio para muchas de sus especies. Por lo tanto, la pérdida o disminución de cobertura constituye un impacto que en ocasiones puede llevar a retracciones en los tamaños poblacionales.

CONTAMINACIÓN Y DESECACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA COMO RESULTADO DE LA ACTIVIDAD MINERA

La minería constituye otra amenaza para las poblaciones de mamíferos, principalmente en aquellos casos en que se utiliza agua en cantidades abundantes (Donadio, 2009; Matteucci, 2012). Los efectos nocivos de esta actividad son potencialmente más severos en un sistema donde el recurso hídrico es el factor limitante más importante (ver Izquierdo *et al.*, en este volumen). En ocasiones, la generación de residuos contaminantes representa otro factor de esta actividad con consecuencias negativas (Donadio, 2009). Asimismo, en los grandes emprendimientos, la instalación de pequeñas ciudades (campamentos mineros) trae aparejado un abanico de actividades que interactúan con la fauna nativa. Entre ellas se encuentran los depósitos de residuos sólidos (Reboratti, 2006) donde algunos mamíferos (por ejemplo, zorros) son atraídos en búsqueda de restos de

comida. El desarrollo de la red caminera y del tránsito de vehículos incluyendo camiones de gran porte, ocasiona la consolidación del suelo en sitios previamente habitados por especies fosoriales (organismos adaptados a la excavación y vida subterránea) o semifosoriales (*Ctenomys* sp.), la pérdida de hábitat y el incremento en las tasas de atropellamiento (particularmente camélidos y zorros; P. Perovic y C. Trucco, obs. pers.). Un tipo de minería que tal vez escape a la problemática asociada a los grandes emprendimientos, es la ligada a la extracción de panes de sal, que suele ser manejada por cooperativas o pequeñas empresas locales (Gómez Espín *et al.*, 2010), aunque con bajo rendimiento económico. Se ha observado que para facilitar la extracción de panes de sal, se utilizan puentes provisorios (tablones de madera) que son utilizados por los zorros para cazar aves acuáticas y/o acceder a nidos, lo que no sería posible de otro modo. De esta manera, esta práctica modifica los patrones de actividad y hábitos de caza de estos mamíferos.

DECLINACIÓN EN LA DIVERSIDAD FAUNÍSTICA OCASIONADA POR LA CACERÍA, LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS Y OTROS FACTORES

A nivel global, uno de los principales motivos de la declinación de la diversidad de mamíferos es la cacería (Ripple *et al.*, 2016). La Puna no escapa a esta problemática, habiéndose identificado cuatro motivos por los cuales los pobladores locales cazan la fauna nativa: 1) para consumo de carne, 2) para disminuir la depredación del ganado, 3) para manufacturación de subproductos (pieles, pelos y plumas) y 4) por motivos ceremoniales o de medicina tradicional (Villalba *et al.*, 2004; Reboratti, 2006). En la actualidad, la cacería de subsistencia o para consumo personal es la menos frecuente, debido a que la principal fuente de alimento para los pobladores es el ganado doméstico junto a productos envasados adquiridos en almacenes (conservas y otros alimentos no perecederos). El aumento de disponibilidad de presas proveniente de la ganadería bovina, ovina y

caprina (Vorano y Vargas Gil, 2002), junto con la disminución de la cantidad de presas silvestres hizo que las especies carnívoras de mamíferos se inclinen por un consumomás frecuente de animales domésticos. Esto en general motiva la persecución y cacería de la mayoría de los carnívoros presentes en la región por parte de los pobladores locales (Lucherini y Merino, 2008). Si bien actualmente la cacería para la extracción de fibra de camélidos silvestres está prohibida, en ciertas zonas aún representan una amenaza latente (Vilá *et al.*, en este volumen). Otro motivo de la declinación de la fauna es la introducción de especies exóticas en estos ecosistemas (Vorano y Vargas Gil, 2002). Ya sean especies invasoras o no, la introducción de especies ajenas a sistemas naturales desencadena una serie de interacciones con la fauna nativa. El ganado doméstico compite con los mamíferos herbívoros silvestres por los recursos alimenticios y el espacio, indirectamente modifica la composición del hábitat y altera los hábitos alimenticios de la mayoría de los carnívoros silvestres de la región (Borgnia *et al.*, 2008). De esta manera, ya sea directa o indirectamente, las especies introducidas modifican los componentes y las relaciones existentes dentro de un ecosistemas altamente sensible a los cambios.

DEGRADACIÓN DEL HÁBITAT Y CONTAMINACIÓN CAUSADA POR EL TURISMO Y LAS COMPETENCIAS DEPORTIVAS

El turismo y las prácticas deportivas poco controladas contribuyen en gran medida a la degradación y contaminación (particularmente escénica) en las regiones andinas (Reboratti, 2006). Estas amenazas han sido identificadas recientemente y crecen en forma desmedida debido a la falta de políticas de conservación rigurosas a nivel nacional e internacional. El turismo es una de las principales fuentes de ingresos en muchas de las provincias de Argentina. La Puna posee innumerables sitios frecuentemente elegidos por los turistas extranjeros y nacionales, y es por ello que se han destinado políticas y fondos para el desarrollo en este sentido

(PROFODE, 2009; ver Troncoso, en este volumen). Sin embargo, es necesario considerar, estudiar y monitorear los potenciales impactos que estas actividades generan tanto en el paisaje como en los componentes biológicos de estos ecosistemas. El turismo fuera de ruta, ya sea en motos o vehículos 4x4, las travesías trasandinas, el Rally Dakar y eventos similares, actualmente representan una amenaza grave para los ambientes puneños (Bennett *et al.*, 2009; Izquierdo *et al.*, en este volumen). Causan una intensa degradación del suelo y de la vegetación y aumentan las probabilidades de atropelamientos de animales silvestres y ganado.

El impacto de estas actividades humanas en combinación con la poca capacidad de recuperación de estos ambientes ha resultado en un estatus de riesgo paránumerosas especies, ecosistemas, paisajes, y procesos biológicos, tanto a nivel local como regional. Esta compleja situación sugiere que sólo un cambio en la conciencia colectiva podrá generar acciones de conservación efectivas.

CONSIDERACIONES FINALES

La información sobre los mamíferos de la Puna es muy fragmentada, siendo los camélidos las especies más estudiadas, en alguna medida por su importante rol como herbívoros, pero fundamentalmente por tratarse de especies que representan fuentes de alimento (carne), cueros y fibras (Torres, 1992; Quispe *et al.*, 2009; Quiroga Mendiola y Cladera y Vilá *et al.*, en este volumen).

Aunque en menor medida, los carnívoros también han recibido la atención de naturalistas y científicos, ya sea por sus características de historia de vida o por el estatus de conservación de muchas de sus especies. Los carnívoros han sido estudiados desde la perspectiva de la biología de la conservación, su dieta, distribución, uso de hábitat, entre otros (Cuyckens *et al.*, 2015; AGA, 2012; Lucherini y Merino, 2008; Walker, 2007; Pacheco *et al.*, 2004; Perovic, 1998; entre otros). Los conflictos generados entre algunas de las especies de este grupo con actores locales debido a la depredación que ejercen sobre

el ganado constituyeron detonantes también importantes para el progreso del conocimiento sobre la biología de estas especies (AGA, 2012; Perovic, 1998).

Para el resto de los mamíferos el conocimiento es muy escaso. Los vacíos de información incluyen desde aspectos tan básicos como taxonomía y distribución hasta la historia natural, manejo y conservación. La Administración de Parques Nacionales, a través del Sistema de Información de la Biodiversidad (SIB) está realizando un gran esfuerzo en sistematizar los registros de las especies, permitiendo ampliar el conocimiento sobre su distribución, monitorear las diferentes especies a partir de la frecuencia de registros, así como identificar y ubicar áreas críticas para la conservación y manejo. No obstante ello, son notables los vacíos de información existentes sobre muchas de las especies en esta ecorregión.

Son pocos y muy específicos los esfuerzos científicos y gubernamentales por generar conocimiento sobre los mamíferos puneños, y en consecuencia es difícil implementar políticas de uso comercial, manejo y/o conservación. Se sabe muy poco sobre algunas especies particulares y en otros casos sobre grupos enteros como los roedores y los quirópteros. Este desconocimiento constituye una de las amenazas más críticas en algunas circunstancias, dado que en este contexto es imposible interpretar los impactos que una actividad determinada puede causar en sus poblaciones.

LITERATURA CITADA

- Abba A. M., Cassini M. H. 2008. Ecology and conservation of three species of armadillos in the Pampas region, Argentina. En: S. F. Vizcaíno y J. W. Loughry (eds.), *Biology of the Xenarthra*. University Press of Florida, Florida, pp. 300-305.
- Abba A. M., Cassini G. H., Valverde G., Tilak M.-K., Vizcaíno S. F., Superina M., Delsuc F. 2015. Systematics of hairy armadillos and the taxonomic status of the Andean hairy armadillo (*Chaetophractus nationi*). *Journal of Mammalogy*, 96: 673-689.
- Abba A. M., Tognelli M. F., Seitz V. P., Bender J. B., Vizcaíno S. F. 2012. Distribution

- of extant xenarthrans (Mammalia: Xenarthra) in Argentina using species distribution models. *Mammalia*, 76: 123-136.
- Acosta G., Cossios D., Lucherini M., Villalba L. 2009. *Leopardus jacchita*. En: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. [www.iucnredlist.org](http://iucnredlist.org). Accedido el 10 July 2012.
- AGA. 2011. Plan Estratégico para la Conservación del Gato Andino. 2011-2016. La Paz, Bolivia, 39 pp.
- Alianza Gato Andino. 2008. Impacto y mitigación del turismo off-road en los hábitats alto andinos de la triple frontera Reporte Anual 2007-2008, 10 pp.
- Baigún R. J., Bolkovic M. L., Aued M. B., Li Puma M. C., Scandalo R. P. 2008. Manejo de Fauna Silvestre en Argentina: Primer Censo Nacional de Camélidos Silvestres al Norte del Río Colorado. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires, Argentina, 104 pp.
- Barbarán F. R. 2004. Usos mágicos, medicinales y rituales de la fauna en la Puna del Noroeste Argentino y Sur de Bolivia. Contribuciones al Manejo de Vida Silvestre en Latinoamérica, 1: 1-26.
- Barquez R. M., Mares M. A., Braun J. K. 1999. The bats of Argentina. Lubbock: Museum of Texas Tech University, Texas, 275 pp.
- Bennett M., Villalba L., Marino J., Sillero C. 2009. Proyecto Huella Única. Argentina, Chile y Bolivia. Impacto y mitigación del turismo fuera de ruta en ambientes Altoandinos de la triple frontera. Reporte 2007-2009. Alianza Gato Andino (AGA), Grupo de Conservación Flamencos Altoandinos (GCFA), Wildlife Conservation Network (WCN) y Darwin Initiative, 19 pp.
- Bidau C. J. 2015. Genero *Ctenomys*. En: J. K. Paton, U. F. J. Pardiñas G. D'Elia (eds.), Mammals of the world: Vol II. The University of Chicago press, Chicago, pp. 819-876.
- Borgnia M., Vilá B. L., Cassini M. H. 2008. Interaction between wild camelids and livestock in an Andean semi-desert. *Journal of Arid Environments*, 72: 2150-2158.
- Bracamonte J. C. 2010. Murciélagos de bosque montano del Parque Provincial Potrero de Yala, Jujuy, Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 17: 361-366.
- Bracamonte J. C. 2013. Hábitos alimenticios de un ensamble de murciélagos insectívoros aéreos de un bosque montano en las Yungas Argentinas. *Chiroptera Neotropical*, 19: 1157-1162.
- Cabrera A. 1957. Catálogo de los mamíferos de América del Sur. I (Metatheria - Unguiculata - Carnivora). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Ciencias Zoológicas*, 4: 1-307.
- Cabrera A., Yépez J. 1940. Mamíferos sudamericanos. Vol. 1. Ediar, Buenos Aires, Argentina, 187 pp.
- Canedi A. A., Pasini P. S. 1996. Repoblamiento y bioecología de la vicuña silvestre en la Provincia de Jujuy, Argentina. *Boletín FAO/UNEP, Animal Genetic Resources Information*, 18: 7-21.
- Canevari M., Vaccaro O. 2007. Guía de mamíferos del sur de América del Sur. 1º ed. Buenos Aires. L.O.L.A., 424 pp.
- Carilla J., Grau A., Cuello S. 2018. Vegetación de la Puna argentina. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. E. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 143-156.
- Carlini A., Vizcaíno S. 1987. A new record of the armadillo *Chaetophractus vellerosus* (Gray, 1865) (Mammalia, Dasypodidae) in the Buenos Aires Province of Argentina: Possible causes for the disjunct distribution. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 22: 53-56.
- Carrizo L. V., Sánchez M. S., Mollerach M. I., Bárquez R. M. 2005. Nuevo registro de *Chaetophractus nationi* (Thomas, 1894) para Argentina; comentarios sobre su identidad sistemática y distribución. *Mastozoología Neotropical*, 12: 233-236.
- Cuyckens G. A. E. 2013. Distribución geográfica y conservación de los félidos presentes en argentina y las yungas a través de modelos de distribución de especies. Tesis Doctoral Universidad Nacional de Salta, Salta, 265 pp.
- Cuyckens G. A. E., Perovic P. G., Cristobal L. 2015. How are wetland and biological interactions related to carnivore distributions at high altitude? *Journal of Arid Environments*, 115: 14-18.
- Delpietro H. A., Russo R. G. 1996. Aspectos ecológicos y epidemiológicos de la agresión del vampiro y de la rabia paralítica en la Argentina y análisis de las propuestas efectuadas para su control. *Scientific and technical review of the office international des épidémies*, 15: 971-984.
- Díaz M. M., Barquez R. M. 2002. Los mamíferos de Jujuy, Argentina. Editorial LOLA, Buenos Aires, 308 pp.

- Donadio E. 2009. Ecólogos y mega-minería, reflexiones sobre por qué y cómo involucrarse en el conflicto minero-ambiental. *Ecología Austral*, 19: 247-254.
- Emmons L., Helgen K. 2008. *Conepatus chinga*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: T41630A10523582. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T41630A10523582.en>. Accedido el 3/5/2016.
- Fernández Salvador R. 1996. Definición de las familias del orden *Carnivora*. En: R. García-Perea, R. Baquero, R. Fernández Salvador y J. Gisbert (eds.), *Carnívoros: Evolución, ecología y conservación*. MNCN, SECEM, Madrid, pp 17-44.
- Franklin W. L., Bas F., Bonacic C. F., Cunazza C., Soto N. 1997. Striving to manage Patagonia guanacos for sustained use in the grazing agroecosystems of southern Chile. *Wildlife Society Bulletin*, 25: 65-73.
- Gardner A. L. 2005. Order Cingulata. En: D. E. Wilson, y D. M. Reeder (eds.), *Mammal Species of the World: A taxonomic and geographic reference*, Third Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 94-99.
- Giarla T. C., Voss R. S., Jansa S. A. 2010. Species limits and phylogenetics relationships in the didelphid marsupial genus *Thylamys* base on mitochondrial DNA sequences and morphology. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 346: 1-67.
- Giarla T. C., Voss R. S., Jansa S. A. 2014. Hidden diversity in the Andes: Comparison of species delimitation methods in montane marsupials. *Molecular phylogenetics and Evolution*, 70: 137-151.
- Gibb G. C., Condamine F. L., Kuch M., Enk J., Moraes-Barros N., Superina M., Poinar H.N., Delsuc F. 2017. Shotgun mitogenomics provides a reference phylogenetic framework and timescale for living Xenarthrans. *Molecular Biology and Evolution*, 33: 621-642.
- Giménez A. L. 2010. Primeros registros de *Histiotus macrotus* (Chiroptera: Vespertilionidae) en la Provincia de Chubut. *Mastozoología Neotropical*, 17: 375-380.
- Giménez A. L., Giannini N. P., Schiaffini M. I., Martín G. M. 2012. New records of the rare *Histiotus magellanicus* (Chiroptera, Vespertilionidae) and other bats from central Patagonia, Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 19: 213-224.
- Gómez Espín J. M., Martínez Medina R., Gil Meseguer E., Gil Guirado S., Ballesteros Pelegrín G. 2010. Capital territorial de las salinas. Valoración ambiental y turística. *Gran Tour: Revista de Investigaciones Turísticas*, 2: 41-61.
- Greenhall A. M. 1983. *Desmodus rotundus*. *Mammalian Species*, 202: 1-6.
- Iriarte A., Jaksic F. 2012. Los Carnívoros de Chile. Ediciones Flora y Fauna Chile y CASEB, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 260 pp.
- Helgen K., Schiaffini M. 2016. *Galictis cuja*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T41639A45211832. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T41639A45211832.en>. Accedido el 29/3/2017.
- Holzer G., Lara G. 2004. Crianza de chinillas. En: A. Iriarte (ed.), *Cría en cautividad de fauna chilena*. SAG-Parque Metropolitano-Facultad de Ciencias Veterinarias y agropecuarias Universidad de Chile, Santiago, Chile, pp. 387-401.
- Izquierdo, A. E., Aragón R., Navarro C. J., Casagranda, 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.), *La Puna: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 96-111.
- Jayat J. P., Ortiz P. E., Gonzalez R., D' Elía G. 2016. Taxonomy of the *Phyllotis osilae* species group in Argentina; the status of the «Rata de los nogales» (*Phyllotis nogalaris* Thomas, 1921; Rodentia: Cricetidae). *Zootaxa*, 4083: 397- 417.
- Jayat J. P., Ortiz P. E. 2010. Mamíferos del pedemonte de Yungas de la alta cuenca del río Bermejo en Argentina: una línea de base de diversidad. *Mastozoología Neotropical*, 17: 69-86.
- Jiménez J. E., Lucherini M., Novaro A. J. 2008. *Pseudalopex culpaeus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T6929A12816382. Accedido el 3/5/2016.
- Kruuk H. 2002. *Hunter and hunted: relationships between carnivores and people*. Cambridge University Press, 246 pp.
- Kunz T. H., Braun de Torrez E., Bauer D., Lobova T., Fleming T. H. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223: 1-38.
- Kürten L., Schmidt U. 1982. Thermoperception in the common vampire bat (*Desmodus rotundus*). *Journal of Comparative Physiology*, 146: 223-228.
- Lacey E. A., Cuello P. A., Woodruff J. A., Tamone M. N., Wieczorek J. R. 2011. The plot thickens: a new social tuco tuco from northern Argentina. *91st An-*

- nual Meeting The American Society of Mammalogists A Joint Meeting With The Australian Mammal Society Portland State University. EEUU.
- Lacher T. E. 2016. Family Caviidae (cavies, capybaras and maras). En: D. E. Wilson, T. E. Lacher (Jr) y R. A. Mittermeir (Eds.), *Handbook of the mammals of the World. Lagomorphs and Rodents I: Vol. 6*. Lynx Edicions, Barcelona, pp. 406- 439.
- Lazone C., Braum J. K., Paton J. L., Pardiñas U. F. J. 2015. Genus *Eligmodontia*. En: J. K. Paton, U. F. J. Pardiñas y G. D'Elia (eds.), *Mammals of South America: Vol II*. The University of Chicago press, Chicago and London, pp. 508-521.
- Lucherini, M., Eizirik, E., de Oliveira, T., Pereira, J., Wallace, R. 2015. *Leopardus colocolo*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T15309A50656743. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T15309A50656743.en>. Accedido el 3/5/2016.
- Lucherini M., Merino M. J. 2008. Perceptions of human-carnivore conflicts in the high Andes of Argentina. *Mountain Research and Development*, 28: 81-85.
- Mann G. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile (marsupiales, quirópteros, edentados y roedores). *Gayana: Zoología (Chile)*, 40: 1-3.
- Mares M. A., Braun J. K. 2000. Systematics and natural history of marsupials from Argentina. En: J. R. Choate (ed.), *Reflections of a naturalist: papers honoring Professor Eugene D. Fleharty*. Fort Hays Studies, Oklahoma, pp. 23-45.
- Marino J., Bennett M., Cossios D., Iriarte D., Lucherini M., Plisoff P., Sillero Zubiri C., Villalba L., Walker S. 2011. Bioclimatic constraints to Andean cat distribution: a modelling application for rare species. *Diversity and Distributions*, 17: 311-322.
- Matteucci S. D. 2012. Ecorregión Puna. En: J. Morello, S. D. Matteucci, A. F. Rodríguez, M. Silva (eds.), *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo: GEPAMA, Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente, Universidad de Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina, pp. 87-127.
- McWilliams L. A. 2005. Variation in diet of the mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*). *Journal of Mammalogy*, 86: 599-605.
- Merlino R. J., Rabey M. A. 1978. El ciclo agrario-ritual en la Puna argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 12: 47-70.
- Mies R., Kurta A., King D. G. 1996. *Eptesicus furinalis* d'Orbigny y Gervais, 1847. *Mammalian Species*, 525: 1-7.
- Monge C., León Velarde F. 1991. Physiological adaptation to high altitude: oxygen transport in mammals and birds. *Physiological Review*, 71: 1135-1172.
- Morales M. S., Christie D. A., Neukom R., Rojas F., Villalba R. 2018. Variabilidad hidroclimática en el sur del Altiplano: pasado, presente y futuro. En H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 75-91.
- Napolitano C., Bennett M., Johnson W. E., O'Brien S. J., Marquet P. A., Barría I., Poulin E., Iriarte A. 2008. Ecological and biogeographical inferences on two sympatric and enigmatic Andean cat species using genetic identification of faecal samples. *Molecular Ecology*, 17: 678-690.
- Nielsen C., Thompson D., Kelly M., Lopez-Gonzalez C. A. 2015. *Puma concolor*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e. T18868A50663436. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T18868A50663436.en>. Accedido el 3/5/2016.
- Noss A. J., Cuellar R. L., Cuellar E. 2008. Exploitation of xenarthrans by the Guaraní-Isoseno indigenous people of the Bolivian Chaco: comparisons with hunting by other indigenous groups in Latin America, and implications for conservation. En: S. F. Vizcaino y W. J. Loughry (eds.), *The Biology of the Xenarthra*. University Press of Florida, Gainesville, FL, USA, pp. 244-254.
- Nowak R. M. 2005. *Walker's carnivores of the world*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 313 pp
- Núñez-Regueiro M. M. 2009. Utilización de recursos por parte de dos especies simpatrásicas de *Histiotus* (Chiroptera: Vespertilionidae): Un estudio sobre coexistencia. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Salta, 72 pp.
- Ojeda R. A., Chillo V., Diaz Isenrath G. B. 2012. *Libro Rojo de Mamíferos Amenazados de la Argentina*. Servicio de Diseño Gráfico, CONICET, Mendoza, 257 pp.

- Ojeda R. A., Tabeni, S. 2009. The mammals of the Monte Desert revisited. *Journal of Arid Environments*, 73:173-181.
- Ortiz P. E., Gonzales F. R, Jayat J. P, Pardiñas U. F. J, Cirignoli S., Teta P. 2010. Dieta del Búho Magallánico (*Bubo magellanicus*) en los Andes del noroeste Argentino. *Ornitología Neotropical*, 21: 591-598.
- Pacheco L. F., Gallardo G., Nuñez A. 2004. Diseño de un programa de monitoreo para puma y zorro en el altiplano. *Ecología en Bolivia*, 39: 21-32.
- Pacheco L. F., Lucero A., Villca M. 2004. Dieta del puma (*Puma concolor*) en el Parque Nacional Sajama, Bolivia y su conflicto con la ganadería. *Ecología en Bolivia*, 39:75-83.
- Paolucci M. 2006. A Model of Social Organization and the Evolution of Food Sharing in Vampire Bats. *Adaptive Behavior*, 14: 223-238.
- Palma R. E., Boric-Bargeto D., Jayat J. P., Flores D. A., Zeballos H., Pacheco V., Cancino R. A., Alfaro F. D., Rodriguez-Serrano E., Pardiñas F. J. U. 2014. Molecular phylogenetics of mouse opossum: new findings on the phylogeny of *Thylamys* (Didelphimorphia, Didelphidae). *Zoologica Scripta*, 43: 217-313.
- Pardiñas U. F. J., Teta P., Alvarado-Serrano D., Geise L., Jayat J. P., Ortiz P. E., Gonçalves P. R., D'Elía G. 2015. Genus *Akodon* Meyen, 1833. En: J. L. Patton, U. F. J. Pardiñas y G. D'Elía (eds.), *Mammals of South America. Volume 2: Rodents*. Publisher: The University of Chicago Press, pp. 140-144.
- Pearson O. P. 1951. Mammals in the highlands of southern Peru. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 106: 117-174.
- Pereira J., Aprile G. 2012. *Felinos de Sudamérica*. Londaiz Laborde Ediciones, Buenos Aires, 104 pp.
- Perovic P. G. 1998. La comunidad de carnívoros de la Reserva de Biósfera Laguna de Pozuelos. En: J. Cajal, J. J. García Fernández y R. A. Tecchi (eds.), *Bases para el manejo de la Puna y la cordillera frontal: El rol de las Reservas de Biósferas*, UNESCO-MAB, pp. 137-146.
- Programa de Fortalecimiento y Estímulo a Destinos Turísticos Emergentes (PRO-FODE). 2009. Informe de Diagnóstico del Corredor de la Puna, Municipios de Campo Quijano, San Antonio de los Cobres y Tolar Grande. Dirección de Desarrollo de la Oferta – Secretaría de Turismo – Ministerio de Producción. 63 pp.
- Quiroga Mendiola M., Cladera J. L. 2018. Ganadería en la Puna argentina. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 387-402.
- Quispe E. C., Rodríguez T. C., Iñiguez L. R., Mueller J. P. 2009. Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Animal Genetic Resources Information*, 45: 1-14.
- Quispe Peña E. 2011. Adaptaciones hematológicas de los camélidos sudamericanos que viven en zona de elevadas altitudes. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 5: 1-26.
- Rabinovich J., Capurro A., Pessina L. 1991. Vicuña use and the bioeconomics of an Andean Peasant Community in Catamarca, Argentina. En: J. G. Robinson y K. H. Redford (eds.), *Neotropical wildlife use and conservation*. Universidad de Chicago Press, Chicago, pp. 337-358.
- Reboratti C. 2006. Situación ambiental en las ecorregiones Puna y Altos Andes. En: A. Brown, U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (eds.), *La situación ambiental Argentina 2005*. Fundación Vidal Silvestre Argentina, Bs As, pp. 33-39.
- Redford K. H., Eisenberg J. F. 1992. *Mammals of the Neotropics, Volume 2: The Southern Cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay*. The University of Chicago Press, Chicago, 460 pp.
- Reppucci J. I. 2012. Ecología y abundancia poblacional del gato andino (*Leopardus jacobita*) y gato del pajonal (*L. colocolo*) en los altos Andes Argentinos. Tesis Doctoral Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 126 pp.
- Ripple W. J., Abernethy K., Betts M. G., Chappron G., Dirzo R., Galetti M., Levi T., Lindsey P. A., Macdonald D. W., Machovina B., Newsome T. M., Peres C. A., Wallach A. D., Wolf C., Young H. 2016. Bushmeat hunting and extinction risk to the world's mammals. *Royal Society Open Science*, 3: 160498.
- Rocha N., Rumiz D. I. 2010. *Didelphidae*. En: R. B. Wallace, H. Gómez, Z. R. Pocer y D. I. Rumiz (eds.), *Distribución, Ecología y Conservación de los Mamíferos Medianos y grandes de Bolivia*. Ed. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, pp. 131-171.
- Russell A. L., Medellín R. A., McCracken G. F. 2005. Genetic variation and migration in the Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*). *Molecular Ecology*, 14: 7-22.

- Sandoval M. L., Sánchez M. S., Barquez R. M. 2010. Mammalia, Chiroptera Blumenbach, 1779: New locality records, filling gaps, and geographic distribution maps from Northern Argentina. *Check List*, 6: 64-70.
- Schmidt-Nielsen K. 1983. Energy metabolism. En: *Animal physiology adaptation andean environment*. 3° ed. Cambridge University Press. UK, pp. 216-222
- SIB-APN. 2017. Administración de Parques Nacionales. Sistema de Información de Biodiversidad. www.sib.gov.ar
- Soriano P. J., Ruiz A. 2006. A functional comparison between bat assemblages of andean arid enclaves. *Ecotrópicos*, 19: 1-12.
- Spotorno A. E., Valladares Faundes P. 2016. Family Chinchillidae (vizcachas and chinchillas). En: D. E. Wilson, T. E. Lacher (Jr) y R. A. Mittermeir (eds.), *Handbook of the mammals of the World*. Vol. 6. Lagomorphs and Rodents I. Lynx Edicions, Barcelona, pp. 462-481.
- Spotorno A. E., Paton J. L. 2015. Genus *Lagidium*. En: J. L. Paton, U. F. J. Pardiñas G. D'Elia (eds.), *Mammals of South America*: Vol. 2. The University of Chicago press, Chicago and London, pp. 770-778.
- Tellaeché C. G. 2010. Análisis de hábitos alimenticios de dos especies de felinos simpátricos (*Leopardus jacobita* y *L. colocolo*). Tesis de grado. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 27 pp.
- Tellaeché C. G. 2015. Ecología y uso del espacio de dos especies de félidos, Gato Andino (*Leopardus jacobita*) y Gato del Pajonal (*L. colocolo*) en la región Altoandina, Prov. de Jujuy. Tesis Doctoral Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 136 pp.
- Tellaeché C. G., Reppucci J. I., Luengos Vidal E. M., Lucherini M. 2014. New data on the distribution and natural history of the lesser grison (*Galictis cuja*), hog-nosed skunk (*Conepatus chinga*), and culpeo (*Lycalopex culpaeus*) in northwestern Argentina. *Mammalia*, 78: 261-266.
- Terborgh J., Estes J. A., Ralls K., Boyde-Heger D., Miller B. J., Noss R. F. 1999. The role of the top carnivores in regulating terrestrial ecosystems. En: M. E. Souley J. Terborgh (eds.), *Continental Conservation: Scientific Foundations of Regionals Reserve Networks*. Island Press, Washington DC, pp. 39-65.
- Torres H. 1992. Camélidos silvestres sudamericanos: un plan de acción para su conservación. UICN/CSE Grupo Especialista en Camélidos Sudamericanos, Gland, Switzerland. 58 pp.
- Troncoso C. 2018. Valoración turística: tendencias recientes. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 426-440.
- Urquieta B. M. 1992. Adaptación de mamíferos al ambiente altiplánico. *Monografías de Medicina Veterinaria*, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile 14: 1-5.
- Valladares P., Zuleta. C., Spotorno A. 2014. *Chinchilla lanigera* (Molina 1782) and *C. chinchilla* (Lichtenstein 1830): review of their distribution and new findings. *Animal Biodiversity and Conservation*, 37: 89-93.
- Verzi D. H., Diaz M. N., Barquez R. M. 2015. Genus *Octodontomys*. En: J. K. Paton, U. F. J. Pardiñas y G. D'Elia (eds.), *Mammals of South America*: Vol 2. The University of Chicago press, Chicago and London, pp. 1035-1037.
- Vilá B., Marcoppido G., Lamas H. 2018. Camélidos de la Puna argentina: aspectos sobre su conservación y uso. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 443-462.
- Villalba L., Lucherini M., Walker S., Cossío D., Iriarte A., Sanderson J., Gallardo G., Alfaro F., Napolitano C., Sillero-Zubiri C. 2004. El gato andino: plan de acción para su conservación. Alianza Gato Andino. La Paz, Bolivia, 82 pp.
- Villalba L. M., Walker S., Lagos N., Cossío D., Bennett M., Huaranca J. 2016. *Leopardus jacobita*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. e.T15452A50657407. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016.1.RLTS.T15452A50657407>. Accedido 15 Nov 2016.
- Villa-R. B., Villa-Cornejo M. 1969. Algunos murciélagos del norte de Argentina. En: J. K. Jones (Jr.) (Ed.), *Contributions in mammalogy. Museum of Natural History, Miscellaneous Publication No. 51*. Lawrence: Univ. Kansas Printing Service, Kansas, pp. 407-428.
- Vorano A. E., Vargas Gil J. R. 2002. Evaluación de la situación actual de los procesos de desertificación de la Puna Salto-Jujeña. Soluciones alternativas. Estación Experimental Agropecuaria Salta - INTA. 108 pp.

- Walker R. S., Novaro A. J., Perovic P., Palacios R., Donadio E., Lucherini M., Pia M., López M. S. 2007. Diets of three species of Andean carnivores in high-altitude deserts of Argentina. *Journal of Mammalogy* 88: 519-525.
- Wetzel R. M. 1985. Taxonomy and distribution of armadillos, Dasypodidae. En: G. G. Montgomery (ed.), *The Evolution and Ecology of Armadillos, Sloths and Vermilinguas*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., pp. 23-46.
- Wilkins K. T. 1989. *Tadarida brasiliensis*. *Mammalian Species*, 331: 1-10.
- Wilson D. E. 1971. Ecology of *Myotis nigricans* (Mammalia: Chiroptera) on Barro Colorado Island, Panama Canal Zone. *Journal of Zoology*, 163: 1-13.
- Wilson D. E., LaVal R. K. 1974. *Myotis nigricans*. *Mammalian Species*, 39: 1-3.
- Wozencraft W. C. 2005. Order Carnivora. En: E. Wilson y M. Reeder (eds), *Mammal Species of the World*. The Johns Hopkins University Press, Maryland, pp.532-628.

Box ▶ El burro en la Puna. ¿Invasor o restaurador?

Grau, H. Ricardo

Instituto de Ecología Regional, CONICET-UNT. Email: chilograu@gmail.com

Entre los componentes faunísticos que llaman la atención al viajante de la Puna, se destaca el burro (*Equus africanus asinus*, Figura 1). Introducido por los españoles hace siglos, hay poblaciones asilvestradas ampliamente distribuidas y algunas veces es más abundantes que aquellas de camélidos, vacas u ovejas con las que compiten por forraje. Es resabio de una historia ecológica en la que el transporte no se hacía en camiones ni ferrocarriles y los equinos habían proba-

do más capacidad de carga que las llamas. Para los puesteros que aún transportan con tracción a sangre y biocombustible de celulosa, son parte integral del socioecosistema puneño. Como fueron introducidos por los europeos, sin embargo, se lo considera una especie exótica; una «perturbación» al funcionamiento natural del ecosistema. Como tal, es combatida por las iniciativas conservacionistas. En parques nacionales periféricos a la Puna como Los Cardones (Salta)



Figura 1. Burros en la Puna de Jujuy a 4650 msnm en pastizal de iros. Al fondo el volcán Salle (5800 msnm).

y Talampaya (La Rioja), existen políticas decididas (aunque no siempre exitosas) de exterminio. El argumento nativista no refleja la perspectiva de los pobladores nativos sino la de conservacionistas de escuela europea o norteamericana: supone que por ser una especie recientemente introducida no estaría adaptada al ecosistema local. Los pastos y arbustos puneños, por ejemplo, serían especialmente vulnerables a sus duras pezuñas o agresiva dentadura. Se trata de una hipótesis interesante aunque poco evaluada. Por otro lado, la paleontología (e.g., Alberdi y Prado, 2004) nos indica que hasta hace unos 10.000 años, existían en los ambientes del noroeste argentino al menos dos géneros de equinos, *Hippidion* y *Equus* que habitaron la zona por tres millones de años. Se extinguieron en forma aproximadamente simultánea con la llegada de los primeros humanos. En

la Puna, los registros indican que *Hippidion* habitó la región hasta hace nada más que 12-13000 años (Martínez *et al.*, 2004). Esto implica que por millones de años, la biota nativa coexistió y coevolucionó con animales muy parecidos al burro, la mula y el caballo. Desde esa perspectiva la reintroducción del género por los europeos se asemejaría más al concepto de «restauración ecológica» que al de «perturbación». Otra hipótesis interesante de evaluar.

LITERATURA CITADA

- Alberdi M. R., Prado J. L. 2004. Caballos Fósiles. Una historia de tres millones de años. INCUAPA, Olavarría, 26 pp.
- Martínez J. G., Aschero C. A., Powell J. E., Rodríguez M. F. 2004. First evidence of extinct megafauna in the southern Argentinian Puna. Current Research in the Pleistocene, 21: 104-107.

10 ▶ Herpetofauna de la Puna argentina: una síntesis

Barriónuevo, José Sebastián¹; Cristian Simón Abdala²

¹ CONICET – División Herpetología, Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” (MACN), Ángel Gallardo 470, [C1405DJR] Buenos Aires, Argentina. sbarriónuevo@macn.gov.ar

² CONICET – Unidad Ejecutora Lillo (UEL) – Facultad de Cs. Naturales e IML. Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205, [T4000JFE] S. M. de Tucumán, Argentina. samiryazmin@gmail.com

► **Resumen** — La Puna constituye una región muy particular por sus características geográficas y climáticas. En este ambiente extremo vive un conjunto sumamente interesante de anfibios y reptiles. En la actualidad se encuentran nueve especies de anuros, repartidas en tres géneros (*Pleurodema*, *Rhinella* y *Telmatobius*) que representan a tres familias distintas. A pesar de estar limitados por la presencia de agua, estos anuros poseen rasgos asociados a la vida en ambientes áridos y de gran altitud, que incluyen distintos hábitos y modos reproductivos. Los reptiles de la región presentan una mayor diversidad, compuesta por 25 especies de saurios repartidas en tres géneros (*Liolemus*, *Phymaturus* y *Pristidactylus*) y dos especies de serpientes (*Tachymenis peruviana* y *Bothrops ammodytoides*). Este grupo también exhibe una gran variedad de hábitos ecológicos y modos reproductivos, que incluyen la postura de huevos o el viviparismo. En cuanto a su estado de conservación, la herpetofauna de la Puna incluye algunas especies de ranas amenazadas del género *Telmatobius*.

Palabras clave: Anfibios, reptiles, diversidad, alta montaña.

► **Abstract** — “Herpetofauna of the Puna of Argentina: a synthesis”. Due to its geographical and climatic characteristics, the Puna is a very particular region. In this extreme environment lives an interesting fauna of amphibians and reptiles. Currently, there are nine species of frogs in the region, within three genera (*Pleurodema*, *Rhinella* and *Telmatobius*) representing three different families. Despite being limited by the presence of water, these frogs have traits associated with arid and high altitude environments, including different ecological habits and reproductive modes. The reptiles in the region are more diverse, consisting of 25 species of lizards spread over three genera (*Liolemus*, *Phymaturus* and *Pristidactylus*) and two species of snakes (*Tachymenis peruviana* and *Bothrops ammodytoides*). This group also exhibits a variety of ecological habits and reproductive modes, including egg laying or viviparity. In relation to the conservation status, the Puna herpetofauna includes some notorious cases, such as some species of endangered frogs of the genus *Telmatobius*.

Keywords: Amphibians, reptiles, diversity, highlands.

INTRODUCCIÓN

Debido a las características de la herpetofauna de la región, el criterio para definir nuestra área de estudio se nutre de conceptos geológicos y biológicos. La Puna a la que haremos referencia a lo largo de este capítulo incluye a la provincia geológica de la Puna (Ramos, 1999) y a las laderas occidentales de la sierra de Santa Victoria, sierra Alta, sierra de Chañi, sierra de Pastos Grandes y sierra de Cachi (Cordillera Oriental), sierra del Hombre Muerto y sierra de Chango Real (Sierras Pampeanas Noroccidentales). Así-

mismo, a partir del sur de la cordillera de San Buenaventura (límite meridional de la provincia geológica de la Puna), incluimos la región al oeste de las sierra de Las Planchadas y sierra de Narváez (Sistema de Famatina), de la sierra del Peñón (Cordillera Frontal) y de la sierra de Punilla (Precordillera). El límite sur, lo hemos establecido en la confluencia del río Blanco con el río La Palca, que coincide con el límite sur del Parque Nacional San Guillermo. Si bien esta área coincide en parte con la delimitación de las ecorregiones de Puna y Altos Andes de Burkart *et al.* (1999), se excluyen aquí los

islotes o cuñas orientales de la ecorregión de la Puna en la Cordillera Oriental al este de la Quebrada de Humahuaca (e.g., sierras de Zenta, Horconal, Tilcara), en las cumbres de Zamaca, sierras del Cajón, cumbres Calchaquíes y los nevados del Aconquija, así como también las porciones más meridionales de ambas ecorregiones.

Nuestro objetivo es brindar una revisión breve y actualizada de la herpetofauna de la Puna y destacar algunos aspectos de su biología y conservación. Para esto nos basamos principalmente en la información disponible tanto en la literatura existente como en datos de colecciones herpetológicas, particularmente de la Fundación Miguel Lillo y del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Incorporamos, además, datos obtenidos durante numerosas campañas de exploración y colecta en esta región de Argentina.

ANUROS

En la Puna se encuentran tres géneros de anuros. El género *Pleurodema* está representado por dos especies; el género *Rhinella* por una especie ampliamente distribuida, mientras que el género *Telmatobius* es el más diverso, con seis especies. Estas especies presentan algunas características morfológicas, fisiológicas y/o comportamentales particulares, relacionadas con la ocupación de ambientes extremos (e.g., hábitos cavadores, reproducción explosiva, tolerancia a la aridez, hábitos acuáticos).

FAMILIA LEPTODACTYLIDAE

GÉNERO *PLEURODEMA* TSCHUDI, 1838

Este género está constituido por 15 especies (Frost, 2017) distribuidas desde Panamá hasta la Patagonia (Ferraro y Casagranda, 2009). Algunas de ellas son conocidas popularmente como ranas “de cuatro ojos” por la presencia de un par de macroglandulas lumbares muy conspicuas. Las especies que viven en ambientes áridos son de hábitos cavadores y se reproducen explosivamente en charcos temporales (Fernández y Fernández, 1921; Barrio, 1964; Hulse, 1979; Cei,

1980). A pesar de ser un género compuesto por pocas especies, existe una gran diversidad de modos de oviposición, que incluye tanto cordones como masas gelatinosas así como también nidos de espuma (Faivovich *et al.*, 2012). A partir de un análisis filogenético de secuencias de ADN, se reconocen cuatro grupos dentro del género (Faivovich *et al.*, 2012). Las dos especies de *Pleurodema* presentes en la Puna (*P. cinereum* y *P. marmoratum*) pertenecen a grupos distintos, lo que sugiere que la colonización de los ambientes de altura en los Andes habría ocurrido en dos instancias independientes durante la historia evolutiva del género (Faivovich *et al.*, 2012).

El grupo de *Pleurodema brachyops* está conformado por seis especies (*P. alium*, *P. borellii*, *P. brachyops*, *P. cinereum*, *P. diplolister* y *P. tucumanum*; Faivovich *et al.*, 2012). *Pleurodema cinereum*, el único representante del grupo en la Puna, es especie hermana de *P. borellii*, distribuida a menor altura, por debajo de los 3.000 msnm (Duellman y Veloso, 1977; Ferraro y Casagranda, 2009). No hay caracteres claros que permitan diferenciar a estas dos especies por lo que su estatus taxonómico es controversial (Ferraro y Casagranda, 2009; Faivovich *et al.*, 2012).

Pleurodema cinereum Cope, 1878

Distribución.— Desde la región del lago Titicaca hasta el noroeste argentino. En Argentina está restringida a la provincia de Jujuy y a una pequeña región de Salta entre 2.200 y 4.200 msnm (Ferraro y Casagranda, 2009) (Figura 1A).

Características.— De tamaño pequeño a mediano (35-45 mm). Macroglandula lumbar presente (Figura 1B). Piel dorsal con glándulas pequeñas irregularmente dispuestas en el dorso y flancos; piel ventral lisa. Diseño dorsal manchado. Membrana timpánica presente (Cei, 1980). Machos con saco vocal pigmentado y callosidades nupciales compuestas por proyecciones epidérmicas diminutas. Membrana interdigital reducida a un reborde cutáneo. Esta especie puede ocupar ambientes más secos que *P. marmoratum*.

tum y en ocasiones se la encuentra en sitios alejados de cuerpos de agua permanentes (Fernández y Fernández, 1921). Durante el invierno se entierra (Fernández y Fernández, 1921). Los machos vocalizan, flotando o en la orilla de los charcos temporarios que se forman en la Puna, desde fines de noviembre (Figura 1D; Fernández y Fernández, 1921). Los huevos son puestos en un nido de espuma (Figura 1E) que construye el macho con sus miembros posteriores a partir del batido de las secreciones del oviducto de la hembra, como ha sido descrito en otras especies del género (Hödl, 1992). Existen registros de puestas comunales (Agostini *et al.*, 2007).

Estado de conservación.— No amenazada (Vaira *et al.*, 2012).

El grupo de *Pleurodema thaul* incluye a cuatro especies (*P. bufoninum*, *P. marmoratum*, *P. somuncurensis* y *P. thaul*). *Pleurodema marmoratum* ocupa una posición basal dentro de este grupo y es el único miembro presente en la Puna (Faivovich *et al.*, 2012).

Pleurodema marmoratum
(Duméril y Bibron, 1840)

Distribución.— Desde el centro de Perú hasta el noreste de Jujuy (Figura 1A; Ferraro y Casagrande, 2009).

Características.— De tamaño pequeño (21-36 mm). Macroglándula lumbar ausente (Figura 1C). Piel dorsal con glándulas pequeñas e irregularmente dispuestas en el dorso y flancos; piel ventral lisa. Dorsalmente el patrón de manchas es variable pero son más conspicuas que en *P. cinereum*. Membrana timpánica ausente (Cei, 1962). Machos con saco vocal pigmentado (Sinsch, 1986) y callosidades nupciales. Membrana interdigital reducida a un reborde cutáneo. Habita zonas húmedas o semihúmedas cerca de cuerpos de agua como arroyos o bofedales (Vellard, 1960; Cei, 1962). Durante la temporada seca se entierran (Cei, 1962). Se alimentan de pequeños artrópodos como ácaros, coleópteros y hormigas (Blancas Sánchez, 1959). Los huevos se depositan en una masa gelatinosa en lagunas poco profundas,

temporarias o semipermanentes (Duellman y Veloso, 1977).

Estado de conservación.— No amenazada (Ferraro, 2012)

FAMILIA BUFONIDAE

GÉNERO *RHINELLA* FITZINGER, 1826

Este género está conformado por 93 especies de sapos distribuidas desde el sur de Estados Unidos hasta la Patagonia (Frost, 2017). Se trata de especies generalmente terrestres y caminadoras, de piel seca y verrugosa. Poseen caracteres externos notables, como las crestas cefálicas y las glándulas parotoides. El modo de oviposición generalizado consiste en cordones gelatinosos (Figura 1J; Pereyra *et al.*, 2015).

Rhinella spinulosa
(Wiegmann, 1834)

Distribución.— Desde el centro de Perú, hasta la provincia de Chubut en la Patagonia argentina (Figura 1F), ocupando diversos ambientes con un amplio rango altitudinal, aproximadamente hasta 5000 msnm (Duellman, 1979; Cei, 1980; Correa *et al.*, 2010).

Características.— De tamaño mediano a grande (70-90 mm). Piel dorsal con abundantes verrugas y espinas queratinizadas, especialmente en los machos (Figura 1G, H). No poseen crestas cefálicas y las glándulas parotoides son redondeadas. Membrana timpánica presente. Saco vocal ausente. Los miembros anteriores son más robustos en los machos y presentan callosidades nupciales dispuestas en un parche en el pulgar (correspondiente al dedo 2) y en un parche menor en el dedo 3. La membrana interdigital del miembro posterior es escotada. Tolera la sequedad, dado que se lo suele encontrar lejos de los cuerpos a los que acude para reproducirse (Figura 1I; Cei, 1980). Se alimentan de insectos y sus larvas (coleópteros, lepidópteros), de arácnidos y de lombrices (Capurro, 1950; Blancas Sánchez, 1959). Los machos no emiten cantos nupciales aunque se ha registrado vibración preventiva (Penna y Veloso, 1981). Los reportes sobre la época de reproducción son variables y posiblemente se deba a la gran heterogeneidad



Figura 1. Distribución de las especies de *Pleurodema* en el área de estudio (A); *Pleurodema cinereum* (B) y *P. marmoratum* (C); charcas temporales en la Puna (D) donde acuden parejas de *P. cinereum* a reproducirse (E); distribución de *Rhinella spinulosa* (F); macho de *Rhinella spinulosa* (G); pareja en amplexo (H); charca lateral de un arroyo donde se reproduce esta especie (I); cordones gelatinosos de *Rhinella spinulosa* bajo el hielo (J). Fotos B y C tomadas por Diego Baldo.

neidad climática a lo largo de su gran área de distribución (e.g., Fernández, 1927; Blancas Sánchez, 1959). Las larvas son pequeñas y de color negro intenso.

Estado de conservación.— No amenazada (Vaira *et al.*, 2012).

FAMILIA TELMATOBIIDAE

GÉNERO *TELMATOBIAUS* WIEGMANN, 1834

Este género, eminentemente andino, está constituido por 63 especies (Frost, 2017) distribuidas desde Ecuador hasta San Juan, en Argentina (Lavilla y De la Riva, 2005), desde 1000 hasta 5200 msnm (De la Riva y Harvey, 2003; Seimon *et al.*, 2007). Se trata de ranas de hábitos acuáticos y semiacuáticos. Se ha registrado la ocurrencia de vocalizaciones nupciales subacuáticas en algunas especies (Brunetti *et al.*, 2017). El modo de oviposición consiste en una masa gelatinosa que se adhiriene a las rocas o a la vegetación sumergida. En el marco de un análisis filogenético reciente, se reconocen cuatro grupos de especies (Barrionuevo, 2017), dos de los cuales están representados en la región.

El grupo de *Telmatobius marmoratus* incluye a las especies distribuidas en el Altiplano y Puna, de las cuales cinco se encuentran en el área de estudio (Barrionuevo, 2017). Estas especies, similares entre sí morfológicamente, son de hábitos estrictamente acuáticos. Las larvas alcanzan gran tamaño, ya que pueden superar los 90 mm de longitud total (e.g. Barrionuevo y Baldo, 2009), lo que sugiere un desarrollo larval lento.

Telmatobius atacamensis

Gallardo, 1962

Distribución.— Alrededores de San Antonio de Los Cobres, Salta (Figura 2A).

Características.— Tamaño mediano (48-63 mm de longitud total). Piel dorsal lisa o con algunas verrugas notables (Figura 2B). Algunos ejemplares poseen espinas cónicas. Diseño dorsal liso o con manchas de un tono más oscuro. Membrana timpánica ausente. El labio superior cubre el labio inferior, a excepción de la parte frontal que posee una

escotadura medial. Las proyecciones epidérmicas de las callosidades nupciales son pequeñas pero distinguibles individualmente. La densidad de estas proyecciones (en adelante DePEN) es de 23 hasta 40/mm². Se alimentan de insectos acuáticos como coleópteros y se ha registrado canibalismo (Barrionuevo, en prensa). No se registró en la naturaleza el canto nupcial, aunque emiten vocalizaciones cuando son manipulados.

Estado de conservación.— Amenazada (Barrionuevo, 2012).

Telmatobius hypselocephalus

y *T. platycephalus*

Lavilla y Laurent, 1988

Estas especies se tratan en conjunto porque constituyen el único caso de simpatría para el género en Argentina y son morfológicamente muy similares entre sí. Sus diferencias consisten principalmente en caracteres osteológicos y en el aspecto general de la cabeza (Lavilla y Laurent, 1988).

Distribución.— Circumscripciones a las localidades de El Moreno y El Angosto, en el borde sudeste de las Salinas Grandes (departamento Tumbaya) y a Casabindo, al noroeste de la laguna de Guayatayoc (departamento Cochínoca), Jujuy (Figura 2A).

Características.— Externamente similares a *T. atacamensis*, aunque presentan la piel ventral de los miembros en tonos anaranjados. La DePEN de ambas especies oscila entre 24 y 38/mm².

Estado de conservación.— Vulnerables (Barrionuevo, 2012).

Telmatobius marmoratus

(Duméril y Bibron, 1841)

Distribución.— Desde la cuenca del lago Titicaca, incluyendo el norte de Chile hasta el noreste de la Puna argentina, en los departamentos Yavi, en Jujuy, y Santa Victoria, en Salta (Figura 2A).

Características.— Similar externamente a *T. atacamensis* aunque el diseño dorsal puede incluir manchas grandes más oscuras. La DePEN tiene una media de 27/mm², aunque

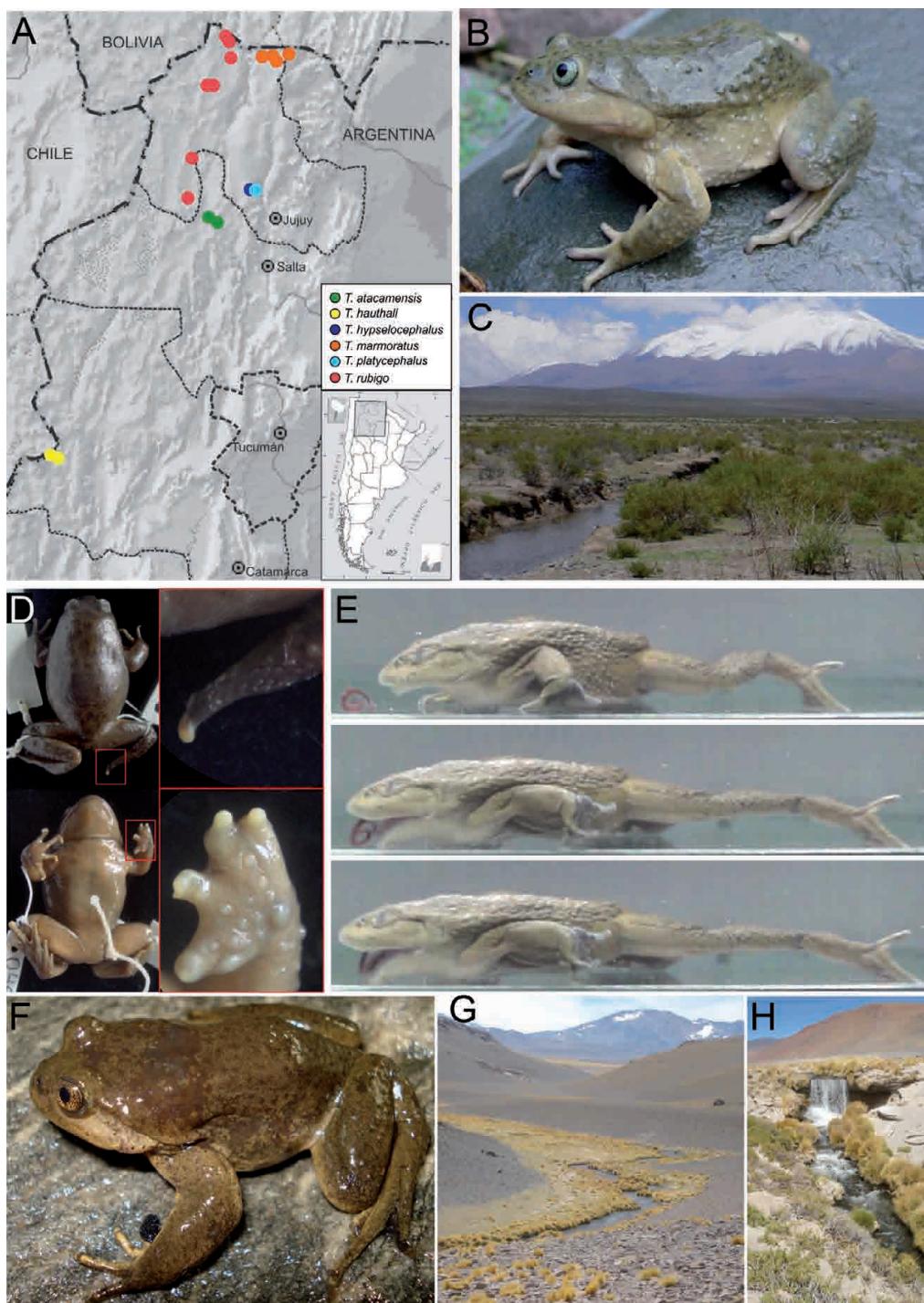


Figura 2. Distribución de las especies de *Telmatobius* en el área de estudio (A); ejemplar hembra de *Telmatobius atacamensis* (B); arroyo Los Patos, Salta, hábitat de *Telmatobius atacamensis* (C); ejemplares de la especie con malformaciones en los dedos (D); secuencia de *T. rubigo* capturando una presa por succión (E); ejemplar macho de *T. hauthali* (F); arroyo Aguas Calientes, Catamarca, hábitat de *T. hauthali* (G); salto de agua que posiblemente protege a la especie de las truchas que viven río abajo (H).

el rango es amplio (16-62 espinas/mm²). En el contenido estomacal se registraron presas completamente acuáticas que incluye insectos, crustáceos, ácaros y moluscos (Formas *et al.*, 2005).

Estado de conservación.— Vulnerable (Barrionuevo, 2012).

Telmatobius rubigo
Barrionuevo y Baldo, 2009

Distribución.— Cuenca de la laguna de Pozuelos y región occidental de Jujuy, en los departamentos Santa Catalina, Rinconada y Susques (Figura 2A).

Características.— Se diferencia de las otras especies del grupo por la presencia de manchas dorsales de color óxido a amarillo-naranja. La DePEN se ubica entre 30 y 40/mm². Se alimentan principalmente de larvas acuáticas de dípteros (Ephydriidae) y en menor medida de crustáceos del género *Hyallela* (Barrionuevo, 2016). La captura subacuática de la presa es realizada mediante succión, un mecanismo casi único entre los anuros (Barrionuevo, 2016; ver abajo).

Estado de conservación.— Amenazada (Barrionuevo y Baldo, 2012).

Las especies del grupo de *Telmatobius boliviensis* están distribuidas en los valles de la vertiente oriental del Altiplano-Puna y sólo una de ellas se encuentra en la zona de estudio. Estas especies son de hábitos acuáticos o semiacuáticos. Si bien las larvas en este grupo son de gran tamaño en comparación a las de otros anuros, son de menor tamaño que las larvas del grupo de *T. marmoratus* (*e.g.*, Barrionuevo y Baldo, 2009).

Telmatobius hauthali
Kowslosky, 1895

Distribución.— Valle de Chaschuil, puntualmente en el arroyo Aguas Calientes (Figura 2G) y los ríos Tamberías y Chaschuil (Tinogasta), Catamarca (Figura 2A).

Características.— Se diferencia de las especies del grupo anterior porque los labios superiores no cubren los inferiores y no tie-

nen una escotadura frontal. Las proyecciones epidérmicas de las callosidades nupciales (notables en el pulgar en la figura 2F) son mayores y dispuestas a una menor densidad (19-31/mm²) que en *T. atacamensis*, *T. hypselocephalus*, *T. platycephalus* y *T. rubigo*, aunque se superpone con los rangos inferiores de *T. marmoratus*. Se alimenta principalmente de larvas y adultos de insectos (*e.g.*, *Scatella*, *Rhopalosiphon*). Asimismo se registró en el contenido estomacal gran cantidad de materia vegetal del género *Lemna* (Lavilla, 1984).

Estado de conservación.— Amenazada (Barrionuevo, 2012).

CAZA SUBACUÁTICA: UNA NOVEDAD EVOLUTIVA EN LA PUNA

El surgimiento de los tetrápodos y su diversificación en los ambientes terrestres están asociados a la evolución de la lengua como herramienta para la captura de presas en tierra. Tal es el caso de los anuros, en donde la mayoría de las especies atrapan presas terrestres con la lengua, que es protractil y pegajosa. Por el contrario, los vertebrados que se alimentan bajo el agua enfrentan restricciones mecánicas distintas. Una lengua protractil resulta menos efectiva en el medio acuático, debido a la mayor resistencia del agua en relación al aire. Por otro lado, durante la embestida hacia la presa se ejerce una fuerza de empuje que la aleja del predador. En este contexto la succión resulta más conveniente. Ésta consiste en la generación de vacío mediante la depresión brusca del piso de la boca, lo que produce la entrada del agua junto con la presa. Este mecanismo, común entre los peces, es el más frecuente en tetrápodos acuáticos como salamandras y tortugas. Sin embargo está ausente en la mayoría de los anuros que se alimentan bajo el agua, los cuales utilizan las manos para acercar o retener la presa y poder capturarla con las mandíbulas. La captura por succión en anuros sólo ha sido documentada en dos especies africanas de la familia Pipidae (Carreño y Nishikawa, 2010) y en *Telmatobius rubigo* (Figura 2E;

Barriónuevo, 2016). El caso de *Telmatobius* resulta único entre el grupo de los anuros neobatrachios, que con más de 6000 especies reúne al 96% de todas las especies de sapos y ranas vivientes. Un conjunto de caracteres morfológicos han sido asociados a este comportamiento (Barriónuevo, 2016), por lo tanto la variación morfológica dentro de *Telmatobius* sugiere que no todas las especies son capaces de cazar por succión. Esto se ha comprobado en *T. oxycephalus*, perteneciente al grupo de *T. boliviensis*. Esta especie carece de los rasgos morfológicos asociados a la succión y se ha observado que captura con las manos las presas sumergidas, como otros anuros (Barriónuevo, 2016). Por lo tanto, la presencia o ausencia de ciertos caracteres pueden indicar la ocurrencia de succión, lo que permite explorar, en un marco filogenético adecuado, la evolución de este mecanismo. De este modo se puede inferir que las especies que conforman el grupo de *T. marmoratus* se alimentan subacuáticamente por succión.

CONSERVACIÓN DE ANUROS DE LA PUNA

Si bien el estado de conservación de los géneros *Pleurodema* y *Rhinella* en la región no es preocupante, no ocurre lo mismo para *Telmatobius*, el cual es considerado uno de los géneros de anfibios neotropicales más amenazados (De la Riva, 2005; Merino-Viteri *et al.*, 2005; Barriónuevo y Ponssa, 2008; Vaira, 2012).

El caso de *Telmatobius atacamensis* es emblemático en Argentina. Esta especie fue descrita en 1948 para la localidad de San Antonio de Los Cobres, Salta (Gallardo, 1962). Los últimos ejemplares de esa localidad se hallaron en 1989 (Lavilla y Cei, 2001) y presentaban malformaciones severas en los dedos (Figura 2D). Entre las amenazas potenciales en la zona se encuentra la mina La Concordia, que dejó de explotarse en 1986. El pasivo minero de La Concordia no recibió ningún tratamiento de mitigación. Se ha registrado drenaje ácido (pH 3-4) y una mayor cantidad de metales disueltos

hacia el arroyo Concordia que durante el verano puede alcanzar al río San Antonio (Kirschbaum *et al.*, 2012). Si bien no hay evidencia directa de los efectos del drenaje ácido de mina en relación a las malformaciones y declinación de las poblaciones de *T. atacamensis* en la localidad tipo, este caso merece más estudios. Afortunadamente, se descubrió otra población de la especie en el río de los Patos (Figura 2C). Aunque allí se registró la presencia de quitridiomicosis (Barriónuevo y Mangione, 2006), no estuvo asociada a eventos de mortalidad masiva. Una de las nuevas amenazas que se ciernen sobre esta población es la reciente puesta en marcha del acueducto del Acay (diario El Tribuno, Salta, 16 de febrero de 2016, pág. 17). Esta obra implica la instalación de un drenaje artificial como toma principal y una parrilla como captación secundaria en el arroyo Cóndor Huasi, en las nacientes del río de los Patos. Las consecuencias de esta obra son preocupantes ya que este acueducto, al pie del nevado de Acay, implicaría una disminución sustancial del caudal del río de los Patos, donde aún persiste la única población conocida de la especie.

Otro caso para destacar es el de *T. hauthali* cuya localidad tipo es el arroyo Aguas Calientes a 4050 msnm, próximo al volcán Ojos del Salado (Figura 2G). Esta especie se distribuye además aguas abajo, en los ríos Chaschuil y Cazadero Grande, a 3500 msnm, aunque ya en la década de 1980 estas poblaciones se encontraban diezmadas (Lavilla, 1984) y en campañas más recientes (años 2005 y 2009) no se registraron ejemplares. El río Chaschuil en la actualidad es conocido por la abundancia de truchas. Estas se han introducido con mucho éxito y resultan una amenaza para la fauna local, ya que se ha demostrado que estos peces exóticos pueden depredar adultos de *Telmatobius* (Brunetti, 2008). Afortunadamente, aguas arriba del río Cazadero Grande, un accidente geográfico genera un salto de agua aparentemente infranqueable para las truchas, por encima del cual aún se registran poblaciones de *T. hauthali*. Por lo tanto, evitar la extensión de la siembra de salmónidos exóticos en esta

cuenca es fundamental para asegurar el futuro de esta especie.

REPTILES

En la Puna se encuentran 25 especies de lagartijas y sólo dos especies de serpientes (*Tachymenis peruviana* y *Bothrops ammodytoides*). Las lagartijas se incluyen en los géneros *Pristidactylus* (Leiosauriidae), *Liolaemus* y *Phymaturus* (Liolaemidae). El género *Liolaemus* es el que presenta mayor diversidad en la zona con 20 especies, seguido por *Phymaturus* con cuatro especies y *Pristidactylus* con un taxón. Si bien la mayor diversidad de lagartijas se encuentra entre los 2000 y 3500 msnm, en el rango comprendido entre los 3500 y 5000 msnm la riqueza de especies es significativa. A continuación se brinda la distribución y características de cada género y especie que habita en la Puna de Argentina sobre los 3500 msnm, así como el estado de conservación según la categorización de Abdala *et al.* (2012) para los lagartos y de Giraudo *et al.* (2012) para las víboras.

FAMILIA LIOLAEMIDAE

GÉNERO *LIOLAEMUS* WIEGMANN, 1834

Es uno de los grupos naturales más diversos en toda Tetrapoda; con 266 especies válidas, es el segundo género de lagartijas más diverso del planeta. Se distribuye en los Andes, desde Perú hasta la Patagonia austral (Abdala y Quinteros, 2014). La mayor diversidad se halla en ambientes áridos y fríos, especialmente en el sector cordillerano, (Abdala y Quinteros, 2014).

El género está integrado por dos subgéneros, *Eulaemus*, y *Liolaemus sensu stricto*. En la Puna argentina podemos encontrar representantes de cuatro grupos, dos pertenecientes a *Eulaemus* (clado de *Liolaemus montanus* y de *L. boulengeri*) y dos a *Liolaemus sensu stricto* (clado de *L. alticolor-bibronii* y de *L. capillitas*).

El subgénero *Eulaemus* Girard, 1858, también denominado grupo argentino, tiene una distribución similar a la del género. Está representado por más de 130 especies que integran dos grandes grupos (de *L. boulengeri* y de *L. montanus*) que a su vez están divi-

didos en varios subgrupos y clados (Abdala y Quinteros, 2014).

El grupo de *Liolaemus boulengeri* (Abdala, 2007) está representado en la Puna de Argentina por cuatro especies vivíparas, con tendencia a la herbivoría.

Liolaemus albiceps

Lobo y Laurent, 1995

Distribución.— Desde la cuesta de Lipán a 3900 msnm en Jujuy recorriendo el margen sureste de las Salinas Grandes, hasta los 3100 msnm en Santa Rosa de Tastil en Salta, siendo muy frecuente en localidades como Estación Muñano, y entre Estación Cachiñal y Las Cuevas, Salta (Figura 3A).

Características.— El rasgo morfológico que lo identifica es el color blanco en el dorso de la cabeza y los matices amarillos y rojizos del cuerpo (Figura 3B). Es frecuente de observar debido a su gran tamaño y la escasa cobertura vegetal del ambiente; generalmente ocupa cuevas asociadas a pequeños arbustos.

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus crepuscularis

Abdala y Díaz Gomez, 2006

Distribución.— Catamarca, desde Mina Capillitas a 3000 msnm hasta los alrededores de Laguna Blanca a 3850 msnm (Figura 3A).

Características.— De tamaño medio, con un evidente dicromatismo sexual, siendo los machos más coloridos que las hembras, exhibiendo colores rojizos, azules y amarillos en el dorso del cuerpo (Figura 3C). Ocupa lugares rocosos con suelos arenosos y vegetación de más de 40 cm de alto. Si bien es una especie omnívora, los vegetales son fundamentales en la dieta la cual varía entre sexos y a lo largo del año en base al ciclo reproductivo (Semhan *et al.*, 2013). Las hembras están grávidas durante el invierno y paren hacia principios del verano.

Estado de conservación.— No amenazada.

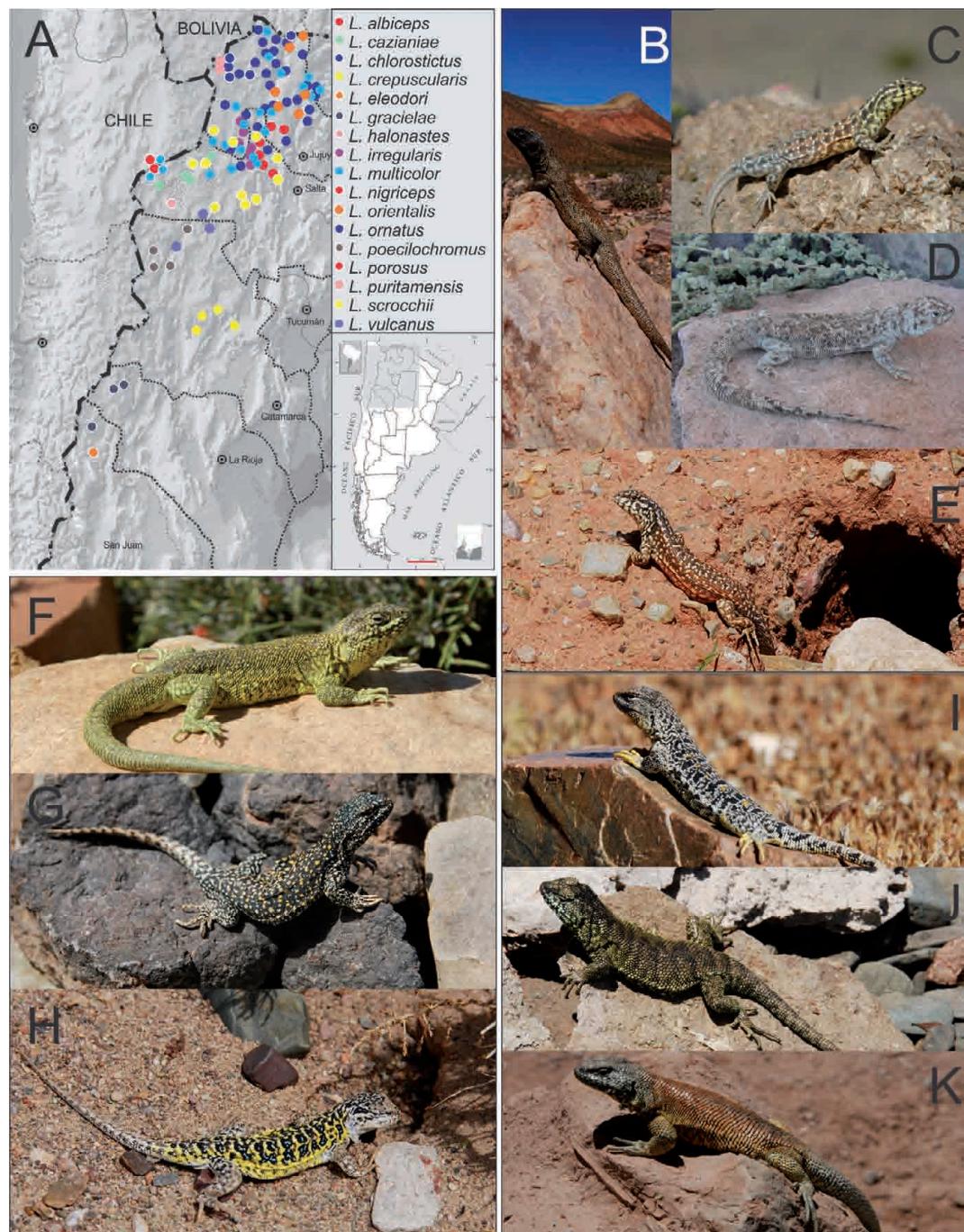


Figura 3. Distribución de las especies del subgénero *Eulaemus* presentes en el área de estudio (A); ejemplares machos de *L. albiceps* de Lipán, Jujuy (B); *L. crepuscularis* de Mina Capillitas, Catamarca (C); *L. irregularis* de San Antonio de los Cobres, Salta (D); *L. ornatus* de Abra Pampa, Jujuy (E); *L. chlorostictus* de Mina Pirquitas, Jujuy (F); *L. gracielae* de Laguna Brava, La Rioja (G); *L. multicolor* de Ichilo, Jujuy (H); *L. porosus* de Socompa, Salta (I); *L. puritamensis* de Puritama, Chile, (J); y *L. vulcanus* de Antofagasta de la Sierra, Catamarca (K).

Liolaemus irregularis

Laurent, 1986

Distribución.— Desde el margen este de las Salinas Grandes, Jujuy, hasta San Antonio de los Cobres, Salta, siendo frecuente en las localidades de Cobres, Sey, Abra de Pives y Pastos Chicos (Figura 3A).

Características.— La cabeza y el cuerpo son de color gris azulado y están cubiertos por manchas de diseño irregular de color oscuro, cada ejemplar tiene un diseño muy particular e irregular (Figura 3D). Tiene características ecológicas y morfológicas similares a *L. albiceps*.

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus ornatus

Koslowsky, 1898

Distribución.— Desde Perú hasta el norte de las Salinas Grandes, Jujuy, con varias poblaciones disjuntas en el noroeste de Chile y provincia de Salta (Figura 3A).

Características.— Es de tamaño mediano con fuerte dicromatismo sexual; los machos se destacan por su color amarillo, castaño rojizo, y negro en el dorso (Figura 3E); las hembras son grises o castañas. Ocupa cuevas de suelos arenosos y escasa vegetación (Figura 3E). Los machos son muy territoriales y en el verano el ciclo de actividad diaria es bimodal.

Estado de conservación.— No amenazada.

El grupo de *Liolaemus montanus* (Etheridge, 1995) incluye más de 60 especies (26 en Argentina, 13 endémicas de la Puna), distribuidas sobre los 2800 msnm de Argentina, Bolivia, Chile y Perú. Son lagartijas vivíparas, cavícolas, saxícolas o terrestres y con una dieta con tendencia a la herbivoría. En algunas especies se ha observado cuidado parental.

Liolaemus cazianiae

Lobo, Slodky y Valdecantos, 2010

Distribución.— Cercanías de Tolar Grande, salar de Arizaro, Cauchari y sobre la cuesta de Caipe, Salta, sobre los 3.700 msnm (Figura 3A).

Características.— Es muy vistosa y polimórfica, los machos tienen grandes manchas rojas en el dorso del cuerpo, ausentes en las hembras donde predomina el color castaño. Es fácil de observar; habita en lugares rocosos asociados a vegetación arbustiva.

Estado de conservación.— Vulnerable.

Liolaemus chlorostictus

Laurent, 1993

Distribución.— Noroeste de Jujuy y sur de Bolivia (Figura 3A).

Características.— Los machos son amarillos con escamas negras (Figura 3F) y las hembras castaño claro con manchas naranjas.

Estado de conservación.— Vulnerable.

Liolaemus eleodori

Cei, Etheridge y Videla, 1985

Distribución.— San Guillermo, San Juan, sobre los 3500 msnm (Figura 3A).

Características.— Presenta polimorfismo cromático en machos y hembras. Los machos exhiben tonalidades naranja, amarillo o rojo en el dorso del cuerpo; las hembras castaño o gris. Es abundante y está asociada a cuevas de *Ctenomys*, en lugares llanos y descubiertos de vegetación. Su patrón de actividad diaria es unimodal y su pico de actividad se da entre las 14 y 16 hs (Acosta et al., 2007).

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus gracielae

Abdala, Acosta, Cabrera, Villavicencio y Marinero, 2009

Distribución.— Entre el suroeste de La Rioja y noroeste de San Juan, particularmente abundante en cercanías de Laguna Brava, La Rioja (Figura 3A).

Características.— Los machos tienen cabeza oscura, cuerpo de color negro con manchas amarillas (Figura 3G). Las hembras son de color castaño con manchas oscuras. Habita en lugares hostiles donde predominan los vientos fríos y secos; el suelo de estos sectores es uniforme, cubierto de lajas y pe-

queñas rocas y desprovisto de vegetación. Alcanza una temperatura corporal de 32 °C y son omnívoros (Cruz *et al.*, 2012).

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus halonastes
Lobo, Slodky y Valdecantos, 2010

Distribución.— Representa un microendemismo dado que habita en los márgenes hiperálicos del salar de Arizaro, Salta, donde la cobertura vegetal es muy escasa (Figura 3A).

Características.— Dicromatismo sexual no tan evidente, predominando el color amarillo sobre el dorso del cuerpo. Es una especie muy poco conocida y de poca abundancia. De comportamiento calmo, a diferencia de los demás *Liolaemus*.

Estado de conservación.— Vulnerable.

Liolaemus multicolor
Koslowsky, 1898

Distribución.— Ampliamente distribuida en Jujuy, Salta y sur de Bolivia (Figura 3A).

Características.— Vistosa, con polimorfismo cromático en machos y hembras. En los machos predominan los colores naranja, azul, verde, amarillo o rojo (Figura 3H) y en las hembras castaño y gris. Ocupa pequeñas cuevas asociadas a las raíces de los arbustos y presenta cuidado parental.

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus nigriceps
(Philippi, 1860)

Distribución.— Endémica de las laderas del volcán Socompa, en el límite entre Argentina (Salta) y Chile (Figura 3A).

Características.— Es un vistoso lagarto de gran tamaño, con cabeza de color negro y cuerpo con manchas amarillas o rojas. Los adultos están asociados a las grandes rocas del lugar, mientras que los juveniles ocupan cuevas en la base de los arbustos.

Estado de conservación.— Insuficientemente conocida.

Liolaemus orientalis

Müller, 1924

Distribución.— En el sector oriental de la Puna de Jujuy y sur de Bolivia (Figura 3A).

Características.— De gran tamaño. El color dorsal del cuerpo es gris con pequeñas manchas oscuras. Se desconocen la mayoría de los aspectos biológicos.

Estado de conservación.— Vulnerable.

Liolaemus poecilochromus
Laurent, 1986

Distribución.— Ampliamente distribuida en el norte y centro de Catamarca (Figura 3A).

Características.— Los machos tienen colores amarillos, naranjas y azules, mientras que en las hembras se destaca el castaño. Habita en áreas abiertas, con suelo pedregoso donde ocupa grandes cuevas.

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus porosus
Abdala, Paz y Semhan, 2013

Distribución.— Endémica de los alrededores del volcán Socompa, en el límite entre Argentina (Salta) y Chile (Figura 3A).

Características.— Tiene características morfológicas únicas como la presencia de poros postcloacales, inguinales, abdominales y gulares, caracteres exclusivos dentro de todo Reptilia. En los machos predominan el color negro y amarillo (Figura 3I) y en las hembras el castaño y gris. Prefiere lugares llanos, con suelos rocosos y con poca cobertura vegetal.

Estado de conservación.— No ha sido categorizada.

Liolaemus puritamensis
Nuñez y Fox, 1989

Distribución.— En Vilama, Jujuy, noreste de Chile y suroeste de Bolivia siempre sobre los 4500 msnm (Aguilar Kiriguin y Abdala, 2016) (Figura 3A).

Características.— De gran tamaño. El color dorsal del cuerpo es castaño verdoso con

algunos matices azules en la cabeza (Figura 3J). Habita lugares donde el clima es muy hostil, siempre asociado a grandes rocas, tanto en lugares vegetados (Chile) como abiertos sin cobertura vegetal (Argentina). Se conoce muy poco sobre su biología.

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus scrocchii

Quinteros, Abdala y Lobo, 2008

Distribución.— En el oeste de Jujuy y noreste de Salta (Figura 3A).

Características.— Es un lagarto grande, común y vistoso, destacándose las grandes manchas oscuras sobre el color castaño anaranjado del cuerpo. Siempre asociada a lugares rocosos con escasa vegetación.

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus vulcanus

Quinteros y Abdala, 2011

Distribución.— Desde Antofagasta de la Sierra hasta el norte del salar del Hombre Muerto, Catamarca (Figura 3A).

Características.— Es de gran tamaño. Tiene dicromatismo sexual, los machos son de color rojizo (Figura 3K), y vientre amarillo, caracteres de coloración ausentes o menos acentuados en las hembras. Habita en lugares con grandes rocas (Figura 3K) o en cuevas presentes en los llanos o bordes de salares desprovistos de vegetación.

Estado de conservación.— No amenazada.

El subgénero *Liolaemus sensu stricto* Laurent, 1983, también denominado grupo chileno, está integrado por más de 110 especies que se distribuyen desde el centro de Perú hasta la Patagonia austral, encontrando su mayor diversidad en los ambientes asociados a la cordillera de los Andes. Varios grupos y subgrupos forman este subgénero, de los cuales solo dos (grupo de *L. alticolor-bibronii* y grupo de *L. capillitas*) habitan en la Puna argentina sobre los 3500 msnm.

El grupo de *Liolaemus alticolor-bibronii* (Quinteros, 2013) está compuesto por especies de tamaño pequeño, con cuerpo alargado,

miembros pequeños y cola mucho más larga que el cuerpo. Siempre están asociadas a ambientes de pastizales de altura, tolerando ambientes más húmedos que el resto de los *Liolaemus* de la Puna.

Liolaemus chaltin

Lobo y Espinoza, 2004

Distribución.— En sector noreste de la Puna de Jujuy y en el sur de Bolivia (Figura 4A).

Características.— El color del cuerpo es castaño, con línea vertebral y bandas dorsolaterales blancas o amarillas anchas y evidentes (Figura 4B). Garganta blanca, inmaculada. Es uno de los pocos *Liolaemus* con modo reproductivo ovíparo que habita a alturas mayores de 3800 msnm; su dieta se basa en insectos y semillas.

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus puna

Lobo y Espinoza 2004

Distribución.— Ampliamente distribuida en el este de la Puna de Argentina, ocupando sectores de Catamarca, Jujuy y Salta entre los 3600 y 4400 msnm; también ha sido registrada en Chile y Bolivia (Lobo y Espinoza, 2004) (Figura 4A).

Características.— El color del cuerpo es castaño con manchas negras en los lados del mismo y la garganta de color gris claro variegado; machos sin línea vertebral. Es vivípara y omnívora.

Estado de conservación.— No amenazada.

Liolaemus yanacu

Martínez Oliver y Lobo, 2002

Distribución.— Endémica desde los faldeos del nevado del Acay, Salta hasta el límite sur entre Salta y Jujuy (Lobo y Lobo, 2003) (Figura 4A).

Características.— De color negro con dicromatismo sexual leve en la faz ventral de la garganta (Figura 4C). Omnívora y ovípara, siendo la especie de *Liolaemus* que deposita huevos a mayor altura hasta ahora conocida (4300 msnm; Valdecantos, 2011).



Figura 4. Distribución de las especies de los géneros *Liolaemus* (subgénero *Liolaemus sensu stricto*), *Phymaturus*, *Pristidactylus*, *Tachymenis* y *Bothrops* presentes en el área de estudio (A); ejemplares machos de *L. chaltin* de Abra Pampa, Jujuy (B); *L. yanacu* de Abra del Acay, Salta (C); *L. umbrifer* de Laguna Blanca, Catamarca (D); *Phymaturus antofagastensis* de paso de San Francisco, Catamarca (E); *P. laurenti* de El Peñón, Catamarca (F); *Pristidactylus scapulatus* de San Guillermo, San Juan (G); *Tachymenis peruviana* de El Infiernillo, Tucumán (H) y *Bothrops ammodyoides* de El Nihuil, Mendoza (I). Los ejemplares de las fotografías H e I, son extrapuneneños.

Estado de conservación.— No amenazada (Abdala *et al.*, 2012).

El grupo de *Liolaemus capillitas* (Lobo, 2005) está constituido por especies de gran tamaño, cuerpo elongado, miembros cortos y cola casi del doble de tamaño que el cuerpo (Lobo, 2005). En el área de estudio encontramos una especie.

Liolaemus umbrifer
Espinoza y Lobo, 2003

Distribución.— Habita el centro este de Catamarca, entre los 3000 y 3700 msnm. Es común y abundante en Laguna Blanca y localidades circundantes (Figura 4A).

Características.— Con coloración melánica en los hombros y miembros anteriores (Figura 4D). Está asociado siempre a lugares con grandes rocas donde se desplaza con gran destreza y agilidad. Es una especie vivípara e insectívora.

Estado de conservación.— No amenazada.

FAMILIA LIOLAEMIDAE
GÉNERO *PHYMATURUS* GRAVENHORST,
1837

Se distribuye entre los paralelos 26° y 45°30' de Argentina y Chile, siempre asociado a lugares de climas muy fríos (Abdala y Quinteros, 2014). La mayoría de las especies representan microendemismos muy marcados. Los *Phymaturus* son lagartos de tamaño grande (el largo del hocico a la cloaca, LHC, mide hasta 120 mm), su cuerpo es ancho, chato y la cola espinosa en la mayoría de los casos (Figura 4E-F). Son vivíparos, herbívoros y se refugian en las grietas de las rocas ya que son saxícolas. En la Puna argentina encontramos cuatro especies, todas pertenecientes al grupo de *P. palluma*.

Phymaturus antofagastensis
Pereyra, 1985

Distribución.— En el paso San Francisco, centro oeste de Catamarca, por encima de los 3500 msnm (Figura 4A).

Características.— Sin dicromatismo sexual, tanto la cabeza como el cuerpo son de color amarillo verde y en el dorso del cuerpo se destacan manchas claras y definidas transversales al eje del cuerpo (Figura 4E). El ciclo de actividad reproductiva es bienal (Boretto y Ibarguengoytía, 2006), su dieta se basa en semillas y frutos, pudiendo ser un potencial dispersor (Acosta *et al.*, 2008).

Estado de conservación.— Vulnerable.

Phymaturus denotatus
Lobo, Nenda y Slodky, 2012

Distribución.— En el centro este de Catamarca, en alrededores de Laguna Blanca (Figura 4A).

Características.— Con coloración llamativa, el color del dorso del cuerpo en los machos es verde o amarillo verdoso y en las hembras castaño con un diseño en forma de “spray”. Los machos exhiben una mancha escapular oscura y las hembras pequeñas manchas blancas dispersas en los lados del cuerpo y cuello.

Estado de conservación.— Vulnerable.

Phymaturus laurenti
Lobo, Abdala y Valdecantos, 2010

Distribución.— En el centro y centro norte de Catamarca, desde el Peñón hasta el norte de Antofagasta de la Sierra, hacia el oeste llega hasta la Sierra de Cabalaste y Quebrada del Diablo (Figura 4A).

Características.— Con cabeza negra y cuerpo amarillo verdoso con manchas oscuras distribuidas sobre el dorso en forma de “spray” (Figura 4F). Fáciles de observar debido a su coloración exuberante.

Estado de conservación.— Vulnerable.

Phymaturus punae
Cei, Etheridge y Videla, 1985

Distribución.— Es un marcado endemismo de San Guillermo, San Juan, ocupando prácticamente todos los roquedales de la zona (Figura 4A).

Características.— Con dimorfismo sexual, las hembras tienen el cuerpo más ancho y los machos mayor LHC, así como mayor largo y ancho de la cabeza y cuello (Boretto *et al.*, 2007). La coloración dorsal también tiene diseño de “spray”, los machos tienen cabeza negra y cuerpo con matices amarillentos, mientras que en las hembras predomina el color castaño. Herbívora, que también incorpora artrópodos a su dieta (Acosta *et al.*, 2007). Los machos tienen un ciclo sexual anual mientras que en las hembras es bienal (Boretto *et al.*, 2007).

Estado de conservación.— Vulnerable.

FAMILIA LEIOSAURIADE
GÉNERO *PRISTIDACTYLUS* FITZINGER,
1843

Esta familia se distribuye en el centro y sur de la Argentina y Chile. Está compuesta por tres géneros (*Diplolaemus*, *Leiosaurus* y *Pristidactylus*) que son los vulgarmente denominados “matuastos”. La gente los considera erróneamente venenosos. Son lagartos de gran tamaño, con potentes mandíbulas y fuerte mordida lo que les permite ingerir otros lagartos, pequeños roedores y aves. Son ovíparos, de hábitos diurnos y terrestres.

El género *Pristidactylus* está formado por diez especies, seis de las cuales están en Argentina. Tienen dicromatismo sexual evidente, caracterizados por un collar melánico. Solo una especie de este género está en la Puna Argentina a más de 3500 msnm.

Pristidactylus cf. *scapulatus*
(Burmeister, 1861)

Distribución.— Endémica de San Guillermo, norte de San Juan (Figura 4A).

Características.— Especie en redescripción (Laspiur, com. pers.), originalmente nominada como *P. scapulatus* (Acosta *et al.*, 2007). Se distingue por su color amarillo en el cuerpo y su ancho y evidente collar melánico (Figura 4G). Es muy territorial y generalmente está asociada a los grandes arbustos de *Lycium chañar*, cuyos frutos incorporan a la dieta a pesar de ser animales

insectívoros (Acosta *et al.*, 2007). Su patrón de actividad diaria es muy corto, solo de 4 horas (Villavicencio *et al.*, 2006) y su temperatura corporal en período de actividad de 27 °C.

Estado de conservación.— No ha sido categorizada.

FAMILIA DIPSADIDAE
GÉNERO *TACHYMEMIS* WIEGMANN,
1835

Esta familia está formada por más de 90 géneros y 700 especies de ofidios con diversas formas y patrones de coloración, incluyendo especies arborícolas, acuáticas, cavadoras y terrestres. La mayoría son diurnas y ovíparas, pero presentan variaciones y especializaciones en los hábitos, reproducción y dieta (Scrocchi *et al.*, 2006).

El género *Tachymenis* se distribuye en las costas del Pacífico de Chile y Perú, en la región andina de Argentina, Bolivia, Chile y Perú, y en áreas amazónicas. Está integrado por seis especies, con dos representantes en la Argentina, *T. chilensis* en Río Negro y Neuquén y *T. peruviana*, en la Puna y zonas de altura del norte. Las mordeduras de *Tachymenis* provocan efectos locales y generales graves (Scrocchi *et al.*, 2006).

Tachymenis peruviana
Wiegmann, 1835

Distribución.— En zonas superiores a los 2000 mnsm de Catamarca, Jujuy, Salta y Tucumán (Figura 4A); y en zonas andinas de Chile, Bolivia y Perú (Scrocchi *et al.*, 2006).

Características.— Es denominada falsa yarará; con dentición opistoglifa, posee un veneno con fuerte actividad proteolítica y hemolítica (Scrocchi *et al.*, 2006). Tiene un tamaño de 60 cm de longitud aproximadamente; el color del cuerpo es castaño, con pequeñas manchas oscuras cuyo centro es más claro (Figura 4H). Es una especie vírica, se alimenta de anfibios y lagartijas (Scrocchi *et al.*, 2006).

Estado de conservación.— No amenazada.

FAMILIA VIPERIDAE
GÉNERO *BOTHROPS* WAGLER, 1824

Esta familia incluye a ofidios venenosos cuyo aparato inoculador está compuesto por largos colmillos huecos que actúan como agujas hipodérmicas. Está formada por más de 300 especies pertenecientes a cuatro subfamilias, que comprenden los viperinos del Viejo Mundo y los crótalos, principalmente americanos.

El género *Bothrops* incluye a las denominadas “yararás”. En Argentina hay 10 especies, varias microendémicas, todas vivíparas y mayormente de hábitos nocturnos. Son las responsables de la mayor cantidad de accidentes ofídicos que ocurren en Argentina. Su mordedura debe ser tratada con un suero específico. En la Puna existe sólo un registro reciente en la localidad de Tres Cruces, Jujuy, a 3700 msnm (Carrasco *et al.*, 2010).

Bothrops ammodytoides
Leybold, 1873

Distribución.— Ampliamente distribuida en casi toda la Argentina, desde Salta hasta Santa Cruz (Figura 4A); es el ofidio venenoso más austral del mundo (Carrasco *et al.*, 2010).

Características.— Denominada “yararáñata” debido a la forma del hocico elevado, producido por la prolongación hacia arriba y atrás de la escama rostral (Figura 4I). Es la única especie diurna del género, de hábitos terrestres, se alimenta de lagartijas y roedores (Scrocchi *et al.*, 2006).

Estado de conservación.— No amenazada.

CONSERVACION DE REPTILES
DE LA PUNA

A diferencia de los anuros, entre las especies de reptiles de la Puna ninguna especie ha sido categorizada como amenazada. Sólo cuatro especies del género *Liolaemus* (*L. cazianiae*, *L. chlorostictus*, *L. halonastes* y *L. orientalis*) y las cuatro especies del género *Phymaturus* presentes en la región han sido categorizadas como vulnerables. Sin embargo cabe destacar que en varios

lugares de la puna, durante el domingo de Pascuas, los lugareños salen a “purgar los pecados” cazando y quemando las lagartijas. Esta costumbre si bien se ha ido perdiendo, está arraigada en la cultura popular puneña. Varias de las especies de *Liolaemus*, sobre todo las de mayor tamaño (e.g., *L. albiceps*, *L. chlorostictus*, *L. irregularis*) sufren año a año las consecuencias de esta tradición.

CONSIDERACIONES FINALES

Si bien la riqueza de especies de anuros y serpientes es relativamente baja en la Puna, las lagartijas presentan una diversidad sorprendente e incluso la mayoría de las especies muestran una elevada densidad poblacional. La aridez, la intensa insolación, la gran amplitud térmica diaria y la baja concentración de oxígeno constituyen aspectos climáticos generales en la región. En este contexto, uno de los aspectos más interesantes de la herpetofauna de la Puna radica en la presencia de rasgos relacionados con la vida en ambientes tan extremos. Entre estos rasgos se destacan el viviparismo en *Phymaturus* o algunas especies de *Liolaemus* o el modo de vida completamente acuático en las ranas del género *Telmatobius*, una característica particularmente rara entre los anuros.

Numerosas amenazas se ciernen sobre los distintos ambientes de la Puna, en especial sobre los relativamente escasos humedales y cuerpos de agua. Los efectos de la minería, del uso irracional de los cursos de agua o de la introducción de peces exóticos constituyen alguno de los principales problemas. La evaluación de estas y otras amenazas así como la continuidad del estudio y exploración de esta vasta región de Argentina constituyen un pilar fundamental para la toma de decisiones que aseguren el futuro de los ambientes puneños y su particular conjunto faunístico.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Abdala C. S., Quinteros A. S. 2014. Los últimos 30 años de estudios de la familia

- de lagartijas más diversa de Argentina. Actualización taxonómica y sistemática de Liolaemidae. Cuadernos de Herpetología, 28: 55-82.
- Abdala C. S. 2007. Phylogeny of the *boulengeri* group (Iguania: Liolaemidae, *Liolaemus*) based on morphological and molecular characters. Zootaxa, 1538: 1-84.
- Abdala C. S., Acosta J. L., Acosta J. C., Alvarez B., Arias F., Avila L., Blanco G., et al. 2012. Categorización del estado de conservación de las lagartijas y anfibios de la República Argentina. Cuadernos de Herpetología, 26: 215-248.
- Acosta J. C., Villavicencio H. J., Blanco G. M. 2008. *Phymaturus antofagastensis* (NCN). Diet. Herpetological Review, 39: 91.
- Acosta J. C., Villavicencio H. J., Marinero J. A. 2007. Anfibios y reptiles. Biodiversidad bioecología y especies de valor especial para monitoreo. En: Carretero, E. M. (ed.). Diversidad biológica y cultural de los Altos Andes Centrales de Argentina - Línea de Base de la Reserva de Biosfera San Guillermo-San Juan. Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan, San Juan, pp 167-179.
- Agostini M. G., Cajade R., Roesler I. 2007. *Pleurodema cinereum* (Puna's Four-eyed Frog). Communal oviposition. Herpetological Review, 38: 441.
- Aguilar Kiriguin A., Abdala C. S. 2016. Primer registro de *Liolaemus puritamensis* Núñez y Fox, 1989 para el sur de Bolivia (Reptilia, Squamata, Liolaemidae). Cuadernos de Herpetología, 30: 45-47.
- Barrio A. 1964. Especies crípticas del género *Pleurodema* que conviven en una misma área identificadas por el canto nupcial (Anura, Leptodactylidae). Physis, 24: 471-489.
- Barriónuevo J. S. 2012. *Telmatobius atacamensis*, *T. hypsolocephalus*, *T. platycephalus*, *T. marmoratus* y *T. hauthali*. Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina. Ficha de los Taxones. Anfibios. Cuadernos de Herpetología, 26 (Supl. 1): 178-183.
- Barriónuevo J. S. 2016. Independent evolution of suction feeding in Neobatrachia: Feeding mechanisms in two species of *Telmatobius* (Anura: Telmatobiidae). The Anatomical Record, 299: 181-196.
- Barriónuevo J. S. 2017. Frogs at the summit: Phylogeny of the Andean frogs of the genus *Telmatobius* (Anura, Telmatobiidae) based on phenotypic characters. Cladistics, 33: 41-68.
- Barriónuevo J. S. En prensa. *Telmatobius atacamensis*. Cannibalism. Herpetological Review.
- Barriónuevo J. S., Baldo, J. D. 2009. Description of the tadpoles of *Telmatobius platycephalus* and *Telmatobius pinguisculus* (Anura: Ceratophryidae) from montane regions of Argentina. Herpetological Journal, 19: 21-27.
- Barriónuevo J. S., Baldo J. D. 2012. *Telmatobius rubigo*. Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina. Ficha de los Taxones. Anfibios. Cuadernos de Herpetología, 26 (Supl. 1): 184.
- Barriónuevo J. S., Mangione S. 2006. Chytridiomycosis in two species of *Telmatobius* (Anura; Leptodactylidae) from Argentina. Diseases of Aquatic Organisms, 73: 171-174.
- Barriónuevo J. S., Ponssa M. L. 2008. Decline of three species of the genus *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Tucumán Province, Argentina. Herpetologica, 64: 47-62.
- Blancas Sánchez F. 1959. Comunidades y campos de vida de Acolla y sus alrededores. Memorias del Museo de Historia Natural Javier Prado, 7: 1-160.
- Boretto J. M., Ibargüengoytía N. R. 2006. Asynchronous spermatogenesis and biennial female cycle of the viviparous lizard *Phymaturus antofagastensis* (Liolaemidae): reproductive responses to high altitudes and temperate climate of Catamarca, Argentina. Amphibia-Reptilia, 27: 25-36.
- Boretto J. M., Ibargüengoytía N. R., Acosta J. C., Blanco G. M., Villavicencio J., Marinero J. A. 2007. Reproductive biology and sexual dimorphism of a high-altitude population of the viviparous lizard *Phymaturus punae* from the Andes in Argentina. Amphibia-Reptilia, 28: 427-432.
- Brunetti A. E. 2008. *Telmatobius oxycephalus*. Predation. Herpetological Review, 39: 463.
- Brunetti A. E., Muñoz Saravia A., Barriónuevo J. S., y Reichle S. 2017. Silent sounds in the Andes: Underwater vocalizations of three frog species with reduced tympanic middle ears (Anura: Telmatobiidae: *Telmatobius*). Canadian Journal of Zoology, 95: 335-343.
- Burkart R., Bárbaro N. O., Sánchez R. O., Gómez D. A. 1999. Ecorregiones de la Argentina. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires, Argentina.

- Falta numero total de páginas y lugar de edición.
- Capurro L. F. 1950. Batracios de Tarapacá. Investigaciones Zoológicas Chilenas, 1: 9-12.
- Carrasco P. A., Leynaud G., Scrocchi G. 2010. Redescription of the southernmost snake species, *Bothrops ammodytoides* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae). *Amphibia-Reptilia*, 31: 323-338.
- Carreño C. A. y Nishikawa K. C. 2010. Aquatic feeding in pipid frogs: the use of suction for prey capture. *The Journal of Experimental Biology*, 213: 2001-2008.
- Cei J. M. 1962. Batracios de Chile. Universidad de Chile, Santiago, 128 pp.
- Cei J. M. 1980. Amphibians of Argentina. *Monitore Zoologico Italiano*, Nuova Serie, Monographia 2: 1-609.
- Correa C., Pastenes L., Sallaberry M., Veloso A., Méndez M. 2010. Phylogeography of *Rhinella spinulosa* (Anura: Bufonidae) in northern Chile. *Amphibia-Reptilia*, 31: 85-96.
- Cruz F. B., Abdala C. S., Scrocchi G. 2012. Los Reptiles de La Rioja. Serie Ciencias Naturales CRILAR. La Rioja, Argentina, 84 pp.
- Cruz F. B., Antenucci D., Luna F., Abdala C. S., Vega L. E. 2011. Energetics in Liolaemini lizards: implications of a small body size and ecological conservatism. *Journal of Comparative Physiology B-Biochemical Systemic and Environmental Physiology*, 181: 373-382.
- De la Riva I. 2005. Bolivian frogs of the genus *Telmatobius*: synopsis, taxonomic comments, and description of a new species. *Monografías de Herpetología*, 7: 65-101.
- De la Riva I., Harvey M. 2003. A new species of *Telmatobius* from Bolivia and a redescription of *T. simonsi* Parker, 1940 (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Herpetologica*, 59: 127-142.
- Duellman W. E. 1979. The herpetofauna of the Andes: patterns of distribution, origin, differentiation, and present communities. En W. E. Duellman (ed.), *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution and Dispersal*. Monograph of the Museum of Natural History, The University of Kansas, Lawrence, pp 371-459.
- Duellman W. E., Veloso A. 1977. Phylogeny of *Pleurodema* (Anura: Leptodactylidae): a biogeographic model. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 64: 1-46.
- Etheridge R. E. 1995. Redescription of *Ctenophryne adspersa* Tschudi, 1845, and the taxonomy of Liolaeminae (Reptilia: Squamata: Tropiduridae). *American Museum Novitates*, 3142: 1-34.
- Faivovich J., Ferraro D. P., Basso N. G., Hadad C. F. B., Rodrigues M. T., Wheeler W. C., Lavilla E. O. 2012. A phylogenetic analysis of *Pleurodema* (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae) based on mitochondrial and nuclear gene sequences, with comments on the evolution of anuran foam nests. *Cladistics*, 28: 460-482.
- Fernández K. 1927. Sobre la biología y reproducción de batracios argentinos. Segunda parte. *Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 29: 271-320.
- Fernández K., Fernández M. 1921. Sobre la biología y reproducción de algunos batracios argentinos I. *Cystignathidae*. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 91: 97-140.
- Ferraro D. P. 2012. *Pleurodema marmoratum* (Duméril y Bibron, 1840). Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina. Ficha de los Taxones. Anfibios. *Cuadernos de Herpetología*, 26 (Supl. 1): 202.
- Ferraro D. P., Casagrande D. 2009. Geographic distribution of the genus *Pleurodema* in Argentina (Anura: Leptodactylidae). *Zootaxa*, 2024: 33-55.
- Formas J. R., Veloso A., Ortiz J. C. 2005. Sinopsis de los *Telmatobius* de Chile. *Monografías de Herpetología*, 7: 103-114.
- Frost D. R. 2017. Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.0. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>. 15 de julio de 2017.
- Gallardo J. M. 1962. Los generos *Telmatobius* y *Batrachophryne* (Amphibia, Leptodactylidae) en la Argentina. *Neotropica*, 8: 45-58.
- Giraudo A. R., Arzamendia V., Bellini G., Bessa C., Calamante C., Cardozo G., Chiaravaglio, M. et al.. 2012. Categorización del estado de conservación de las Serpientes de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 26: 303-326.
- Hödl W. 1992. Reproductive behaviour in the neotropical foam-nesting frog *Pleurodema diplolistris* (Leptodactylidae). *Amphibia-Reptilia*, 13: 263-274.
- Hulse A. C. 1979. Notes on the Biology of *Pleurodema cinerea* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) in Northwestern Argentina. *Journal of Herpetology*, 13: 153-156.

- Ibargüengoytía N. R., Acosta J. C., Boretto J. M., Villavicencio H. J., Marinero J. A., Krenz J. D. 2008. Field thermal biology in *Phymaturus* lizards: Comparisons from the Andes to the Patagonian steppe in Argentina. *Journal of Arid Environments*, 72: 1620-1630.
- Kirschbaum A., Murray J., Arnosio M., Tonda R., Cacciabue L. 2012. Pasivos ambientales mineros en el noroeste de Argentina: aspectos mineralógicos, geoquímicos y consecuencias ambientales. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29: 248-264.
- Lavilla E. O. 1984. Redescubrimiento de *Telmatobius hauthali* Koslowsky, 1985, y descripción de su larva. *Acta Zoologica Lilloana*, 38: 51-57.
- Lavilla E. O., Cei J. M. 2001. Amphibians of Argentina. A second update, 1987-2000. *Monografie di Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino* 18: 1-177.
- Lavilla E. O., De la Riva I. 2005. Estudios sobre las ranas andinas de los géneros *Telmatobius* y *Batrachophryne* (Anura: Leptodactylidae). *Monografías de Herpetología*, 7, 349 pp.
- Lavilla E. O., Laurent R. F. 1988. Deux nouvelles espèces du genre *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) en provenance de El Moreno (Province de Jujuy, Argentine). *Alytes*, 7: 77-89.
- Lobo F. 2005. Las relaciones filogenéticas en el grupo *chiliensis* de *Liolaemus* (Iguania: Liolaemidae). Sumando nuevos caracteres y taxa. *Acta Zoológica Lilloana*, 49: 67-89.
- Lobo F., Espinoza R. E. 2004. Further resolution of purported reproductive bimodality in *Liolaemus alticolor* (Iguania: Tropiduridae) with descriptions of two new species from the Puna region of Argentina and Chile. *Copeia*, 2004: 850-867.
- Lobo F., Lobo S. 2003. *Liolaemus yanacu*. *Herpetological Review*, 34: 262.
- Merino-Viteri A., Coloma L. A., Almendáriz A. 2005. Los *Telmatobius* de los Andes de Ecuador y su disminución poblacional. *Monografías de Herpetología*, 7: 9-37.
- Penna M. V., Veloso A. M. 1981. Acoustical signals related to reproduction in the spinulosus species group of *Bufo* (Amphibia, Bufonidae). *Canadian Journal of Zoology*, 59: 54-60.
- Pereyra M. O., Vera Candioti M. F., Faivovich J., Baldo D. 2015. Egg clutch structure of *Rhinella rumbolli* (Anura: Bufonidae), a toad from the Yungas of Argentina, with a review of the reproductive diversity in *Rhinella*. *Salamandra*, 51: 161-170.
- Ramos V. A. 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. *Geología Argentina. Anales*, 29: 41-96.
- Scrocchii G., Moreta J. C., Kretzschmar S. 2006. Serpientes del noroeste argentino. Editorial Fundación Miguel Lillo, Tucumán, 174 pp..
- Seimon T. A., Seimon A., Daszak P., Halloy S. R. P., Schloegel L. M., Aguilar C. A., Sowell P., Hyatt A. D., Konecky B., Simmons J. 2007. Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Global Change Biology*, 13: 288-299.
- Semhan R. V., Halloy M., Abdala C. S. 2013. Diet and reproductive states in a high altitude Neotropical lizard, *Liolaemus crepuscularis* (Iguania: Liolaemidae). *South American Journal of Herpetology*, 8: 102-108.
- Sinsch U. 1986. Anfibios de la Sierra Central del Perú: Una clave de identificación para adultos y larvas. *Boletín de Lima*, 45: 23-33.
- Vaira M., Akmentins M., Attademo M., Baldo D., Barraso D., Barrionuevo S., Basso N. et al.. 2012. Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 26: 131-159.
- Valdecantos S. 2011. Coexistencia entre especies: competencia, agresión o indiferencia en lagartijas de la puna del género *Liolaemus* (Squamata: Iguania: Liolaeminae). Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba. 148 pp.
- Vellard J. 1960. Estudios sobre batracios andinos. VII. El género *Pleurodema* en los Andes peruanos. *Memorias del Museo de Historia Natural "Javier Prado"*, 10: 1-14.
- Villavicencio J., Acosta J. C., Marinero J. 2006. *Pristidactylus scapulatus* (NCN). Body temperature. *Herpetological Review*, 37: 471.

Box ▶

Peces de la Puna

Aguilera, Gastón

Fundación Miguel Lillo- Unidad Ejecutora Lillo (CONICET). Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. Email: gaguilera@lillo.org.ar

La Puna en Argentina alberga pocas especies de peces, de menos de 11 de cm de longitud total, y que se encuentran adaptados a las condiciones extremas de estos ecosistemas acuáticos, como los pulsos de crecidas en el período estival y las bajas temperaturas propios de climas de altura. Esta baja diversidad responde, en parte, a factores históricos de aislamiento de las cuencas que impiden el repoblamiento desde zonas más bajas, y a factores ecológicos tales como la tolerancia fisiológica de las especies para subsistir en climas más extremos (se ha observado una relación inversa entre la riqueza y abundancia de peces con el incremento en altura; Menni *et al.*, 2005). En Argentina las especies más comunes que habitan estas áreas corresponden a distintos integrantes del género *Trichomycterus* (Siluriformes) (Figura 1), como por ejemplo la especie endémica *T. roigi* con registros a 4800 msnm. en la provincia de Jujuy (Fernández, 2013). Otras especies como la mojarrita *Bryconamericus rubropictus* (Characiformes) y la madrecita *Jenynsia maculata* (Cyprinodontiformes) son menos abundantes y solo se encuentran en los bordes orientales de la Puna que desaguan a la cuenca de los ríos

Juramento y Bermejo en Salta. No se conoce la explotación de ninguno de estos peces por parte de las poblaciones humanas en la Puna; sin embargo en algunas zonas de la Quebrada de Humahuaca se observó a niños «yusqueando», que corresponde a la pesca de yuscas (*Trichomycterus* sp.) En zonas de Puna de Chile, Perú y Bolivia están presentes los géneros *Orestias* (Cyprinodontiformes) y *Astroblepus* (Siluriformes), pero aún no fueron registrados para Argentina (Fernández, 2013). Posiblemente la especie de pez más común de la Puna sea la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, originaria del norte del Hemisferio Norte, desde EEUU hasta Rusia, e introducida en la Puna así como también en varios países de todo el mundo. Esta especie, que se encuentra entre las 100 especies introducidas más dañinas del mundo (Lowe *et al.*, 2004), podría poner en peligro tanto a los peces nativos como así también a la mayoría de los organismos acuáticos de la región.

LITERATURA CITADA

Fernández L. 2013. Diversidad y endemismos de peces de la Cordillera Argentina. Amenazas. Temas de Biología y Geología del NOA, 3: 77-84.



Figura 1. *Trichomycterus spegazzini*, especie de Trichomycteridae que habita en ríos hasta 3000 msnm en el borde oriental de la Puna.

- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poor-
ter M. 2004. 100 de las especies exó-
ticas invasoras más dañinas del mundo.
Una selección del Global Invasive Spe-
cies Database. Grupo Especialista de
Especies Invasoras (GEEI), Comisión de
Supervivencia de Especies (CSE), Unión
Mundial para la Naturaleza (UICN), 12
pp.
- Menni R. C., Miquelarena A. M., Volepdo A.
V. 2005. Fishes and environment in nor-
thwestern Argentina: From lowland to
Puna. *Hydrobiologia*, 544: 33-49.

11 ▶ Macroinvertebrados acuáticos de las vegas de la Puna argentina

Nieto, Carolina¹; Fátima Romero²; Celina Reynaga¹; Verónica Manzo¹

¹ Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN), CONICET – Universidad Nacional de Tucumán. CC 34, (4107) Yerba Buena, Tucumán. macarolina_nieto@yahoo.com.ar

² Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) S. M. Tucumán.

► **Resumen** — Los ecosistemas acuáticos de vegas de la Puna combinan ambientes lóticos y lénticos, ocasionando una fauna particular en donde conviven organismos comúnmente presentes en los ríos y aquellos dominantes en lagos o lagunas. Entre los veranos del 2013-2015 se muestrearon 21 vegas distribuidas en la Puna de Salta y Catamarca, se analizaron los parámetros físico-químicos del agua, y las comunidades acuáticas presentes en estos ambientes. Las vegas presentaron importantes variaciones de sus características físico-químicas (temperatura del agua: 4,5-22 °C; oxígeno disuelto: 5-19 mg/l; pH: 2,9-9,4; conductividad: 690-1380 µS/cm, etc.). La comunidad de invertebrados acuáticos se caracterizó por presentar un predominio de estadios inmaduros de insectos registrándose seis órdenes de Insecta con 21 familias. También se registraron Annelida, Crustacea, Mollusca, Collombola y Acari. Las vegas que presentaron mayor heterogeneidad de hábitats registraron mayor riqueza taxonómica. En comparación con las comunidades de invertebrados bentónicos de otras ecorregiones de Argentina, la Puna presenta una riqueza menor de familias. Esto podría deberse a que es considerado un ambiente extremo para el desarrollo de la mayoría de los organismos, ya que presenta una marcada amplitud térmica, fuertes vientos, elevada radiación, y bajas presiones parciales de oxígeno y dióxido de carbono. Se definieron ocho rasgos biológicos con sus respectivas modalidades para los macroinvertebrados de la Puna. En el modelo resultante se obtuvieron cuatro tipos funcionales organizados de acuerdo a la combinación de un gradiente altitudinal y longitudinal.

Palabras clave: Ecosistemas acuáticos; grupos funcionales; neotropical.

► **Abstract** — “Aquatic Macroinvertebrates of Argentinean Puna peatbogs”. At the Puna, lotic and lentic ecosystems are combined, resulting in a particular fauna where river-frequent specimens and lake/pond specimens coexist. During the summers of 2013-2015, 21 peatbogs from the Puna of Salta and Catamarca were sampled. During these collections water physico-chemical characteristics and the macroinvertebrate community was analyzed. The peatbogs had significant physico-chemical variations (temperature: 4.5-22 °C; dissolved oxygen: 5-19 mg/l; pH: 2.9-9.4; conductivity: 690-1380 µS/cm, etc.). The aquatic invertebrate community was mainly composed of immature insects. Six orders of insects with 21 families were reported. Annelids, Crustaceans, Molluscs, Collembola, and Acari were also collected. The peatbogs with higher diversity of habitats were more entomologically diverse. However, the Puna region is entomologically less diverse than other Argentinean ecoregions. The Puna has extreme temperatures as well as strong winds, high solar radiation, low oxygen partial pressures and carbon dioxide. All these characteristics make this environment extreme for most species. Eight biological traits and different discrete modalities were defined for the Puna macro-invertebrates. The analysis obtained four functional types that are organized according to the combination of an altitudinal and longitudinal gradient.

Keywords: Aquatic ecosystems; functional groups; neotropical.

INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados son los organismos dominantes dentro de los ecosistemas acuáticos. Forman parte de casi todos los procesos ecológicos que en ellos ocurren

y son un enlace importante para mover la energía entre los distintos niveles tróficos (Hanson *et al.*, 2010). Controlan la productividad primaria, consumiendo gran cantidad de algas, eliminando tejido poco producti-

vo y mineralizando los nutrientes (Wallace y Webster, 1996; Allan y Castillo, 2007). A su vez, al servir de alimento, transfieren la energía hacia los consumidores superiores de las redes tróficas (vertebrados acuáticos, *e.g.*, peces, aves) (Rodríguez-Capítulo *et al.*, 2009). En Argentina, los estudios de macroinvertebrados acuáticos que habitan a más de 2000 m de altura son escasos (Nieto *et al.*, 2016) y están enfocados en grupos taxonómicos particulares; por ejemplo, los Chironomidae fueron estudiados a lo largo de gradientes altitudinales en Mendoza y Tucumán (Scheibler *et al.*, 2008; Tejerina y Malizia, 2012), y en ríos de la Puna de Catamarca (Rodríguez Garay y Paggi, 2015).

Entre los taxones más comunes de macroinvertebrados acuáticos se incluyen los insectos, crustáceos, anélidos, moluscos, nematodos, planarias, briozos y cnidarios. Sus ciclos de vida pueden ser totalmente acuáticos o combinarse con el medio aéreo, siendo de este modo un elemento conector entre la dinámica acuática y la terrestre (Junk y Wantzen, 2004).

Los ecosistemas acuáticos de la Puna incluyen una amplia variedad de ambientes (Izquierdo *et al.*, este volumen), incluyendo lagos y lagunas generalmente salinos de distinto tamaño, manantiales termales y ríos de montaña que en muchos casos se asocian a grandes humedales o vegas (Maldonado *et al.*, 2011). En la Puna, estos ecosistemas pueden agruparse en dos tipos, los léticos (aguas quietas) y los lóticos (aguas corrientes), presentando características físicas muy diferentes, tales como velocidad de flujo, turbulencia, sustrato del fondo, etc. Esta combinación poco frecuente de ambientes resulta en una fauna particular en donde conviven organismos comúnmente presentes en los ríos y aquellos dominantes en lagos o lagunas.

Los sistemas hidrográficos de la Puna constituyen parches de hábitats acuáticos dentro de un paisaje desértico (Ruthsatz, 2012). Las lluvias son escasas y se concentran entre octubre y marzo provocando una gran variación estacional en los caudales hídricos. Estos procesos darían como resultado ambientes inestables, con baja predec-

tibilidad y alta fragilidad frente a la acción antrópica (González Achem *et al.*, 2014).

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS AMBIENTES ESTUDIADOS

Los cuerpos de agua de vegas de la Puna presentan importantes variaciones de sus características físicoquímicas (caudal, temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, etc.). Algunos investigadores atribuyen parte de estas características a la altitud (Jacobsen *et al.*, 1997; Jacobsen, 2004) y en consecuencia a la baja temperatura y concentración de oxígeno (Jacobsen *et al.*, 2003; Jacobsen y Marín, 2007).

A partir de muestreos realizados en los veranos 2013-2015 que incluyeron 21 vegas de la Puna distribuidas en Salta y Catamarca, se observó que el agua presentó en general una gran variación térmica (Tabla 1), oscilando entre valores muy bajos como los 4,5 °C, registrado en las vegas de mayor altitud (*e.g.*, Acay Sur, Salta) y valores superiores a los 22 °C registrados (*e.g.*, Laguna Blanca, Río Río, Aguas Calientes, Pasto Ventura, Catamarca) posiblemente relacionadas a aguas termales.

Los rangos de pH registrados en las distintas vegas fueron también muy amplios; aquéllas que presentaron suelos orgánicos tuvieron mayor acidez, mientras que las vegas con suelos minerales presentaron un pH neutro o alcalino. Las vegas Tocomar, Chorrillos, Condor Huasi y uno de los puntos de muestreo en las vegas Acay Sur y Norte, en Salta, y Laguna Blanca y dos puntos de muestreo de Pasto Ventura en Catamarca presentaron aguas de características ácidas con pH que oscilaron entre 2,89 y 6,89. Las restantes se caracterizaron por presentar aguas más alcalinas con valores oscilando entre 7,05 hasta 9,37, registrando el valor más alto en uno de los sitios de muestreo de Pasto Ventura (Catamarca).

La disponibilidad de oxígeno para la vida acuática depende de muchos factores, entre ellos altitud, temperatura, turbulencia y salinidad. En las vegas muestreadas la disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) para los organismos acuáticos fue alta debido princi-

Tabla 1. Rango de las variables físicoquímicas registradas en cada estación de muestreo. Los puntos de muestreo estuvieron sujetos al área total de la vega considerada.

Vegas	Puntos de muestreo	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (μS/cm)	Turbidez	Oxígeno disuelto (mg/l)	Sólidos totales disueltos (mg/l)
Tocomar	5	4320-4356	17,9-20,6	3,8-4,9	176-343	1,4-37,3	4,5-15,7	0,1-0,2
Chorrillos	2	4427-4458	7,8-13,4	5,5-6,0	130-123	0,3-2,1	5,5-6,6	0,1-0,2
Incachule	2	4444-4453	16,2-17,6	7,1-7,2	104-432	2,1-4,6	6,9-9,7	0,3-0,7
Aguas Calientes	6	4112-4139	15,4-25,1	7,6-8,0	291-346	1,4-21,7	7,1-9,0	0,2-0,3
Pastos Grandes	4	3937-4048	16,2-23,7	7,3-7,6	139-244	0,6-5,9	7,6-9,6	0,1-0,2
Salinas Pastos Grandes	3	3780-3795	16,3	7,8	605	5,4	9,9	0,4
Cóndor huasi	3	3944-3988	18,8	6,71	349	4,7	s/d	0,2
Quirón	2	3916-3927	6,8-11,8	7,1-7,3	593-696	1,8-20,7	6,6-8,4	0,4-0,5
Olacapato Chico	3	4079-4084	7,9-13,1	7,5-8,2	99-131	3,4-20,6	11,1-13,2	0,1-0,2
Catua arriba	2	3998-4008	14,2-11,1	8,1-8,1	1030-1380	54,7-54,9	11,6-11,8	0,7-0,9
Catua abajo	2	3978-3981	13,1-14,8	7,8-7,8	0-456	69,4-116	8,5-11	0-0,3
Acay sur	3	4742-4753	4,5-8,9	6,9-7,7	42-66	0-3,6	7,9-7,9	0,1
Acay norte	3	4668-4731	6,8-17,3	6,9-7,1	31-550	0-12,1	5,3-9,3	0,0-0,1
Laguna Blanca	5	3283-3314	18,1-26,5	5,9-6,7	0	9,5-378	5,9-6,7	0-0,1
Río Río	6	3643-3646	14,5-25,5	7,5-9,9	0-1,51	2-31,6	6,4-18,9	0,1-1,0
Aguas Calientes	2	3815-3816	22,6-24,4	8,2-8,8	0	17,0-29,3	6,5-7,2	0,4
Pastos Ventura	7	3828-3908	10,6-21,3	2,9-9,4	0	0,9-460	5,9-11,5	0-0,3
Corral Blanco	6	3279-3310	11,3-21,2	7,5-8,1	0	0-1,9	6,3-7,6	0,2-0,3
Alto El Peñón	2	4116-4117	16,8-18,9	7,2-7,4	0	0-4,7	6,4-7,4	0,2
Laguna del Medio norte	3	4243-4248	10,7-17,2	6,7-8,1	0	0	6,9-7,9	0,1-0,2
Laguna del Medio sur	2	4229-4230	14,0-18,1	7,5-7,8	0	0	4,8-6,7	0-0,29

palmente a la alta turbulencia de los ríos, llegando incluso a niveles de saturación. Todas las vegas muestreadas presentaron valores superiores a 5 mg/l, un valor considerado apto para asegurar el funcionamiento de las comunidades acuáticas (Chapman, 1996), aunque los requerimientos varían entre especies. Por ejemplo, muchas especies de crustáceos pueden vivir con concentraciones de oxígeno disuelto entre 0,1 y 2,0 mg/l y una gran variedad de microorganismos (bacterias, hongos y protozoarios) son anaerobios facultativos, mientras que los plecópteros y algunos efemerópteros son los más sensibles a la disminución de oxígeno disuelto. La concentración de las sales disueltas en el agua (salinidad) depende en gran medida de la litología de las rocas por donde discurre (González Achém *et al.*, 2015) y puede ser medida de manera indirecta a través de la conductividad eléctrica. En las vegas estudiadas, se registraron valores de conductividad correspondientes a aguas no salinas y con salinidad media según la clasificación de Ro-

dier (1989). La conductividad promedio fue de 690 μS/cm, con un rango de variación entre 0 y 1380 μS/cm. Los valores más bajos fueron registrados en la vega Pasto Ventura (Catamarca) y el mayor valor en Catua Arriba (Salta).

En las distintas vegas estudiadas se registraron bajos valores de sólidos totales disueltos y turbidez, lo cual indica poca erosión fluvial y arrastre de partículas de suelo. Dichos valores (menores de 500 mg/l) indican aguas limpias y libres de sólidos, aptas para la vida acuática.

COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

La comunidad de invertebrados acuáticos encontrados en los humedales de la Puna se caracteriza por presentar un predominio de estadios inmaduros de insectos acuáticos, que incluyen seis órdenes con 21 familias presentes en la mayoría de las vegas estudiadas (Figura 1). También se han registrado taxones no Insecta como Annelida, Crusta-

Tabla 2. Taxones de invertebrados registrados en 21 vegas de la Puna. Se señala la abundancia total registrada para cada uno, así como la frecuencia de ocurrencia en todas las vegas muestreadas. Los datos de Diptera fueron tomados de Rodríguez Garay y Paggi (2015).

Taxón	Familia / Subfamilia / Género / Especie	Abundancia total	Frecuencia de ocurrencia
INSECTA			
Ephemeroptera	Baetidae		
	<i>Andesiops peruvianus</i>	1393	10
	Leptophlebiidae		
	<i>Massartellopsis irarrazavali</i>	63	7
Plecoptera	Gripopterygidae		
	<i>Claudioperla tigrina</i>	10	2
	<i>Claudioperla rosalesi</i>		
	Perlidae		
	<i>Anacroneuria</i> sp.	12	1
Trichoptera	Hydrobiosidae		
	<i>Cailloma</i> sp.	41	4
	Hydroptilidae		
	<i>Metricchia</i> sp.	182	5
	<i>Oxyethira</i> sp.		
	Limnephilidae		
	<i>Antarctoecia</i> sp.	107	12
	Odontoceridae		
	<i>Glossosomatidae</i>	3	1
Odonata	Coenagrionidae		
	<i>Protallagma titicacae</i>	10	2
	Aeshnidae		
	<i>Rhionaeschna variegata</i>	324	8
Heteroptera	Corixidae		
	<i>Trichocorixa</i> sp.	281	12
Coleoptera	Staphylinidae		
	<i>Hydrophilidae</i>	3	3
	<i>Tropisternus</i> sp. (adulto)	87	11
	<i>Tropisternus</i> sp. (larva)		
	Hydrophilidae		
	Elmidae		
	<i>Austrelmis</i> (larva)	1	15
	<i>Austrelmis</i> (adulto)	514	
	Dytiscidae		
	<i>Dytiscidae</i> (adulto)	922	15
	Scirtidae		
Diptera	Scirtidae	80	7
	Simuliidae	1	
	<i>Simulium</i> sp.	903	1
	Chironomidae		
	Orthocladiinae		
	<i>Orthocladiinae</i>	229	16
	<i>Stictocladius prati</i>		
	<i>Allocladius quadrus</i>		
	Chironominae	69	12
	<i>Podonominae</i>		
	<i>Podonomus fastigians</i>	236	16
	<i>Podonomus setosus</i>		
	<i>Podonomus regalis</i>		
	Dolichopodidae	2	6
	Empididae		
	<i>Ephydriidae</i>	7	1
	Stratiomyidae		
	<i>Syrphidae</i>	4	3
	Muscidae		
	<i>Muscidae</i>	2	2
		1	1

Tabla 2 (cont.).

Taxón	Familia / Subfamilia / Género / Especie	Abundancia total	Frecuencia de ocurrencia
	<i>Limnophora</i> sp.	9	4
	Ceratopogonidae	8	3
	Tabanidae	14	4
	Culicidae	1	1
	Tipulidae	2	1
NO INSECTA			
Collembola		3	1
Amphipoda	Hyalellidae		
	<i>Hyalella</i> sp.	2260	19
Mollusca	Gastropoda	9	2
	Bivalvia	115	4
Annelida	Glossiphoniidae	201	17
	Oligochaeta	119	10
Acari	Hydrachnidia	21	8

cea, Mollusca, Collembola y Acari (Tabla 2) que en algunas vegas de Catamarca (e.g., Laguna Blanca, Pasto Ventura) llegan a constituir una parte importante de la comunidad.

En general estos invertebrados están adaptados a ambientes de aguas corrientes o reófilos de aguas frías (estenotermos fríos) y

baja mineralización ya que son afectados por la salinidad del agua, la altitud y la heterogeneidad del hábitat (Jacobsen *et al.*, 1997; Jacobsen, 2004). Este último aspecto surge a partir de las características propias de estos humedales que se caracterizan por presentar un microrelieve ondulado con una red intrín-

INVERTEBRADOS BENTÓNICOS

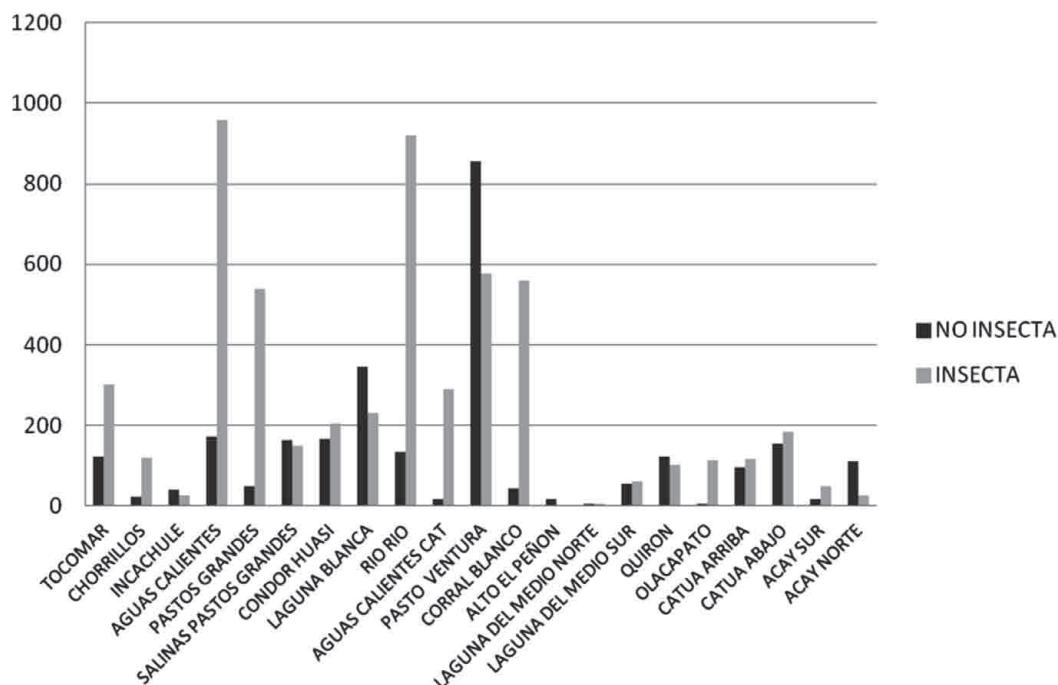


Figura 1. Abundancia de invertebrados bentónicos en cada una de las vegas estudiadas.

cada de canales o cursos de agua corriente, asociado a la dominancia de especies herbáceas en “cojines” compactos (Izquierdo *et al.*, este volumen).

Estos ambientes están asociados a vertientes superficiales o subsuperficiales que generan cursos de agua corriente permanente, con relativamente alta concentración de oxígeno y baja salinidad. Estas características permiten la existencia de un hábitat complejo donde pueden encontrarse aguas quietas o léticas (charcas, lagunas, pozones) y ambientes de aguas corrientes o lóticas (arroyos y ríos). Esta diversidad de hábitats es un factor clave ya que posibilita una alta disponibilidad de alimentos y refugio a los distintos integrantes de las comunidades biológicas. Consistentemente, nuestros resultados reflejan mayor riqueza taxonómica en las vegas que presentan mayor heterogeneidad de hábitats (Figura 2) como Aguas Calientes (Salta), Río Río y Corral Blanco (Catamarca).

En este sistema complejo, los invertebrados acuáticos se encuentran asociados a ciertos sectores o hábitats específicos; por ejemplo, los relacionados con el sustrato del fondo o lecho (comunidad bentónica), los que están presentes en la columna de agua (planctónicos y nadadores o necton) y los que se encuentran asociados a la vegetación sumergida, marginal o emergente. En general la comunidad mejor representada es la relacionada al sustrato del fondo o comunidad bentónica. Le siguen en importancia los odonatos, hemípteros y algunos coleópteros, que habitualmente se encuentran en charcos, pozones y pequeñas lagunas.

Los insectos acuáticos son claramente dominantes en la composición de la comunidad de invertebrados de las distintas vegas (Figura 3). Los órdenes Diptera, Coleoptera y Trichoptera son los mejores representados con 12, 6 y 5 familias respectivamente (Tabla 3), siendo las familias Chironomidae, Simuliidae, Elmidae y Limnephilidae las más abundan-

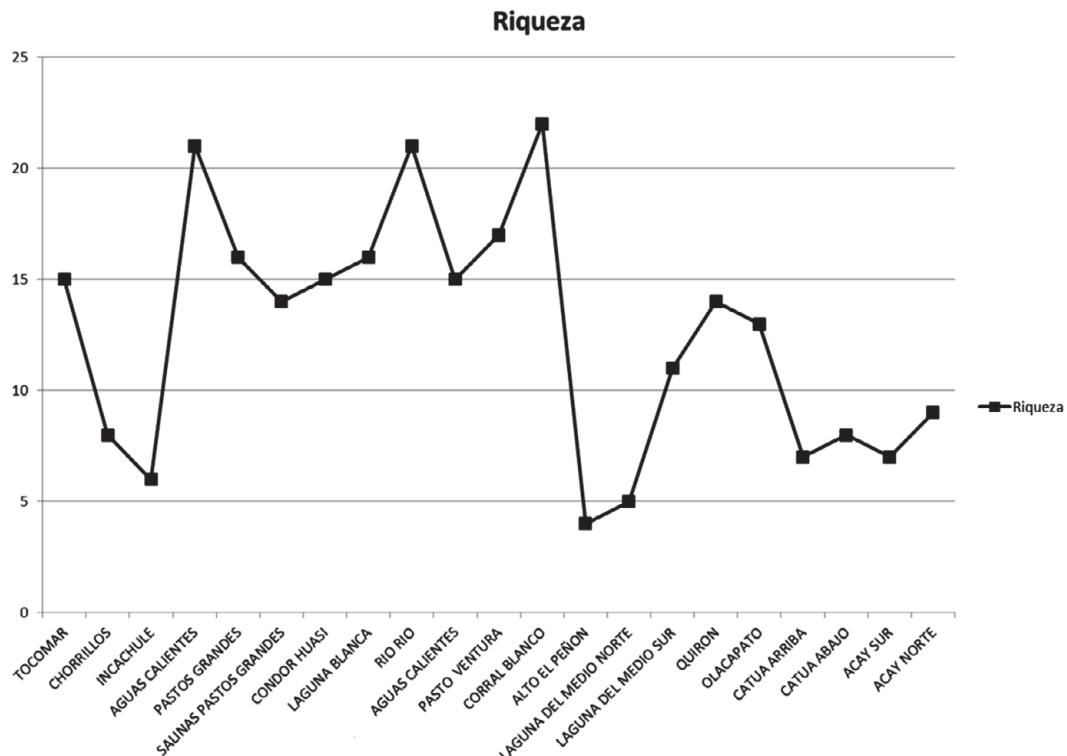


Figura 2. Valores de riqueza registrada en cada una de las vegas muestreadas.

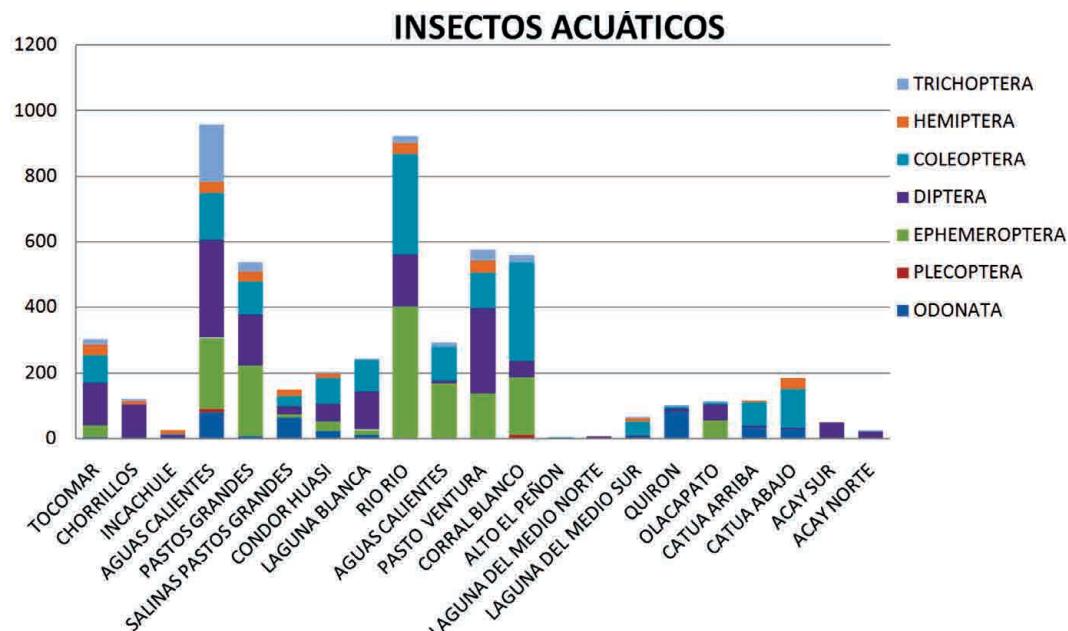


Figura 3. Abundancia de insectos acuáticos en las diferentes vegas muestreadas.

tes. Si bien Hemiptera estuvo representada solamente por la familia Corixidae registró una alta frecuencia, al igual que la familia Baetidae (Ephemeroptera). Dentro de los órdenes Coleoptera y Trichoptera, cada uno representado con cinco familias, solamente una, Elmidae en el primero y Limnephilidae en el segundo, fueron frecuentes mientras que las restantes tienen una presencia más

o menos ocasional en hábitats muy limitados y localizados. Las familias Chironomidae (Diptera) y Elmidae (Coleoptera) fueron las más frecuentes registrándose en 16 y 15 vegas respectivamente, mientras que *Andesiops* (Baetidae) fue el género más abundante entre los insectos con 1393 individuos.

Entre los taxones no Insecta, Amphipoda e Hirudinea fueron los más frecuentes (Fi-

Tabla 3. Riqueza de familias de los distintos órdenes en cada una de las ecorregiones presentes en el Noroeste Argentino. Los datos de: Yungas, tomados de Von Ellenrieder (2007) y Molineri *et al.* (2009); Monte: Grosso *et al.* (1999), Tripole *et al.* (2008) y Scheibler *et al.* (2014); Prepuna: Peralta y Romero (2011); y Puna: Rodríguez Garay y Paggi (2015) y este trabajo. No Insecta incluye: Collembola, Nematoda, Annelida, Mollusca, Crustacea, Acari y Oligochaeta; n/r indica taxón no registrado.

Grupo taxonómico	Yungas	Monte	Prepuna	Puna
Odonata (libélulas)	6	5	1	2
Plecoptera (mosca de las piedras)	1	2	1	2
Ephemeroptera (efímeras)	5	3	3	2
Trichoptera (trigáneas)	11	9	3	5
Megaloptera (patudo)	1	1	n/r	n/r
Heteroptera (chinches)	7	4	n/r	1
Coleoptera (escarabajos)	14	7	3	4
Diptera (moscas y mosquitos)	12	13	8	12
Lepidoptera (polillas)	1	1	n/r	n/r
No Insecta	30	21	15	6
Riqueza	88	66	34	34

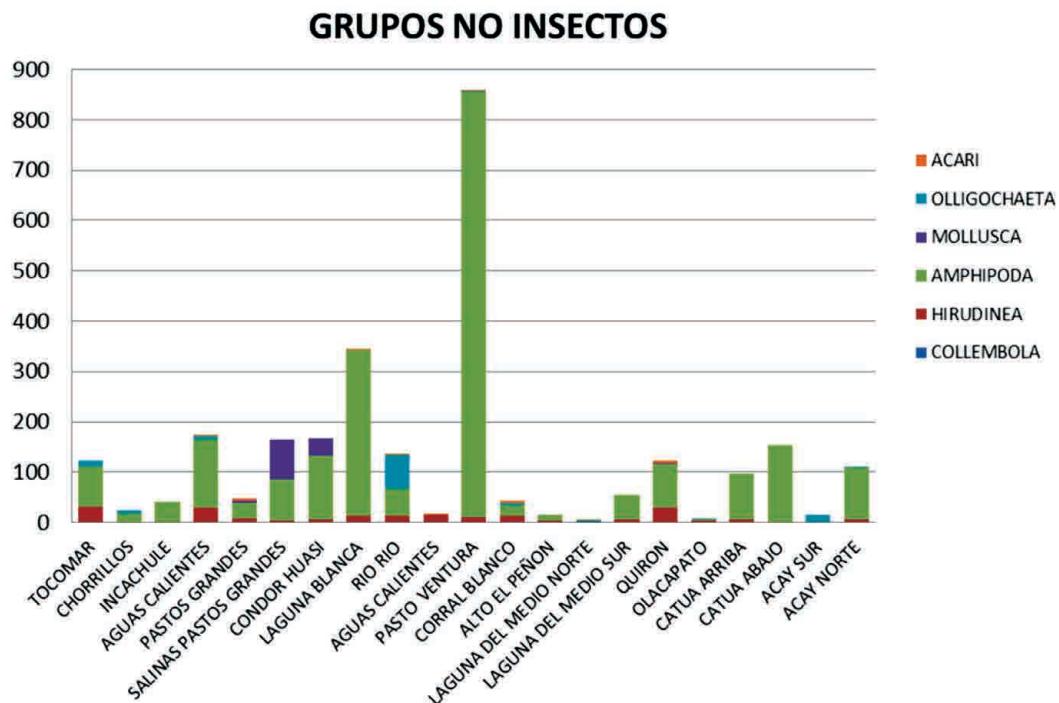


Figura 4. Abundancia de taxones no Insecta en las distintas vegas muestreadas.

gura 4). Los Amphipoda son un orden de pequeños crustáceos mientras que los Hirudinea se encuentran dentro de los anélidos y son comúnmente conocidos como sanguijuelas. El género *Hyalella* sp. (Hyalellidae, Amphipoda) fue el más abundante y frecuente, con 2260 individuos registrados en 19 de las 21 vegas muestreadas, mientras que la familia Glossiphonidae (Hirudinea) fue registrada en 17 vegas.

DIFERENCIAS Y SIMILITUDES CON OTRAS ECORREGIONES

El conocimiento taxonómico de la fauna de invertebrados acuáticos de la Puna es escaso. Para realizar una comparación con otras ecorregiones realizamos un análisis restringido hasta el nivel de familias. En la Tabla 3 se presenta una comparación entre la riqueza de familias de invertebrados registrados para la Puna con registros realizados en otras ecorregiones del noroeste argentino (Grosso *et al.*, 1999; Von Ellenrieder, 2007; Molineri *et al.*, 2009; Tripole *et al.*,

2008; Peralta y Romero, 2011; Scheibler *et al.*, 2014; Rodríguez Garay y Paggi, 2015). En general se observa que las comunidades de invertebrados bentónicos tienen menor riqueza de familias en la Puna. La mayoría de los órdenes de Insecta presentan mayor diversidad de familias en la ecorregión de las Yungas, y otros taxones desaparecen con la altitud como Lepidoptera y Megaloptera. Solamente Plecoptera y Diptera no manifiestaron esta tendencia; en el primero aparece la familia Gripopterygidae que es característica de zonas de mayor altitud (Gibon y Molina, 2013); mientras que en Diptera, aunque se encontró el mismo número de familias, hay un cambio en la dominancia a nivel genérico y de algunas subfamilias. Por ejemplo en la Puna son más frecuentes las especies que sólo pueden soportar una variación pequeña de la temperatura del agua (estenotermas frías), tal es el caso de las subfamilias de Chironomidae: Orthocladiinae, Podominae y Diamesinae (Jacobsen *et al.*, 1997; Scheibler *et al.*, 2008).

RASGOS DE VIDA DE MACROINVERTEBRADOS

El concepto de *Habitat Templet* (Townsend y Hildrew, 1994) asume que el hábitat provee el molde en el cual la evolución forja las características morfológicas y las “estrategias de historia de vida”, filtrando sólo aquellas características que faciliten la supervivencia en dicho hábitat. Los procesos que estructuran las comunidades en los sistemas lóticos ocurren en diferentes escalas espaciales y temporales y pueden deberse a factores bióticos (interacciones biológicas) o abióticos (características ambientales). Los agentes estresantes más importantes en estos ambientes corresponden a los cambios de caudal, salinidad, temperatura, sólidos suspendidos y contaminación química u orgánica.

Aunque cada especie es única, es posible reconocer “estrategias de vida” comunes entre grupos de especies, de tal forma que puede predecirse la combinación particular de rasgos de los organismos que viven de una manera determinada (Odum y Barrett, 2006). Los rasgos biológicos refieren a las combinaciones de adaptaciones de los organismos seleccionadas como respuesta a los agentes estresantes percibidos en el ambiente. Un rasgo puede mostrar diferentes expresiones o atributos, los cuales se pueden medir con varios niveles de resolución y expresarse en categorías o rangos. Una combinación específica de atributos define un tipo funcional, los cuales son grupos de especies que comparten adaptaciones con una función específica. La identificación y evaluación de estos tipos funcionales es importante para describir los mecanismos bajo los cuales la comunidad responde a diferentes factores ambientales. La presencia y abundancia de distintos tipos funcionales contribuye al entendimiento de la función de un ecosistema y puede servir como herramienta para predecir respuestas de los ecosistemas a cambios introducidos por el hombre (Petchey y Gaston, 2006). Por lo tanto, mediante el análisis simultáneo de un conjunto de rasgos se pueden construir modelos para caracterizar o predecir la estructura de una comunidad

lótica ante la variación de características ambientales (Schröder, 2006).

El concepto de los rasgos biológicos ha sido usado en ecología de ríos para describir situaciones en las que la comunidad lótica permanece sin cambios luego de la acción de múltiples agentes estresantes (resistencia) o retornan rápidamente a su estado inicial luego de la misma (resiliencia). Por ejemplo, en el caso de la resistencia a las fluctuaciones del flujo, los organismos pueden evitar ser removidos a través del uso de diferentes mecanismos de adhesión (ganchos o ventosas) o presentando formas del cuerpo de tipo hidrodinámicas, aplanadas o flexibles. Los rasgos relacionados con la tolerancia fisiológica pueden otorgar resistencia frente a las fluctuaciones de temperatura o química del agua (Townsend y Hildrew, 1994). Los rasgos que confieren resiliencia a los organismos están vinculados con un rápido crecimiento poblacional y/o alta movilidad que facilita la búsqueda de refugios y la recolonización.

La definición de los rasgos biológicos de los organismos consiste en la identificación de las características que representa alguna significación ecológica. Para el estudio de los macroinvertebrados de vegas de la Puna, definimos ocho rasgos biológicos con sus respectivas modalidades (Tabla 4). El modelo resultante del análisis de rasgos biológicos nos permitió definir cuatro tipos funcionales que se organizan de acuerdo a la combinación de un gradiente altitudinal y otro longitudinal. A mayor altitud disminuye el oxígeno disuelto, la temperatura y el pH, mientras que en un gradiente de Oeste a Este se registra un aumento de flujo y sólidos suspendidos que definen los filtros que estructuran las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de las vegas de Puna (Figura 5). A mayor altitud y hacia el Oeste encontramos organismos que combinan rasgos de tamaño medio (10-15 mm), que respiran por branquias o plastrón, poseen estuches o exoesqueleto rígido y alimentación de tipo trituradora (*Hyalella*, *Austrelmis*, *Antarctoecia*). A mayor altitud pero hacia el Este los organismos se caracterizan por presentar los mayores tamaños (> 20 mm), respiración

Tabla 4. Rasgos biológicos con sus respectivas modalidades definidos para macroinvertebrados de vegas de Puna.

Rasgo	Modalidad
Tamaño máximo del cuerpo (mm)	< 5
	5-10
	10-15
	15-20
Forma del cuerpo	> 20
	Cilíndrica
	Aplanada
Flexibilidad del cuerpo (grados)	Ninguna (< 10)
	Baja (10-45)
	Alta (> 45)
Dureza del exoesqueleto	Baja
	Moderada (esclerosado o con estuche de seda)
	Alta
Hábitos alimentarios	Colector-recolector
	Colector-filtrador
	Triturador
	Raspador
	Depredador
	Suctor
Respiración	Tegumento
	Branquias
	Plastrón
	Espiráculo
Locomoción	Nadador en superficie
	Caminador
	Excavador
	Adheridos al sustrato
Adaptaciones para enfrentar la corriente	Ventosas
	Glándulas de la seda
	Estuche mineral
	Uñas tarsales o anales
	Sin adaptaciones

por tegumento o espiráculos, sin adaptaciones para enfrentar el arrastre por flujo y con predominio de alimentación de tipo recolectora y raspadora (Diptera). Los organismos que se encuentran a menor altitud y hacia el Oeste presentan una combinación de rasgos que incluye tamaños menores de 5 mm, con moderada esclerotización del cuerpo, con mecanismos para enfrentar el arrastre como presencia de uñas tarsales y forma de cuerpo hidrodinámicas, con alimentación de tipo depredadora (*Protallagma*, *Hydrachnidia*, *Lancetes*). Los rasgos que predominan a menor altitud y hacia el Este corresponden a tamaño pequeño entre 5 y 10 mm, aplanados, cuerpos blandos, respiración por tegumento y mecanismos de alimentación recolector, fil-

trador o suctor (*Simulium*, *Glossiphoniidae*, *Tropisternus*, *Andesiops peruvianus*).

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN AMBIENTES EXTREMOS

En términos generales se dice que un ambiente es extremo si sus condiciones se alejan o son muy diferentes a las que vive la mayoría de las formas de vida en la Tierra. La Puna, con su marcada amplitud térmica diaria y estacional, temperaturas mínimas muy bajas, fuertes vientos, elevada radiación solar, bajas presiones parciales de oxígeno y dióxido de carbono, puede ser considerada como un ambiente extremo para el desarrollo de la mayoría de los organismos (Murray

ALTITUD	OESTE	ESTE
	Organismos pequeños (<5mm), cuerpo aplanado con moderada esclerotización, presencia de uñas tarsales para evitar el arrastre, alimentación depredadora <i>Protallagma, Hydrachnidia, Lancestes</i>	Organismos pequeños (5-10mm), de forma aplanada, con exoesqueleto blando que respiran por el tegumento, recolectores, filtradores o suctores <i>Simulium, Glossiphoniidae, Tropisternus, Andesiops peruvianus</i>
	Organismos de mayor tamaño (10-15mm), trituradores, respiran a través de branquias o plastrón, se desplazan caminando y poseen estuches o exoesqueleto duro para enfrentar el flujo. <i>Hyalella, Austrelmis, Antarctictoecia</i>	Organismos de mayor tamaño (>20mm), recolectores/raspadores que respiran por el tegumento y no tienen adaptaciones para enfrentar el flujo. <i>Diptera</i>

Figura 5. Modelo de “*Habitat Templet*” definido para las vegas de Puna. Los cuatro tipos funcionales quedan definidos por una combinación de filtros relacionados con un gradiente altitudinal y un gradiente longitudinal (oeste-este).

y Goldberg, 2013). Los ambientes acuáticos se ven influidos por estas condiciones que se suman a las del propio medio (e.g., alta salinidad o acidez) que se generan como consecuencia de las características geológicas de la región o de actividades humanas como agricultura, ganadería, urbanización o minería. El comportamiento y fisiología de los artrópodos y macroinvertebrados acuáticos son muy variables y las generalizaciones difíciles de realizar. Para los artrópodos terrestres en ambientes altoandinos, como algunas especies de langostas, escarabajos o mariposas, se observó una prolongación del periodo larval a más de un año, la concentración de la actividad reproductiva en la corta estación de crecimiento y una disminución o eliminación de la longitud del estado adulto (Ferreyra *et al.*, 2005). También se observan adaptaciones morfológicas como la disminución del tamaño corporal y la presencia de melanismo que les permiten

filtrar los rayos UV nocivos y aumentar el metabolismo, adaptaciones comportamentales tales como la migración vertical dentro del suelo, la permanencia bajo la capa de nieve donde pueden mantenerse activos y la exposición del cuerpo al sol durante la época fría para aumentar la temperatura (Ferreyra *et al.*, 2005). Estas mismas estrategias, o alguna de ellas, podrían desarrollarse en los grupos acuáticos, aunque prácticamente no hay estudios al respecto. Existen en cambio algunos estudios sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en zonas de la Puna en Catamarca (Grosso *et al.*, 1999) o Jujuy (Murray y Goldberg, 2013) donde las condiciones del pH son extremas ($\text{pH} > 3$). En ambos casos los dípteros de la familia Chironomidae, fueron los organismos dominantes; ciertos escarabajos de la familia Dytiscidae y algunas chinches de agua del orden Hemiptera, resultaron también ser muy tolerantes a condiciones de alta

acidez. En estos ambientes, suelen encontrarse oligoquetos ya que al no estar en la columna de agua, sino en los sedimentos que actúan como *buffer*, resultan más tolerantes a la acidificación (Tripole *et al.*, 2008). Si consideramos las condiciones particulares de la Puna, sin los extremos de acidez, salinidad o temperaturas que se pueden dar por condiciones muy específicas (e.g., actividad geotermal, minera) se evidencian cambios en la comunidad de macroinvertebrados (Tabla 3) en comparación con otras ecorregiones. Cambios tales como una disminución en la abundancia y riqueza de ciertos grupos y un reemplazo por otras especies quizás más tolerantes a las condiciones particulares del ambiente punero.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a Carlos Molineri, cuyos comentarios y observaciones contribuyeron a mejorar este manuscrito. A José Rodríguez por su invaluable contribución en la realización de los muestreos. A CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) y FML (Fundación Miguel Lillo) por el apoyo económico. Este estudio fue financiado por los proyectos: PICT 1565, PIP 0330, PIUNT cn-G516, y PICT 1910.

LITERATURA CITADA

- Allan J. D., Castillo M. M. 2007. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. Springer Science y Business Media, 435 pp.
- Chapman D. V. 1996. Water Quality Assessments: a Guide to the Use of Biota, Sediments, and Water in Environmental Monitoring. Second Edition. UNESCO, WHO and UNEP by Chapman y Hall, London, 609 pp.
- Ferreira M. V., Grigera D., Úbeda C. 2005. Conservación de los ecosistemas de alta montaña: la zona atoandina del Parque Nacional Nahuel Huapi (Argentina). Anales Instituto Patagónico, 33: 41-58.
- Gibon F. M., Molina C. 2013. Contribution to the knowledge of the Andean stonefly genus *Claudioperla illiesi*, with description of new apterous and micropterous species (Plecoptera: Gripopterygidae). Neotropical Entomology, 42 (2): 170-177.
- González Achem A. L., Rolandi M. L., Fernández H. R. 2015. Saline waters and macroinvertebrates in subtropical Andean streams. Ecología Austral, 25: 26-36.
- González Achem A. L., Seeligmann C., Alderete M. 2014. Variaciones espaciotemporales de la flora diatomológica en Laguna de Los Pozuelos (Jujuy, Argentina). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 49: 177-193.
- Grosso L. E., Peralta M., Romero F. 1999. Invertebrados acuáticos de los ríos Choya, Potrero, Quebrada Minas, Candardo, Blanco y Andalgalá. En: E. Lavilla y J. González (eds), Biodiversidad de Agua Rica (Catamarca, Argentina). BHP COPPER y Fundacion Miguel Lillo, Argentina, pp. 135-156.
- Hanson P., Springer M., Ramírez A. 2010. Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Revista de Biología Tropical, 58: 3-37.
- Jacobsen D. 2004. Contrasting patterns in local and zonal richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal gradient. Freshwater Biology, 49: 1293-1305.
- Jacobsen, D., Marín, R. 2007. Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. Aquatic Ecology, 42: 643-656.
- Izquierdo, A. E., Aragón R., Navarro C. J., Casagrande, E. 2018. Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna: Naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 96-111.
- Jacobsen, D., Rostgaard, S., Vasconez, J. J. 2003. Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency? Freshwater Biology, 48: 2025-2032.
- Jacobsen, D., Schultz, R., Encalada, A. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. Freshwater Biology, 38: 247-261.
- Junk, W. J., Wantzen, K. M. 2004. The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications-an update. Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries. Actas: 117-149. Food and Agriculture Organization and Mekong River Commission, FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

- Maldonado M., Maldonado-Ocampo J. A., Ortega H., Encalada A. C., Carvajal-Vallejos F. M., Rivadeneira J. F., Acosta F., Jacobsen D., Crespo A., Rivera-Rondón C. A. 2011. Biodiversity in Aquatic Systems of the Tropical Andes. En: S.K. Herzog, R. Martínez, P. M. Jorgensen, y H. Tiessen (eds.), *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. São José dos Campos: Inter-American Institute for Global Change Research (SCOPE), pp. 276-294.
- Molineri C., Romero F., Fernández H. R. 2009. Diversidad y conservación de invertebrados acuáticos. En: A. Brown, P. Blendinger, T. Lomáscolo y P. García Bes (eds.), *Selva Pedemontana de las Yungas: Historia natural, Ecología y manejo de un ecosistema en peligro*. Ediciones del Subtrópico. Fundación Proyungas. Tucumán, pp. 121-149.
- Murray J., Goldberg J. 2013. ¿Viviendo al límite? Organismos extremófilos en aguas ácidas de la Mina Pan de Azúcar, Jujuy. Temas de Biología y Geología del NOA, 3: 14-19.
- Nieto C., Malizia A., Carilla J., Izquierdo A., Rodríguez J., Cuello S., Zannier M., Grau H. R. 2016. Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina. *Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 64: 747-762.
- Odum E. P., Barrett G. W. 2006. *Fundamentos de Ecología*. 5ta edición. Cengage Learning, 598 pp.
- Peralta M., Romero F. 2011. Macroinvertebrados acuáticos de la caverna puente del diablo. Argentina Subterránea, 11: 8-9.
- Petchey O. L., Gaston K. J. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9: 741-758.
- Rodrígues-Capítulo A., Muñoz I., Bonada N., Gaudes A., Tomanova S. 2009. La biota de los ríos: los invertebrados. En: Elosegi, A. y Sabater, S. (Eds), *Conceptos y Técnicas en Ecología Fluvial*. Fundación BBVA, Bilbao, pp. 253-270.
- Rodríguez Garay G. N., Paggi A. C. 2015. Chironomidae (Diptera) en cursos de agua de Puna y Chaco Serrano de Catamarca (Argentina): primeros registros y distribución de géneros y especies. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74: 15-25.
- Ruthsatz B. 2012. Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenología*, 42: 133-179.
- Scheibler E. E., Pozo V., Paggi A. C. 2008. Distribución espacio-temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) en un arroyo andino (Uspallata, Mendoza, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 67: 45-58.
- Scheibler E. E., Roig-Juñent S. A., Claps M. C. 2014. Chironomid (Insecta: Diptera) assemblages along an Andean altitudinal gradient. *Aquatic Biology*, 20 (2): 169-184.
- Schröder B. 2006. Pattern, process, and function in landscape ecology and catchment hydrology – how can quantitative landscape ecology support predictions in ungauged basins? *Hydrology and Earth System Sciences*, 10: 967-979.
- Tejerina E. G., Malizia A. 2012. Chironomidae (Diptera) larvae assemblages differ along an altitudinal gradient and temporal periods in a subtropical montane stream in northwest Argentina. *Hydrobiologia*, 686: 41-54.
- Tripole S., Vallania E. A., Corigliano M. del C. 2008. Benthic macroinvertebrate tolerance to water acidity in the Grande river sub-basin (San Luis, Argentina). *Limnetica*, 27: 29-38.
- Townsend C. R., Hildrew A. G. 1994. Species traits in relation to a habitat template for river systems. *Freshwater Biology*, 31: 265-275.
- Von Ellenrieder N. 2007. Composition and structure of aquatic insect assemblages of Yungas mountain cloud forest streams in NW Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 66: 57-76.
- Wallace J. B., Webster J. R. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*, 41: 115-139.

Box ▶

Artrópodos de la Puna

Molina, María Alejandra; Claudia Szumik

Unidad Ejecutora Lillo (CONICET-FML), Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, alesartes@gmail.com

Los artrópodos, en especial los grupos de alta endemidad (viven exclusivamente en una zona dada) son muy buenos casos para caracterizar divisiones biogeográficas (ver

Szumik *et al.*, 2012) y punto de partida en la selección de áreas naturales protegidas. Sin embargo, el conocimiento de la fauna de artrópodos en regiones de altura de la



Figura 1. A. *Colletes* sp.; B. Avispa cuco de la familia Chrysididae; C. *Prionyx* sp.; D-F. Abejas del género *Megachile*; G. *Mizynum* sp.; H. Avispa arenera *Zyzzyx chilensis* sobre *Aloysia deserticola*; I. *Amophila* sp. predando una larva del lepidóptero *Agrotis*; J. Agalla construida con resinas y piedritas producida por abejas de género *Anthidium*; la estructura se encuentra adherida a las ramas de *Adesmia horrida*; K. Capullo de abejas del género *Megachile* construido con los pétalos de *Adesmia horrida*; L. Agalla producida por un microhimenóptero; M. Larva de himenóptero dentro de la agalla producida en el tallo de *Adesmia*; N. Capullo de abejas del género *Megachile* construido con hojas de *Chuquiraga atacamensis*. Fotografías de A. Molina.

Argentina ha sido anecdótico o muy específico.

En las regiones de la Puna y Altoandina, con sus condiciones climáticas extremas asociadas, se conoce una notable cantidad de endemismos, tanto en grupos como los solífugos, copépodos y fásmidos que son bastante raros en la naturaleza y se caracterizan por su baja movilidad, como en grupos con elevada variedad de formas como los ácaros, pseudoescorpiones, anfípodos, ortópteros, coleópteros, lepidópteros e himenópteros. Así también hay artrópodos completamente ausentes en la región (e.g., embiópteros, migalomorfas) y otros que están presentes en cualquier ambiente terrestre simplemente por su marcada capacidad de dispersión (e.g., abejorros, licosas).

La época de mayor actividad para los insectos y otros artrópodos es el verano, cuando las lluvias y la abundancia de flores generan condiciones ideales para la actividad de estos organismos (Szumik *et al.*, 2016). Un ejemplo de la diversidad genética y funcional de los artrópodos puneños son los himenópteros (Figura 1), que incluyen especies muy comunes tales como *Colletes* sp. (Figura 1A), las conocidas avispas «cucos» *Neochrysis* sp. (Figura 1B) que parasitan a otros himenópteros, *Prionyx* sp. (Figura 1C), las abejas del género *Megachile* (Figura 1D-F) que se caracterizan por acumular el polen principalmente en el abdomen. Un caso particular es el de las avispas depredadoras

del género *Amophila* (Figura 1I) muy activas en cualquier estación del año. Cabe destacar la gran diversidad de interacciones insecto – planta que pueden encontrarse en la Puna, como es el caso de las agallas producidas por microhimenópteros y varias especies de *Megachile* sobre *Adesmia horrida* (Figura 1J-M), *Parastrephia lepidophilla*, *Parastrephia lucida*, *Parastrephia quadrangularis*, *Chuquiraga atacamensis* (Figura 1N) y *Fabiana punensis*.

LITERATURA CITADA

- Mauri E. A. 1998. Solifugae. En: J. J. Morrone y S. Coscarón (eds.), Biodiversidad de artrópodos de Argentina. Ediciones Sur, La Plata, pp. 560-560.
- Szumik C, Aagesen L., Casagranda D., Arzamendia V., Baldo D., Claps L. E., Cuezzo F., Díaz Gómez J. M., Di Giacomo A., Giraudo A., Goloboff P., Gramajo C., Kopuchian C., Kretzschmar S., Lizarralde M., Molina A., Mollerach M., Navarro F., Nomdedeu S., Panizza A., Pereyra V. V., Sandoval M., Scrocchi G., Zuloaga F. O. 2012. Detecting areas of endemism with a taxonomically diverse data set: plants, mammals, reptiles, amphibians, birds and insects from Argentina. Cladistics 28: 317-329.
- Szumik C., Molina A., Rajmil J., Aagesen L., Correa C., Pereyra V. V., Scrocchi G. 2016. El maravilloso mundo de los animales y plantas de la Puna. Alfarcito, laguna de Guayatayoc, Jujuy, Argentina. Serie Conservación de la Naturaleza 22. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

12 ▶ Ecosistemas microbianos de la Puna. El inmenso valor de lo diminuto

Farias, María Eugenia

Laboratorio de Investigaciones Microbiológicas de Lagunas Andinas (LIMLA), Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos (PROIMI), CCT, CONICET, Tucumán, Argentina.
Correo electrónico: mefarias2009@gmail.com

► **Resumen** — En los últimos años ha tomado relevancia el estudio de la Puna desde el punto de vista de los microorganismos extremófilos, sobre todos desde el hallazgo de ecosistemas microbianos tipo estromatolitos en laguna Socompa en el año 2009. En este capítulo se presenta un estado del conocimiento de los microorganismos que habitan las lagunas y salares de la Puna y los mecanismos que los mismos desarrollan para sobrevivir a las condiciones extremas en particular la alta radiación UV, salinidad y concentración de Arsénico, junto con los mecanismos para dispersar a través de plásmidos esta diversidad de resistencias. Por otro lado se revisarán los principales ecosistemas microbianos tipo microbialitos tapetes microbianos y endoevaporitas reportados en la Puna de Argentina, su clasificación, distribución y estado de conocimiento sobre la biodiversidad y los mecanismos moleculares ancestrales para obtener energía y protegerse de las condiciones adversas de la Puna.

Palabras clave: Microbiología ambiental, extremófilos, Puna, radiación UV, lagunas andinas, arsénico, estromatolitos.

► **Abstract** — “Microbial ecosystems of the Puna. The immense value of the diminute”. In recent years, the study of Puna from the point of view of extremophile microorganisms has become relevant, especially since the finding of stromatolite-type microbial ecosystems in Socompa lagoon in 2009. This chapter presents a state of knowledge of microorganisms that inhabit lakes and salt flats Puna and mechanisms that they have developed to survive the harsh conditions including high UV radiation, salinity and high arsenic concentration, together with mechanisms to disperse through plasmids this diversity of resistances. On the other hand, we will review the main microbial ecosystems microbial type microbial mats and endoevaporites reported in the Puna of Argentina, their classification, distribution and state of knowledge about biodiversity and the ancestral molecular mechanisms to obtain energy and protect themselves from the adverse conditions of the Puna.

Keywords: Environmental microbiology, extremophiles, Puna, UV radiation, Andean lakes, arsenic, stromatolites.

LAGUNAS DE ALTURA DE LA PUNA ANDINA: UNA FUENTE DIVERSA DE MICROORGANISMOS POLIEXTREMÓFILOS

Los ambientes extremos son definidos como hábitats que experimentan una exposición estable o fluctuante a uno o más factores del entorno tales como salinidad, conductividad (una medida de las sales que hay disueltas en el agua), desecación, radiación UV, presión barométrica, pH, temperatura. Los microorganismos que colonizan los ambientes extremos son llamados extremófilos, y este grupo incluye representantes de los

tres dominios (Bacteria, Archaea y Eukarya); éstos son categorizados dentro de subgrupos de acuerdo a características específicas de sus ambientes, esto es, psicrofilicos, termófilicos, halófilos, alcalófilos, acidófilos (Seufferheld *et al.*, 2008).

Ejemplos típicos de ambientes extremos son las lagunas de altura de la Puna andina (entre los 3.000 y 6.000 msnm) al noroeste de la Argentina, norte de Chile, sudoeste de Bolivia y sur de Perú (Figura 1). Están nucleados en las numerosas cuencas endorreicas que dan lugar a lagunas y salares (Izquierdo *et al.*, este volumen). La mayoría

de estos humedales están completamente aislados, experimentan amplios rangos de temperatura a diario (25 °C), son de leve a hipersalinos, y están sujetos a baja disponibilidad de fosfato y a una alta intensidad de radiación solar UV-B, metales(As, Cu, Li, etc.), alcalinidad y baja presión de O₂. Todas estas condiciones extremas recrean en la Puna lo que pudieron ser las condiciones de la sopa primitiva donde se desarrolló la vida durante el Arqueano (4.000 a 2.500 millones de años atrás) o las posibles condiciones que se dieron en Marte hace millones años. En un relevamiento que se lleva a cabo desde el año 2004, representantes de las comunidades microbianas que viven en tales ambientes acuáticos fueron estudiadas en nuestro laboratorio (Laboratorio de Investigaciones Microbianas de Lagunas Andinas LIMLA www.limla.com.ar) demostrándose que estas comunidades toleran grandes fluctuaciones de factores medioambientales, además de constantes condiciones extremas (Fernandez Zenoff *et al.*, 2006; Zenoff *et al.*, 2006; Dib *et al.*, 2008, Ordoñez *et al.*, 2009, 2015, 2017; Albarracín *et al.* 2012, 2013, 2014, 2015, 2016a,b; Kurth *et al.* 2015).

ORGANISMOS EXTREMÓFILOS DE LA PUNA: EL ARTE DE RESISTIR LO EXTREMO

Sobrevivir a las condiciones extremas requiere una serie de estrategias. En los últimos años se ha realizado el aislamiento de numerosos microorganismos de la Puna a partir del agua (bacteriplancton), sedimentos, suelos, microbialitos, tapetes, salmueras y hasta fumarolas de volcanes, generando una colección de 585 especímenes identificados por marcador molecular ADN 16 S distribuidos entre bacterias, arqueas, cianobacterias y hongos (Albarracín *et al.*, 2016). Toda esta biodiversidad fue reconocida como la 1ra colección de cultivos de microorganismos extremófilos en el SNDB. El criterio de selección fue a la capacidad de resistir condiciones extremas como radiación ultravioleta (UV), resistencia a arsénico (As), salinidad, desecación, y otros (Zenoff

et al., 2004; Dib *et al.*, 2008; Ordoñez *et al.*, 2009, 2015, 2017; Flores *et al.*, 2009; Gorriti *et al.*, 2014). De esta colección, se han seleccionado 11 organismos por su capacidad de resistir condiciones extremas y se han secuenciado sus genomas completos. *Acinetobacter* sp. Ver 3 (UV), *Exiguobacterium* sp. N39 (UV) y S17 (As), *Halorubrum* sp. A67 y A126 (As), *Sphingomonas* sp. S17 (compuestos orgánicos), *Stenotrophomonas* sp. (antibióticos), *Salinivibrios* sp., S34, S35 y S10B (producción de xantorodopsina), *Nesterenkonia* sp. Act20 (desecación) (Ordoñez *et al.*, 2014, 2015, 2013; Dib *et al.*, 2013 a, b; Farias *et al.*, 2013; Burgenes, 2014; Kurth *et al.*, 2015; Gorriti *et al.*, 2015).

Hasta ahora se pudo establecer que en estos ambientes las bacterias son muy resistentes a antibióticos (ATB) en altas dosis, incluso a ATB de segunda y tercera generación (Dib, 2008, 2009a, b), que la reparación de fotoproductos en el ADN mediada por fotoliasas es uno de los principales mecanismos involucrados en la elevada resistencia a la radiación UV (Fernández Zennof *et al.*, 2006; Albarracín *et al.*, 2012, 2014, 2015; Albarracín *et al.*, 2014; Kurthh *et al.*, 2015), que los fotorreceptores del tipo rodopsinas son un sistema muy distribuido para generar energía (Gorriti *et al.*, 2014; Albarracín *et al.*, 2016; Rascovan *et al.*, 2016) y que el As, cuando no es utilizado como para generación de energía, (Rascovan *et al.*, 2016; Ordoñez *et al.*, 2017), es resistido principalmente por un sistema poco reconocido que está determinado por los genes ACR3 (Ordoñez *et al.*, 2015). Por otro lado, se pudo establecer la presencia de megaplásmidos nuevos que son capaces de dispersar los genes de resistencia descriptos anteriormente en la comunidad (Dib *et al.*, 2009, 2013a, b, 2015). A continuación realizaremos un breve repaso de los fueron los trabajos más destacados que llevaron a estas conclusiones.

LUZ Y RADIACIÓN UV: EL YING Y EL YANG

Si un organismo vive en la Puna sobre los 3.600 msnm, tiene dos opciones, o se

«esconde» de la radiación solar o genera mecanismos para defenderse. El problema es que la materia orgánica disponible en este desierto de altura es muy escasa o casi nula, siendo la luz la principal fuente de energía; por lo tanto, la vida microscópica depende de la luz ya sea través de la fotosíntesis oxígenica (en cianobacterias y diatomeas) o anoxigénica (alpha y gamma proteobacterias entre otras) o como de los sistemas de generación de ATP por gradiente de membrana a través de las rodopsinas (arqueas, bacteroidetes y proteobacterias). Por lo tanto, hay que resistir la radiación UV para poder obtener energía del sol. Eso fue lo que se encontró cuando se realizaron experimentos de exposición a UV natural a 4.600 msnm en laguna Vilama (Farias *et al.*, 2009). Los mecanismos de resistencia a UV en procariotas en la Puna que se han encontrado incluyen: i) la generación de pigmentos y compuestos fenólicos que aumentan su producción en presencia de UV (Flores *et al.*, 2009); ii) fototrofía negativa, como lo que vimos en las cianobacterias de los estromatolitos de Socompa que en los momentos de mayor exposición a UV migran para protegerse debajo de los *Deinococcus* (Farias *et al.*, 2013; Toneatti *et al.*, 2017) (Figura10); iii) la presencia de sistemas antioxidantes (DiCapua *et al.*, 2011; Ordoñez *et al.*, 2015); iv) el uso de una enzima (fotolasa) que repara los dímeros de pirimidina (CPDs) generados por radiación UV en presencia de luz (Fernández *et al.*, 2006; Albarracín *et al.*, 2014, 2016). Los primeros indicios de que esta enzima era importante en la reparación de daño al ADN generado por UV fueron reportados por Fernández Zenoff (2006) donde se compara la resistencia a UV y la capacidad de reparar la acumulación de CPD's en bacterias de la misma especie aisladas de nuestras lagunas comparadas con bacterias de colección aislada de ambientes no «extremos» (Fernández Zenoff *et al.*, 2006). Se demostró que, a pesar de ser de la misma especie, la bacteria aislada de lagunas andinas era más resistente y reparaban más eficientemente el daño al ADN generado por UV. Este mecanismo de reparación usaba, a su vez, la energía de la

luz para activarse. Una de las más resistentes resultó ser *Acinetobacter*. Estos trabajos continuaron con el estudio de la fotolasa (Ver3Phr) de *Acinetobacter* sp. Ver3, puesto que esta cepa demostró alta resistencia a UV y eficiente capacidad de fotorreparación (Albarracín *et al.*, 2012, 2016; Kurth *et al.*, 2016). De acuerdo a estudios filogenéticos, de comparación de secuencia con la fotolasa CPD-Clase I de *Escherichia coli* (EcPhr) y de modelado por homología estructural, se confirmó que Ver3Phr correspondería a una PL CPD-Clase I. La capacidad de fotorreparación de la fotolasa fue confirmada por experimentos de complementación cuando el gen codificante de Ver3Phr fue clonado en vectores pQE60 e incorporado por transformación a una cepa *E. coli* (KY1225) con mutaciones deletéreas para los genes *RecA* y *EcPhr*, y por lo tanto deficiente en fotorreparación del daño a ADN y en reparación de daño en la oscuridad. De esta forma, se determinó la exitosa expresión de Ver3Phr *in vivo* la cual fue comparable con la actividad de EcPhr clonada en la misma cepa mutante (Albarracín *et al.*, 2014, 2016). La secuencia de la cepa Ver 3 permitió compararlo con otros genomas no extremófilos de este género encontrándose que Ver 3 tenía una serie de genes no reportados para este género tal como nuevos criptocromos. El perfil proteómico de Ver 3 expuesta demostró una regulación positiva de catalasas citoplasmáticas y proteínas asociadas a la síntesis de aminoácidos y proteínas. De forma contraria, las vías de generación de energía como la glicólisis, la betaoxidación de ácidos grasos y las cadena respiratoria disminuyeron su expresión (Kurth *et al.*, 2015).

Obtener energía a partir de la luz en los ecosistemas altoandinos es complicado; si bien la luz es fuente de energía, la RUV afecta los fotosistemas. En base a los resultados obtenidos de metagenomas (Fernandez *et al.*, 2015; Kurth *et al.*, 2015; Rascova *et al.*, 2015) y estudios geoquímicos en ecosistemas microbianos andinos asociados a minerales (EMAM, ver más adelante), se vislumbra que las condiciones extremas de la Puna afectarían el sistema de fotosíntesis oxigénica

llevado a cabo por cianobacterias en comunidades microbianas asociadas a minerales (yeso, halita, carbonatos). Por lo tanto, sistemas alternativos de obtención de energía serían relevantes. Entre estos, se destacarían los sistemas de producción de energía bacterio-halo-xanto-rodopsinas producidos por los grupos filogenéticos predominantes en estos ecosistemas (bacteroidetes y haloarqueas). Es así que en base a la secuenciación de tres genomas de *Salinivibrio* aislados de Socompa se determinaron los sistemas de xanto-rodopsinas nunca reportados hasta ahora en ese grupo filogenético. Por otro lado, se demostró que los genes que codifican para halorodopsina son abundantes en el metagenoma de Diamante y que los *Halorubrum* aislados de laguna Diamante y ojos del salar de Antofalla, usarían este sistema para crecer más en presencia de luz (Gorriti *et al.*, 2014; Albarracín, 2015; Rascovan *et al.*, 2016; Kurth, 2017).

EL ARSÉNICO, UN VENENO NO TAN VENENOSO

Otra de las resistencias ampliamente distribuidas en las lagunas andinas es la resistencias a arsénico (As), un elemento que se encuentra en los sistemas naturales en una gran variedad de formas químicas, incluyendo formas inorgánicas como arsenito [As(III)] y arseniato [As(V)], y formas orgánicas metiladas. Porque no solo de resistir se trata, como se verá más adelante en los estudios de metagenomas y genomas de aislados de laguna Diamante y estudios en el salar de Atacama, la oxidación de As para obtener energía sería un mecanismo ampliamente distribuido en los EMAM andinos. Microorganismos con alta tolerancia a As, fueron aislados de estos ambientes, entre los más destacados podemos nombrar cepas pertenecientes a los géneros y/o especies: *Acinetobacter johnsonii* (A2), *Rhodococcus erythropolis* (V2), *Micrococcus* sp. (V7), *Staphylococcus saprophyticus* (A3), *Brachybacterium* sp. (V5) (Dib *et al.*, 2008), *Sphingomonas* sp. S17 (Farias *et al.*, 2011), *Acinetobacter* sp. Ver3, *Exiguobacterium* sp. N39 y S17 (Ordoñez *et al.*,

2013, 2015; Gutiérrez-Preciado *et al.*, 2017). En este sentido los fenotipos de *Exiguobacterium* sp. N39 aislado de laguna Negra (5 mg L As) comparado con *Exiguobacterium* sp S17 (35 mg.L As) difieren en que el segundo es más resistente a As que el primero (Belfiore *et al.*, 2013). La comparación de sus genomas demostró que S17 presenta genes para Acr3 que codifica para una proteína de bomba de eflujo asociada a la membrana, la cual estaría asociada a la mayor resistencia de S17 a As (Ordoñez *et al.*, 2015). Se sabe que el gen *arsB* es una proteína de membrana que bombea arsenito fuera de la célula y a menudo se asocia con una subunidad ATPasa (Achour *et al.*, 2007; Páez-Espino *et al.*, 2009; Poirel *et al.*, 2013), mientras que el gen *Acr3* contribuye a la desintoxicación celular contra arsenito (AsIII) específicamente, una de las especies de arsénico más tóxicas. Este gen también fue reportado en los genomas de cepas resistentes a As aisladas de esta laguna (*Acinetobacter* sp. Ver3, *Exiguobacterium* sp.N39, *Salinivibrios* sp., S34, S35 y S10B, *Nesterenkonia* sp. Act20 y. *Halorubrum* sp.) poniendo en evidencia la alta distribución de sistema de resistencia a As en los ecosistemas microbianos de la Puna. El análisis de los metagenomas apoyan estos resultados. (Kurth *et al.*, 2017; Saona *et al.*, 2017). Como se verá más adelante en comunidades complejas de microbialitos, el As jugaría un rol importante en la obtención de energía (Rascovan *et al.*, 2016).

LOS PLÁSMIDOS Y LA DISPERSIÓN DE OTRAS RESISTENCIAS

A medida que el estudio de las resistencias a UV y As avanzaban, se fueron encontrando indicios de que había una relación entre la capacidad de resistir a UV, crecer en arsénico y ser resistente a antibióticos (Dib, 2008). Sin bien en un primer momento se realizaron sólo experimentos fisiológicos de resistencia, la secuenciación de los genomas y megaplásmidos lineares avaló esta hipótesis ya que se demostró que los mismos (pLMA1, pLMA7, pLMV7, pLMH5, pJD12 de cepas de *Micrococcus* y pAP13 de

Brevibacterium sp.) dispersan y cotransfieren genes de reparación del ADN, de resistencia a metales pesados como el zinc y el cadmio, de resistencia a antibióticos (eritromicina y tetraciclina), de resistencia al estrés oxidativo, entre otros (Dib *et al.*, 2008, 2009, 2010 a, b, 2013 a, b, c, 2015 a, b).

El tema de las resistencias a antibióticos es una cuestión intrigante ya que estos ambientes prístinos están lejos de la contaminación antropogénica y la presión selectiva; sin embargo, todas las cepas aisladas de agua, sedimento y heces de pájaros de las lagunas demostraron poliresistencia a antibióticos que incluyendo antibióticos de segunda y tercera generación como la azitromicina y en concentraciones muy altas (Tabla 1). Esta resistencia se compartía también con resistencia UV y a As (Dib *et al.*, 2008). La hipótesis sería que estas resistencias podían deberse a la alta capacidad mutagénica que tienen estos ecosistemas poliextremófilos. Que en condiciones extremas de estrés (principalmente a UV) gatillarían el sistema SOS, que activa el sistema UmuCD, capaz de reparar daño en ADN al azar, sin usar ADN molde generando numerosas mutaciones. Esta hipótesis estaría avalada por el alto número de genes UmuCD que se reportaron en los genomas y megaplásmidos secuenciados y en la alta capacidad mutagénica probada a través de la generación espontánea mutantes resistentes a Rif después de un estrés (Fernández Zenoff *et al.*, 2006; Dib *et al.*, 2009).

La acumulación de ceras y lípidos como respuesta al estrés de desecación, estrés oxidativo o condiciones limitantes de nutrientes como N o C, resultó también ser una estrategia muy eficiente para sobrevivir a las condiciones extremas de la Puna, el sistema emblemático que se está estudiando es el que presenta *Rhodococcus* (Bequer Urbano *et al.*, 2013, 2014).

Todos los estudios antes presentados fueron realizados en microorganismos aislados. A partir de ahora se analizará el estado de conocimiento que hay a nivel de comunidades complejas como las reportadas en tapetes microbianos y microbialitos.

ECOSISTEMAS MICROBIANOS ASOCIADOS A MINERAL EN LOS ANDES

ECOSISTEMAS MICROBIANOS ASOCIADOS A MINERALES EN LA PUNA

Los ecosistemas microbianos andinos asociados a minerales (EMAM) son asociaciones de bacterias, cianobacterias, haloárqueas y diatomeas que influyen o inducen la precipitación de minerales en lagunas, fuentes hidrotermales, fumarolas de volcanes y salares de la Puna. Incluyen tapetes microbianos, microbialitos (estromatolitos, trombolitos, oncolitos y leiolitos), biopelículas y endoevaporitas y se desarrollan asociados a humedales de la Puna. Fueron reportados por primera vez en el año 2009 en laguna Socompa, Salta (Farias *et al.*, 2013; Kurth *et al.*, 2017; Toneatti *et al.*, 2017); a partir de este hallazgo comienza el relevamiento integral de estos ecosistemas en todo el altiplano de Argentina, Chile y Bolivia, registrándose hasta el momento al menos 30 ecosistemas distribuidos en distintos países (Farias *et al.*, en preparación). La importancia de los EMAM de la Puna se basa en que son los más altos descriptos hasta el momento y debido a las condiciones extremas que da la altura (alta radiación UV, baja presión de O₂, cambios bruscos de temperatura, oligotrofia, etc.), estos ecosistemas se desarrollan en el ambiente más parecido a la Tierra primitiva que se conoce en el planeta (Farías *et al.*, 2011a, b; Lynch *et al.*, 2012; Farías *et al.*, 2013, 2014, 2017; Albarracín *et al.*, 2013, 2014; Belfiore *et al.*, 2013; Gorriti *et al.*, 2014; Urbano *et al.*, 2013, 2014; Ordoñez *et al.*, 2014, 2017; Rascovan *et al.*, 2014; Rasuk *et al.*, 2014, 2016, Kurth *et al.*, 2017) (Figura 1).

Algunas definiciones:

Si bien entre los microbialitos los estromatolitos son los más conocidos, estos representan sólo un tipo de ecosistema microbiano. A pesar que existen controversias científicas sobre su clasificación, intentaremos dar aquí algunas definiciones generales (Figura 2).

Tabla 1. Resumen de los EMAM reportados y estudiados en Argentina. Abreviaturas: BF, biofilms; Ev, endoevaporitas; FH, fuente hidrotermal; FV, fumarola de volcán; L, laguna; Mi, microbialios; Oc, oncolitos; S, salar; TE, tapete evaporítico; TM, tapete microbiano; V, volcán. Temperatura, conductividad Ω_2 y pH son considerados datos variables a lo largo del año.

Humedad	Volcán o salar asociado	Posición global	Altitud	Max. cond. mS/cm	pH	T°	O ₂ (%)	Arsénico	Tipo de ecosistema microbiano	Mineralogía	Referencias
CATAMARCA											
L. Diamante	V. Galán	26° 0'49.75"S 67°2'10.08"W	4595	217.3	11	14	1.02	117	Mi, BF	Aragonita Gaylorita	Rascovan <i>et al.</i> , 2016
HV Galán		25°59'11.31"S 66°39'48.86"W	4828		6.5	85	ND	0.05	Mi	-	Rascovan <i>et al.</i> , 2016
L. Carachipampa V. Carachipampa		26°27'2.29"S 67°30'39.38"W	3061	87.31	6.27	17	2.99	ND	LM, Oc	Aragonita	Informe Línea de Base Morena del Valle Minerals
L. Pozo Bravo		25°30'49.63"S 67°34'39.20"W	4403			14	ND	ND	Mi, MM	Aragonita	Informe Línea de Base Farias <i>et al.</i> , 2018
O. Ojos de Campo	S Antofalla Rojo	25°33'51.23"S 67°38'0.92"W	3338	256.1	8.5	18	5.18	18	Mi, MM	Aragonita	Farias <i>et al.</i> , 2018
Las Quinoas	Salar de Antofalla Sur	25°36'49.41"S	3338	256.1	8.5	18	5.18	18	TM, OC	Aragonita	Farias <i>et al.</i> , 2018
L. Negra	S Laguna Verde	27°40"S 68° 23'W	4101	103.8	7.5	15	1.32	3	MM, OC	Aragonita	Farias <i>et al.</i> , 2018
SALTA											
Socompa	L. Socompa	24°0'28"S 68°17'W	3650	165	8.6	20	6.92	18	MM, MI	Aragonita	Farias <i>et al.</i> , 2013 Toneatti <i>et al.</i> , 2017; Kuth <i>et al.</i> , 2017
Tolar Grande	Salar Tolar Grande	24°37'23.51"S 67°22'14.35"W	3515	201.7	6.5	14	2.87	0.59	EM	Gypsum Halite	Farias <i>et al.</i> , 2011
JUJUY											
Vilama		22°35"S 66°45'W	4450	7.1		ND	ND	11.8	TM	ND	Farias <i>et al.</i> , 2009



Figura 1. Lagunas altoandinas. A, Ojo rojo en salar de Antofalla, Catamarca (3.900 msnm); B, Tebenquiche, salar de Atacama (2.000 msnm); C, ojos de mar de Tolar Grande (3.600 msnm); D, laguna Diamante en el cráter del volcán Galán, Catamarca (4.650 msnm); E, laguna Negra en el salar de Laguna Verde, Catamarca (4.500 msnm); F, laguna La Brava, salar de Atacama (2.000 msnm); G, laguna Socompa, Salta (3.600 msnm).

– Evaporitas habitadas por extremófilos: se forman en ambientes muy salinos como resultado de la evaporación de agua. Están formados por yeso (sulfato de calcio) o sal (halita). Los microorganismos las habitan para protegerse de las condiciones extremas del ambiente. La distribución microbiana es la misma que la de los tapetes. Por eso se los puede nombrar como tapetes evaporíticos. (Figura 2A)

– Tapetes (matas) microbianos: son comunidades microbianas que forman una alfombra (tapete) continua y compacta multilaminada compuesta por diferentes comunidades. Las capas superiores necesitan O_2 y luz. Las inferiores reciclan azufre. Pueden o no precipitar minerales (Figura 2B).

– Microbialitos: depósitos órganosedimentarios formados a partir de la interacción entre las comunidades microbianas béticas (CMB) y los sedimentos detríticos o químicos. La presencia e interacción de las CMB con los sedimentos detríticos y la precipitación de los carbonatos son el reflejo de la particular combinación de las condiciones ambientales, como elevada radiación UV, aguas salinas a hipersalinas, temperaturas extremas y baja presión de oxígeno, las cuales caracterizan al ambiente de la Puna catamarqueña. Las comunidades microbianas béticas son asociaciones ecológicas complejas de bacterias, cianobacterias, microalgas (diatomeas) y otros organismos microscópicos que pueden interactuar con los sedimentos dando lugar a los tapetes microbianos y estos por

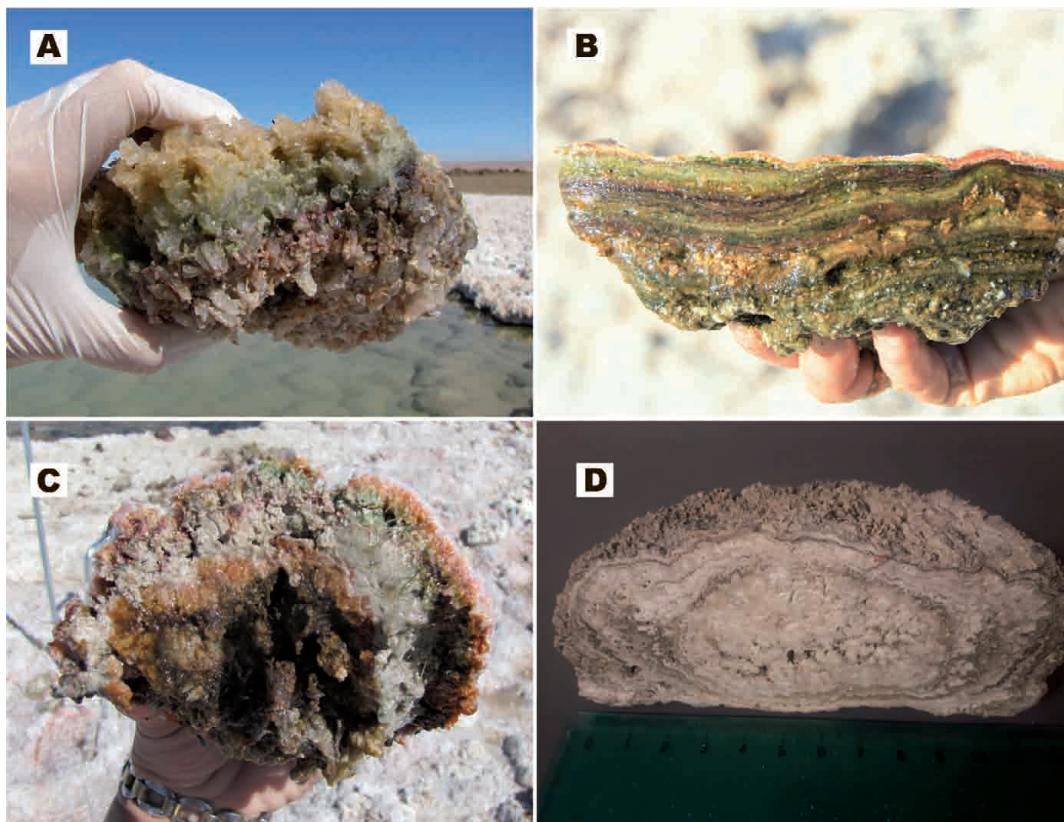


Figura 2. Corte transversal de diferentes tipos de EMAM donde se pueden observar los diferentes estratos de crecimiento. A, Corte transversal de evaporita de yeso de Llamara habitada por extremófilos; B, Tapete microbiano de Tebenquiche; C, Microbialito tipo trombolito de laguna Brava; D, Oncolito de Tres Quebradas.

litificación a los microbialitos. Los tapetes (matas) son comunidades microbianas que forman una alfombra continua y compacta multilaminada compuesta por diferentes comunidades. Las capas superiores necesitan O_2 y luz. Las inferiores reciclan azufre. Pueden o no precipitar minerales (Burne y Moore, 1987) (Figuras 2C y 2D). Los microbialitos pueden presentar una variedad de estructuras internas en base a las cuales sus depósitos se pueden diferenciar en:

a) Estromatolitos: poseen estructura es-tratificada o laminar.

b) Trombolitos: poseen estructura caracte-terizada por presentar coágulos (Figura 2C). Le confieren al depósito un aspecto moteado.

c) Leiolitos: poseen estructura masiva, no se observa formas en la precipitación

d) Oncolitos: poseen estructura laminar concéntrica respecto a un núcleo. Pueden tener formas esféricas, subesféricas aplanas, discoidales, etc. (Figura 2D).

Estratos de colores: ¿quién es quién? — Una de las principales características de los tapetes microbianos, evaporitas y microbialitos es que si los cortamos en forma transversal veremos tres capas de colores: arriba una capa clara que puede ser rosada amarilla o blanca donde dominan los microorganismos más resistentes a la radiación solar. Abajo y de color verde encontramos a los microorganismos que hacen fotosíntesis con O_2 (cianobacterias), tienen un compuesto que se llama clorofila que es parecido al de las plantas y por eso tiene color verde. Abajo en color púrpura veremos a los microorga-

nismos que hacen fotosíntesis sin O_2 principalmente usando azufre, están acompañadas de otros microbios que reciclan el azufre. Tienen unos pigmentos muy característicos (bacterioclorofilas) que le dan ese color púrpura. Abajo podemos encontrar a veces un estrato negro corresponde a microorganismos que viven sin O_2 y precipitan minerales de hierro y azufre. Estos estratos pueden continuar hasta varios metros de profundidad sobre todo en los tapetes microbianos. En medio de estos estratos veremos pequeñas precipitaciones de diferentes colores (blancas, negras o grises) que pueden ser los minerales que precipitan los microbios como el carbonato de calcio, o minerales como el yeso y la halita que se forman por evaporación o bien partículas que quedan atrapadas en el tapete. Estas precipitaciones se van endureciendo y dando consistencia al tapete y pueden ayudarlo a transformarse en una «roca viva» tipo microbialito (Figura 3).

ECOSISTEMAS MICROBIANOS Y MEDIO AMBIENTE

La importancia de estos ecosistemas no se reduce solamente al interés científico o pa-

trimonial sino que también son vitales para mantener el equilibrio en los ecosistemas.

1) Producen O_2 : son sumideros de CO_2 y productores de O_2 en una zona donde la vegetación es escasa los ecosistemas microbianos son, muchas veces, los principales, si no los únicos, productores de oxígeno.

2) Mantienen la humedad de suelo: tienen la capacidad de retener la humedad y por ende la diversidad microbiológica durante la época seca (verano) permitiendo que el sistema se recupere en la época humedad.

3) Evitan la salinización de zonas agrícolas: al mantener el suelo húmedo evitan que el viento arrastre la sal de los salares y la deposite en zonas aptas para agricultura.

4) Son la base de la cadena alimenticia: en un ambiente extremo donde la vegetación es escasa, los sistemas microbianos albergan el desarrollo de invertebrados que son la base del alimento de vertebrados, principalmente pájaros

Por otro lado, los ecosistemas microbianos pueden ser de gran importancia en el desarrollo económico de las zonas ya que, por su relevancia científica y su particular belleza, dan un valor agregado al paisaje au-

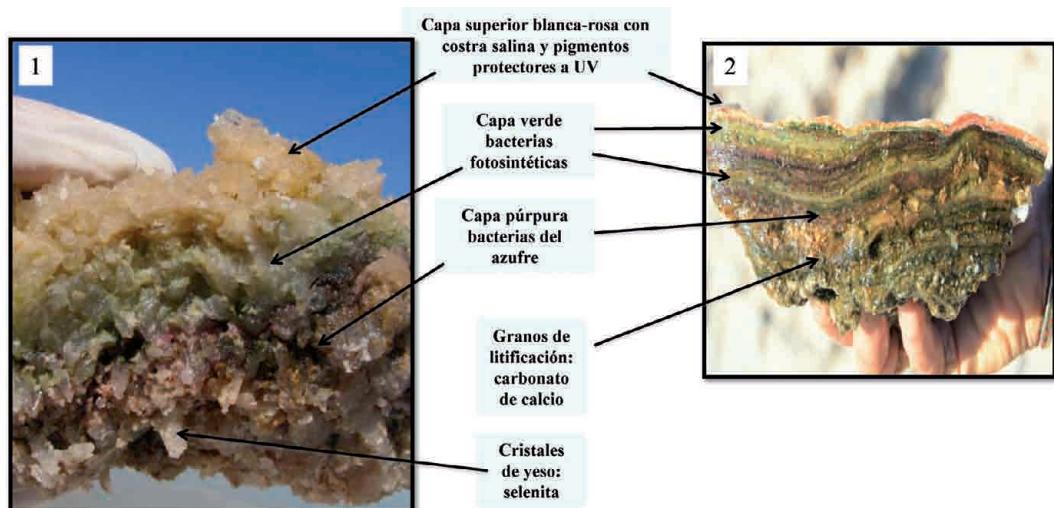


Figura 3. Estratos de colores. Arriba una capa clara que puede ser rosada amarilla o blanca donde dominan los microorganismos más resistentes a la radiación solar. Abajo y de color verde se encuentran los microorganismos que hacen fotosíntesis con O_2 (cianobacterias); tienen un compuesto que se llama clorofila que es parecido al de las plantas y por eso tiene color verde. Abajo en color púrpura se observan los microorganismos que hacen fotosíntesis sin O_2 principalmente usando azufre; están acompañadas de otros microbios que reciclan el azufre.

mentando el interés turístico de los salares y humedales del altiplano.

LOS EMAM EN LA PUNA: UNA VENTANA A LA VIDA EN LA TIERRA PRIMITIVA

Los estudios de caracterización de los EMAM en la Puna demostraron que los microorganismos no solo tienen genes que les confieren resistencia a condiciones extremas y que comparten esos genes a través de elementos móviles, si no que también se asocian para sobrevivir formando una estructura orgánica e inorgánica que toma diferente formas, desde simples biofilms hasta complejos estromatolitos. Estas estructuras forman un ecosistema en sí mismos, ecosistemas microbianos asociados a minerales, en donde hay una perfecta distribución de los nichos ecológicos de acuerdo a las disponibilidad de luz y O₂, a la capacidad de resistir y a hasta de utilizar metales como el As, la capacidad de resistir a la UV, etc. A partir del descubrimiento en Socompa se inició un relevamiento en el altiplano de Argentina, Chile y Bolivia, dando lugar al reporte de otros EMAM que incluye-

ron microbialitos, tapetes, biofilms y endoevaporitas, todos ellos asociados a humedales y salares donde existen grandes reservas de minerales estratégicos como el litio, cobre, potasio, etc. En el análisis integral de los datos obtenidos hasta ahora, se encontraron una serie de características únicas y comunes en los ambientes analizados destacando, entre otras, las siguientes: i) una predominancia de haloarqueas con respecto a bacterias en sistemas endoevaporíticos asociados a yeso y halita; ii) baja proporción de mecanismos de fijación de carbono por fotosíntesis oxigenica (cianobacterias) y una predominancia de Gamma y Delta proteobacterias, con bacterias que realizan fotosíntesis anoxigenica y sus respectivos pigmentos (Bcl-a,b,c,d,e) (Fariás *et al.*, 2013, 2014, 2017; Rasuk *et al.* 2014, 2015; Toneatti *et al.*, 2017); iii) gran diversidad y abundancia, a nivel de genomas y metagenomas, de rodopsinas (bacterio, halo y xanto-rodopsinas) para transducción de energía lumínica generando potencial de membrana (Gorriti *et al.*, 2014; Albaracín *et al.*, 2015; Kurth *et al.*, 2015, 2017; Rascovan

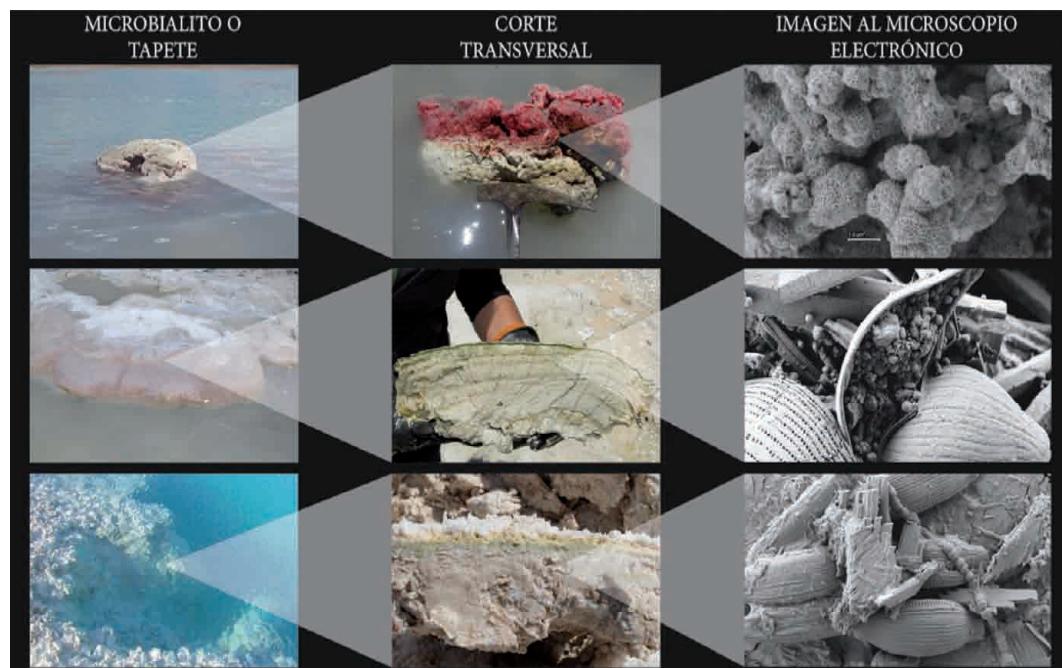


Figura 4. Detalle de los distintos EMAN reportados en las laguna Diamante, Socompa y Tolar Grande (tomado de Ahumada y Farias, 2015).

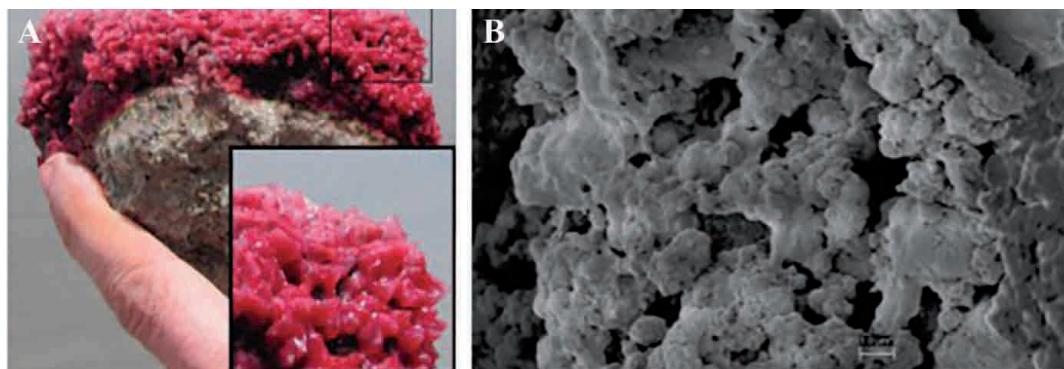


Figura 5. Microbialitos de laguna Diamante. A, detalle de biofilm rojo donde se detectó 93% de arqueas; B, Microfotografía del biofilm (tomado de Rascovan *et al.*, 2015).

et al., 2016); iv) presencia y predominancia de genes para arsenito oxidasa y arseniato reduc-tasa respiratoria en metagenomas dominados en un 93% por haloarqueas, sugiriendo que las mismas podrían estar obteniendo ener-gía a través de la oxidación de arsenito y/o respirando arseniato (Rascovan *et al.*, 2016; Kurth *et al.*, 2017; Ordoñez *et al.*, 2017); v) fijación de carbono (C) por rutas primitivas no dependiente de O₂, alternativas al ciclo de Calvin (Fernández *et al.*, 2016, Farias *et al.*, 2017; Kurth *et al.*, 2017); vi) una gran propor-ción de biodiversidad microbiana (a nivel de Phylum) y de compuestos (como pigmentos y proteínas) nunca antes descriptos (Rasuk *et al.*, 2015).

Para ilustrar la situación «alternativa» que encontramos en los ciclos biogeoquí-micos de los EMAM y la importancia científica y biotecnológica que pueden adquirir estos ecosistemas se presentan aquí, a modo de ejemplo, tres casos: la estructura de la co-munidad microbiana y su respuesta al estrés por UV en los estromatolitos de carbonato de calcio de Socompa, el ciclo de As en biofilms sobre gaylussita asociados a microbialitos en Diamante, la rara diversidad de las evaporitas de yeso y microbialitos de carbonato de calcio del salar de Atacama.

BIOFILMS EN LAGUNA DIAMANTE: RESPIRANDO ARSÉNICO DENTRO DE UN VOLCÁN

La laguna Diamante está ubicada en el cráter del volcán Galán a 4.550 msnm en la

provincia de Catamarca, Argentina. El volcán Galán es un súper volcán que presenta una de las calderas más grandes del mundo (~34 km de diámetro); en su interior, alimentada por aguas hidrotermales se encuentra la la-guna Diamante (4.560 msnm) que presenta condiciones muy extremas (pH11, 117 mg/L de arsénico, elevada salinidad: 217 mS/cm). Debido a la altura a la que se encuentra, presenta una baja presión de oxígeno, recibe altos niveles de radiación UV y muestra una gran amplitud térmica durante el día (-20 °C a 10 °C). En este lugar, justo donde se en-contran el aporte de una fuente hidrotermal que surge a 80 °C, 5 km arriba, encontramos sumergidas unas biopelículas rojas formadas en la parte inferior por microbialitos de tipo leiolitos (Figura 5). Se descubrió que estas biopelículas, en todos los casos, crecen sobre cristales de gaylussita (cristales tipo evapori-tas (Na₂Ca(CO₃)₂•5H₂O) típicos de ambien-tes hiperacalinos) y que se forman durante la temporada de verano cuando el nivel de agua es el más bajo del año. En invierno, cuando aumenta el nivel de agua, ambos, los cristales de gaylussita y las biopelículas (BD) son disueltos y no se encuentran en la laguna (Rascovan *et al.*, 2016; Ordoñez *et al.*, 2018).

El análisis de los pigmentos de esta bio-película roja reveló que su espectro es idén-tico al de los pigmentos de *Halorubrum*; se trata de bacterioruberina, un pigmento tí-pico de organismos halófilos, lo que sugirió que la BD podría estar formada por haloar-

queas. El análisis metagenómico por pirosecuenciación directa del ADN total extraído (*shotgun sequencing*) confirmó esta hipótesis. Se identificaron 700 secuencias del gen de ARN 16S; el 93 % perteneciente a la familia Halobacteriaceae y solo el 7 % al dominio Bacteria. Hasta el momento, esta es la primera vez que una biopelícula formada por Halobacteria es encontrada en la naturaleza. Los análisis de las pirosecuencias de 16S con cebadores para haloárqueas y bacterias revelaron que el 95 % de la diversidad pertenece a arqueas tipo con dos géneros mayoritarios de Haloarchaea: *Halorubrum* y *Natronomas*. Se alojan allí también varios otros géneros dentro de la familia Halobacteriaceae. Cuando se analizaron las secuencias metagenómicas para entender mejor cómo se sostiene energéticamente esta biopelícula se encontró, entre otras cosas, muchas secuencias de bacteriorodopsinas y halorodopsinas que probablemente participan en la generación de energía a partir de la síntesis de ATP.

El As como fuente de energía en BD.— Uno de los hallazgos más interesantes fue la presencia de una gran proporción de secuencias de genes *aioAB*, *arsRBC* y *arrA*, involucradas en el metabolismo del arsénico (arsenotrofía), codificadas en el genoma de haloárqueas. Los genes *aioA* y *aioB* codifican la enzima heterodimérica arsenito oxidasa que participa tanto en la detoxificación de As en bacterias heterotróficas (Muller *et al.*, 2003), como la generación de energía en bacterias quimioheterotróficas (Van Lis *et al.*, 2013); y quimiolitoautotróficas a expensas del arsénico (AsIII), utilizado como fuente de electrones (Oremland *et al.*, 2002). La enzima Arr es la responsable del proceso de la reducción desasimilatoria del arseniato, utilizando el arseniato (AsV) como acceptor final de una cadena de electrones (respiración anaeróbica del arsénico). Hasta el momento, esta es la primera vez que se reporta la presencia de arsenito-oxidadas en el genoma de una haloárquea (Figura 6).

Por otro lado, los análisis filogenéticos de las arsenito-oxidadas en Diamante mostraron que estas secuencias pertenecen a un grupo

separado dentro de la familia de proteínas que también se ubican en la parte inferior del árbol (separados de otros grupos de Bacteria o Archaea), lo que sugiere que estas enzimas son probablemente arcaicas y no fueron adquiridas recientemente por transferencia horizontal desde otros grupos. Teniendo en cuenta que laguna Diamante no es solamente extrema, sino también que se asemeja en cierto punto a las condiciones ambientales de la tierra primitiva y considerando la elevada presión de selección en este medio ambiente, es probable que estas enzimas hayan sido acarreadas por este linaje desde su origen, y que el origen mismo de esta familia de arsenito oxidadas podría remontarse incluso a una época tan antigua como el LUCA (último ancestro común universal). Las enzimas arsenito oxidadas han sido propuestas como candidatas a haber sido utilizadas por las primeras formas de vida para la obtención de energía por quimiolitotrofía a partir de compuestos inorgánicos reducidos, en particular del arsénico (Lebrun *et al.*, 2003). En la actualidad se ha reportado en numerosos aislamientos bacterianos el uso de este tipo de enzimas para la obtención de energía a partir del arsénico. Sin embargo, hasta el momento, nunca se había sugerido que fuera posible la obtención de energía a partir de compuestos inorgánicos para las haloárqueas, un grupo típicamente considerado heterótrofo y/o fotótrofo (Rascovan *et al.*, 2016). Conjuntamente a la presencia de las arsenito oxidadas, se encontraron genes típicos de resistencia a arseniato (*arsRBC*) que han sido descritos en gran medida en diferentes Haloárqueas (Wang *et al.*, 2004).

Otro hallazgo muy relevante fue el descubrimiento de numerosas secuencias codificantes para arseniato reductasas respiratorias (*arrA*) de haloárqueas. Las arseniato reductasas son enzimas utilizadas en la respiración anaeróbica que catalizan la reducción del arseniato que actúa como último acceptor de electrones en la cadena respiratoria. Una vez más, ningún reporte ha sido publicado aún, describiendo la presencia de este tipo de enzimas en haloárquea. Los análisis filogenéticos considerando toda la

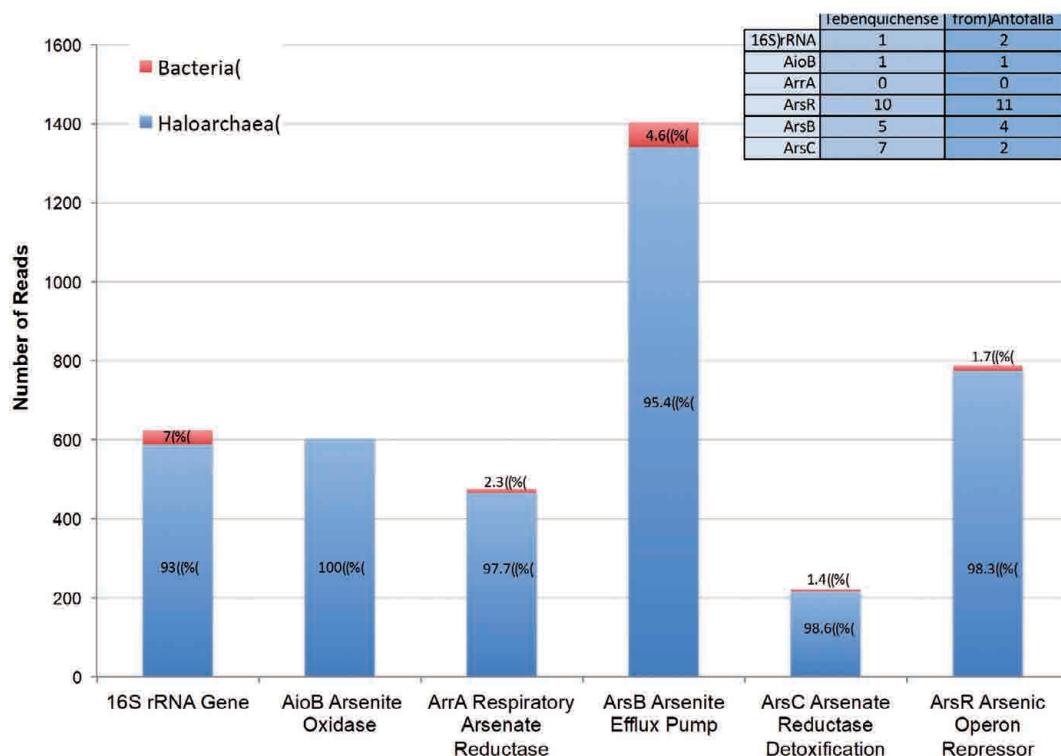


Figura 6. Abundancia de genes implicados en el metabolismo del As en laguna Diamante, comparado con dos cepas de *Halorubrum*. Los genes 16S rRNA se presentan para relativizar la abundancia de genes presentes en una sola copia por celula (tomado de Rascovan *et al.*, 2016).

familia de las DMSO reductasas respaldan la identidad de las secuencias encontradas que agrupan dentro de las arrA. A diferencia de los genes de arsenito oxidadas, la topología del árbol filogenético construido a partir de las secuencias de arrA mostró que estas enzimas se encuentran alternadas entre las secuencias de otros linajes de bacterias y, por lo tanto, podrían haber sido adquiridas por transferencia horizontal en eventos relativamente recientes. Estas enzimas no se encontraron en los genomas de *Halorubrum* secuenciados hasta ahora, pero si se encontró en el genoma del *Halorubrum* aislado de Diamante reportándose nuevamente por primera vez la presencia de la respiración de As en haloarqueas. De esta forma las haloarqueas dejarían de ser heterótrofas para pasar a ser quimiolitotrofas.

Halorubrum fue aislado de estas biopelículas y se comprobó mediante técnicas de re-

trotranscripción que los genes necesarios para respirar arsénico se expresan en presencia del mismo, confirmando que los resultados que arrojaban los metagenomas (Ordoñez *et al.*, 2018).

LAGUNA SOCOPA Y SUS ESTROMATOLITOS DONDE PREDOMINA LA FOTOSÍNTESIS SIN O₂ Y LOS DEINOCOCCUS SON UN FILTRO A LA RUV

La laguna Socopá está situada en la región de la Puna del altiplano andino, en la base del todavía activo volcán Socopá, en una cuenca rodeada por afloramientos fósiles de diatomitas. En la laguna de Socopá hemos reportado la formación de tapetes microbianos formando estromatolitos (Fárias *et al.*, 2011, 2013, Kurth, 2017; Toneatti 2017). Los estromatolitos de Socopá se encuentran a lo largo de la costa sur de la laguna, en una área donde existe el aporte

de una fuente hidrotermal junto a numerosas filtraciones de aguas termales (26°C) provenientes del sistema volcánico andino moderno (Figura 7). El sitio está expuesto al aire desde diciembre a mayo y sumergido bajo 0,5-1 m de agua por el resto del año.

El análisis por microscopía óptica y electrónica reveló que los filamentos de cianobacterias dominan los 2 mm superiores de los estromatolitos. El resto del estromatolito se encuentra integrado por frústulas de diatomeas, cristales de carbonato de calcio en forma de aragonita colonizado por organismos procariotas especialmente en las capas más profundas.

Las mediciones con microsensores revelaron fuertes pendientes escalares de irradiancia, O_2 , pH y H_2S que crean microambientes donde la luz y el O_2 es rápidamente 'filtrado en los 2 mm superiores' con intensos cambio día noche. Siendo el O_2 en condiciones de luz cinco veces mayor que en la atmósfera a 0,5 mm de profundidad penetrando hasta los 2 mm. Se destacan las condiciones de anoxigénea que se observan a partir de los 2 mm con una alta producción de H_2S .

Esta distribución de las condiciones físico químicas se vio reflejada en la distribución de pigmentos y de diversidad. Es así que clorofila a (Chla) y la ficocianina, pigmentos específicos de las cianobacterias alcanzaron un máximo en la capa verde oscura subsuperficial (intervalo de profundidad 0,3-1,2 mm), y una disminución aproximadamente exponencial a profundidades mayores a 1 mm.. Por el contrario las bacterioclorofilas (BChl) *a* y *c* aparecieron en una capa diferente a profundidades de 4 a 5 mm (Figura 8).

Debido a la complejidad y alta diversidad de microorganismos encontrados en la estructura laminada del estromatolito, se decidió a proceder con un segundo análisis de la biodiversidad basado en pirosecuenciación de 16S rRNA, en 6 capas sucesivas del estromatolito (Toneatti *et al.*, 2017). Los resultados revelaron que en la primera capa, que se encuentra por lo general en contacto con el aire y expuesta a altas dosis de radiación ultravioleta debido a la gran altura de la laguna (3.570 msnm), los organismos dominantes fueron del Phylum Deinococcus-Thermus (87%), reduciéndose su abundan-

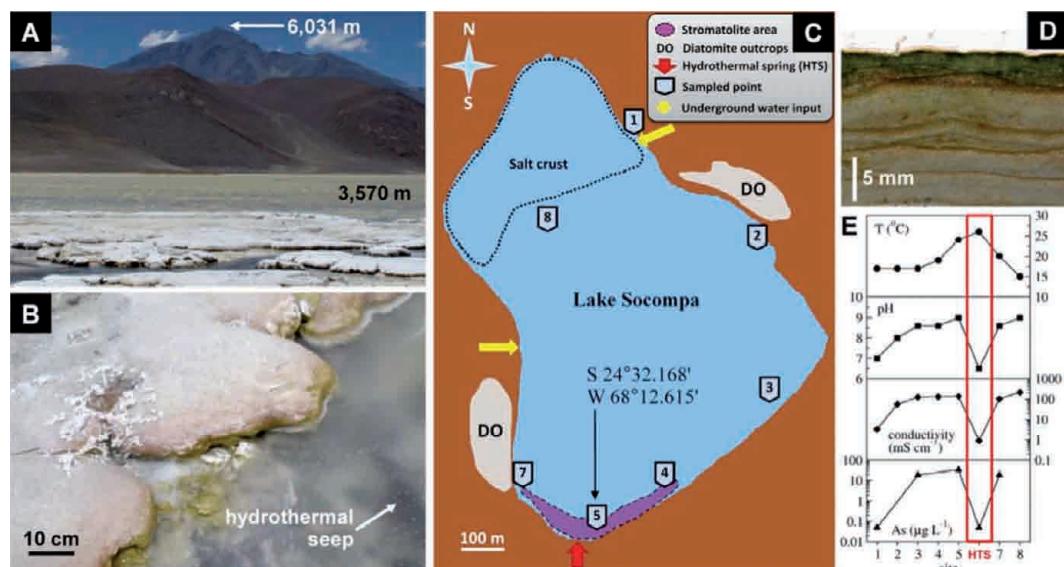


Figura 7. Los estromatolitos de Socompa y su hábitat. A, estromatolitos en la costa de la laguna; B, forma típica de un estromatolito; C, esquema de la laguna de Socompa mostrando los sitios relevantes; D, sección vertical del estromatolito; E, distribución de temperatura, pH, conductividad y arsénico en las aguas muestreadas a lo largo de los puntos marcados en C (tomado de Farias *et al.*, 2013).

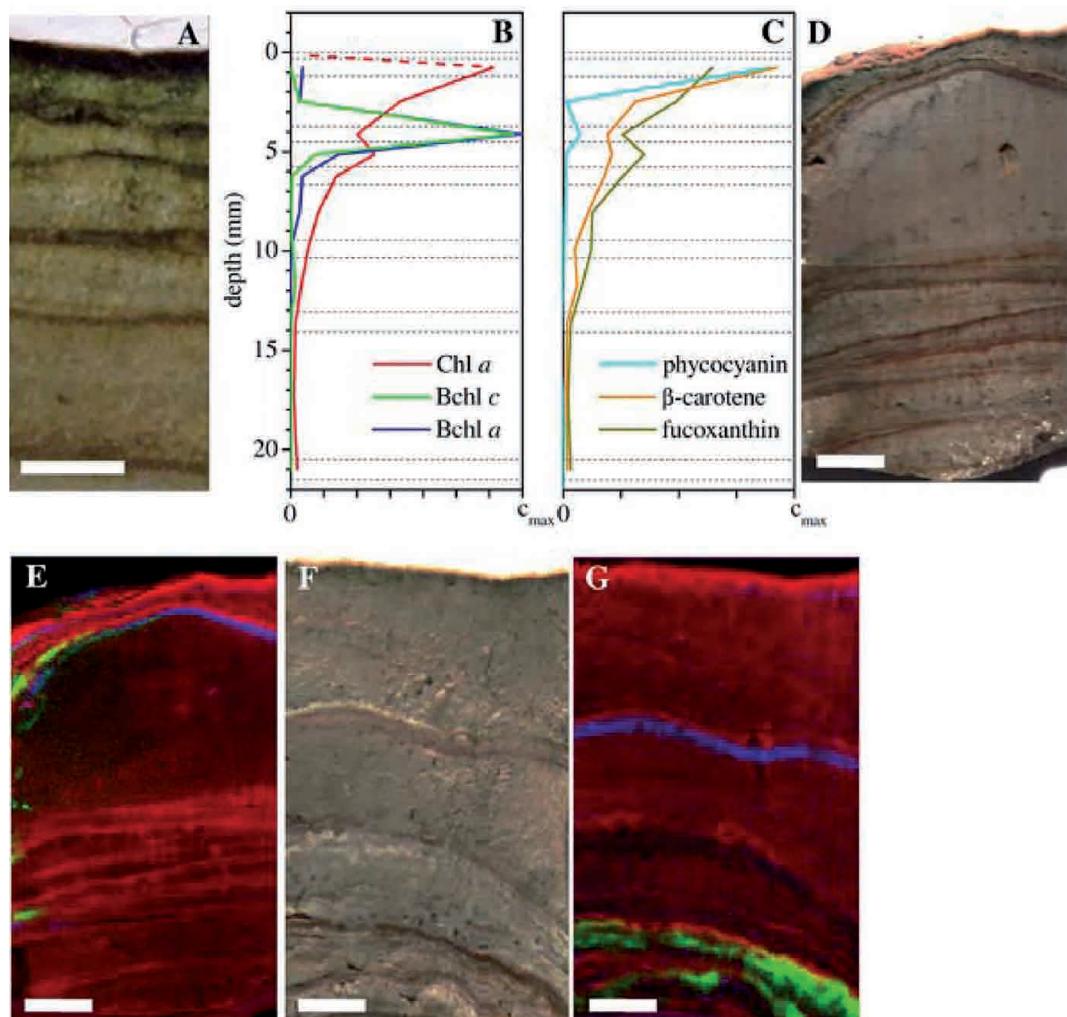


Figura 8. Perfiles de pigmentos en la sección transversal del estromatolito de Socompa. (tomado de Farias *et al.*, 2013). Escala: 1 cm.

cia drásticamente hacia adentro del estromatolito. Los organismos de este phylum se caracterizan por su alta resistencia a la radiación, a sustancias tóxicas, a altas y bajas temperaturas y se ha demostrado que son incluso capaces de sobrevivir en el espacio (Tian B, Hua 2010). Justo por debajo de la superficie de *Deinococcus-Thermus*, en la capa 2, aparece una abundancia considerable del phylum Cyanobacteria (22,7 %), que se mantiene hasta la capa 5, en abundancias decrecientes. Este grupo demostró ser desplazado hacia capas inferiores en ausencia de radiación UV demostrando que su presencia

en la superficie está ligada a la protección del ecosistema de la radiación UV (Farias, 2013) (Figura 8). Un análisis funcional de metagenoma completo de Socompa indicó que la fijación de carbono podría ocurrir no sólo por el ciclo de Calvin-Benson, sino también a través de vías alternativas como el ciclo TCA inversa, y la vía reductora de acetil-CoA. Las *deltaproteobacterias* estuvieron involucradas tanto en la reducción de sulfato como en la fijación de nitrógeno. Se encontraron diferencias significativas cuando se comparó el metagenoma de estromatolito de Socompa con el metagenoma de

los estromatolitos de Shark Bay (Australia), principalmente en procesos relacionados con el estrés, particularmente resistencia al arsénico. Un análisis en profundidad reveló un metabolismo sorprendentemente diverso que comprende todos los tipos conocidos de vías relacionadas a la resistencia y generación de energía a partir de As. Mientras que el ars operón fue el principal mecanismo, una importante abundancia de genes arsM se observó en phyla seleccionados (Kurth *et al.*, 2017).

MICROBIALITOS Y ENDOEVAPORITAS EN DESIERTO DE ATACAMA: DONDE LA FIJACIÓN DE C SE HACE A LA ANTIGUA

El desierto de Atacama (Chile), es el más árido del planeta. Presenta una superficie que ha sido afectada por la erosión natural a lo largo de millones de años (Hongn *et al.*, en este volumen). Las cuencas de drenaje endorreico, contienen salares en su interior (Risacher *et al.*, 2003), formando presencia de lagos someros salinos e hipersalinos donde predomina la precipitación de minerales ricos en sulfatos, cloruros y boratos (López-López *et al.*, 2010). En estos ambientes extremos fueron reportados por primera vez por nuestro grupo una gran diversidad de EMAM que incluyeron tapetes microbianos de halita, aragonita o yeso, microbialitos de carbonato de calcio y domos de evaporitas de yeso formando endoevaporitas (Figura 9) (Contreras y Farias, 2013; Farias *et al.*, 2014, 2017, Rasuk *et al.*, 2014, 2015; Fernandez *et al.*, 2015).

TAPETES MICROBIANOS MICROBIALITOS Y ENDOEVAPORITAS DE YESO EN EL SALAR DE ATACAMA

Las lagunas La Brava y Tebenquiche se encuentran ubicadas en los extremos norte y sur del salar de Atacama, respectivamente (Farias *et al.*, 2014). En ambas lagunas se observa un gradiente de salinidad que comprende la formación de tapetes microbianos de carbonato de calcio, halita y yeso y continúa con tapetes litificados formando microbialitos de carbonato en La Brava y

domos de evaporitas de yeso habitados por endoevaporitas (que llamamos bioevaporitas) en Tebenquiche. Cabe recordar que la diferencia entre ambos sistemas litificados (microbialitos y evaporitas) es que, en los microbialitos, existe una inducción de las comunidades microbiana en la precipitación del mineral que generalmente es carbonato de calcio (Dupraz, 2010), mientras que, en los domos de evaporitas habitados por endoevaporitas, la génesis es principalmente por evaporación y precipitación química (Figura 9). La posible influencia de los microorganismos en la formación de los domos no está bien establecida como en los microbialitos y es tema de una amplia discusión (Babel 2014; Farias *et al.*, 2014). Por esa razón el haber encontrado ambientes que comparten estas dos estructuras es de gran importancia para poder comprender los mecanismos involucrados en la génesis de estos sistemas modernos y así poder extrapolarlos a registros fósiles en todo el planeta. Con ese fin, se están llevando a cabo estudios comparativos de diversidad, geoquímica y metagenómica de estos ecosistemas (tapetes microbianos y domos de yeso) (Farias *et al.* 2014, 2017; Rasuk *et al.* 2014, 2015; Fernández *et al.*, 2016). Sistemas similares de domos de yeso se reportaron en las lagunas de Llamara en el salar de Llamara, Atacama. Donde se reportaron evaporitas de yeso habitadas por una compleja comunidad de microorganismos que se distribuyen en forma similar a los tapetes microbianos (Rasuk *et al.*, 2014, 2015).

Una biodiversidad sin ciclo de Calvin.— La diversidad de estos ecosistemas, determinada por pirosecuenciación, demostró que en Llamara existe una predominancia de bacteroidetes que migran verticalmente en las diferentes estaciones en (Rasuk, *et al.* 2014). Mientras que en Tebenquiche se han encontrado una predominancia de arqueas (hasta un 95% de Euryarchaeota) en los sistemas donde predomina en yeso y la halita. En las zonas donde predomina la precipitación microbialitos de carbonato de calcio en La Brava se observó una predominancia de

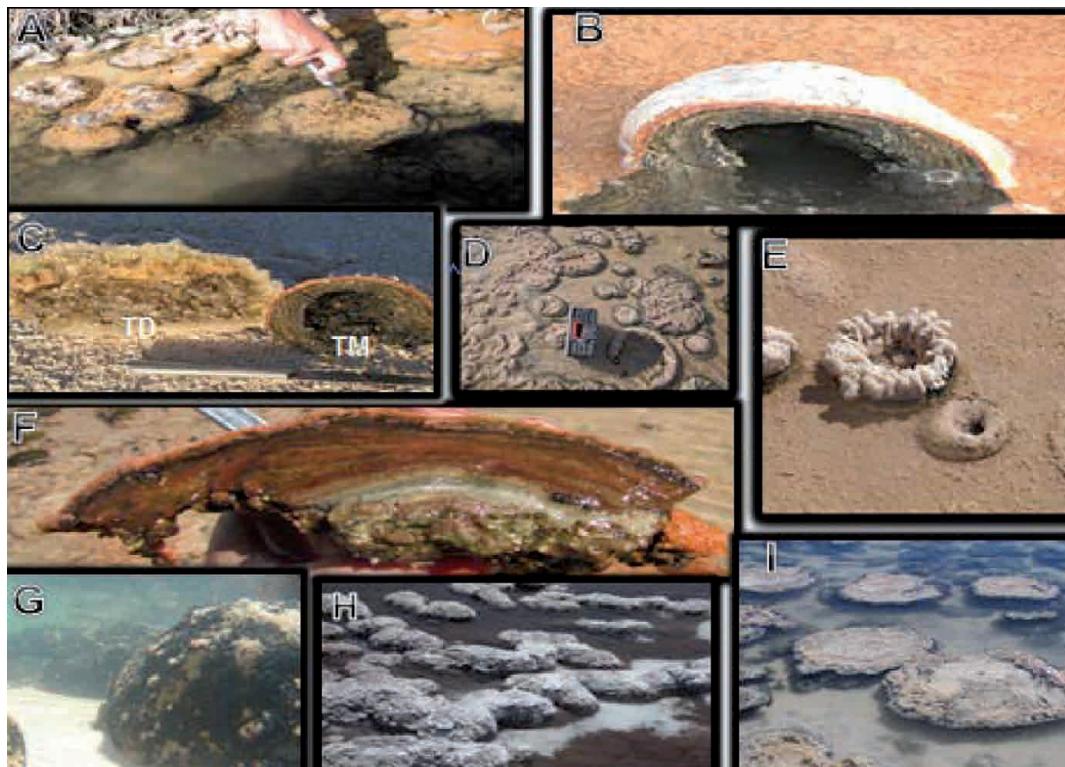


Figura 9. Tipos de EMAM encontrados en Atacama A, B, D, F, tapetes microbianos; C, comparación de evaporita de selenita y tapete microbiano; E, tapete microbiano con precipitación de selenita y halita en zonas mas salinas; G, microbialitos de carbonatos sumergidos; H, evaporitas de yeso; I, microbialitos de carbonatos formando plataformas expuestas al aire (tomado de Farías *et al.*, 2013).

árqueas (Euryarcheota y Chrenarcheota), Firmicutes, el grupo o cultivado OP1 y Planomycetes (Fernández *et al.*, 2016; Farias *et al.*, 2017). Lo que más llama la atención observando la diversidad de La Brava y Tebenquiche es que se observa una ausencia de microorganismos que llevan a cabo el ciclo de Calvin que es la forma en que el carbono inorgánico (CO_2) se transforma en carbono orgánico (glucosa) en las plantas y cianobacterias actuales (cianobacterias y fotosintéticas anoxigénicas) y que los grupos predominantes llevan a cabo una fijación de carbono alternativa, anoxigénica, primitiva como la Reductora de Acetyl CoA, 3-Hidroxipropanato o la del Hidroxibutirato (Figura 10). A su vez, la clorofila-a está casi ausente en La Brava y los niveles de detección de O_2 por electrodos fueron escasos. Por otro lado, tanto en La Brava como en Tebenqui-

che, se lograron amplificar los sistemas de arsenito oxidasa y arsenato reductasa tanto en el ADN total como en las arqueas aisladas como se hizo en Diamante lo que nos lleva a intuir que el sistema de obtención de energía a partir de As por las arqueas estaría ampliamente distribuido también en los ecosistemas de Atacama. Dado que en alta salinidad la concentración de O_2 es baja, y que las condiciones extremas de UV, As y bajo O_2 recrean condiciones de la tierra primitiva estos resultados prometen ser el inicio de una apasionante búsqueda que ayudará a dilucidar como eran los ciclos geoquímicos en la tierra primitiva sin O_2 . Los estudios geoquímicos y metagenómicos se están llevando a cabo en el momento de la escritura de esta revisión. (Farías *et al.*, 2015, 2017; Fernández *et al.*, 2016).

OTRAS CONSIDERACIONES Y ALGUNAS GENERALIZACIONES DE LOS EMAM: MÁS PREGUNTAS QUE CERTEZAS

En base a lo presentado hasta ahora se pueden realizar las primeras observaciones de los EMAM andinos.

¿Por qué están dónde están? — En los relevamientos de las numerosas lagunas y humedales en la Puna (80 humedales) solo se han encontrado EMAM en un 30%. La pregunta que surge es ¿por qué se forman donde se forma y no en otros lugares? Como respuesta se puede sugerir que la de actividad volcánica moderna con el aporte de condiciones de alta temperatura y aporte de nutrientes específicos favorecería el desarrollo de estos ecosistemas, tal es así que en Socompa y Diamante se encontró el desarrollo de microbialitos solamente en el lugar donde se da el aporte de fuente hidrotermal, lo mismo ocurre en las lagunas de Atacama que se encuentran asociadas a zonas de alta actividad volcánica (es frecuente ver fumarolas en los volcanes de Atacama) y con el constante aporte de aguas subterráneas. Otra característica ambiental común en las áreas donde se reportan estos ecosistemas son las zonas de mezcla entre surgentes subterrá-

neas de baja conductividad y la zona de alta conductividad que presentan las lagunas y los salares.

¿Cómo sería el ciclo de carbono?: una alternativa a la fotosíntesis.— En general, el estudio de la biodiversidad por marcadores moleculares (67 muestras metagenómicas analizadas por pirosecuenciación) y por *shotgun sequencing* (5 metagenomas), junto con el estudio de diversidad de pigmentos y perfiles de producción de O₂ con electrodos de los EMAM, lleva a pensar que la fotosíntesis oxigénica no sería un mecanismo predominante para producir ATP y fijar carbono. Se basa esta hipótesis en las siguientes observaciones: i) de las 67 diversidades de comunidades de EMAM realizadas por pirosecuenciación en estos ambientes, las cianobacterias y sus pigmentos (Clorofila a) están poco representadas, en cambio se ve una dominancia de haloarqueas y Proteobacterias (Alpha y Gamma) del tipo fotosintéticas anoxigénicas y sus respectivos pigmentos fotosintéticos (bacterioclorofila a,b,c,d,e) (Farias *et al.*, 2013a, b, 2014, 2017; Rasuk *et al.*, 2014, 2016; Rascovan *et al.*, 2016; Kurth *et al.*, 2017); ii) en algunos ambientes la producción de O₂ en luz es escasa o

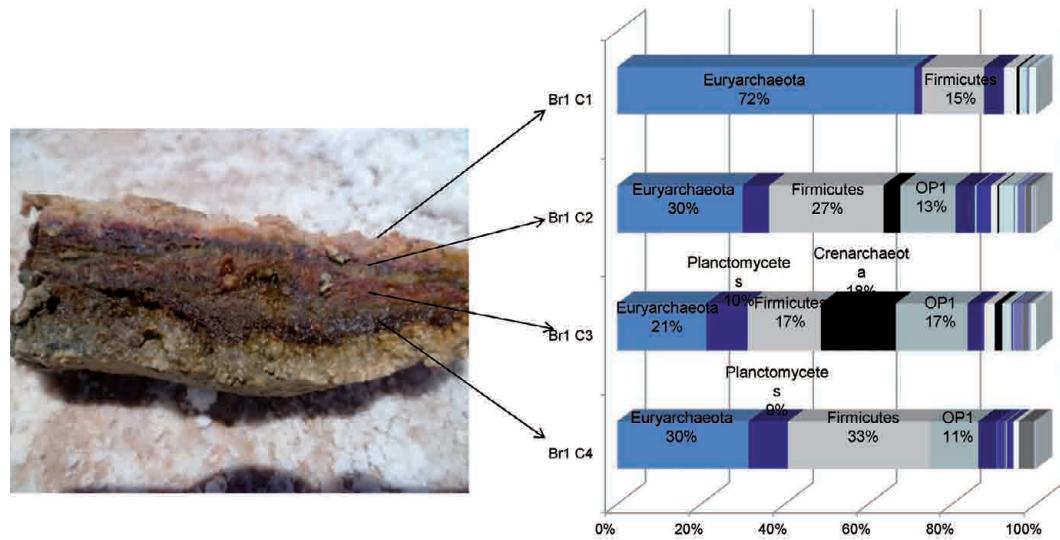


Figura 10. Distribución capa por capa de la diversidad en microbialitos de Atacama. Toda la diversidad encontrada en todas las capas posee ciclos de fijación de C alternativos al ciclo de Calvin (Tomado de Farias *et al.*, 2017).

está limitada a los primeros 2 mm de los estratos (Farías *et al.*, 2013b; Toneatti *et al.*, 2017); iii) en los metagenomas estudiados hasta el momento (Diamante, Llamara, Lluillaillaco) no se han encontrado abundancia de genes de fotosíntesis oxigénica, pero sí los correspondientes a la anoxigénica (Kurth *et al.*, 2017), y/o sistemas de vías alternativas para la fijación de carbono, por ejemplo, la monóxido de carbono deshidrogenasa que juega un papel fundamental en el ciclo del carbono, permitiendo en forma bidireccional, tanto hacer uso del CO como fuente de energía como para utilizar CO₂ como fuente de carbono.

Esta vía alternativa para fijar carbono fue también reportada, en las fumarolas del volcán activo más alto del mundo: el Lluillaillaco a 6.700 msnm (Lynch *et al.*, 2012).

Otros EMAM Catamarca Jujuy y Chile.— Además de los descriptos existen otros EMAM andinos, tal es el caso de los microbialitos tipo trombolitos de la laguna Negra, Catamarca (4.560 msnm) (Gómez *et al.*, 2014, 2018). Los tapetes microbianos de la laguna Vilama ubicada en Jujuy el límite con Bolivia. Los sistemas Tolar Grande en Salta (3.600 msnm) donde hay piletones llamados «ojos de mar» donde existen arrecifes habitados por comunidades extremófilas dominadas por arqueas y bacteroidetes. Los ecosistemas del salar de Antofalla en Catamarca (3.900 msnm) donde hay unos «ojos» entre los cuales se encuentra una laguna que tiene un color rojo muy intenso dado por arqueas y *DunalieLLA*. A continuación se presentan los EMAM reportados hasta ahora (Tabla 1).

En este capítulo se ha presentado evidencia para mostrar el valor ambiental, patrimonial, científico y el potencial económico que tiene el componente microbiano en la biología de la Puna. La puesta en valor, y la incorporación de este componente en las líneas de base, estudios de impacto ambiental y monitoreos de proyectos que se realicen asociados a salares y/o humedales de la Puna, es de gran importancia para lograr su preservación integral. Por otro lado se evi-

dencia que, lo que se ha estudiado en estos últimos años, es solo una aproximación inicial que revela un gran potencial científico y de aplicaciones biotecnológicas; por esa razón, sería importante incentivar el estudio de estos ecosistemas microbianos no solo por interés académico si no también como base de su preservación y aprovechamiento de servicios ecosistémicos.

LITERATURA CITADA

- Achour A. R., Bauda P., Billard P. 2007. Diversity of arsenite transporter genes from arsenic-resistant soil bacteria. *Research in Microbiology*, 158:128-137. doi: 10.1016/j.resmic.2006.11.006
- Albarracín V. H., Simon J., Pathak G., Valle L., Douki T., Cadet J., Borsarelli C. D., Farias M. E., Gärtner W. 2014. First characterization of a CPD-Class I photolyase from an UV-resistant extremophile isolated from High-Altitude Andean Lakes. *Photochemical and Photobiological Sciences*, doi: 10.1039/c3pp0399b
- Albarracín V., Kurth D., Belfiore C., Ordoñez O., Piacentini R., Farías M.E. 2013. High-Altitude Andean Lakes. A Remote Reservoir of Micro-Biodiversity under Extreme Environmental Conditions. *Astrobiology*. (Ast-2013-1109)
- Albarracín V. H., Pathak G.P., Douki T., Cadet J., Borsarelli C., Gärtner W., Farias M. E. 2012. Extremophilic *Acinetobacter* Strains from High-Altitude Lakes in Argentinean Puna: Remarkable UV-B Resistance and Efficient DNA Damage Repair. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 42: 201-221. doi: 10.1007/s11084-012-9276-3
- Albarracín V. H., Dib J. R., Ordoñez O. F., Farías M. E. 2011. A Harsh Life to Indigenous Proteobacteria at the Andean Mountains: Microbial Diversity and Resistance Mechanisms Towards Extreme Conditions. En: M. L. Sezenna (ed.), *Proteobacteria: Phylogeny, Metabolic Diversity and Ecological Effects*. Book Series: *Microbiology Research Advances*. Nova Publishers, 1-29.
- Albarracín V. H., Gärtner W., Farias M. E. 2016. Forged Under the Sun: Life and Art of Extremophiles from Andean Lakes. *Photochemistry and Photobiology*, 92:14-28
- Albarracín V. H., Kraiselburd I., Bamann C., Wood P. G., Bamberg E., Farias M. E., Gärtner W. 2016. Functional Green-

- Tuned Proteorhodopsin from Modern Stromatolites. *PLoS One*, 11 (5). doi:10.1371/journal.pone.0154962
- Albarracín V. H., Kurth D., Ordoñez O. F., Belfiore C., Luccini E., Salum G. M., Piacentini R., Farias M. E. 2015. High-Up: A Remote Reservoir of Microbial Extremophiles in Central Andean Wetlands. *Frontiers in Microbiology*, 6: 1404.
- Babel M. 2004. Models for evaporite, selinite and gypsum microbialite deposition in ancient saline basins. *Acta Geologica Polonica*, 54: 219-249.
- Belfiore C., Ordoñez O. F., Farias M. E. 2013. Proteomic approach of adaptive response to arsenic stress in *Exiguobacterium sp.* S17, an extremophile strain isolated from a high-altitude Andean Lake stromatolite. *Extremophiles*, 17:421-31. doi: 10.1007/s00792-013-0523-y
- Bertrand-Sarfati J., Monty C. (eds). 1994. *Phanerozoic Stromatolites II*. Springer Netherlands. ISBN: 978-94-010-4491-2 (Print) 978-94-011-1124-9 (Online)
- Burguener G. F., Maldonado M. J., Revala S., Fernández Do Porto D., Rascován N., Vázquez M., Farias M. E., Martí M.A., Turjanski A. G. 2014. Draft Genome Sequence of the Polyextremophilic *Halorubrum sp.* Strain AJ67, Isolated from Hyperarsenic Lakes in the Argentinian Puna. *Genome Announcements*, doi: 10.1128/genomeA.01096-13
- Clausen C.A. 2000. Isolating metal-tolerant bacteria capable of removing copper, chromium, and arsenic from treated wood. *Waste Management and Research*, 18: 264-268. doi: 10.1034/j.1399-3070.2000.00128.x
- Di Capua C., Bortolotti A., Farias M. E., Cortez N. 2011. UV-resistant *Acinetobacter sp.* isolates from Andean wetlands display high catalase activity. *FEMS Microbiology Letters*, 317: 181-189. doi: 10.1111/j.1574-6968.2011.02231.x
- Dib J. R., Wagenknecht M., Farias M. E., Meinhardt F. 2015. Strategies and approaches in plasmidome studies—uncovering plasmid diversity disregarding of linear elements?. *Frontiers in Microbiology*, doi: 10.3389/fmicb.2015.00463F
- Dib J. R., Weiss A., Neumann A., Ordoñez O., Estévez M. C., Farias M. E. 2009. Isolation of bacteria from remote high altitude Andean wetlands able to grow in the presence of antibiotics. *Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery*, 4: 66-76.
- Dib J. R., Angelov A., Liebl W., Döbber J., Voget S., Schuldes J., Gorriti., Farias M. E., Meinhardt F., Daniel R. 2015. Complete Genome Sequence of the Linear Plasmid pJD12 Hosted by *Micrococcus sp.* D12, Isolated from a High-Altitude Volcanic Lake in Argentina. *Genome Announcements*, 3(3):e00627-15. doi:10.1128/genomeA.00627-15
- Dib J. R., Schuldes J., Thürmer A., Farias M. E., Daniel R., Meinhardt F. 2013. Complete Genome Sequence of pAP13, a Large Linear Plasmid of *Actinobacterium* Isolated from a Saline Lake at 4,200 m Above Sea Level in Argentina. *Genome Announcements*, doi:10.1128/genomeA.00885-13
- Dib J. R., Wagenknecht M., Hill R.T., M. E., Meinhardt F. 2010. First report of linear megaplasmids in the genus *Micrococcus*. *Plasmid*, 63: 40-45
- Dib J. R., Schuldes J., Thürmer A., Farias M. E., Daniel R., Meinhardt F. 2013. First Complete Sequence of a Giant Linear Plasmid from a *Micrococcus* Strain isolated from an Extremely High-Altitude Lake. *Genome Announcements*, doi:10.1128/genomeA.00885-13
- Dib J. R., Liebl W., Wagenknecht M., Farias M. E., Meinhardt F. 2013. Extrachromosomal genetic elements in *Micrococcus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 63-75
- Dib J. R., Wagenknecht M., Hill R. T., Farias M. E., Meinhardt F. 2010. Novel linear megaplasmid from *Brevibacterium sp.* Isolated from extreme environment. *Journal of Basic Microbiology*, 50: 280-4.
- Dupraz C., Reid R. P., Braissant O., Decho A. W., Norman R. S., Visscher P. T. 2009. Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats. *Earth-Science Review*, 96:141-162. doi: 10.1016/j.earscirev.2008.10.005
- Dupraz C., Visscher P.T. 2005. Microbial lithification in marine stromatolites and hypersaline mats. *Trends in Microbiology*, 13: 429-438. doi: 10.1016/j.tim.2005.07.008
- Farias M. E., Contreras M., Rasuk M.C., Kurth D., Flores M. R., Poiré D. G., Novoa F., Visscher P. T. 2014. Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, salar de Atacama, Chile. *Extremophiles*, doi: 10.1007/s00792-013-0617-6
- Farias M. E., Rascován N., Toneatti D. M., Albarracín V., Flores F., Ordoñez O., Poiré D., Collavino M. M., Aguilar O.

- M., Vazquez M., Polerecky L. 2013. The discovery of stromatolites developing at 3570 m above sea level in a high-altitude volcanic lake Socompa, Argentinean Andes. *PLoS One*, 8:e53497. doi: 10.1371/journal.pone.0053497
- Farías M. E., Contreras M. 2013. Ecosistemas Microbianos. ¿Nuevo patrimonio de la Humanidad?. *Revista Bitacora Ecológica* 1 [Chile].
- Farías M. E., Poiré D. G., Arroiu J., Albaracín V. H. 2011. Modern stromatolite ecosystems at alkaline and hypersaline high-altitude lakes at the Argentinean Puna. En: V. Tewari y J. Seckbach (eds.), *Stromatolites: interaction of microbes with sediments. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology. Book Series*, 427-441, Springer. doi: 10.1007/978-94-007-0397-1
- Farías M. E., Revala S., Mancini E., Ordoñez O., Turjanski A., Cortez N., Vazquez M. P. 2011. Genome sequence of *Sphingomonas* sp. S17, isolated from an alkaline, hyperarsenic, and hypersaline volcano-associated lake at high altitude in the Argentinean Puna. *Journal of Bacteriology*, 193: 3686-7. doi: 10.1128/JB.05225-11
- Farías M. E., Fernández-Zenoff V., Flores R., Ordoñez O., Estévez C. 2009. Impact of solar radiation on bacterioplankton in laguna Vilama, a hypersaline Andean lake (4650 m). *Journal of Geophysical Research*, 114:G00D04. doi: 10.1029/2008JG000784
- Farías M. E. 2017. Albermale SRL [Chile]. Línea de base de componentes Biológicos de salar de Antofalla.
- Farías M. E. 2017. Morena Valle Minerals (Australia). Relevamiento y caracterización preliminar de microbialitos modernos en el salar de Carachipampa.
- Farias M. E. 2016. Liex Lithium SA (Canadá) Relevamiento y caracterización preliminar de microbialitos modernos en el salar de 3 Quebradas.
- Farias M. E. 2012. SQM (Chile) Caracterización de Ecosistemas Microbianos de salar de Llamara.
- Farías M. E., Rasuk M.C., Gallagher K. L., Contreras M., Kurth D., Fernandez A. B., Poiré D.G., Novoa F., Visscher P. T. 2017. Prokaryotic diversity and biogeochemical characteristics of benthic-microbial ecosystems at La Brava, a hypersaline lake at salar de Atacama, Chile. *Plos One*. En prensa.
- Fernandez A. B., Rasuk M. C., Visscher P. T., Contreras M., Novoa F., Poire D., Paterson M. M., Ventosa A., Farias M. E. 2016. Microbial diversity in sediment ecosystems (evaporites domes, microbial mats and crusts) of hypersaline laguna Tebenquiche, salar de Atacama, Chile. *Frontiers in Microbiology*, doi: 10.3389/fmicb.2016.01284
- Fernández Zenoff V., Siñeriz F., Farías M. E. 2006. Diverse responses to UV-B radiation and repair mechanisms of bacteria isolated from high-altitude aquatic environments. *Applied and Environmental Microbiology*, 72: 7857-63. doi: 10.1128/AEM.01333-06
- Fernández Zenoff V., Heredia J., Ferrero M., Siñeriz F., Farías M. E. 2006. Diverse UV-B resistance of culturable bacterial community from high-altitude wetland water. *Current Microbiology*, 52: 359-62. doi: 10.1007/s00284-005-0241-5
- Flores M. R., Ordoñez O. F., Maldonado M. J., Farías M. E. 2009. Isolation of UV-B resistant bacteria from two high altitude Andean lakes (4,400 m) with saline and non saline conditions. *Journal of General and Applied Microbiology*, 55: 447-58.
- Foster J. S., Green S., Ahrendt S. R., Golubic S., Reid R. P., Hetherington K. L., Bebout L. 2009. Molecular and morphological characterization of cyanobacterial diversity in the stromatolites of Highborne Cay, Bahamas. *ISME Journal*, 3: 573-87. doi: 10.1038/ismej.2008.129
- Goh F., Allen M. A., Leuko S., Kawaguchi T., Decho A. W., Burns B. P., Neilan B. A. 2009. Determining the specific microbial populations and their spatial distribution within the stromatolite ecosystem of Shark Bay. *ISME Journal*, 3: 383-96. doi: 10.1038/ismej.2008.114
- Gómez F. J., Kah L.C., Bartley J., Astini R. A. 2014. Microbialites in High-Altitude Andean Lakes: Multiple controls in carbonate precipitation and lamina accretion. *Palaios*, 29: 233-249.
- Gómez, F. J., Mlewski, C. , Boidi, F. J., Farías, M. E., Gérard, E. 2018. Calcium carbonate precipitation within diatom-rich microbial mats: the laguna negra hypersaline lake, catamarca (argentina) *Journal of Sedimentary Research*, 88: 727-742.
- Gorriti M. F., Díaz G. M., Chimetto L. A., Trindade-Silva A. E., Silva B. S., Mesquita M. M. A., Gregoracci G. B., Farías M. E., Thompson C. C., Thompson F. 2014. Genomic and phenotypic attributes of salinivibrios from stromatolites, sediment and water of the high altitude

- Andean Lake Socompa. *BMC Genomics*, 15: 473.
- Gutiérrez-Preciado A., Vargas-Chávez C., Reyes-Prieto M., Ordoñez O. F., Santos-García D., Rosas-Pérez T., Valdivia-Anistro J., Rebollar E. A., Saralegui A., Moya A., Merino E., Farias M. E., Latorre A., Souza V. 2017. *Exiguobacterium pavilionensis* str. N139, a halotolerant, UV-B and metal resistant bacteria from a high-altitude Andean lake. *PeerJ Preprints*, 4:e2512v1
- Kurenbach B., Grothe D., Farias M. E., Szwylk U., Grohmann E. 2002. The tra Region of the Conjugative Plasmid pIP501 Is Organized in an Operon with the First Gene Encoding the Relaxase. *Journal of Bacteriology*, 184: 1801-1805. doi: 10.1128/JB.184.6.1801-1805.2002
- Kurth D., Rasuk M. C., Flores R., Maldonado J., Contreras M., Novoa F., Poire D., Farias M. E. 2014. Microbial characterization of a gypsum endoevaporitic ecosystem in salar de Llamara, Chile. *Microb Ecol*, (MECO-D-13-00407).
- Lebrun E., Brugna M., Baymann F., Muller D., Lièvremont D., Lett M., Nitschke W. 2003. Arsenite oxidase, an ancient bioenergetic enzyme. *Molecular Biology and Evolution*, 20:686-93. doi: 10.1093/molbev/msg071
- López-López A., Yarza P., Richter M., Suárez Suárez A., Antón J., Niemann H., Roselló Móra R. 2010. Extremely halophilic microbial communities in anaerobic sediments from a solar saltern. *Environmental Microbiology Reports*, 2: 258-271. doi: 10.1111/j.1758-2229.2009.00108.x
- Lynch R. C., King A. J., Farias M. E., Sowell P., Vitry C., Schmidt S. K. 2012. The potential for microbial life in the highest-elevation (>6,000 m.a.s.l.) mineral soils of the Atacama region. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 117. doi: 10.1029/2012JG001961
- Menes R. J., Viera C.E., Farias M. E., Seufferheld M. J. 2011. *Halomonas vilamensis* sp.nov., isolated from high-altitude Andean lakes. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, 61: 1211-7. doi: 10.1099/ijss.0.023150-0
- Muller D., Lievremont D., Simeonova D. D., Hubert J.C., Lett M.C. 2003. Arsenite Oxidase aox Genes from a Metal-Resistant -Proteobacterium. *Journal of Bacteriology*, 185: 135-141. doi: 10.1128/JB.185.1.135-141.2003.
- Miller T. R., Delcher A. L., Salzberg S.L., Saunders E., Detter J. C., Halden R. U. 2010. Genome sequence of the dioxin-mineralizing bacterium *Spingomonas wittichii* RW1. *Journal of Bacteriology*, 192: 6101-6102. doi: 10.1128/JB.01030-10
- Ordoñez O. F., Lanzarotti E., Kurth D., Gorriti M. F., Revale S., Cortez N., Vazquez M. P., Farias M. E., Turjanski, A.G. 2013. Draft Genome Sequence of the Polyextremophilic *Exiguobacterium* sp. Strain S17, Isolated from Hyperarsenic Lakes in the Argentinian Puna. *Genome Announcements*, doi:10.1128/genomeA.00480-13
- Ordoñez O. F., Flores M. R., Dib J. R., Paz A., Farias M. E. 2009. Extremophile culture collection from Andean lakes: extreme pristine environments that host a wide diversity of microorganisms with tolerance to UV radiation. *Microbial Ecology*, 58: 461-73. doi: 10.1007/s00248-009-9527-7
- Ordoñez O. F., Lanzarotti E. O., Kurth D. G., Cortez N., Farias M. E., Turjanski A. G. 2015. Genome comparison of two *Exiguobacterium* strains from high altitude andean lakes with different arsenic resistance: Identification and 3D modeling of the Acr3 efflux pump. *Frontiers in Environmental Sciences*. doi: 10.3389/fenvs.2015.00050
- Ordoñez O. F., Rasuk M. C., Soria M., Contreras M., Farias M. E. 2017. Haloarchaea From The Andean Puna: Biological Role In The Energy Metabolism Of Arsenic. *Microb Ecol*, DOI: 10.1007/s00248-018-1159-3. En prensa.
- Oremland R. S., Hoeft S. E., Santini J. M., Bano N., Hollibaugh R. A., Hollibaugh J. T. 2002. Anaerobic Oxidation of Arsenite in Mono Lake Water and by a Facultative, Arsenite-Oxidizing Chemoautotroph, Strain MLHE-1. *Applied Environmental Microbiology*, 68: 4795-4802. doi: 10.1128/AEM.68.10.4795-4802.2002
- Paez-Espino D., Tamames J., de Lorenzo V., Canovas D. 2009. Microbial responses to environmental arsenic. *Biometals*, 22: 117-130. doi: 10.1007/s10534-008-9195-y
- Poirel J., Joulian C., Leyval C., Billard P. 2013. Arsenite-induced changes in abundance and expression of arsenite transporter and arsenite oxidase genes of a soil microbial community. *Research in Microbiology*, 1-9. doi:10.1016/j.resmic.2013.01.012

- Rascovan N., Maldonado M. J., Vazquez M. P., Farías M. E. 2016. Bioenergetic use of arsenic in haloarchaea biofilms from Diamante Lake. ISME Journal, doi:10.1038/ismej.2015.109
- Rasuk M. C., Kurth D., Flores R., Contreras M., Novoa F., Poire D., Farias M. E. 2014. Microbial characterization of a gypsum endoevaporitic ecosystem in salar de Llamara Chile. Microbial Ecology, 68: 483-94.
- Rasuk M. C., Kurth D., Flores R., Contreras M., Novoa F., Poire D., Farias M. E. En prensa. Bacterial diversity in microbial mats and sediments from Atacama Desert Microbial Ecology, MECO-D-15-00034.
- Risacher F., Alonso H., Salazar C. 2003. The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical review. Earth-Science Review, 63: 249-293. doi: 10.1016/S0012-8252(03)00037-0
- Rodrigues D. F., Ivanova N., He Z., Huebner M., Zhou J., Tiedje J. M. 2008. Architecture of thermal adaptation in an *Exiguobacterium sibiricum* strain isolated from 3 million year old permafrost: a genome and transcriptome approach. BMC Genomics, 9:547. doi: 10.1186/1471-2164-9-547
- Seufferheld M. J., Alvarez H. M., Farias M. E. 2008. Role of polyphosphates in microbial adaptation to extreme environments. Applied Environmental Microbiology, 74: 5867-74. doi: 10.1128/AEM.00501-08
- Souza V., Siefert J. L., Escalante A. E., Elser J. J., Eguiarte L. E. 2012. The Cuatro Ciénegas Basin in Coahuila, Mexico: an astrobiological Precambrian Park. Astrobiology, 12: 641-7. doi: 10.1089/ast.2011.0675

Box ▶

Diatomeas en humedales de la Puna

Seeligmann, Claudia¹; Nora I. Maidana²

¹ Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. Email: claudiaseeligmann@gmail.com

² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, DBBE, Buenos Aires, Argentina, CONICET-UBA, Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental (IBBEA), Buenos Aires, Argentina.

En la Puna y Prepuna de Argentina existe un importante número de humedales de altura, con condiciones variadas de salinidad que van desde aguas netamente dulces (la mayoría de los ríos y vegas) hasta hiperhalinas, como las lagunas Honda y Guinda, en Jujuy, con 99 y 105 g/l de sal, respectivamente. En las lagunas el promedio de salinidad (49 g/l) es mayor aún que el de los ambientes marinos (35 g/l). Hasta el presente hemos estudiado 61 humedales, incluyendo ríos, vegas y lagunas ubicadas entre los 2340 y 4683 msnm, en las provincias de Jujuy y Catamarca. La intensa actividad volcánica que caracteriza este área ha favorecido el enriquecimiento en fosfatos y sulfatos de los cuerpos de agua, los cuales poseen una flora algal formada en gran parte por diatomeas (algas diminutas con una cubierta de sílice peculiar, Figura 1), muchas

de ellas adaptadas a las condiciones ambientales extremas (Álvarez Blanco *et al.*, 2011). Hemos reconocido ya 375 especies, alguna de las cuales tienen una amplia distribución geográfica mientras que otras son exclusivas de ambientes de altura. A muchas de ellas las registramos por primera vez en el país o en la región en estudio. En general no encontramos una relación estrecha entre el grado de salinidad y la riqueza de especies en cada ambiente. En los ríos o vegas (que son de agua dulce), el número de especies fue muy variable (7 a 50), en las lagunas moderadamente salinas fluctuó entre 18 y 54 y en las francamente salinas entre 29 y 49. Se destacaron por su riqueza específica las lagunas Aparoma (26°15'S, 66°51'O) y Blanca (26°38'S, 66°57'O) en la provincia de Catamarca con 64 y 62 especies, respectivamente. Para Jujuy podemos mencionar



Figura 1. De fondo, laguna de Pozuelos (Puna de Jujuy); adelante, fotografías de diatomeas tomadas al microscopio de barrido. Las especies ilustradas, que habitan diversas lagunas de la Puna, varían de tamaño entre 8-15 µm y 37-57 µm.

a la laguna Del Arenal (22°55'S, 66°42'O) con 51 especies. Fue curioso encontrar en la laguna Catal, ubicada a 4320 msnm en Jujuy (22°42'S, 66°42'O), a una diatomea típica de ambientes marinos costeros.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Blanco I., Cejudo-Figueiras C., De Godos I., Muñoz R., Blanco S. 2011. Las diatomeas de los salares del Altiplano boliviano: singularidades florísticas. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biológica, 105: 67-82.

III

Sistemas sociales en el tiempo

13 ▶ Sociedades prehispánicas de la Puna argentina: desde el poblamiento temprano hasta los inicios de la producción pastoril y agrícola

Martínez, Jorge Gabriel

Instituto Superior de Estudios Sociales – CONICET, Instituto de Arqueología y Museo, UNT. Saavedra 429, (4000) S. M. de Tucumán, Argentina. Email: jormartin1969@yahoo.com.ar

► **Resumen** — El noroeste de Argentina ha sido históricamente una de las áreas más intensamente investigadas desde el punto de vista de la arqueología prehispánica de nuestro país, contando con trabajos científicos en este campo desde fines del siglo XIX. Actualmente existe un gran *corpus* de información en base a numerosas investigaciones desarrolladas especialmente en las últimas décadas, las cuales permiten afirmar que las primeras ocupaciones humanas se remontan a casi 11.000 años atrás. Si bien la Puna representa sólo un tercio de la superficie total del noroeste de Argentina (incluyendo los sectores altoandinos), hasta ahora es la ecorregión que concentra casi todas las evidencias prehispánicas correspondientes al rango 11.000-3.000 años atrás. Se presenta en este capítulo una síntesis de los aspectos más relevantes acerca de la larga secuencia de ocupaciones humanas ocurridas en la Puna argentina, la cual se inicia a fines del Pleistoceno por parte de grupos que basaron su subsistencia en la caza de animales silvestres y en la recolección de diversos tipos de vegetales. Se considera aquí el desarrollo cultural desde el poblamiento inicial hasta el momento en el cual las sociedades cazadoras-recolectoras empiezan a experimentar e incorporar prácticas tendientes a la producción pastoril y agrícola hace unos 4.000 años atrás.

Palabras clave: arqueología, proyectiles, cazadores-recolectores, transición Pleistoceno/Holoceno, camélidos, fauna extinta.

► **Abstract** — “Prehispanic societies of the Argentine Puna: from the early settlement to the beginnings of pastoralist and agricultural production”. The northwest of Argentina has historically been one of the most intensely researched areas from the point of view of prehispanic archaeology, with scientific work in this topic since the late 19th century. We currently have a large *corpus* of information based on numerous studies developed especially in the last decades, which allow us to affirm that the first human occupations go back almost 11,000 years. Although the Puna represents only a third of the total area of northwest Argentina, until now it has been the ecoregion that concentrates almost all the prehispanic evidence for the period 11,000-3,000 years ago. In this chapter we present an updated summary of the most relevant aspects about the long sequence of human occupations occurring in the Argentine Puna, which began in the late Pleistocene with groups that based their subsistence on wild animal hunting and gathering of various types of plants. This cultural process will be considered here until the time when hunter-gatherer societies began to experiment and incorporate pastoralist and agricultural production practices *ca.* 4,000 years ago.

Keywords: Archaeology, projectile, hunter-gatherers, Pleistocene-Holocene transition, camélids, extinct fauna.

PANORAMA GENERAL DE LAS INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS EN LA PUNA ARGENTINA

Desde las primeras incursiones arqueológicas a fines del siglo XIX mucho es lo que se ha avanzado en el conocimiento del pasado

prehispánico de la Puna y del noroeste de Argentina (NOA) en general. Diversos equipos de investigación trabajan activamente en casi toda su extensión, brindando un panorama cada vez más completo de las múltiples dimensiones del modo de vida de cientos de

generaciones que habitaron este particular espacio geográfico de altura.

Se presenta en este capítulo una síntesis actualizada e integrada de los principales tópicos que configuraron esta larga secuencia de ocupaciones humanas desde fines del Pleistoceno. Restos zooarqueológicos, arqueobotánicos, artefactos líticos y enterratorios entre otras líneas de evidencia, confirman que los primeros grupos cazadores-recolectores empezaron a habitar esta área hace casi 11.000 años (Aschero y Podestá, 1986; Fernández Distel, 1986; Kulemeyer *et al.*, 1999; Hernández Llosas, 2000; Martínez *et al.*, 2010; Muscio y López, 2011; Angiorama y Del Bel, 2013; Martínez, 2014a).

A partir de la década del 80 las investigaciones arqueológicas en la Puna argentina se intensificaron notablemente, abordando además el estudio del entorno paleoambiental, de los distintos modos de subsistencia y tecnologías asociadas, y sobre todo de los procesos de cambio desde un esquema de caza y recolección, hacia el establecimiento pleno de economías de producción pastoral y agrícola. La caza y recolección dominaron las estrategias de subsistencia durante la mayor parte de la historia humana en la Puna, hasta que el pastoreo y la agricultura, como modos de producción de alimentos, comenzaran a adquirir gradualmente mayor importancia hace unos 4.000 años atrás. No obstante, el pastoreo de llamas y la agricultura como prácticas productivas centrales en el NOA, cristalizaron en las primeras aldeas sedentarias recién hace unos 2.500 años atrás. Debe aclararse que la caza y la recolección como prácticas de subsistencia se mantuvieron con plena vigencia aún en el seno de las sociedades agropastoriles establecidas plenamente hacia los inicios de la Era Cristiana.

VARIABILIDAD AMBIENTAL ACTUAL Y SUBDIVISIONES EN LA PUNA ARGENTINA

Desde el punto de vista geológico, la Puna argentina comprende un extenso territorio conformado por planicies, mesetas, volcanes y valles sedimentarios separados por nume-

rosas cadenas montañosas, con cotas altitudinales superiores a los 3.000 msnm (Hongh *et al.*, en este volumen). Un aspecto clave y muy limitante para las ocupaciones humanas actuales y pasadas es la gran escasez general de recursos hídricos. Lagunas, ríos y vegas son poco frecuentes, generando un ambiente muy fragmentado y espacialmente heterogéneo en cuanto a flora y fauna (Izquierdo *et al.*, en este volumen). Si bien la productividad primaria es baja en toda la Puna, no se trata de un ambiente homogéneo y desde el punto de vista ecológico-ambiental, la Puna argentina posee de norte a sur un marcado gradiente decreciente de humedad, lo cual determina tres grandes zonas dentro su extensión. La Puna norte o Puna seca, la Puna intermedia y la Puna sur o Puna salada (Santoro y Núñez, 1987). Cada una de estas subdivisiones de algún modo se correlaciona con particularidades en cuanto a la modalidad de las ocupaciones prehispánicas, y también con las trayectorias de investigaciones arqueológicas desarrolladas en cada área. La distribución aleatoria de los recursos en el ámbito puneño, por su propia naturaleza genera sectores acotados dentro del territorio, los cuales son definidos como zonas de concentración de nutrientes (ZCN; *sensu* Yacobaccio, 1991, 1994). Este concepto refiere a aquellos sectores del espacio en donde existe una mayor oferta de recursos para la explotación por parte de grupos cazadores-recolectores. Esto se materializa en la circunscripción de una mayor diversidad y densidad de recursos básicos de subsistencia como agua, fauna, leña y por un alto grado de protección contra los factores atmosféricos (*i.e.*, cuevas y aleros rocosos). Consecuentemente estos espacios brindaron ciertas ventajas a los grupos cazadores y ocurren con frecuencia en el entorno de vegas o humedales, ya que concentran agua y pasturas requeridas por las tropillas de camélidos, configurándose así como verdaderos «cotos de caza». Por lo tanto, los sitios arqueológicos siempre estuvieron ubicados en las proximidades de estas ZCN, aunque algunas ya no existan en el presente (*e.g.*, paleovegas; Martínez, 2005).

ESCENARIO PALEOAMBIENTAL DESDE EL PLEISTOCENO FINAL-HOLOCENO TARDÍO (CA. 10.000-3.500 AP)

El Holoceno se inicia —por una convención internacional— hace 10.000 años antes del presente (AP), medidos en años radiocarbónicos (Farrand, 1990). Este límite cronológico sin embargo, se corresponde con una alta variabilidad en términos ambientales y se enmarca en lo que se conoce como la «transición Pleistoceno/Holoceno», lapso en el cual se inicia la dispersión humana en el noroeste de Argentina y el norte de Chile. La Puna argentina en su conjunto contaba con características ecoambientales marcadamente distintas a las actuales, principalmente por tener una mayor humedad efectiva (Markgraf, 1985; Fernández *et al.*, 1991; Grosjean, 1998; Yacobaccio y Morales, 2014).

En comparación con otras ecorregiones, la Puna en general es un ambiente que estuvo y sigue estando regido por condiciones climáticas de gran aridez, las cuales tuvieron un rol importante en la dinámica de ocupación por parte de las poblaciones humanas del pasado y también en la muy buena preservación de diversos tipos de restos arqueológicos de origen orgánico, principalmente en aleros rocosos. No obstante, las condiciones paleoambientales de la Puna estuvieron lejos de ser estables durante el todo el Holoceno.

Diversos estudios realizados en los Andes Centro-Sur, los cuales incluyen a la Puna argentina, permitieron delinear un esquema paleoambiental general para el Holoceno que, si bien cuenta con algunas discusiones abiertas y digresiones cronológicas según las áreas de investigación, está conformado por una secuencia de tres momentos claramente diferenciados. El primero se inicia con condiciones climáticas frías y muy húmedas correspondientes al Pleistoceno tardío y Holoceno temprano, las cuales habrían empezado a cambiar hacia un clima de mucha menor humedad hacia 8.200-8.000 AP, marcando el inicio del Holoceno medio. Estas condiciones áridas habrían dominado regionalmente hasta los 4.000-3.500 AP, iniciándose pos-

teriormente el Holoceno tardío, en el cual aumenta el grado de humedad efectiva, aunque es sustancialmente menor al de la transición Pleistoceno/Holoceno (Markgraf, 1985; Fernández *et al.*, 1991; Núñez y Grosjean, 1994; Núñez *et al.*, 1999; Valero-Garcés *et al.*, 2000; Núñez *et al.*, 2002; Olivera *et al.*, 2006; Tchilinguirian y Morales, 2013; Yacobaccio, 2013, entre otros). Se aclara que todas las dataciones mencionadas en este capítulo se presentan en años radiocarbónicos sin calibrar.

ESTADO ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS

El aporte de estos trabajos multidisciplinarios desarrollados sobre *proxies* tanto de la Puna argentina como del norte de Chile, abrieron nuevas perspectivas en la investigación arqueológica, debido a que conforman un marco paleoambiental de base para poder chequear las implicancias culturales que habrían tenido las variaciones climático-ambientales en los Andes Centro-Sur. Consideramos que estas habrían jugado un papel importante en cuanto a las ocupaciones humanas finipleistocénicas y holocénicas, lo cual implica que los cambios en la disponibilidad de los recursos naturales impactaron directamente sobre los patrones de subsistencia (Núñez y Grosjean, 1994). El avance en el ajuste y precisión de la duración e intensidad de estos cambios climáticos, como parte de una estrategia que considere las variaciones locales, dentro de un marco regional, llevó hacia una mejor explicación de los interrogantes sobre la variabilidad en el comportamiento de las sociedades puneñas del pasado.

El entorno paleoambiental y la disponibilidad de recursos naturales en sentido amplio —hídricos, faunísticos, vegetales, minerales— fueron críticos para las sociedades cazadoras-recolectoras que exploraron y habitaron efectivamente la Puna argentina. La ubicación de los sitios arqueológicos está fuertemente asociada a la distribución espacial de los recursos naturales y las formas de obtención que se implementen. En este

sentido, la localización de los asentamientos/sitios arqueológicos en dicho espacio depende de la distribución de los recursos en el espacio regional, lo cual está relacionado a su vez con el sistema de subsistencia (Yacobaccio, 1991). En líneas generales, esto es aplicable a toda la Puna, dada su heterogeneidad en cuanto a la distribución irregular o agrupada de los recursos de subsistencia en las mencionadas zonas de concentración de nutrientes. Por lo tanto, hay sectores con registros de actividad humana intensa, mientras que en otros la actividad registrada es escasa o nula.

GRUPOS CAZADORES-RECOLECTORES DURANTE EL PLEISTOCENO TARDÍO Y HOLOCENO TEMPRANO (CA. 11.000-8.000 AP). LOS PRIMEROS HUMANOS EN LA PUNA ARGENTINA

Si bien hoy contamos con una mayor solidez científica en relación a los sitios arqueológicos más antiguos del continente americano, el debate sobre cuándo y cómo se inició el poblamiento humano permanece abierto y ciertamente excitante. Para sitios como Arroyo del Vizcaíno (Uruguay) o Vale da Pedra Furada (Brasil) se proponen antigüedades superiores a 30 mil años para la presencia humana en Sudamérica, aunque con contextos ambiguos y muy discutidos (Borrero, 2016). Más aún, muy recientemente se dieron a conocer resultados del sitio Cerutti Mastodon en California (EEUU) con cronologías de 130 mil años, donde fueron registrados artefactos líticos (percutores y yunque) asociados con restos óseos de un mastodonte (*Mammut americanum*) con evidencias de fracturas intencionales para la extracción de médula ósea (Holen *et al.*, 2017).

A pesar de este complejo y cambiante panorama, existe un mayoritario consenso en que las primeras ocupaciones humanas en el continente americano ocurrieron hace unos 15.000 años atrás (Borrero, 2015; Goebel, 2004; Goebel *et al.*, 2008). Esto incluye a Sudamérica, con casos como el del sitio Monte Verde (Chile central) con ocupaciones humanas de ca.12.600 años AP

(Dillehay, 2008) y de Arroyo Seco 2 en la región pampeana de Argentina que cuenta con cronologías de poco más de 14.000 años de antigüedad (Politis *et al.*, 2016).

Como fuera mencionado, las primeras señales arqueológicas en la Puna argentina se remontan a casi 11.000 años, *i.e.* en la parte final del período Pleistoceno. Estas evidencias arqueológicas representan no sólo las ocupaciones humanas más antiguas de la Puna sino también de todo el NOA, manteniéndose por ahora un esquema de «restricción puneña», en el sentido que los sitios arqueológicos más antiguos fueron detectados exclusivamente en esta ecorregión. Todas las dataciones radiocarbónicas entre ca.10.800-8.000 AP provienen de componentes estratificados detectados exclusivamente en cuevas y aleros rocosos del ámbito puneño. Para la Puna norte (Jujuy): Inca Cueva 4 (ca.3.900 msnm; Aguerre *et al.*, 1973; Aschero, 1984), Huachichocana III (ca.3.200 msnm; Fernández Distel, 1986), Cueva Yavi (ca.3.460 msnm; Kulemeyer *et al.*, 1999), Pintoscayoc 1 (ca.3.500 msnm; Hernández Llosas, 2000), Hornillos 2 (ca.4.020 msnm; Yacobaccio *et al.*, 2008), Río Herrana 14 (ca.3.900 msnm; Angiorama y Del Bel, 2013). En la Puna intermedia (Salta) se ubica Alero Cuevas (ca.4.400 msnm; López, 2008; López y Restifo, 2012); y en la Puna sur (Catamarca): Peñas de las Trampas 1.1 (ca.3.582 msnm; Martínez, 2012, 2014a), Quebrada Seca 3 (ca.4.100 msnm; Aschero *et al.*, 1991; Aschero *et al.*, 1993-94; Elkin, 1996a; Pintar, 1990, 1996; Rodríguez, 1998; Martínez, 2003), Cueva Salamanca 1 (ca.3.650 msnm; Pintar, 1996; 2014), Punta de la Peña 4 (ca.3.650 msnm; Urquiza y Aschero, 2014) y Peñas de la Cruz 1 (ca.3.665 msnm; Martínez, 2005, 2014b) (Figura 1). Al tratarse de secuencias de ocupación bajo reparo, las condiciones fueron óptimas para la preservación de restos de origen orgánico como huesos, maderas, cordeles, cueros, semillas, insectos, entre otros. Esta situación permitió mejorar nuestro conocimiento e interpretación sobre el uso de los diferentes recursos naturales utilizados en el pasado y de las pautas culturales asociadas.

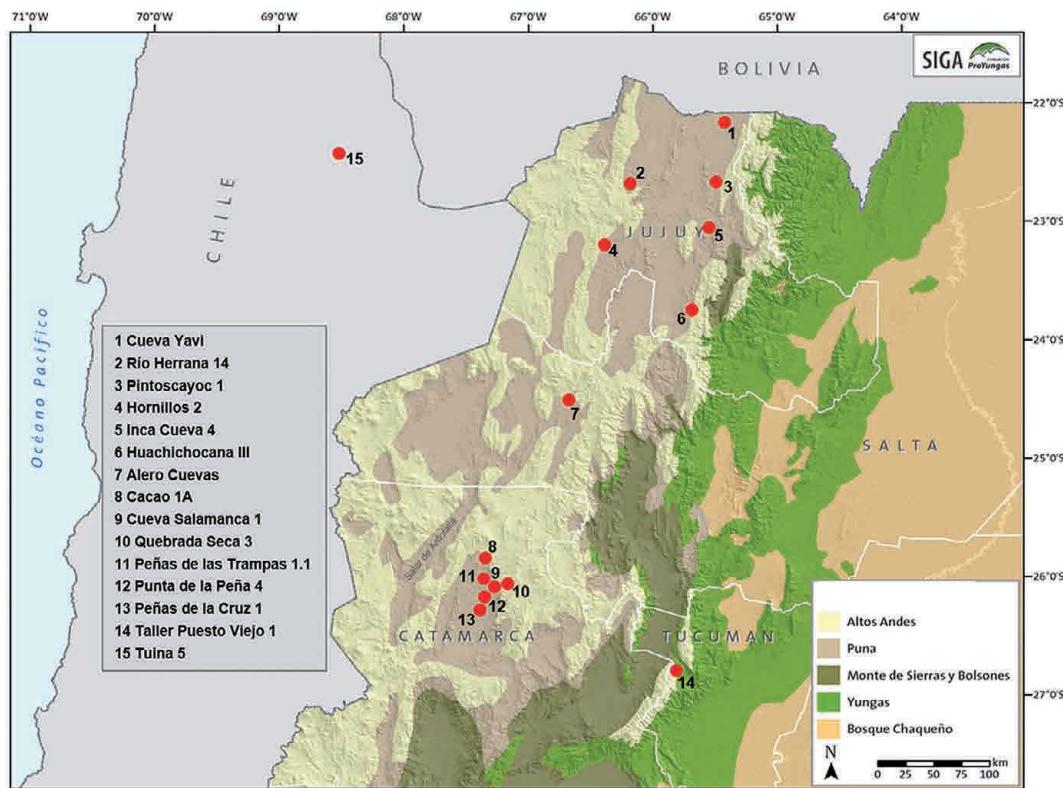


Figura 1. Sitios arqueológicos de la Puna argentina y chilena mencionados en el texto.

Como fuera mencionado, las primeras poblaciones humanas del ámbito puneño tuvieron un modo de vida donde la subsistencia se basó principalmente en la caza de animales silvestres (guanaco, vicuña, taruca y roedores grandes) y en la recolección de diversos vegetales comestibles (chañar, algarrobo, soldaque, amaranto). Fueron grupos familiares no muy numerosos (20 a 30 personas), caracterizados por realizar frecuentes traslados de sus campamentos, en un esquema de gran movilidad territorial asociada a exploración, cambios estacionales y/o búsqueda de recursos.

A diferencia de lo que ocurre en otras regiones de Argentina (como Patagonia y Pampa), en la Puna no existen evidencias concretas para el Pleistoceno final de la caza/consumo de megafauna extinta. No obstante, está demostrado que sí hubo coexistencia entre los primeros grupos humanos de la Puna y especies de megamamíferos

hoy extintos, como *Hippidion* sp. (caballo nativo americano) detectado en Barro Negro (3.820 msnm; Puna norte, Jujuy), con dataciones entre ca.12.550 y 9.120 AP (Fernández, 1984-1985; Fernández *et al.*, 1991), aunque sin asociación directa o indirecta con actividad humana (e.g., huellas de corte, quemado, artefactos). Nuevas edades-taxón sobre restos de *Hippidion* sp. fueron obtenidas posteriormente para este mismo sitio de ca.12.540 y 11.860 AP, siendo las más antiguas para fauna extinta para la Puna norte (Yacobaccio y Morales, 2004). En un contexto regional más amplio, los registros faunísticos que efectivamente indican interacción con humanos provienen del norte de Chile (sitio Tuina-5) donde se detectó la presencia de un hueso diagnóstico de Equidae, en clara asociación con artefactos líticos diversos, puntas de proyectil triangulares y otros elementos datados en ca.10.060 años AP (Núñez *et al.*, 2002).

Excrementos, huesos y dientes de *Megatheriinae*, *Mylodontinae* e *Hippidion* sp. también fueron identificados en sitios de la Puna sur argentina, tales como Peñas de las Trampas 1.1 y Cacao 1A, con dataciones entre ca.19.600 y 12.500 AP (Martínez *et al.*, 2004, 2007, 2010; Martínez, 2014a). Estas evidencias posteriores al Último Máximo Glacial se correlacionan paleoecológicamente con el período más húmedo de los últimos 20.000 años en toda la Puna, brindando un escenario natural óptimo para los primeros grupos cazadores-recolectores que exploraron esta región. Esta situación ambiental favorable de más de 10 milenios del Pleistoceno en la Puna, habilita sin restricciones a la probabilidad de contar a futuro con hallazgos culturales aún más antiguos, en un escenario natural completamente diferente al actual. La presencia de caballos extintos y de perezosos terrestres gigantes (cercaños a los tres metros de altura erguidos y que superaban una tonelada de peso) como megaterios y milodontes, replantean el potencial de estudio del área para el Pleistoceno final, como fuente de información paleoecológica de estas especies impensadas en esta ecorregión, aún bajo condiciones de mayor humedad ambiental como las planteadas para el Pleistoceno tardío y el Holoceno temprano (*sensu* Núñez *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2006). Esto muestra la necesidad de repensar el contraste de ese paleopaisaje de la transición Pleistoceno/Holoceno y el panorama actual de la Puna, a nivel de recursos hídricos y de cobertura vegetal, con biomasa suficiente como para sustentar megamamíferos.

Aún no puede explicarse con precisión qué factores paleoclimáticos llevaron a la extinción de la megafauna en la Puna argentina. Si bien *Hippidion* sp. perduró incluso hasta el inicio del Holoceno temprano en la Puna norte, la megafauna en la Puna sur se extinguía hacia ca.12.500 AP. Su desaparición en sí es un claro indicador de la presencia de fuertes cambios paleoecológicos que deben investigarse con mayor profundidad. Lo que sí es claro, es que la desaparición de la megafauna en este momento reconfiguró

paleoecológicamente el escenario natural —*sensu lato*— que posteriormente empezaría a ser habitado por los primeros grupos humanos. Desde ya, los herbívoros de mayor porte que a partir de la transición Pleistoceno/Holoceno dominan el paisaje puneño son los camélidos silvestres, especies que se convertirán en la principal presa de caza de los tempranos cazadores nativos. Por lo tanto, desde los inicios de las ocupaciones la interacción humanos-fauna en la Puna argentina está definida principalmente por un patrón de caza sistemática de camélidos silvestres (*Vicugna vicugna* y *Lama guanicoe*; mayores a 40 kg) y/o roedores grandes (*Lagidium* sp. y *Chinchilla* sp.; menores a 3 kg). En la Puna sur, a partir del análisis arqueofaunístico del alero rocoso Quebrada Seca 3 puede afirmarse que desde el inicio del Holoceno, la interacción hombre-fauna en este sector quedó definida por la caza sistemática de camélidos silvestres, principalmente vicuñas (Elkin, 1996a). La misma tendencia se observa en el sitio Alero Cuevas (en la Puna intermedia) donde Camelidae domina casi completamente el registro arqueofaunístico (López, 2008; López y Restivo, 2012). En este sentido, debe destacarse un interesante contraste con la Puna norte, ya que tanto en Inca Cueva 4 como en Pintoscayoc 1, el registro arqueofaunístico denota una dominancia en el consumo de Chinchillidae (*Lagidium* sp. y *Chinchilla* sp.) sobre Camelidae (Yacobaccio, 1991; Elkin, 1996b, respectivamente).

La caza es un proceso activo en el cual se ponen en movimiento los grupos humanos, sus técnicas, su organización social y sus relaciones ecológicas, involucrando objetivos y motivaciones, y para lo cual han sido desarrollados complejos sistemas (Laughlin, 1968). Los primeros grupos humanos que llegaron a América contaron con una base de conocimientos técnicos que les permitió satisfacer sus necesidades biológicas, en el marco de las condiciones ambientales imperantes en este continente ecológicamente tan diverso. Las armas empleadas para la caza se definieron a partir del estudio de numerosos restos de astiles de madera y del análi-

sis de puntas de proyectil líticas recuperadas en diversos sitios puneros como Quebrada Seca 3, Peñas de la Cruz 1 e Inca Cueva 4 (Aschero y Martínez, 2001; Martínez, 2003, 2007, 2014b). Estos tempranos cazadores confeccionaron y usaron un dispositivo llamado propulsor de gancho o estólica, el cual sirve para impulsar los proyectiles durante las actividades de caza de camélidos (Figura 2). Es un arma que tiene un mayor alcance en relación a la lanza de mano, suficiente como para poder mantener una distancia significativa entre el cazador y la presa (30 a 40 m).

El propulsor como sistema de arma fue usado en exclusividad para la caza durante el Holoceno temprano. Las evidencias arqueológicas y etnográficas indican que el propulsor fue usado en el pasado en las regiones circumpolares, en el oeste de Europa y en la mayor parte de América, Australia, Melanesia y Micronesia (Hutchings y

Brüchert, 1997). Pero la más temprana evidencia arqueológica de un propulsor consiste en el hallazgo de uno confeccionado con asta en Combe Saunière (Francia), datado en ca. 17.470 AP (Knecht, 1997). Su registro en el continente americano ocurre un tiempo después, ya que aparece en América del Norte recién hacia ca. 10.000- 9.000 AP (Hutchings y Brüchert, 1997), aunque hay amplio consenso de que los grupos humanos del Pleistoceno final ya contaban con el propulsor para las actividades de caza. Por lo tanto fue el primer sistema de arma usado a escala continental y también en la Puna. Este sistema se asocia indefectiblemente con puntas triangulares pequeñas del patrón Tuina-Inca Cueva, constituyendo un tipo morfológico temprano presente en toda la Puna argentina y también en el norte de Chile (Aschero, 1980; Núñez *et al.*, 2002; Hocsman *et al.*, 2012, entre otros) (Figura 3). Cada sistema de arma se asocia a una

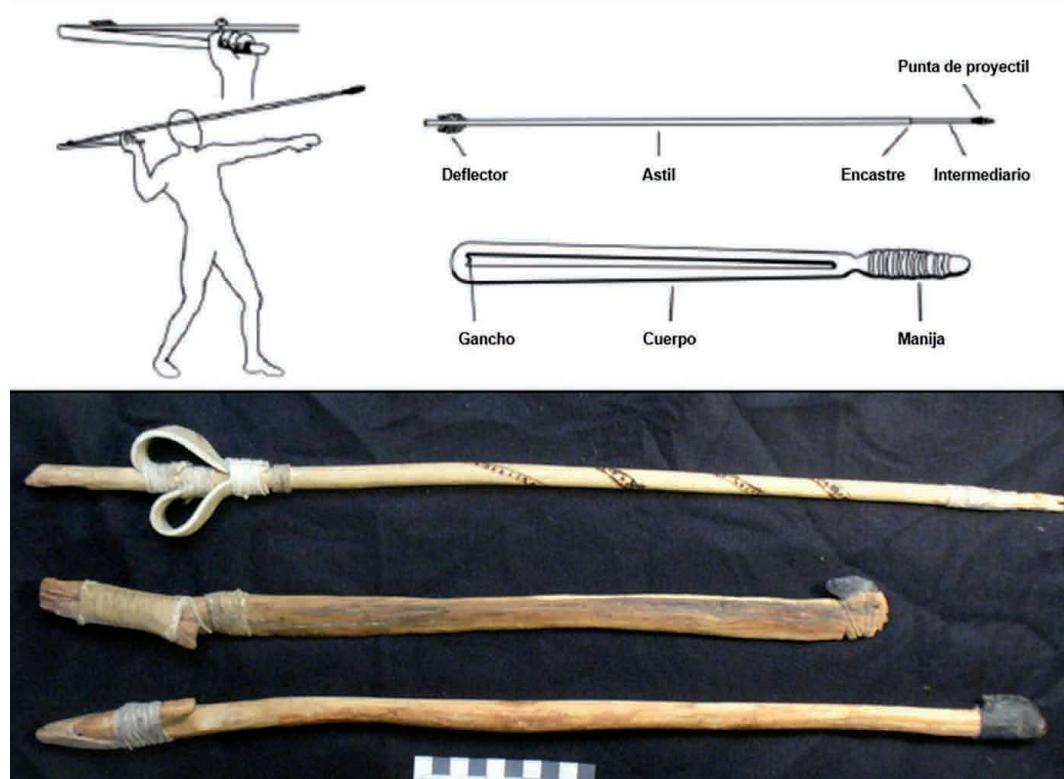


Figura 2. Arriba: propulsor de gancho y modo de uso (modificado de Hocsman *et al.*, 2013). Abajo: réplicas experimentales de propulsor (realizadas por C. Aschero y J. Funes Coronel).

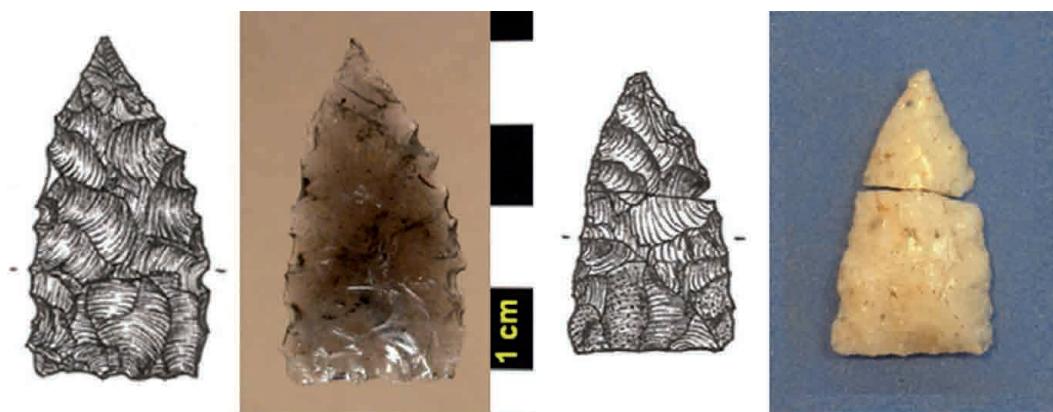


Figura 3. Puntas de proyectil triangulares del patrón Tuina-Inca Cueva. Izquierda: dibujo y foto de pieza de obsidiana del sitio Quebrada Seca 3 (Puna sur); derecha: pieza de cuarzo del sitio Inca Cueva 4 (Puna norte). Dibujos tomados de Hocsman *et al.*, 2012.

determinada técnica de caza, donde entran en juego otras variables como la topografía y la vegetación del entorno ambiental, la etología de las presas y la organización de los cazadores. Sobre este modelo, las técnicas de caza admiten múltiples variantes, incluyendo la construcción de estructuras de ocultamiento o parapetos aunque para momentos posteriores, en el inicio del Holoceno medio (Aschero y Martínez, 2001; Martínez, 2003). Cabe hacer referencia al hallazgo de dos puntas del morfotipo «Fell» o «cola de pescado» dentro del ámbito puneño, agregándose una tercera aunque en el área de valles del NOA. Este tipo de puntas de proyectil tiene una correlación directa con la dispersión humana de fines del Pleistoceno, cubriendo prácticamente todos los ambientes de Sudamérica (Bird, 1969; Politis, 1991; Flegenheimer *et al.*, 2013). Como ocurre en la mayoría de los casos a escala continental, para la Puna también se trata de hallazgos de superficie, habiéndose detectado uno en la Puna sur (en Antofalla, Catamarca; Grosjean *et al.*, 2005) y otro en la Puna norte (en Cobres, Salta; Patané Aráoz, 2013) (Figura 4). En el Salar Punta Negra 1 en Atacama (norte de Chile; Grosjean *et al.*, 2005) también fue hallado un espécimen, teniendo en todos los casos un correlato con tempranos grupos vinculados a la fase de exploración (*sensu* Borrero, 1989-1990).

A pesar de la gran importancia de la caza como actividad crucial de subsistencia, merece atención mencionar que la Puna carece (y careció) totalmente de especies vegetales aptas para la confección de astiles para los proyectiles, aun considerando las variaciones paleoclimáticas antes tratadas. Todos los fragmentos de astiles e intermediarios registrados en la Puna fueron confeccionados con especies alóctonas de cañas y maderas rectas como *Chusquea lorentziana* y *Salix humboldtiana*, las cuales comenzaron



Figura 4. Punta cola de pescado hallada en Cobres, Salta (Puna norte). Imagen tomada de Patané Aráoz y Nami (2014).

a ser usados desde *ca.9.800* años AP (Rodríguez y Martínez, 2001). Esto denota una muy temprana «dependencia» de los cazadores puneños en cuanto a recursos críticos de origen alóctono para poder llevar a cabo una actividad de subsistencia clave como la caza de camélidos. Las áreas naturales de origen de estos recursos vegetales están a gran distancia hacia territorios bajos al este de la Puna. En el caso de los sitios de la Puna sur, estas distancias alcanzan *ca. 110 km* (lineales) hasta los valles y *ca. 180 km* (lineales) hasta las Yungas. Esta distancia es sustancialmente menor para los sitios de la Puna norte donde también se registra el uso de especies bióticas no locales procedentes de tierras bajas orientales (Aschero, 1984). Dada la accidentada fisiografía involucrada en estos rangos de movilidad, debe tenerse en mente que estas distancias lineales no representan en absoluto la gran inversión de tiempo y esfuerzo real que hicieron estos grupos altamente móviles.

Si bien se mencionaron las puntas de proyectil líticas, en sentido amplio las rocas como recursos naturales fueron utilizadas como materia prima para la confección de un gran espectro de clases artefactuales, con diferentes funciones primarias como corte, raspado, perforado, etc. El estudio de estos aspectos son abordados por la tecnología lítica, contando con la gran ventaja que debido a su propia naturaleza, los artefactos líticos —sean tallados o pulidos— tienen un alto grado de perdurabilidad y por lo tanto son los más frecuentes en sitios arqueológicos a escala global.

Independientemente de las características y de las estrategias tecnológicas implementadas a lo largo del Holoceno en la Puna, las fuentes de aprovisionamiento de rocas se caracterizan por su ubicuidad espacial, lo cual conformó un conjunto de opciones para la selección y utilización de recursos líticos por los grupos humanos del pasado. La información disponible para los distintos sectores de la Puna, en general permite establecer por una parte, que para la talla de artefactos líticos se hizo uso de rocas locales dominante (radio de 15 km promedio) y próxi-

mas a los espacios de manufactura (sitios). Por otra parte, los grupos cazadores hicieron uso de rocas no-locales, cuyas canteras de origen se ubican a mayores distancias (>50 km), las cuales pudieron haber sido obtenidas por acceso directo o por algún tipo de intercambio. El estudio de la organización tecnológica y de los sistemas de producción lítica debe contar previamente con el conocimiento de la disponibilidad y ubicación de las materias primas en el paisaje (Ericson, 1984; Aschero *et al.*, 2002-2004). Para los grupos cazadores, y dada la importancia de este recurso para la confección de diversos tipos de herramientas, conocer las fuentes de rocas en un área era crucial. Puede plantearse entonces que, desde las primeras ocupaciones conocidas a través del registro arqueológico el conocimiento, la prueba y la selección de las variedades de rocas disponibles en espacios próximos al asentamiento era una práctica rutinaria. Este uso sugiere una movilidad restringida entre espacios de recursos líticos conocidos y otro tipo de movilidad logística para la obtención de rocas alóctonas, en particular la obsidiana. Se trata de un vidrio volcánico natural muy abundante y exclusivo de complejos volcánicos de la Puna. Esta roca cuenta con la particularidad de que cada área-fuente tiene una firma geoquímica definida y única en relación a otras canteras. Mediante análisis de fluorescencia de RX puede definirse entonces la procedencia precisa de cualquier artefacto hecho con obsidiana. Esta técnica ha sido y sigue siendo ampliamente usada por los arqueólogos y ha permitido establecer tendencias del uso del territorio en el pasado prehispánico puneño a lo largo del tiempo (Escola, 2000; Yacobaccio *et al.*, 2002, 2004; Escola y Hocsman, 2007).

En la Puna sur (Antofagasta de la Sierra) y sobre la base del análisis de artefactos y desechos de talla de tres sitios (Quebrada Seca 3, Cueva Salamanca 1 y Peñas de la Cruz 1), se pudo establecer una notable diferencia entre el Holoceno temprano y el medio inicial (*ca.9.000-6.000 AP*). Para el Holoceno temprano (*ca.10.000-8.200 AP*) se definió el uso de dos fuentes (Cavi y Ona),

mientras que para el Holoceno medio inicial (*ca.8.200-6.200 AP*) aumentó a cinco (Cavi, Ona, Salar del Hombre Muerto, Archibarca y Cueros de Purulla/Chascón). Este incremento en el número de fuentes podría correlacionarse con la fragmentación ambiental -que será tratada más adelante- correspondiente al Holoceno medio. No obstante, es clara la tendencia desde el inicio de las ocupaciones hacia una temprana circunscripción territorial en los rangos de movilidad para los grupos de este sector de la Puna (Pintar *et al.*, 2016).

Las prácticas funerarias en grupos cazadores-recolectores tempranos es un aspecto que ha sido muy poco tratado en general, debido principalmente a la escasez de hallazgos. En este sentido se destaca como ejemplo, el hallazgo de dos estructuras funerarias detectadas en el sitio Peñas de las Trampas 1.1 (en Antofagasta de la Sierra; Puna sur). Se trata de enterratorios secundarios múltiples hallados en el interior de dos estructuras de cavado revestidas con gramíneas y cuya confección se asocia a dos dataciones de *ca.8.400* y *8.200 AP*, respectivamente (Martínez, 2012, 2014a). Estas estructuras están separadas dentro del alero, pero son *cuasi sincrónicas*, registrándose como acompañamiento un gran número de elementos culturales junto a restos óseos humanos pertenecientes a seis individuos (tres en cada estructura, aunque no están representadas todas las partes esqueletarias). Las cronologías obtenidas por radiocarbono para todos los individuos se acotan al rango *ca.8.230-8.000 AP*, a partir de las cuales se plantea una práctica funeraria singular que consistía en depositar y remover en forma secuencia distinas partes óseas de los individuos —en su mayoría neonatos y niños— en ambas estructuras (Martínez y Aschero, 2005; Martínez *et al.*, 2007; Martínez, 2012). Para el caso particular de este sitio queda pendiente definir qué factores ocasionaron la muerte de estos individuos de baja edad dentro de este breve lapso, donde es probable una correlación con cambios paleoclimáticos registrados para este momento cercano al inicio del Holoceno medio, en un marco

de creciente aridización para toda la Puna (Tchilinguirian, 2009). Estos hallazgos permitieron empezar a explorar la dimensión social y simbólica que subyace en este tipo de prácticas mortuorias antiguas llevadas a cabo por las sociedades cazadoras. Este tipo de culto puede ser visto como un probable indicador de una temprana circunscripción espacial o territorialidad, donde los muertos, como ancestros, garantizan derechos sobre el acceso a recursos para ciertos grupos, líneas de parentesco o linajes (Aschero, 2007).

Las tecnofacturas del acompañamiento reflejan una gran complejidad artesanal, tales como cordeles y mallas de color rojizo hechos con *Acrocomia chunta* (también proveniente de los bosques de Yungas) (Rodríguez y Aschero, 2005), cueros gamuzados y pintados, cuentas de collar de semillas (no local) y adornos plumarios cuyas materias primas son en la mayoría de los casos de origen extrapuneño. Es notoria la presencia de materias primas alóctonas procedentes del área valliserrana, de Yungas, del Bosque Chaqueño e incluso de la costa del océano Pacífico (valvas de moluscos marinos usadas como cuentas de collar) (Figura 5). Esto alude a la existencia de tempranos mecanismos de interacción a una escala suprarregional dentro de los Andes Centro-Sur.

Destacamos que recientemente se hicieron análisis paleogenéticos de ADN mitocondrial sobre los restos humanos de las mencionadas estructuras funerarias de Peñas de las Trampas 1.1 (PT1.1), con el fin de abordar el problema de la procedencia en términos biogeográficos de estas tempranas poblaciones de la Puna meridional argentina. Los resultados fueron exitosos, y si bien los estudios siguen en curso, pudo confirmarse la presencia del haplogrupo D4h3a en cuatro de las seis muestras analizadas (Bolnick *et al.*, 2014). Lo más significativo es que este haplogrupo es sumamente raro, ya que está presente en sólo el 1,3% de los grupos nativos americanos actuales, pero se encuentra en el 31% de los «primeros americanos» (con cronologías pre-8.000 años AP) con datos de secuencia de ADN mitocondrial. PT1.1 sería por el momento el único sitio arqueológico



Figura 5. A, B. cordeles rojizos de *Acrocomia chunta* (no local). C. fragmento de malla de red roja. D-E. Fragmentos de cueros gamuzados y pintados. F. Cuenta de collar de valva (océano Pacífico). G-H. Cuentas de collar de semillas (no locales). I-J. Adornos plumarios (vincha?, faldellines?) (Tomado de Martínez, 2014a).

co en Sudamérica donde fue identificado el haplogrupo D4h3a, y uno de los tres sitios detectados a escala continental para estas cronologías. Los otros dos sitios se ubican en América del Norte: On Your Knees Cave, en el sudeste de Alaska (ca.9.800 AP; Kemp *et al.*, 2007); y Anzick, en Montana en el noroeste de EE.UU. (ca.11.000 AP; Rasmussen *et al.*, 2014). El haplogrupo D4h3a es considerado como un marcador genético ligado a un modelo de migración costera temprana en las Américas, a lo largo de la costa del Pacífico. La presencia de D4h3a en la Puna sur argentina sugiere que esta población tuvo previamente algún tipo de conexión social-migratoria con estos prístinos linajes de la costa del Pacífico. Estos resultados apoyan el modelo de poblamiento temprano de Sudamérica a través de una migración principal por la costa del Pacífico, con gente

que eventualmente ingresa en el ambiente continental alto-andino para explorar y habitar nuevos espacios hacia el este, superando incluso barreras geográficas como la cordillera de los Andes.

Dentro del mismo rango cronológico, en la Puna norte también se registraron enterratorios similares tales como: Cueva Huachicocana III, ca.10.200-8.600 AP, inhumación de partes esqueletarias aisladas (Fernández Distel, 1986); Cueva Yavi, ca.8.400 AP, inhumación secundaria múltiple en estructura acondicionada con vegetales (Kulemeyer *et al.*, 1999), y Pintosayoc 1, ca.8.000 AP, inhumación de partes esqueletarias aisladas, sin estructura (Hernández Llosas, 2000). No obstante, esta información aún no fue integrada debidamente bajo una problemática común a escala regional. Para momentos posteriores dentro del Holoceno medio,

se registran entre otros sitios, Inca Cueva 4 (Puna norte argentina), con ca.5.100 AP (Aschero y Podestá, 1986) y en el norte de Chile el sitio Patapatane-1 de ca.5.900 AP (Standen y Santoro, 1994).

En cuanto al arte rupestre, desde inicios del Holoceno también hubo una diferenciación entre los sectores norte y sur de la Puna argentina. En el área de Susques (Jujuy, Puna norte), en el sitio Hornillos 2 fue detectado un panel con pinturas rupestres caracterizadas por la representación dominante de camélidos en actitudes dinámicas y figuras humanas, representando cacerías o una particular relación entre las actitudes y comportamiento de los camélidos en su relación con lo humano (Figura 6). Estas pinturas se ubicarían entre ca.9.600-8.200 AP y constituyen las primeras evidencias documentadas de representaciones figurativas asociadas con grupos de cazadores-recolectores en el NOA (Yacobaccio *et al.*, 2008, 2013).

En la Puna sur (Antofagasta de la Sierra) para este mismo momento, la modalidad del arte rupestre más temprana viene dada por representaciones geométricas simples no figurativas, semejantes a las de las modalidades Punta de la Peña y Quebrada Seca 1-2 (Aschero, 1999) y también al grupo estilístico A definido para Inca Cueva (Puna norte; Podestá, 1991) (Figura 7). Refieren a motivos compuestos como alineaciones, configuraciones de puntos, signos peiniformes y rectangulares (Aschero, 2006). Destacamos

que en el sitio Punta de la Peña 4 hay evidencias de desprendimientos de la pared con pinturas que vinculan esa modalidad a las ocupaciones del primer componente datado entre ca.8.900-8.300 AP.

Aschero (2007) propone que a pesar de la variabilidad entre estas modalidades, todas estas representaciones habrían cumplido la función de «markas» —en el sentido andino del término— denotando espacios en uso por determinado grupo familiar o linaje, cuyos recursos próximos favorecieron las actividades de caza y recolección. En tal sentido, como «markas» e independientemente de su significado, este arte rupestre denota o califica estos lugares y opera como elemento fundante del paisaje de las sociedades cazadoras-recolectoras puneñas (Podestá y Aschero, 2012).

HOLOCENO MEDIO: ESTRÉS AMBIENTAL Y SU IMPACTO EN LAS POBLACIONES HUMANAS (CA.8.200-4.000 AP)

El Holoceno medio fue ambiental y culturalmente muy diferente a los milenios anteriores, cuando ocurrió el poblamiento inicial y la ocupación efectiva de diversos sectores de la Puna argentina. Este período se caracterizó por condiciones ambientales de aridez que empezaron a insinuarse hacia ca.8.400 AP, dando lugar a un cambio climático relativamente rápido a escala regional (Grosjean *et al.*, 2003; Núñez *et al.*, 2002). Esto dio paso a un nuevo escenario



Figura 6. Pinturas rupestres figurativas del Holocene temprano del sitio Hornillos 2 (Puna norte). Tomado de Yacobaccio *et al.* (2013).

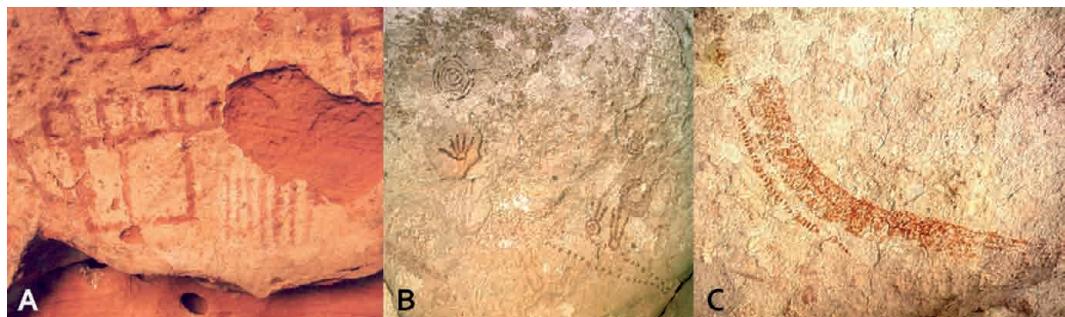


Figura 7. Pinturas geométricas simples del Holoceno temprano. A. Grupo estilístico A de Inca Cueva 4 (Puna norte). B. Quebrada Seca 1-2. C. Punta de la Peña 4 (estos últimos de Antofagasta de la Sierra, Puna sur). Fotos gentileza de C. Aschero.

natural dominado por procesos de aridización crecientes y estrés en todas las fuentes hídricas (lagos, lagunas, ríos y vegas) con consecuencias paleocológicas notables que impactaron en la distribución y organización de las poblaciones humanas. No obstante, a partir del análisis de numerosas líneas de evidencia (polen, diatomeas, geomorfología, paleosuelos, paleomadrigueras de roedores, sistemas lacustres, entre otros) existen ciertas controversias —no del todo resueltas— sobre el Holoceno medio, como por ejemplo la prevalencia de condiciones generales de humedad *vs* aridez en algunos sectores del ámbito puneño (Betancourt *et al.*, 2000; Grosjean, 2001; Latorre *et al.*, 2006). En muchos sentidos este período presenta bastante más complejidad y variabilidad durante su desarrollo en cuanto a la intensidad con que actuaron algunos factores, y en consecuencia sobre cuáles fueron las implicancias o respuestas culturales que tuvieron (Tchilinguirian, 2009; Tchilinguirian *et al.*, 2012). Existe sí un claro consenso en que en este período hubo una mayor fragmentación del paisaje puneño, y una reducción notable de las áreas óptimas para la vida en general (o ZCN antes mencionadas) donde la presencia de agua fue gravitante.

Estas condiciones adversas en un ambiente de por sí frágil, se acentuaron con un pico de aridez regional hacia *ca.* 6.000 AP (Tchilinguirian y Morales, 2013; Yacobaccio *et al.*, 2017), lo cual restringió aún más la cantidad y la extensión de las ZCN necesaria-

rias para los asentamientos humanos. A partir de este momento y hasta *ca.* 4.000-3.500 AP, múltiples registros ambientales indican dominantes condiciones de extrema aridez, como una segunda fase del Holoceno medio. Esto llevó en algunos casos a situaciones de abandono de ciertas áreas, como lo registrado en Atacama en el norte de Chile. La escasez de evidencias arqueológicas para este período llevó a proponer inicialmente para este sector la idea de un «silencio arqueológico» (Santoro y Núñez, 1987; Núñez y Santoro, 1988). Sin embargo, posteriormente se constató que no hubo un abandono total de esta área sino reubicaciones de los grupos humanos en sectores donde la oferta de recursos de subsistencia se mantuvo estable, a los cuales se denominaron ecorrefugios (Núñez *et al.*, 1999), tales como la quebrada de Puripica (Puna chilena; Núñez *et al.*, 2013) o la quebrada de Lapao (en Puna norte; Yacobaccio y Morales, 2005). Este caso ejemplifica muy bien la interacción entre las sociedades del pasado y su medio ambiente, aunque las respuestas culturales fueron variables dentro de este período sumamente árido. En la Puna argentina la densidad de sitios para el Holoceno medio en general presenta cierta disminución, aunque las ocupaciones no tuvieron interrupciones muy marcadas. En este sentido, Hornillos 2 en la Puna norte (Jujuy; Yacobaccio *et al.*, 2000), Alero Cuevas en la Puna intermedia (Salta; López, 2008), y Cueva Salamanca 1 (Pintar, 2014) y Quebrada Seca 3 (Catamarca;

Aschero *et al.*, 1991; Elkin, 1996a; Pintar, 1996; Aschero y Martínez, 2001) en la Puna sur, son sitios que presentan continuidad en sus ocupaciones desde el Holoceno temprano al medio.

Durante este período, los grupos cazadores habrían intensificado el uso de recursos locales por medio de la caza de camélidos (Elkin, 1996a; Martínez, 2006) con un mayor aprovechamiento integral de la carne, grasa, cuero, vellón, huesos, venas y tendones.

A diferencia de la estabilidad en las técnicas de caza y baja diversidad en los morfolitos de puntas de proyectil del Holoceno temprano, un cambio o ajuste muy importante ocurrió en la Puna sur entre hacia ca. 7.700 AP, muy probablemente por

la creciente fragmentación del paisaje. La aparición de nuevos tipos morfológicos de puntas de proyectil lanceoladas (tipo PCzA) como las recuperadas en el sitio Peñas de la Cruz 1, y de otro diseño de gran tamaño denominado QSC hallado en el sitio Quebrada Seca 3 (Figura 8). Estas últimas fueron usadas como puntas de lanzas arrojadizas, por lo cual -sin que deje de usarse el sistema propulsor- aparece en el área un nuevo tipo de arma y también nuevas técnicas de caza colectiva, ya que la lanza requiere de una corta distancia entre cazadores y presas. Estas técnicas necesitaron de un mayor número de gente para dirigir y «encerrar» las tropillas usando para esto los farallones rocosos cercanos a las vegas. Esto permitió

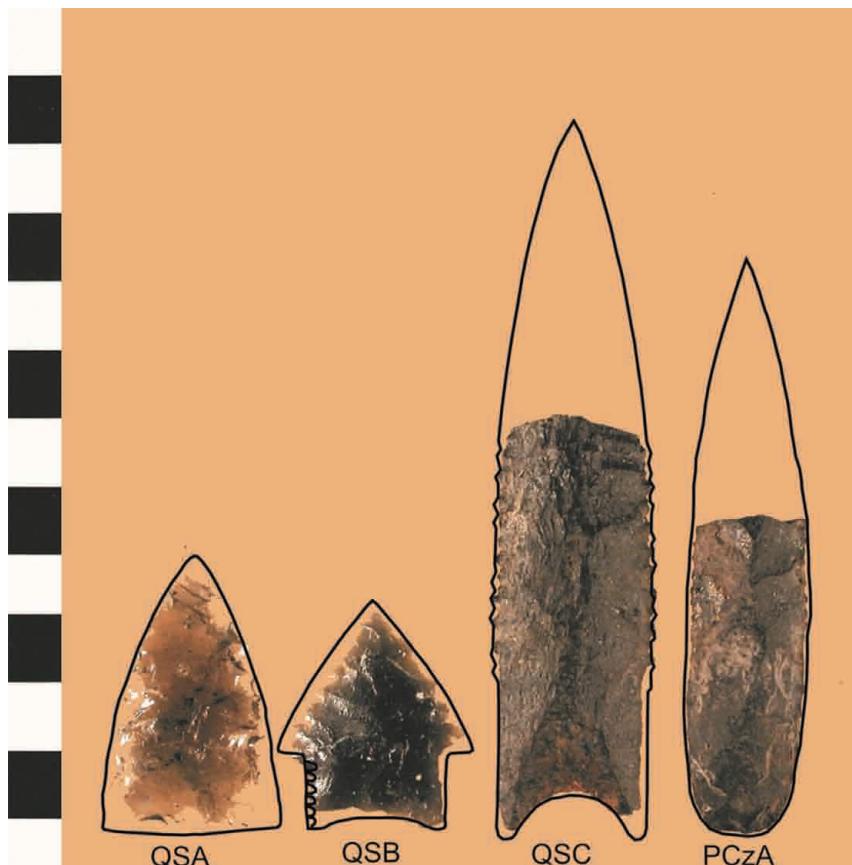


Figura 8. Tipos morfológicos de puntas de proyectil definidos para la Puna sur para el Holoceno temprano y medio inicial. Los tipos QSA, QSB y PCzA corresponden a puntas de dardos de propulsor, mientras que el tipo QSC se asigna a lanzas arrojadizas para la caza de camélidos. Modificado de Martínez (2003).

a los cazadores obtener un mayor número de presas, y esta mayor demanda se debió quizás al agrupamiento temporal de grupos familiares, en relación al cambio climático de aridez creciente del Holoceno medio (Aschero y Martínez, 2001; Martínez, 2003).

Es posible que los episodios de caza colectiva en un momento posterior a ca.7.700 AP probablemente reflejen un proceso de intensificación en la adquisición de recursos faunísticos para dar respuesta a una mayor demanda, o a una misma demanda ante una menor disponibilidad de camélidos. Esta sólo se explica ante una situación de crecimiento en el tamaño de las unidades sociales entre las que esos productos se reparten. Si esto es o no resultado de un crecimiento demográfico o de una fusión de grupos, no lo sabemos aún, y no lo vemos reflejado en sitios que respondan a posibles situaciones de agregación (Aschero y Martínez, 2001).

La lanza arrojadiza, en comparación con el sistema propulsor, sería un arma de caza especializada, en el sentido que requiere de ciertos ajustes y de un mayor conocimiento del comportamiento de las presas dentro de un determinado microambiente. El factor oportunístico asociado al propulsor, no sería un rasgo propio del sistema lanza, y menos probable aún como parte de caza solitaria. En la situación planteada, la lanza aparece como un arma con fuerte componente o sentido «social» ya que se vuelve crucial el trabajo coordinado de un grupo de personas para el éxito de este tipo de técnica (Martínez, 2003, 2006).

En términos generales, la fragmentación del espacio puneño durante el Holoceno medio introdujo profundos cambios en la organización de las poblaciones humanas en el paisaje y en la movilidad. Esto llevó a que el grado de conectividad entre parches o ZCN sea menor y que se amplíen los rangos de movilidad. Sin embargo, debe destacarse que el grado de conectividad depende no sólo de la escala de movilidad, sino también de la configuración del paisaje (Yacobaccio, 2013) y del eventual intercambio de bienes/recursos con grupos que habitan áreas ecológicamente diferentes.

Hasta ca.4.000 AP condiciones áridas dominaron el ambiente puneño a escala regional, iniciándose posteriormente el Holoceno tardío, en el cual se dio un aumento en el grado de humedad efectiva en relación al Holoceno medio, aunque sustancialmente menor al del Holoceno temprano (Valero-Garcés *et al.*, 2000; Tchilinguirian, 2009).

TIEMPOS DE CAMBIO EN LA SUBSISTENCIA: PROCESOS DE DOMESTICACIÓN ANIMAL Y VEGETAL

Toda la variabilidad registrada en los múltiples procesos culturales y naturales ocurridos en simultáneo a lo largo de milenios, sucedió en el marco de un mismo modelo paleo-económico dominante de caza y recolección. En la Puna y en el NOA en general, cambios socio-económicos aún más gravitantes ocurrirían hacia la parte final del Holoceno medio (ca.4.500-3.500 AP). Nos referimos a la aparición incipiente y gradual de prácticas de subsistencia ya no extractivas, sino de producción de alimentos como el pastoreo de camélidos y la agricultura, actividades que derivan de procesos previos de domesticación. Es sabido que la llama (*Lama glama*) como especie, es el resultado de un manejo zootécnico de domesticación ocurrido en el área andina a partir de un ancestro silvestre, el guanaco. No obstante debe quedar claro que este proceso se inicia en el seno de grupos cazadores durante el Holoceno medio. Yacobaccio *et al.* (2017) proponen que hacia ca.6.200 AP la intervención humana en poblaciones de guanacos llevó a una situación de inicial de protección promoviendo una relación más estrecha facilitando el acceso a las zonas de pasturas y evitando a los predadores naturales.

Debe destacarse que procesos de cambio desde una economía de caza y recolección al pastoreo se dio en pocos lugares del mundo, siendo los Andes Centrales con la alpaca (*Vicugna pacos*) y los Andes Centro-Sur con la llama uno de ellos. En estas áreas tuvieron lugar las únicas adaptaciones pastoriles del continente americano. En definitiva, la ganadería de camélidos constituyó la base de

un sistema económico desarrollado a partir de las sociedades de cazadores-recolectores, que desde fines del Pleistoceno poblaron el área (Yacobaccio, 1991). Es decir que el desarrollo de prácticas pastoriles, modificó gradualmente la base esencialmente cazadora que las sociedades prehispánicas habían implementado desde hace más de 10.000 años atrás.

Si bien los análisis osteométricos no son concluyentes para conjuntos de camélidos del Holoceno medio, la vía analítica que sí sugiere control cultural de camélidos desde momentos tempranos, es el análisis de muestras de fibra. Reigadas (1994), observó la presencia de fibras análogas a la variedad de llama —denominada llama «intermedia»— utilizada esencialmente como productora de carne y lana. Este tipo de fibra se registra para varias de las ocupaciones de Quebrada Seca 3 (Puna sur) desde fechas tan tempranas como 8.500 años AP.

Algo similar ocurrió en cuanto a la domesticación de especies vegetales, asumiéndose cada vez más esta capacidad para grupos del Holoceno medio (Santoro *et al.*, 2011). Al respecto destacamos la gradual incorporación y procesamiento de plantas útiles locales y foráneas en la Puna sur para el rango 7.000-3.200 AP, en base a la presencia de microfósiles contenidos en residuos de uso de tubérculos, maíz y quínoa recuperados de artefactos de molienda de los sitios Quebrada Seca 3 y Cueva Salamanca 1 (Babot, 2005, 2011). Asimismo en el alero Peñas de la Cruz 1.1 (rango 7.900-7.200 AP) fueron recuperadas numerosas semillas de *Amaranthus hybridus* o «ataco», un recurso alimenticio no local procedente de espacios pre-puneños (<2400 msnm) (Arreguez *et al.*, 2013). Estos recursos vegetales habrían sido un buen complemento para una dieta dominante proteica (carnes).

MIRANDO AL FUTURO DESDE EL PASADO. NUEVAS PERSPECTIVAS

En síntesis, desde que los primeros grupos humanos comenzaron a explorar y habitar la Puna y el NOA en su conjunto, el

desarrollo ocupacional y tecnológico fue un proceso continuo, aunque con ciertas particularidades para los diversos ambientes de esta región. La temprana presencia humana registrada desde fines del Pleistoceno en la Puna argentina, marca el inicio de una larga historia ocupacional, la cual produjo numerosas y diversas clases de evidencias materiales que permiten rastrear y echar luz sobre el comportamiento de grupos que por generaciones habitaron este singular espacio geográfico.

Al respecto, es muy pertinente destacar aquí los resultados de recientes investigaciones en el sitio Cacao 1A dentro de la Puna sur, en Antofagasta de la Sierra. Se trata de una cueva que fue objeto de distintas campañas y publicaciones habiéndose informado la presencia de fecas, restos óseos y piezas dentarias de megafauna extinta ubicadas entre ca.13.350-12.500 AP, aunque sin asociación alguna a restos culturales (Martínez *et al.*, 2004, 2007, 2010). Sin embargo, en 2013 fue detectada en la Capa V una asociación espacio-temporal de dos costillas de un pezoso terrestre (Mylodontidae) con cuatro artefactos líticos formatizados (Aschero *et al.*, 2013). Posteriores campañas sumaron nuevas evidencias culturales dentro de esta Capa V, dando como resultado cinco dataciones entre 37.000 y 40.000 años AP (Aschero *et al.*, 2017). Si bien esta investigación está en curso, evidencias de tal antigüedad para la presencia humana en la Puna abrirían muchísimos y nuevos interrogantes de enorme relevancia para poblamiento temprano a escala continental.

Por otra parte, debemos enfocarnos sobre un viejo problema de la arqueología del NOA, en relación a la casi total ausencia de evidencias de grupos cazadores-recolectores tempranos en el área de valles y quebradas, fuera del ámbito de la Puna. Este gran vacío de información, creemos responde más a la escases de investigaciones dirigidas específicamente a este problema, y no tanto a cuestiones de preservación y/o una dinámica particular del poblamiento temprano. En este sentido, cabe mencionar que recientemente fue detectado en el área de la Que-

brada de Los Corrales (El Infiernillo – Tafí del Valle, Tucumán), el sitio Taller Puesto Viejo 1 (TPV1) que cuenta con evidencias de grupos cazadores-recolectores datadas en el rango *ca.7.820-7.420* años AP (Martínez *et al.*, 2013, 2016). La detección de nuevos sitios fuera de la Puna asignables al Holoceno temprano y medio, será un valioso aporte que ayudará a mejorar nuestro entendimiento integral sobre los primeros grupos de cazadores-recolectores en términos de interacción social y movilidad regional. Como fuera mencionado antes, diversos recursos registrados en sitios puneños desde el Holoceno temprano, tales como cañas y maderas para astiles de caza, provienen de los valles mesotermiales o de los bosques de Yungas. Geográficamente la Quebrada de Los Corrales está en un área de «paso» natural para moverse y /o acceder a las Yungas desde la Puna sur. Las nuevas evidencias de TPV1 situadas en el Holoceno medio inicial tienen una alta relevancia arqueológica, ya que permitirán una comprensión más profunda de los vínculos probables entre grupos o redes sociales tempranas de interacción de ecorregiones distantes y diferenciadas. Debe mencionarse además que en las capas más tempranas de TPV1 (*ca.7.820-7.420* AP) se detectó la presencia de obsidiana procedente de las fuentes de la Puna sur como Ona y Cavi, lo cual confirma por primera vez algún tipo de interacción entre Puna y valles para el Holoceno medio, pero con evidencias registradas en los valles. La identificación de estas materias primas de origen puneño en este sitio del extremo norte de las Sierras del Aconquija, abre un interesante espectro social y tecnológico a explorar a futuro en cuanto a definición de un modelo de movilidad e interacción entre estas sociedades cazadoras-recolectores altamente móviles del NOA prehispánico.

Para finalizar diremos que la arqueología de la Puna argentina, a pesar de contar con un sustancial y riguroso *corpus* de información y registros excelentemente preservados, exige una visión aún más integradora en cuanto a la comprensión cabal de la dinámica social, de los procesos de cambio,

de la movilidad y uso del espacio, con la consiguiente circulación de información y bienes-recursos por parte de las sociedades cazadoras y recolectoras. Análisis multivariados y una mayor intensificación en la interconexión de estudios intrapuneños también redundará en beneficios, en pos de conocer y explicar las complejas dimensiones sociales, tecnológicas y ambientales que configuraron esa imagen del pasado que a medida que avanzan las investigaciones va delineándose con mayor solidez.

LITERATURA CITADA

- Aguerre A. M., Fernández Distel A. A., Aschero C. A. 1973. Hallazgo de un sitio acerámico en la Quebrada de Inca Cueva (Jujuy). *Relaciones*, 7: 197-235.
- Angiorama C. I., Del Bel E. 2013. Representaciones de manos en el sur de Pozuelos (Jujuy, Argentina). *Arqueología*, 18: 39-48.
- Arreguez G. A., Martínez J. G., Ponessa G. 2013. *Amaranthus hybridus* L. ssp. *hybridus* in an archaeological site from initial mid-Holocene in the southern Argentinian Puna. *Quaternary International*, 307: 81-85.
- Aschero C. A. 1980. Comentarios acerca de un fechado radiocarbónico del sitio Inca Cueva 4 (departamento de Humahuaca, Jujuy, Argentina). *Relaciones*, 14: 165-168.
- Aschero C. A. 1984. El sitio ICC4: un asentamiento precerámico en la Quebrada de Inca Cueva (Jujuy, Argentina). *Estudios Atacameños*, 7: 62-72.
- Aschero C. A. 1999. El arte rupestre del desierto puneño y el noroeste argentino. En: J. Berenguer, F. Gallardo, C. Sinclair, C. Silva, C. A. Aschero (eds.), *Arte Rupestre en los Andes de Capricornio. Museo Chileno de Arte Precolombino, Santiago de Chile*, pp. 97-135.
- Aschero C. A. 2006. De cazadores y pastores. El arte rupestre de la modalidad Río Punilla en Antofagasta de la Sierra y la cuestión de la complejidad en la Puna meridional argentina. En: D. Fiore D. y M. Podestá (eds.), *Tramas en la piedra. Producción y usos del arte rupestre. Sociedad Argentina de Antropología*, Buenos Aires, pp. 103-140.
- Aschero C. A. 2007. Iconos, huancas y complejidad en la Puna Sur Argentina. En: A. E. Nielsen, M. C. Rivolta, V. Seldes,

- M. Vázquez y P. Mercolli (eds.), Producción y circulación prehispánicas de bienes en el sur andino. Editorial Brujas, Córdoba, pp. 135-165.
- Aschero C. A., Elkin D., Pintar E. L. 1991. Aprovechamiento de recursos faunísticos y producción lítica en el precerámico tardío. Un caso de estudio: Quebrada Seca 3 (Puna meridional argentina). En: H. Niemeyer (ed.), XI Congreso Nacional de Arqueología Chilena, Imprenta Caballero, Santiago de Chile, pp. 2: 101-114.
- Aschero C. A., Podestá M. M. 1986. El arte rupestre en asentamientos precerámicos de la Puna Argentina. Runa, 16: 29-57.
- Aschero C. A., Martínez J. G. 2001. Técnicas de caza en Antofagasta de la Sierra, Puna Meridional Argentina. Relaciones, 26: 215-241.
- Aschero C. A., Manzi L. M., Gómez A. G. 1993-94. Producción lítica y uso del espacio en el nivel 2b4 de Quebrada Seca 3. Relaciones, 19: 191-214.
- Aschero C. A., Escola P., Hocsman S., Martínez J. G. 2002-2004. Recursos líticos en escala microrregional Antofagasta de la Sierra, 1983-2001. Arqueología, 12: 9-36.
- Aschero C. A., Martínez J. G., Powell J. E. 2013. Una asociación cultural con megafauna extinta en el sitio Cacao 1A ca.13.350/12.500 AP (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). III Congreso Nacional de Zooarqueología Argentina. Instituto Interdisciplinario Tilcara-UBA. Tilcara, Jujuy.
- Aschero C. A., Faundes Catalán W., Bobillo F. 2017. Cacao 1: Lithic evidence and mobility ranges during the Pleistocene in the Atacama Puna (Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina). XI Symposium on knappable materials: From toolstone to stone tools, Buenos Aires, p. 116.
- Babot M. P. 2005. Plant resource processing by Argentinean Puna hunter-gatherers (ca. 7000-3200 A.P.). The Phytolithien. Bulletin of the Society for Phytolith Research, 17: 9-10.
- Babot M. P. 2011. Cazadores-recolectores de los Andes Centro-Sur y procesamiento vegetal. Una discusión desde la Puna Meridional argentina (ca.7.000-3.200 años AP). Chungara, 43: 413-432.
- Betancourt J. L., Latorre C., Rech J. A., Quade J., Rylander K. 2000. A 22,000-year record of monsoonal precipitation from northern Chile's Atacama Desert. Science, 289: 1542-1546.
- Bird J. 1969. A Comparison of South Chilean and Ecuatorial «Fishtail» Projectile Points. Kroeber Anthropological Society Papers, 40: 52-71.
- Bolnick D. A., Díaz-Matallana M., Mata-Míguez J., Pintar E. L., Martínez J. G. 2014. Ancient DNA from Early to Mid-Holocene burials in Northwestern Argentina: Implications for understanding the colonization and early populations of South America. American Journal of Physical Anthropology, 153, Suppl. 58: 81.
- Borrero L. A. 1989-1990. Evolución cultural divergente en la Patagonia austral. Anales del Instituto de la Patagonia, 19:133-140.
- Borrero L. A. 2015. Con lo mínimo: los debates sobre el poblamiento de América del Sur. Intersecciones en Antropología, 16: 5-14.
- Borrero L. A. 2016. Ambiguity and debates on the early peopling of South America. Paleoamérica, 2: 11-21.
- Dillehay T. 2008. Profiles in Pleistocene History. En: H. Silverman e I. Isbell (eds.), Handbook of South American Archaeology. Springer Science, New York, pp. 29-43.
- Elkin D. 1996a. Arqueozoología de Quebrada Seca 3: indicadores de subsistencia humana temprana en la Puna Meridional Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 323 pp.
- Elkin D. 1996b. Subsistencia en la quebrada de Pintoscayoc en el Holoceno Temprano. XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Actas 25: 7-16, San Rafael, Mendoza.
- Ericson J. E. 1984. Toward the analysis of lithic production systems. En: J. E. Ericson y B. A. Purdy (eds.), Toward the analysis of lithic production systems. Prehistoric Quarries and Lithic Production, Cambridge University Press, UK, pp. 1-10.
- Escola P. S. 2000. Tecnología lítica y contextos agro-pastoriles tempranos. Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 196 pp.
- Escola P. S., Hocsman S. 2007. Procedencia de artefactos de obsidiana de contextos arqueológicos de Antofagasta de la Sierra (ca.4500-3500 AP). Comechingonia, 10: 49-58.
- Farrand W. R. 1990. Origins of Quaternary-Pleistocene-Holocene stratigraphic terminology. En: L. F. Laporte (ed.), Establishment of a geologic framework for

- paleoanthropology, Geological Society of America. Special Paper, 242: 15-22.
- Fernández J. 1984-1985. Reemplazo del caballo americano (Perissodactyla) por camélidos (Artiodactyla) en estratos del límite Pleistocénico-Holocénico de Barro Negro, Puna de Jujuy, Argentina. Implicancias paleoambientales, faunísticas y arqueológicas. *Relaciones*, 16: 137-152.
- Fernández J., Markgraf V., Panarello H. O., Albero M., Angiolini F. E., Valencio S., Arriaga M. 1991. Late Pleistocene/Early Holocene environments and climates, fauna, and human occupation in the Argentine Altiplano. *Geoarchaeology*, 6: 251-272.
- Fernández Distel A. A. 1986. Las cuevas de Huachichocana, su posición dentro del precerámico con agricultura incipiente del noroeste Argentino. *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie*, 8: 353-430.
- Flegenheimer N., Miotti L., Mazzia N. 2013. Rethinking early objects and landscape in the Southern Cone: Fishtail point concentrations in the Pampas and northern Patagonia. En: K. Graf, C. V. Ketron y M. R. Waters (eds.), *Paleoamerican Odyssey*. Texas A&M University Press, College Station, Texas, pp. 359-376.
- Goebel T. 2004. The search for a Clovis progenitor in Sub-Artic Siberia. En: D. B. Madsen (ed.), *Entering America. Northeast Asia and Beringia before the Last Glacial Maximum*. Salt Lake City, University Of Utah Press, pp. 311-356.
- Goebel T., Waters, M. R., O'rourke D. H. 2008. The Late Pleistocene dispersal of modern humans in the Americas. *Science*, 319: 1497-1502.
- Grosjean M. 1998. Late Quaternary humidity changes in the Atacama Altiplano: regional, global climate signals and possible forcing mechanisms. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, 1:581-592.
- Grosjean M. 2001. Mid-Holocene climate in the south-central Andes: Humid or dry? *Science*, 292: 2391-2392.
- Grosjean M., Cartajena I., Geyh M. A., Núñez L. 2003. From proxy data to paleoclimate interpretation: the mid-Holocene paradox of the Atacama Desert, northern Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194: 247-258.
- Grosjean M., Núñez L., Cartagena I. 2005. Palaeoindian occupation of the Atacama Desert, northern Chile. *Journal of Quaternary Science*, 20: 643-653.
- Hernández Llosas M. I. 2000. Quebradas Altas de Humahuaca a través del tiempo: el caso Pintoscayoc. *Estudios Sociales del NOA*, 2: 167-224.
- Hocsman S., Martínez J. G., Aschero C. A., Calisaya A. D. 2012. Variability of triangular non-stemmed projectile points of early hunters-gatherers of the Argentinian Puna. En: L. Miotti, M. Salemme, N. Flegenheimer y T. Goebel (eds.), *Southbound: Late Pleistocene peopling of Latin America*. Center for Studies of the First Americans, College Station, Texas, pp. 63-68.
- Hocsman S., Babot M. P., Martínez J. G., Calisaya A. D. 2013. Módulo lítico para serie tecnología originarias. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y CONICET Documental, pp. 1-68.
- Holen S. R., Deméré T. A., Fisher D. C., Fuñagar R., Paces J. B., Jefferson G. T., Beeton J. M., Ceruti R. A., Rountrey A. N., Vescera L., Holen K. A. 2017. A 130,000-year-old archaeological site in southern California, USA. *Nature*, 544: 479-483.
- Hongn F., Montero López C., Guzmán S., Aramayo A. 2018. Geología. En H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 13-29.
- Hutchings K. W., Brüchert L. W. 1997. Speargraver performance: ethnographic and experimental research. *Antiquity*, 71: 890-897.
- Izquierdo A. E., Aragón R., Navarro C. J., Casagrande E. 2018. Humedal es de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 96-111.
- Kemp B. M., Malhi R. S., Mc Donough J., Bolnick D. A., Eshleman J. A., Rickards O., Martinez-Labarga C., Johnson J. R., Lorenz J. G., Dixon E. J., Fifield T. E., Heaton T. H., Worl R., Smith D. G. 2007. Genetic analysis of Early Holocene skeletal remains from Alaska and its implications for the settlement of the Americas. *American Journal of Physical Anthropology*, 132: 605-621.
- Knecht H. 1997. The history and development of projectile technology research. En: H. Knecht, (ed.), *Projectile Technology*. Plenum Press, New York, USA, pp. 3-35.

- Kulemeyer J. A., Lupo L. C., Kulemeyer J. J., Laguna L. R. 1999. Desarrollo paleoecológico durante las ocupaciones humanas del precerámico del norte de la Puna argentina. *Beiträge Zur Quartären Landschaftsentwicklung Südamerikas. Festchriftzum*, 65: 233-255.
- Latorre C., Betancourt J. L., Arroyo T. K. 2006. Late Quaternary vegetation and climate history of a perennial river canyon in the Río Salado basin (22°S) of Northern Chile. *Quaternary Research*, 65: 450-466.
- Laughlin W. S. 1968. An integrating biobehavior system and its evolutionary importance. En: R. B. Lee y I. De Vore (eds.), *Man the hunter*. Aldine Publishing Company. Chicago, pp. 304-320.
- López G. 2008. Arqueología de cazadores y pastores en tierras altas. *Ocupaciones humanas a lo largo del Holoceno en Pastos Grandes, Puna de Salta, Argentina*. BAR International Series, 1854, Archaeopress, Oxford, pp. 49-67.
- López G., Restivo F. 2012. Middle Holocene intensification and domestication of camelids in north Argentina, as tracked by zooarchaeology and lithics. *Antiquity*, 86: 1041-1054.
- Markgraf V. 1985. Paleoenvironmental history of the last 10.000 years in Northwestern Argentina. *Zentralblatt Fur Geologie Und Paleontologie*, 1: 1739-1749.
- Martínez J. G. 2003. *Ocupaciones humanas tempranas y tecnología de caza en la microrregión de Antofagasta de la Sierra (10.000-7.000 AP)*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, pp. 1-206.
- Martínez J. G. 2005. *Tecnología de cazadores en la Puna Meridional Argentina: el caso de Peñas de la Cruz 1*. Mundo de Antes, 4: 25-49.
- Martínez J. G. 2006. La caza de camélidos silvestres durante el Holoceno Medio en la Puna Meridional Argentina. En: D. Olivera; M. Miragaya y S. Puig (eds.), *IV Congreso Mundial sobre Camélidos. Actas*: 45-50, Catamarca, Argentina.
- Martínez J. G. 2007. *Ocupaciones humanas tempranas y tecnología de caza en Antofagasta de la Sierra, Puna Meridional Argentina (10.000-7.000 AP)*. Cazadores-recolectores del cono sur. *Revista de Arqueología*, 2: 129-150.
- Martínez J. G. 2012. Evidence of early human burials in the Southern Argentinian Puna. En: L. Miotti, M. Salemme, N. Flegenheimer y T. Goebel (eds.), *Southbound: Late Pleistocene peopling of Latin America*. Center for Studies of the First Americans, College Station, Texas, pp. 75-78.
- Martínez J. G. 2014a. Contributions to the knowledge of natural history and archaeology of hunter-gatherers of Antofagasta de la Sierra (Southern Argentinian Puna): the case of Peñas de las Trampas 1.1. En: E. L. Pintar (ed.), *Hunter-gatherers from a high-altitude desert. People of the salt Puna (northwest Argentina)*. BAR International Series, 2641, 7, Archaeopress, Oxford, pp. 71-93.
- Martínez J. G. 2014b. *Rastreando cazadores en la Puna: proyectiles en movimiento y su registro*. En: P. Escola y S. Hocsmann (eds.), *Artefactos líticos, movilidad y funcionalidad de sitios en Sudamérica. Problemas y Perspectivas* BAR International Series, 2628, Archaeopress, Oxford, pp. 11-23.
- Martínez J. G., Aschero C. A. 2005. *Investigaciones en el sitio Peña de las Trampas 1.1: entre megafauna y contextos funerarios (Antofagasta de la Sierra, Catamarca)*. Serie Monográfica y Didáctica, Universidad Nacional de Tucumán, 45: 25.
- Martínez J. G., Aschero C. A., Powell J. E., Rodríguez M. F. 2004. First evidence of extinct megafauna in the Southern Argentinian Puna. *Current Research in the Pleistocene*, 21: 104-107.
- Martínez J. G., Aschero C. A., Powell J. E., Tchilinguirian P. 2007. A gap between extinct Pleistocene megafaunal remains and Holocene burial contexts at archaeological sites in the Southern Argentinian Puna. *Current Research in the Pleistocene*, 24: 60-62.
- Martínez J. G., Powell J. E., Rodríguez M. F. 2010. Dung analysis and its correlation with three different species of extinct megafauna in the Southern Argentinian Puna. *Current Research in the Pleistocene*, 27: 176-179.
- Martínez J. G., Mauri E. P., Mercuri C., Caria M., Oliszewski N. 2013. Mid-Holocene human occupations in Tucumán (Northwest of Argentina). *Quaternary International*, 307: 86-95.
- Martínez J. G., Caria M., Grau A., Izeta A., Oliszewski N., Pintar E. L., Tchilinguirian P. 2016. Final Report National Geographic Society (Grant 9581-14. Project «The earliest hunter-gatherers groups in the valleys of NW Argentina: a history of more than 7.000 years»), pp. 1-13.
- Muscio H., López G. 2011. Particularidades

- de la arqueología de la Puna argentina, invisibilización de su variabilidad y estado actual del conocimiento: una introducción. En: G. López y H. Muscio (eds.), *Arqueología de la Puna argentina: perspectivas actuales en el estudio de la diversidad y el cambio cultural*. BAR International Series, 2296, Archaeopress, Oxford, pp. 1-18.
- Núñez L., Santoro C. 1988. Cazadores de la puna seca y salada del área centro-sur andina (norte de Chile). *Estudios Atacameños*, 9: 11-60.
- Núñez L., Grosjean M. 1994. Cambios ambientales pleistoceno-holocénicos: ocupación humana y uso de recursos en la Puna de Atacama (Norte de Chile). *Estudios Atacameños*, 11: 11-24.
- Núñez L., Grosjean M., Cartajena I. 1999. Un ecorrefugio oportunístico en la Puna de Atacama durante eventos áridos del Holoceno Medio. *Estudios Atacameños*, 17: 125-174.
- Núñez L., Grosjean M., Cartajena I. 2002. Human occupations and climate change in the Puna de Atacama, Chile. *Science*, 298: 821-824.
- Núñez L., Cartajena I., Grosjean M. 2013. Archaeological silence and ecorefuges: Arid events in the Puna of Atacama during the Middle Holocene. *Quaternary International*, 307: 5-13.
- Olivera D. E., Tchilinguirian P., De Aguirre M. J. 2006. Cultural and environmental evolution in the meridional sector of the Puna of Atacama during the Holocene. *Change in the Andes: Origins of social complexity pastoralism and agriculture*. XIV UISPP Congress. Actas: 1-7, Bélgica.
- Patané Aráoz C. J. 2013. Prospecciones arqueológicas en Salinas Grandes (departamento La Poma, provincia de Salta) y reporte de una punta «cola de pescado». *Relaciones*, 38: 247-255.
- Patané Aráoz C. J., Nami H. 2014. The first paleoindian fishtail point find in Salta Province, Northwestern Argentina. *Archaeological Discovery*, 2: 26-30.
- Pintar E. L. 1990. The transition from hunting to herding during the middle to late Archaic in the Puna region of Northwest Argentina. Tesis de Maestría, University of Tulsa, Oklahoma. USA, 100 pp.
- Pintar E. L. 1996. Prehistoric Holocene adaptations to the Salt Puna of Northwestern Argentina. Tesis Doctoral, Southern Methodist University, Fayetteville, North Carolina, USA, 254 pp.
- Pintar E. L. 2014. Desert hunter-gatherers: mobility and aridity thresholds. A view from the Argentine Puna. En: E. L. Pintar (ed.), *Hunter-gatherers from a high elevation desert: people of the Salt Puna (Northwest Argentina)*. BAR International Series, 2641, Archaeopress, Oxford, pp. 97-118.
- Pintar E. L., Martínez J. G., Aschero C. A., Glascock M. D. 2016. Obsidian use and mobility during the Early and Middle Holocene in the Salt Puna, NW Argentina. *Quaternary International*, 422: 93-108.
- Podestá, M. M. 1991. Cazadores y pastores de la Puna: apuntes sobre sus manifestaciones rupestres. *Shincal*, 3:12-16.
- Podestá M. M., Aschero C. A. 2012. Evidencias tempranas del arte rupestre de los cazadores-recolectores de la Puna (NO de la Argentina). International Congress Federation of Rock Art Organizations 2010. *Arte Pleistocénico del Mundo*. Tarascon-sur Ariège, pp. 773-791.
- Politis G. 1991. Fishtail projectile points in the Southern Cone of South America: An overview. En: R. Bonnichsen y K. Turnmire (eds.), *Clovis, origins and adaptations*. Center for the study of the first Americans. Oregon State University, pp. 287-301.
- Politis G. G., Gutiérrez M. A., Rafuse D. J., Blasi A. 2016. The arrival of *Homo sapiens* into the Southern Cone at 14,000 years ago. *PlosOne*, 11(9) E0162870 Doi: 10.1371/Journal.Pone.0162870
- Rasmussen M., Anzick S. L., Waters M. R., Skoglund P., De Giorgio M., Stafford Jr T.W., Rasmussen S., Moltke I., Albrechtsen A., Doyle S. M., Poznik G. D., Gudmundsdottir V., Yadav R., Malaspina A.-S., StocktonWhite V. S., Allentoft M. E., Cornejo O. E., Tambets K., Eriksson A., Heintzman P. D., Karmin M., Korneliussen T. S., Meltzer D. J., Pierre T. L., Stenderup J., Saag L., Warmuth V. M., Lopes M. C., Malhi R. S., Brunak S., Sicheritz-Ponten T., Barnes I., Collins M., Orlando L., Balloux F., Manica A., Gupta R., Metspalu M., Bustamante C. D., Jakobsson M., Nielsen R., Willerslev E. 2014. The genome of a Late Pleistocene human from a Clovis burial site in western Montana. *Nature*, 506: 225-229.
- Reigadas M. C. 1994. Incidencia de los factores de variación en las especies de camélidos y tipos domésticos en el NOA. *Estudios Atacameños*, 11: 53-71.
- Rodríguez M. F. 1998. Arqueobotánica de Quebrada Seca 3: recursos vegetales

- utilizados por cazadores-recolectores durante el período Arcaico en la Puna Meridional Argentina. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 164 pp.
- Rodríguez M. F., Aschero C. A. 2005. *Acrocomia chunta* (Arecaceae) Raw material for cord making in the Argentinean Puna. *Journal of Archaeological Science*, 32: 1532-1542.
- Rodríguez M. F., Martínez J. G. 2001. Especies vegetales alóctonas como recursos arqueológicos en el ámbito puneño. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina*, 8: 139-145.
- Santoro C., Núñez L. 1987. Hunters of the dry Puna and the salt Puna in the Northern Chile. *Andean Past*, 1: 57-109.
- Santoro C., Ugalde P., Latorre C., Salas C., Osorio D., Jackson D., Gayo E. 2011. Ocupación humana pleistocénica en el Desierto de Atacama. Primeros resultados de la aplicación de un modelo predictivo interdisciplinario. *Chungara*, 43: 353-366.
- Standen V., Santoro C. 1994. Patapatane-1: temprana evidencia funeraria en los Andes de Arica (norte de Chile) y sus correlaciones. *Chungara*, 26: 165-183.
- Tchilinguirian P. 2009. Paleoambientes holocenos en la Puna austral (27°S): Implicancias geoarqueológicas. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 287 pp.
- Tchilinguirian P., Morales M. R. 2013. Mid-Holocene paleoenvironments in Northwestern Argentina: main patterns and discrepancies. *Quaternary International*, 307: 14-23.
- Tchilinguirian P., Morales M. R., Oxman B., Lupo L. C., Olivera D. E., Yacobaccio H. D. 2012. Early to Middle Holocene transition in the Pastos Chicos record, dry Puna of Argentina. *Quaternary International*, 330: 171-182.
- Urquiza S. V., Aschero C. A. 2014. Economía animal a lo largo del Holoceno en la Puna Austral Argentina: Alero Punta de la Peña 4. *Cuadernos*, 2: 86-112.
- Valero-Garcés B. L., Delgado-Huertas A., Ratto N., Navas A., Edwards L. 2000. Paleohydrology of Andean saline lakes from sedimentological and isotopic records, Northwestern Argentina. *Journal of Paleolimnology*, 24: 343-359.
- Yacobaccio H. D. 1991. Sistemas de asentamiento de los cazadores-recolectores tempranos en los Andes Centro-Sur. Tesis doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 183 pp.
- Yacobaccio H. D. 1994. Biomasa animal y consumo en el Pleistoceno-Holoceno Surandino. *Arqueología*, 4: 43-71.
- Yacobaccio H. D. 2013. Towards a human ecology for the Middle Holocene in the Southern Puna. *Quaternary International*, 307: 24-30.
- Yacobaccio H. D., Morales M. R. 2004. Ambientes pleistocénicos y ocupación humana temprana en la Puna argentina. *Boletín de Arqueología PUCP*, 15: 1-20.
- Yacobaccio H. D., Morales M. R. 2005. Mid-Holocene environment and human occupation of the Puna (Susques, Argentina). *Quaternary International*, 132: 5-14.
- Yacobaccio H. D., Morales M. R. 2014. Ambientes pleistocénicos y ocupación humana temprana en la Puna argentina. *Boletín de Arqueología PUCP*, 15: 337-356.
- Yacobaccio H., Catá M. P., Solá P., Alonso M. S. 2008. Estudio arqueológico y físico-químico de pinturas rupestres en Hornillos 2 (Puna de Jujuy). *Estudios Atacameños*, 36: 5-28.
- Yacobaccio H. D., Lazzari M., Guráieb A. G., Ibañez G. 2000. Los cazadores en el borde oriental de Atacama (Susques, Jujuy). *Arqueología*, 10: 11-38.
- Yacobaccio H. D., Escola P. S., Lazzari M., Pereyra F. X. 2002. Long-distance obsidian traffic in Northwestern Argentina. En: M. D. Glascock (ed.), *Geochemical evidence for long-distance exchange*. Bergin and Garvey Westport, Connecticut, USA, pp. 167-203.
- Yacobaccio H., Escola P. S., Pereyra F., Lazzari M., Glascock M. D. 2004. Quest for ancient routes: obsidian sourcing research in Northwestern Argentina. *Journal of Archaeological Science*, 31: 193-204.
- Yacobaccio H. D., Morales M. R., Hoguin R. 2017. Habitats of ancient hunter-gatherers in the Puna: Resilience and discontinuities during the Holocene. *Journal of Anthropological Archaeology*, 46: 92-100.
- Yacobaccio H. D., Morales M. R., Sola P., Samec C. T., Hoguin R., Oxman B. I. 2013. Mid-Holocene occupation of the dry Puna in NW Argentina: evidence from the Hornillos 2 rockshelter. *Quaternary International*, 307: 38-49.

Box ▶ Historias prehispánicas de gente y de una vega puneña

Hocsman, Salomón¹; Lorena Grana²; María del Pilar Babot¹

¹ Instituto Superior de Estudios Sociales (ISES), CONICET – Universidad Nacional de Tucumán. Instituto de Arqueología y Museo (IAM), Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Saavedra 254, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina; shocsman@hotmail.com; pilarbabot@yahoo.com

² Centro de Investigaciones y Transferencia de Catamarca (CONICET, Universidad Nacional de Catamarca), Prado 366, (4700) San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca, Argentina; lorenagrana@yahoo.com.ar

En la Puna desértica, el agua y las vegas son particularmente importantes para la vida. La historia de la gente del río Las Pitas

(Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Figura 1) y los cambios en su vega ribereña registrados a través de estudios sedimentológicos,

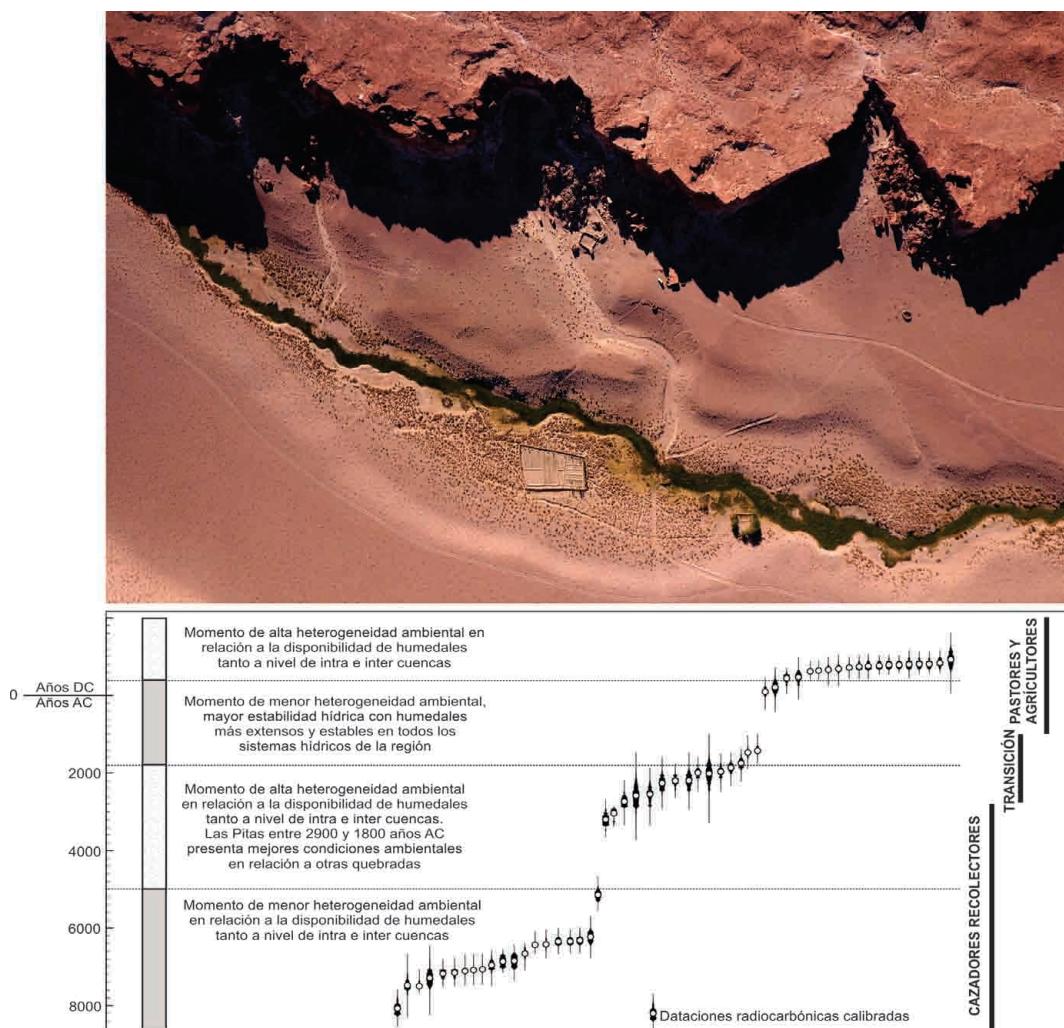


Figura 1. Curso medio del río Las Pitas en la actualidad. Paleoambiente y ocupación humana prehispánica.

edafológicos y de diatomeas en las terrazas fluviales (Grana *et al.*, 2016), son ilustrativas de cómo este sistema socioambiental cambió entre 8.000 AC y 500 DC (Figura 1); y evidencia que los habitantes del desierto operaron estratégicamente ocupando diferentes sectores paralelamente a sucesivos cambios socioeconómicos y ambientales. Las evidencias de sitios arqueológicos con cronologías radiocarbónicas permiten afirmar que los grupos humanos estaban presentes en Las Pitas cerca de 9.800 AC y se consolidaron como sus habitantes entorno a 8.500 AC, bajo un clima más frío y húmedo. Entre 5.000 y 1.800 AC, las condiciones fueron más áridas, pero interrumpidas por breves pulsos de mayor humedad que se expresaron de manera heterogénea dentro y entre quebradas. Entre 4.700 y 2.900 AC, la presencia de agua en el curso medio de Las Pitas era inestable, por lo que la llanura de inundación tenía escaso desarrollo de vegas. Paralelamente, no hay evidencias de asentamientos humanos en este sector, los cuales podrían haberse localizado en áreas próximas ambientalmente más favorables. Las Pitas volvió a estar ocupada contemporáneamente a un pulso de humedad local registrado hacia 2.900 AC, pero en un contexto de cambio socioeconómico, pues los cazadores-recolectores locales incorporaban la domesticación de camélidos y el cultivo de quínoa y tubérculos andinos (Aschero y Hocsman, 2011). Entre

1.800 y 1.000 AC este sector era particularmente favorable en comparación con otras quebradas próximas, ya que un ambiente fluvial marginal comenzaba a dar paso a un río con mayor caudal, lo que implicó mayor desarrollo de vegas. La ocupación humana del lugar se multiplicó y diversificó. Entre 1000 AC y 600 DC los humedales alcanzaron su mayor desarrollo en toda la cuenca de Antofagasta (no solo en Las Pitas, como fuera anteriormente), asociado a un mayor caudal y extensión, y a napas freáticas más estables en todas las quebradas. Las evidencias de asentamientos entre 1.000 AC y 0 AD prácticamente desaparecen en Las Pitas, presumiblemente por la reubicación de las residencias de sociedades ya aldeanas, en el fondo de cuenca, por ejemplo. Hacia 500 DC enfrentarían una situación de aridez similar a la actual.

LITERATURA CITADA

- Aschero C. A., Hocsman S. 2011. Arqueología de las ocupaciones cazadoras-recolectoras de fines del Holoceno Medio de Antofagasta de la Sierra (Puna Meridional Argentina). *Chungara*, 43 (Número Especial 1): 393-411.
- Grana M. L., Tchilinguirian P., Hocsman S., Escola P. S., Maidana N. 2016. Paleohydrological changes in highland desert rivers and human occupation, 7000-3000 cal. yr BP, South-Central Andes, Argentina. *Geoarchaeology*, 31: 412-433.

14 ▶ Arqueología del Formativo: los inicios de la agricultura y la ganadería

Olivera, Daniel Enzo

Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – INAPL, 3 de Febrero 1370, (1426) CABA, Argentina. deolivera@gmail.com

► **Resumen** — El poblamiento humano de la Puna argentina se remonta a *ca.* 11.000 años atrás, pero durante *ca.* 6.000 años, la economía de los grupos humanos estuvo orientada a la caza y recolección de plantas y animales silvestres. Esto no significa uniformidad en el tiempo y en el espacio ya que las sociedades tuvieron diferencias regionales y produjeron cambios importantes a lo largo del proceso, que abarcaron todos los aspectos de la sociedad: economía, tecnología, organización social y simbolismo. El más notable de estos cambios es el que a partir de *ca.* 5.000/6.000 años lleva a la paulatina incorporación del pastoreo de camélidos y la agricultura, a través de un proceso de domesticación de animales y plantas. La incorporación de esta opción productiva no significa solamente cambios en la economía y la dieta, sino que implica un profundo cambio organizacional en la sociedad reflejado en modificaciones en los patrones de movilidad y uso del espacio, nuevas tecnologías, en las pautas de organización social y política, cambios profundos en la cosmovisión mítico/simbólica e incluso, repercusiones biológicas que inciden en la reproducción y el metabolismo de los grupos humanos y sus individuos. Estos procesos derivarán en un nuevo tipo de sociedad que, en general, se ha denominado Formativa.

Palabras clave: Formativo, Puna argentina, opción productiva, agropastoralismo, complejidad.

► **Abstract** — “Archeology of the Formative: The beginnings of the agriculture and the livestock”. Human colonization of the Argentine Puna dates back to *ca.* 10,000 years ago, but during *ca.* 6,000 years, the livelihood of human groups focused on hunting and gathering of plants and wild animals. Nevertheless, this does not imply uniformity in space and time given that regional differences cut across these groups, producing important changes along the way that in turn affected all aspects of society: economy, technology, social organization and symbolism. The most graphic of these changes occurs around 5,000-6,000 years ago with the adoption of camelid herding and agriculture through the process of the domestication of animals and plants. The adoption of this productive option does not only signify changes in the economy and diet, but also underpins a profound organizational shift in the society reflected in modification of mobility patterns and use of space, new technologies, alterations to aspects of social and political organization, profound changes in mythic/symbolic cosmovision and including also biological repercussions that affected the reproductive and metabolic states of these human groups and its individuals. These processes usher in a new type of society that in general terms is known as the Formative.

Keywords: Formative, Argentine Puna, productive option, agropastoralism, complexity.

LA PUNA Y EL CONCEPTO DE FORMATIVO ANDINO

En los primeros momentos de ocupación de la Puna (*ca.* 10.000 años AP) y por alrededor de 6.000 años, los recursos para la subsistencia eran obtenidos exclusivamente a través de la caza y la recolección de especies silvestres (Martínez, en este volumen). Por

supuesto, esto no significa uniformidad en el tiempo ni el espacio ya que las sociedades tuvieron importantes diferencias regionales y produjeron notables cambios a lo largo de este dilatado lapso (Núñez *et al.*, 2002, 2005; Aschero, 2000; Santoro *et al.*, 1991; Yacobaccio *et al.*, 1994; entre muchos otros).

Posteriormente, diferentes poblaciones del área andina se vieron involucradas en una

serie de procesos que llevaron a los grupos humanos a experimentar profundos cambios sociales y económicos, que incluyeron a la esfera ideológica. Los orígenes de estos cambios, que llevaron a la incorporación del pastoreo, la agricultura, mayor grado de sedentarismo y nuevas tecnologías como la cerámica (aunque también otras relacionadas a la molienda, el instrumental lítico, la metalurgia, la cestería, la textilería), se remontan al denominado período Arcaico final (*ca.* 4.500 a 3.000 años AP) e involucran un posible proceso de domesticación regional de animales y plantas y la incorporación de especies domesticadas provenientes de otras regiones.

Los mencionados procesos se desarrollaron en un marco ambiental variable a lo largo del tiempo, alternando períodos más áridos con otros de mayor humedad (ver, *e.g.*, Núñez *et al.*, 2002, 2005; Olivera *et al.*, 2004; Tchilinguirian, 2008, entre muchos otros). La incidencia del ambiente en la dirección, profundidad y característica de los cambios fue diversa y debe ser considerada en cada caso particular. Asimismo, la cronología, la magnitud y los resultados de estos cambios no fueron idénticos en toda la Puna y deben evaluarse a diferentes escalas espaciales y temporales. Pero, la transición desde economías cazadoras-recolectoras a otras que incorporan la producción de alimentos constituye, en todos los casos, un proceso evolutivo de enorme relevancia que abarca todos los aspectos de la sociedad: economía, tecnología, organización social e ideología.

La incorporación de esta opción productiva no significó solamente introducir cambios en la economía y la dieta, sino que implicó un profundo cambio organizacional en la sociedad reflejado en modificaciones en los patrones de movilidad y uso del espacio, nuevas tecnologías, diferentes pautas de organización social y política y cambios profundos en la cosmovisión mítico/simbólica. Incluso, tuvo repercusiones biológicas que incidieron en la reproducción y el metabolismo de los grupos humanos y sus individuos, con consecuencias demográficas y ecológicas.

Los procesos mencionados derivaron en

un nuevo tipo de sociedad que, en general, se ha denominado Formativa, trasladándose este término al período cronológico donde se desarrollaron. Sin embargo, el Formativo es un concepto complejo que ha llevado a los investigadores a discutirlo profundamente y los ha dividido muchas veces en cuanto a su significado (ver *e.g.*, Bueno Mendoza, 1998; Olivera, 2012).

El término Formativo, que se acuñó y expandió entre 1940 y 1960, originalmente tuvo un concepción cronológica relativa para ordenar estilos cerámicos en el tiempo. Sin embargo, el término fue popularizado por Willey y Phillips (1958), para quienes el Formativo identificaba un estadio o etapa dentro de una secuencia histórico-cultural areal o regional, definido por un determinado contexto, entendido como un conjunto integrado de rasgos culturales. Esto se refería a sociedades aldeanas sedentarias sostenidas por una economía productiva, fundamentalmente la agricultura, con tecnología cerámica y la incorporación de las primeras estructuras templarias. Desde entonces y hasta la actualidad numerosos investigadores de la arqueología andina intentaron despojar al concepto de Formativo de su connotación estrictamente cronológica, asociándolo a un tipo de sociedad caracterizada por vida sedentaria en aldeas, estrategias económicas agropecuarias ya consolidadas, tecnologías básicas de uso cotidiano (entre ellas la cerámica) y una organización basada en unidades domésticas (Olivera, 1988; Tarragó, 1996; Korstanje, 2005, entre otros). Si bien el Formativo de estas características sería habitual en cierto período de la arqueología de los Andes, conserva un criterio atemporal ya que puede comenzar o extenderse diferencialmente en el tiempo según las regiones (ver Korstanje *et al.*, 2015).

Resumiendo, consideraremos un grupo social Formativo como caracterizado por organizarse económicamente en función de cierta opción productiva (agrícola y/o pastoril), complementada por caza, pesca y/o recolección, acompañada de determinado grado de sedentarismo y que lleva a incorporar cierta tecnología adecuada (de la cual la

cerámica es solo una de las manifestaciones). Pero esta organización debe ser definida y explicada por la red de relaciones internas y externas que el grupo humano establece.

En general, las estrategias Formativas tienen una definida manera de manipular el entorno medioambiental y permiten sostener grupos de población reducidos, quizás entre 60 y 150 personas, lo que se traduce en una organización social con escaso nivel de diferenciación y/o jerarquización interna (Olivera, 2012). Por otra parte, las condiciones de la estructura de recursos del ambiente pueden llevar a agregaciones mayores con importante estabilidad de asentamiento aún antes de la incorporación plena de la agricultura, como las registradas en sectores costeros del Perú (ver e.g., Funk Pineda, 1988), gracias a la alta productividad y predictibilidad de recursos marítimos ofrecida por el litoral pacífico. Asimismo, es posible que diversos asentamientos puedan aumentar sus niveles de cohesión a través de compartir complejos cílicos comunitarios como La Galgada o El Paraíso en Perú. Sin embargo, no tenemos evidencias claras aún de que situaciones semejantes se hayan producido en el Área Andina Centro-Sur (arqueológicamente, la región que abarca parte del territorio del sur de Bolivia, el norte de Chile y el noroeste de Argentina), por lo menos con similares características ni envergadura. Sin embargo, el complejo montículo-menires de El Mollar en Tafí del Valle, Tucumán (valle mesotermal) podría tratarse de un caso cílico comunitario de menor envergadura, aunque aún se discute su significado (ver e.g., Lazzari *et al.*, 2015).

El lapso de tiempo más característico de estas sociedades agropastoriles tempranas en el Área Andina Centro Sur, incluida la Puna, abarca entre *ca.* 4.000 a 900 años AP, pero los orígenes del proceso parecen ser aún más antiguos. Asimismo, para la comprensión del mismo se debe considerar no solo la Puna, sino también sus relaciones con sus quebradas de acceso y con los valles mesotermiales más bajos.

En las páginas siguientes resumiremos las características del proceso y las sociedades

Formativas en la Puna que, como se observa en la Figura 1, se desarrollaron en todo el territorio del sector argentino de la Puna.

INICIOS DE LA ECONOMÍA PRODUCTIVA: DE CAZADORES A PASTORES INICIALES

Resulta evidente que para la existencia de sociedades Formativas plenas deben existir precondiciones, la más decisiva de las cuales es la existencia de un proceso de domesticación de plantas y animales que permita el establecimiento de estrategias productivas.

En las tierras altas andinas, de la que la Puna forma parte, parece haber sido la domesticación de los camélidos sudamericanos (llama y alpaca) la estrategia más destacada de la opción productiva. Los estudios sobre el proceso de domesticación de camélidos comenzaron en Perú a partir de la década del '70 y la mayor cantidad de información proviene de una serie de sitios de la Puna de Junín, ubicados entre 4.000 y 4.900 msnm.: Pachamachay, Telarmachay, Uchumachay y Panalaucá (Wheeler *et al.*, 1977; Browman, 1989; Bonavia, 1996). Para esta área, se propuso un modelo explicativo de domesticación de camélidos que plantea una cadena secuencial de eventos desde la caza generalizada de cérvidos y camélidos hasta una caza especializada de camélidos que habría culminado con la domesticación de estos animales (Wheeler *et al.*, 1977). A partir de allí, se especuló que los camélidos ya domesticados se habrían extendido a otras regiones andinas.

Sin embargo, al iniciarse una década más tarde las investigaciones sobre este tema en los Andes Centro-Sur, se propuso que una domesticación independiente de la llama pudo haber ocurrido en la región de la Puna de Atacama (norte de Chile, sur de Bolivia y noroeste de Argentina) (Núñez y Santoro, 1988; Olivera y Elkin, 1994; Yacobaccio, 1994). El aporte de diferentes líneas de análisis (morfología dentaria, análisis de fibras, osteometría, perfiles etarios e información contextual) parece avalar la hipótesis de que los Andes Centro-Sur han sido escenario de

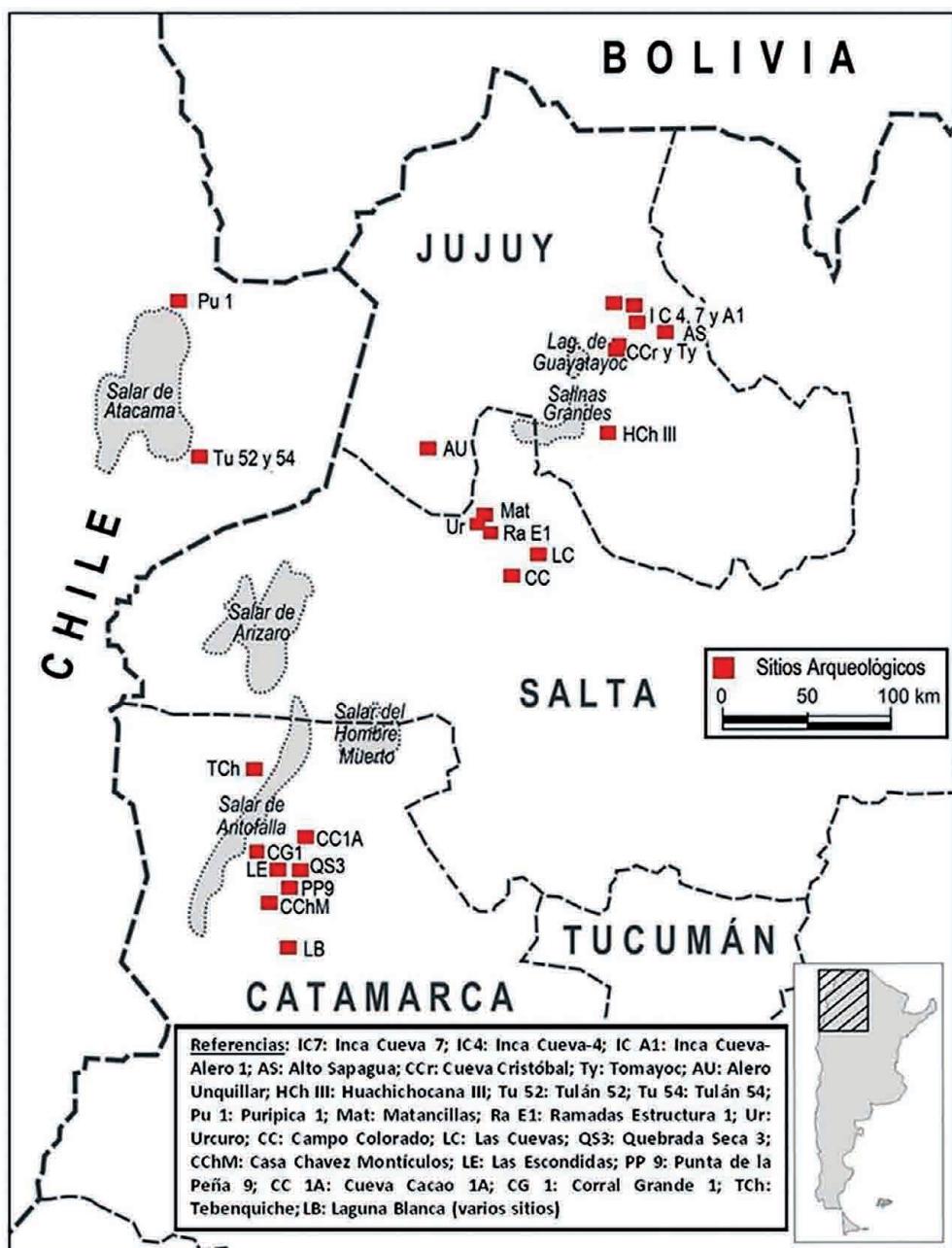


Figura 1. Principales sitios mencionados en el texto asociados al proceso Formativo en la Puna (Mapa base gentileza de H. Yacobaccio).

un proceso de domesticación de los camélidos independiente al de los Andes Centrales (Yacobaccio, 2001; Mengoni Goñalons y Yacobaccio, 2006; Mengoni Goñalons, 2007; López y Restifo, 2012).

En la región de San Pedro de Atacama (norte de Chile) se destacan los sitios de Tulán 52 (ca. 4.400 AP) y Puripica I (ca. 4.500-4.000 AP). En estos sitios las evidencias osteométricas sobre restos óseos de camélidos

indican la existencia de un grupo de medidas consistentes con las de la llama actual (ver e.g., Yacobaccio *et al.*, 1994; Elkin, 1996). En la Puna argentina y sus quebradas de acceso, se destaca el sitio Inca Cueva 7 (Jujuy, *ca.* 4100 años AP) donde se ha hallado una capa con guano de camélidos que indicaría la cautividad de estos animales (Yacobaccio *et al.*, 1994). Asimismo, análisis osteométricos de materiales de este sitio, junto con otros provenientes del Alero Unquillar (Susques, Jujuy, 3.500 años AP), muestran que si bien presentan una situación intermedia entre el guanaco y la llama actual, se aproximan más al tamaño de la llama (Yacobaccio, 2001). Por su parte, hacia los 3.400 años AP en Huachichocana III (Capa E2, Jujuy) se halló una inhumación humana junto a un importante ajuar funerario, entre el cual se encontraba una cabeza completa de camélido, asociada por alometría al rango de peso de la llama, constituyendo una de las primeras evidencias indudables de la presencia de animales domesticados en el NOA (Yacobaccio y Madero, 1992). En el sitio de Quebrada Seca 3 (Antofagasta de la Sierra, Catamarca), en niveles fechados entre el 5.400 y el 4.500 años AP, si bien no hay evidencia osteológica segura que permita hablar de eventos locales de domesticación (Elkin, 1996), la presencia de fibras análogas a una variedad de llama actual así como el incremento en el uso de artefactos líticos no formatizados, relacionando con una reducción del riesgo en la obtención de alimentos (Pintar, 1996), ha llevado a postular que más que domesticación pudo haberse dado una situación de «protective herding» (Yacobaccio, 2001), relacionado inicialmente con cautiverio y amansamiento de los guanacos silvestres.

Es importante destacar que estas evidencias provienen de sitios donde las investigaciones han señalado, en general, la existencia de un proceso de creciente complejidad económica y social entre grupos de cazadores recolectores, caracterizada por una reducción de la movilidad residencial, patrones funerarios complejos, tecnología de prestigio y elaboradas estructuras ceremoniales (Mengoni Goñalons y Yacobaccio,

2006). Asimismo, los datos disponibles parecen apuntar que las sociedades de esta área, a partir de los 5.000 años AP, intensificaron la dependencia del recurso Camelidae (Olivera, 1997). Así, las evidencias faunísticas y contextuales indican la posible presencia de múltiples centros de domesticación de la llama a lo largo de una vasta región que incluye tanto los Andes Centrales como los Andes Centro-Sur (Mengoni Goñalons y Yacobaccio, 2006), donde la Puna parece haber jugado un rol fundamental en el proceso (Olivera y Grant, 2009).

En resumen, en las tierras altas de los Andes, desde *ca.* 6.000 años AP, es posible que se inicie un proceso de cambios que desembocaría en sociedades plenamente pastoriles hacia *ca.* 4.000/3.500 años AP, variando la cronología según las regiones.

Es muy importante dejar en claro que la paulatina incorporación del pastoralismo, particularmente en las tierras altas, no significó una disminución en la importancia de la caza, especialmente de camélidos, que siguió constituyendo una fuente de recursos proteicos tanto o más importante que la del rebaño para los grupos humanos Formativos (Olivera, 1997; Escola, 2002; Olivera y Grant, 2009) (Figura 2). De hecho, podemos sostener que la incorporación de las estrategias pastoriles, así como las agrícolas, apunta a ampliar el espectro de recursos en una economía diversificada de control de riesgo. Como bien sostiene Escola (2002) la complementariedad entre pastoreo y caza constituyó un verdadero reaseguro para la subsistencia de estas sociedades.

ALDEANOS, CERAMISTAS Y PRODUCTORES DE ALIMENTOS: LAS TEMPRANAS SOCIEDADES AGROPASTORILES

LOS INICIOS DEL PROCESO

Respecto del origen de las prácticas agrícolas aún no existen evidencias demasiado claras, pero la presencia de vegetales domesticados en los sitios es muy antigua. Sin embargo, en el proceso que deriva en las

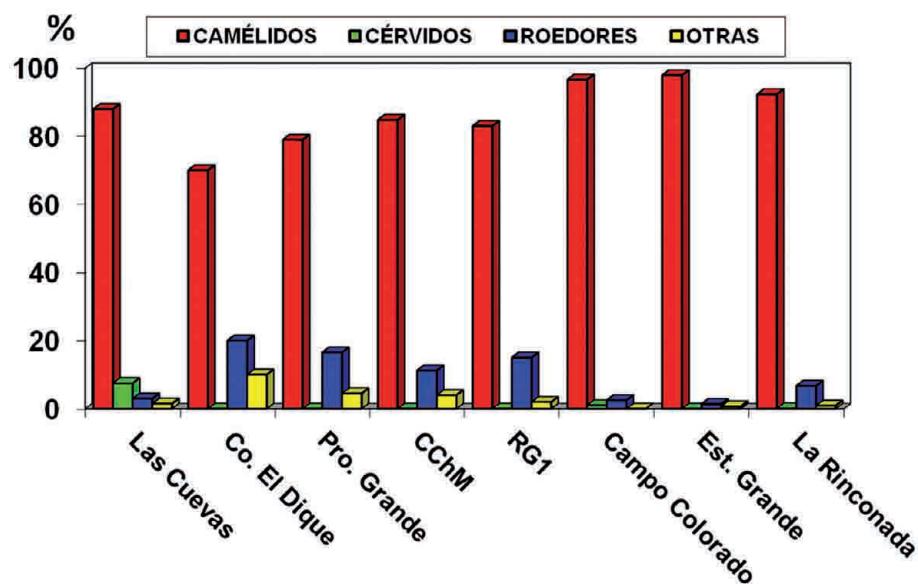


Figura 2. En el diagrama se puede observar el dominio de restos óseos de las especies de camélidos silvestres (caza) y domesticados (pastoreo) en basurales de sitios Formativos de la Puna y quebradas de acceso (con excepción de La Rinconada ubicado en valle mesotermal). Referencias: Las Cuevas, cerro El Dique y Potrero Grande (quebrada del Toro, Salta); Casa Chávez Montículos (CChM) y Real Grande 1 (RG1) (Antofagasta de la Sierra, Puna de Catamarca); Campo Colorado (Puna de Salta); Estancia Grande (Jujuy); La Rinconada (Ambato, Catamarca).

sociedades Formativas de las Tierras Altas, la agricultura no solo no parece haber sido siempre la estrategia principal, sino que en muchas ocasiones solo habría tenido un rol complementario o casi ausente. De manera que en la Puna la situación podría ser diferente a la de las tierras bajas orientales o en las regiones litorales marítimas donde esta situación podría haberse invertido.

La estructura de recursos del litoral marítimo del Pacífico (principalmente en la costa del actual Perú) ofreció condiciones de sustentabilidad que permitieron tempranamente modelos de movilidad más restringida e, incluso, un importante componente sedentario ya desde el Arcaico (desde ca. 6.000 años atrás). Diversos investigadores han reconocido la importancia del papel que jugaron las sociedades arcaicas costeras en el impulso de cambios durante el proceso Formativo inicial, mientras que en las tierras altas son las comunidades cazadoras-recolectoras en camino al pastoralismo las que

muestran estos cambios previo a la implantación agrícola (Núñez, 1992, 1999; Santoro, 1999; Aschero, 2000; Muñoz, 2004; Núñez *et al.*, 2006c; Núñez *et al.*, 2009; Aschero y Hocsman, 2011).

Existen evidencias importantes que indican la presencia de vegetales silvestres y domesticados en los ambientes áridos altos durante la transición Arcaico-Formativo (ca. 5.000 a 3.000 AP) en sitios a ambos lados de la cordillera. Los silvestres incluyen, entre otros, cactáceas (*Opuntia* sp.), chañar (*Geoffrea decorticans*), algarrobo (*Prosopis* sp.), cortadera (*Cortaderia* sp.), juncos (*Juncus* sp.), cebil (*Anadenanthera* sp.) y diversas especies de arbustos, gramíneas y pastos forrajeros, mientras que entre los domesticados se destacan porotos (*Phaseolus* sp.), calabaza (*Lagenaria* sp.), diversos tubérculos microtermicos (*Canna edulis* Ker., *Oxalis* *tuberosa*, *Solanum tuberosa* (L.) y *Ullucus tuberosus* Caldas), amaranto (*Amaranthus* sp.), quinua (*Chenopodium quinoa*), ají (*Capsicum*

sp.), maíz (*Zea mays*) y zapallo (*Cucurbita* sp.) (Rodríguez, 1999; Aschero, 2000; Babot, 2005, 2006; Núñez *et al.*, 2009).

Sin embargo, no siempre está claro el rol que estas especies jugaban dentro de la economía, ya que su importancia en la dieta no puede aún ser bien establecida con los escasos registros de plantas y de cuerpos humanos disponibles. Algunas de estas especies, más allá de estar asociadas a alimento, leña, forraje y construcción, pueden haber tenido un contenido de uso ligado a lo simbólico y/o medicinal. En este sentido, la incorporación del maíz a contextos funerarios en Tilibiche o en instrumentos de molienda asociados al Templo de Tulán 54 (Núñez *et al.*, 2009), ambos del norte de Chile, parece vincularlos en buena medida a fenómenos sociales y rituales. Sin embargo, su mencionada presencia en coprolitos humanos en Tarapacá indica que, por lo menos en determinadas circunstancias, era consumido.

En el caso puntual del Noroeste Argentino, la presencia de cultivo desde épocas muy tempranas en Huachichocana (Puna de Jujuy) (Fernández Distel, 1974) no es totalmente segura, ya que existen formas silvestres de las especies registradas allí, como el ají (*Capsicum baccatum*) y el poroto (*Phaseolus vulgaris*), por lo cual no es posible asegurar que fueran ya cultivadas en esa época. Dentro de la misma región, en Inca Cueva-7 se registra presencia de calabaza (*Lagenaria siceraria*) en 4.080 ± 80 AP (Aguerre *et al.*, 1975), junto con elementos de un complejo tecnológico que incluye cestería y cordelería. Este complejo se comparte con Huachichocana e Inca Cueva-4 que, a nuestro juicio, formaron parte de un proceso regional en marcha, del cual no estaría ausente Inca Cueva-Alero 1 donde aparece tecnología cerámica en 2.900 ± 70 AP (García, 1988/89).

Se puede plantear la hipótesis de que durante aproximadamente los 1.200 años que transcurrieron entre los fechados de Inca Cueva-7 y el de Inca Cueva-Alero 1, se habría producido la transición de un modelo pastoril inicial, con fuertes componentes de caza y recolección, a un sistema de asenta-

miento-subsistencia de pastores-cultivadores con alto grado de sedentarismo en sus bases residenciales. Este tipo de patrón incorpora nuevas tecnologías tales como alfarería y trabajo en metales, introduciendo modificaciones en otras ya existentes como textilería y cestería.

Por su parte, en la Puna meridional las evidencias de especies domesticadas son claras hacia los 4.000/4.300 años AP en Quebrada Seca (Antofagasta de la Sierra), donde se identificó la presencia de porotos (*Phaseolus* sp.), *Amaranthus*, *Canna edulis* y tubérculos de altura (*Oxalis tuberosa*, *Solanum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*), junto a otros importantes especies de recolección (*Prosopis* sp. y *Juglans australis*) (Babot, 2005, 2006). Esto llevó a proponer una economía mixta de caza-domesticación/pastoreo y horticultura, quizás involucrada en mecanismos de interacción conectada con las tierras bajas del este (Aschero, 2000; Babot, 2006).

Si bien no estamos en condiciones de precisar aún el origen de la agricultura en el noroeste argentino, se ha sostenido que tuvo un importante componente alóctono sugiriéndose vías alternativas de ingreso (González, 1963; Cigliano *et al.*, 1976; Núñez Regueiro, 1974; Raffino, 1977), aunque la ausencia de registro en las tierras bajas orientales nos hace guardar cierta prudencia sobre una posible situación de domesticación local. En Antofagasta de la Sierra, por ejemplo, se verifica la presencia de almidones de quinoa (*Chenopodium* sp. cf. *C. quinoa*) en instrumentos de molienda de Quebrada Seca 3 (2.550 y 2.750 A.C.) (Babot, 2005), pudiendo ser indicio de una domesticación temprana.

Lo que sí es indudable es que, a partir de ca. 3.000 años AP, la estrategia agrícola fue creciendo en importancia en todas las regiones de los Andes Centro-Sur, incluida la Puna, conservando los modelos económicos variabilidad en cuanto a la relación entre cultivo y pastoreo. En ese sentido, en la Puna meridional argentina quizás se trate de una sociedad de pastores con agricultura, aunque esta última parece crecer en importancia económica a partir de los inicios de la era cristiana. También resulta incuestionable

que las estrategias de caza y recolección conservaron una importancia gravitante en la economía de todo el Formativo puneño (Olivera, 1997, 2001; Yacobaccio *et al.*, 1997-98; Olivera y Grant, 2009).

ECONOMÍA Y PAISAJE: SUBSISTENCIA Y ASENTAMIENTO EN EL FORMATIVO PUNEÑO

El proceso hacia la vida aldeana y la economía productiva requiere de comprender que la subsistencia humana y el manejo del paisaje donde viven las sociedades no pueden interpretarse más que como elementos integrados de una misma ecuación. Un aspecto importante en el proceso es la densidad demográfica que está íntimamente ligada al cambio sustancial en los patrones de movilidad.

Desde el Arcaico parece evidente que la demografía en los Andes del Sur va en decidido aumento y que ello se asocia a un creciente proceso de integración poblacional y aumento de la sedentarización, manifestado en asentamientos cada vez mayores en tamaño y estables en su ocupación. Un ejemplo de ello es la aldea Puripica 1, en el norte de Chile, donde se observa un patrón de agregación y estabilidad alto ya desde más de 4.000 años atrás (Núñez, 1995).

Hacia el primer milenio a.C. ya se ha consolidado este proceso aldeano en el norte de Chile, tanto en Arica, como en la costa y en San Pedro de Atacama. En un principio parece predominar un patrón de recintos dispersos, pero luego se va consolidando un patrón de recintos agregados con mayor o menor complejidad (Núñez, 1995, Olivera, 2001; Sinclair, 2004; Núñez, 2005; Adan y Urbina, 2007, entre muchos otros).

En el noroeste argentino las evidencias de aldeas son por ahora algo más tardías, pero podemos afirmar que siguiendo patrones diversos ya estaban consolidadas hacia los 2.500 años A.P. En un principio parece predominar, en la Puna y sus quebradas de acceso, un patrón disperso como en Las Cuevas (quebrada del Toro, Salta) (Cigliano *et al.*, 1976), Casa Chávez Montículos (Puna

Meridional, Catamarca) (Olivera, 1991) o Campo Colorado (Valle Calchaquí norte, Salta) (Tarragó, 1980).

Pero desde comienzos de la era cristiana ya se observan patrones arquitectónicos más complejos y concentrados o asociados a los campos de cultivo. Algunos sitios, como Tebenquiche (región del salar de Antofalla) (Haber, 1999) alcanzaron gran desarrollo arquitectónico y espacial durante el primer milenio de la era cristiana, cubriendo grandes sectores de terreno con unidades habitacionales, cementerios y estructuras agropecuarias. En Matancillas, en San Antonio de los Cobres (Puna norte) se registra un patrón concentrado en laderas y fuera de los campos de cultivo, sin formación de montículos, alrededor de los, 2.000 años AP (Muscio, 2011a).

Las estrategias productivas, en especial la agricultura, suelen asociarse con sistemas de asentamiento que enfatizan un alto grado de sedentarismo, pero esto no implica suponer un bajo grado de dinámica ni la autosuficiencia de un asentamiento en función de su inmediato espacio circundante. En general, se verifica la posibilidad de acceso a recursos e información no solo de sectores más alejados dentro de la región sino, incluso, de regiones muy distantes.

Habitualmente, se debe pensar en una amplia gama de sitios de funcionalidad diferente y complementaria que se integran y solo pueden interpretarse como aspectos de un modelo de asentamiento mayor en territorio y complejo en su estructuración. En la Puna argentina se han detectado evidencias de que sitios relacionados a sistemas agropastoriles tempranos presentan funcionalidad diversa y se ubican, asimismo, en sectores con diferente oferta de recursos. La ocupación de estos sitios no es siempre permanente, sino que muchos de ellos dan cuenta más bien de ocupaciones periódicas, a veces de tipo estacional, más o menos recurrentes.

En la Puna norte, en la mencionada zona de la quebrada de Inca Cueva, se han estudiado diversas ocupaciones en aleros y cuevas que formarían parte de un sistema de

asentamiento mayor (García 1988/89, 1991; Aschero *et al.*, 1992). García considera, por ejemplo, que el grupo agroalfarero temprano que ocupó el Alero 1 de Inca Cueva mantenía algún grado de complementariedad económico-social con Alto Zapagua, zona de menor altitud sobre el nivel del mar. Además, esta autora postula la presencia de prácticas de caza complementarias de las agropastoriles y, ante la posible utilización de materias primas provenientes de la sierra del Aguilar, adjudica una importante cuota de movilidad a estos grupos humanos.

Dentro de la misma región, los trabajos de Fernández (1888-89) en la cueva Cristóbal (Jujuy) y de Lavallée Julien y García (García, 1988/89; Lavallée y García, 1992; Lavallée *et al.*, 1997) en las vertientes occidental y oriental de la sierra del Aguilar apuntan, aparentemente, en la misma dirección. Se trata de sitios de funcionalidad específica que parecen integrarse en sistemas de asentamiento de mayor complejidad y con alta dinámica logística.

Nuestras investigaciones en Antofagasta de la Sierra (Catamarca), me llevaron a proponer para este sector de la Puna sur argentina un modelo denominado Sedentarismo Dinámico. Este involucraba asentamientos de pequeñas «aldeas» de ocupación permanente, ubicados en los fondos de cuenca (3.450 msnm), que ofrecen evidencias de diferente tipo de actividades (procesamiento y consumo de camélidos, agricultura, manufactura de artefactos líticos y cerámica, etc.) (Sitio Casa Chávez Montículos). Estos sitios se integraban con otros en quebradas más altas (ca. 4.000 msnm), utilizados como puestos de caza y pastoreo en ciertas épocas del año (quebrada de Real Grande) (Olivera, 1991, 2012). El modelo contempla además otro tipo de sitios de actividades específicas (*e.g.*, fuentes de materia prima lítica) y se apoyaba en una economía de pastores con agricultura, utilizando incluso otros sectores, como las quebradas de cursos subsidiarios (3.600-3.900 msnm), como sectores complementarios de caza y/o pastoreo (Olivera, 1991, 2012).

Recientes aportes a través del estudio de

isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) permiten inferir la composición de las pasturas que alimentaron a los camélidos. En el caso de los camélidos silvestres (*Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*), las actividades de caza habrían sido desarrolladas tanto cerca de la base residencial ubicada junto a la vega en el fondo de cuenca como en los sectores intermedios y en las quebradas de altura, con un patrón de caza generalizado y en el marco de los movimientos trashumantes de los pastores en busca de forrajes para alimentar a los animales de rebaño durante el ciclo anual (Grant y Olivera, 2016).

Para el caso de los animales domésticos (llamas, *Lama glama*) los resultados apuntan a la existencia de una rotación de pasturas para la alimentación de los rebaños con utilización de las comunidades vegetales ubicadas a distintas cotas altitudinales (Grant y Olivera, 2016). Así, en el Formativo temprano (ca. 2.400 a 1.800 años AP) habría una estrategia de pastoreo similar a la observada entre varios grupos de pastores andinos actuales basada en el manejo complementario de diferentes ambientes, fondos de cuenca y quebradas altas. Sin descartar la utilización de los sectores intermedios durante estos momentos agropastoriles iniciales, resalta el hecho de que las pasturas de quebradas de altura habrían sido explotadas dentro del ciclo anual de movilidad de los grupos de pastores (Olivera, 2006).

Para el Formativo más tardío, los valores $\delta^{13}\text{C}$ en especímenes de *Lama glama*, parecen sugerir ciertas variaciones respecto al patrón señalado. Se plantea la hipótesis de que desde aproximadamente ca. 1.800 años atrás encontraríamos la coexistencia de dos estrategias diferentes de pastoreo. Un conjunto de llamas muestra una dieta basada en mayor parte en plantas silvestres dominantes en la Puna (valores muy pobres del isótopo $\delta^{13}\text{C}$), mostrando la continuidad de la estrategia observada durante el Formativo temprano, pero otros individuos con valores más altos de $\delta^{13}\text{C}$ parecen sugerir la aparición de una nueva estrategia de manejo de rebaños. Esta nueva estrategia se caracterizaría por una disminución en la movilidad,

manteniendo a los rebaños cerca de los asentamientos del fondo de cuenca y/o sectores intermedios y complementando la dieta de algunos animales mediante forraje artificial, probablemente *Zea mays* (maíz), una especie C₄ cultivada en tiempos prehispánicos. Este tipo de manejo de rebaños es similar al observado entre pastores actuales de Antofagasta de la Sierra, con la diferencia que en este caso el forraje suministrado (alfalfa) es una planta C₃ (Grant y Olivera, 2016).

Los resultados descriptos coinciden en buena medida con el ciclo de pastoreo propuesto por el modelo de Sedentarismo Dinámico, pero para el caso de la caza muestran una mayor generalización espacial que la predicha originalmente.

Pero este no debe haber sido el único modelo de asentamiento-subsistencia que se desarrolló en la Puna. Delfino *et al.* (2009) proponen para Laguna Blanca, también en la Puna de Catamarca pero con diferentes condiciones ecológicas, lo que denominan Modo de Vida Comunitario Agrocéntrico. Los autores entienden la categoría Modo de Vida, como una respuesta social a las condiciones objetivas de un ambiente determinado, en una dimensión histórica y estructural, sin necesidad de que se corresponda con una fase del proceso de un modo de producción, articulándolo en un nivel de organización social comunitario y supradoméstico. Esta instancia de organización del conjunto de unidades domésticas campesinas representaría una respuesta de organización social para las actividades productivas. Entre ellas cabría reconocer un grado de acuerdo supradoméstico en la gestión de recursos hídricos escasos, o también en la explotación a través del *chaku* (encierro de animales silvestres para facilitar la caza o para esquilarlos y luego devolverles la libertad]) de recursos faunísticos estratégicos, como la vicuña, entre otros (Delfino *et al.*, 2009: 134).

La interesante propuesta anterior muestra la alta variabilidad de adaptaciones que pueden manifestarse en el Formativo andino, pero no invalida en mi opinión que, en general, se trata de sociedades que buscaron una economía de amplio espectro de recur-

sos que optimizara las posibilidades de su ambiente particular con la intención de disminuir las condiciones de riesgo propias del altiplano.

Podemos concluir que en la Puna argentina, a diferencia lo observado para los valles más bajos, el pastoreo de camélidos parece haber sido el eje logístico alrededor del cual se organizaba el sistema de asentamiento-subsistencia. Sin embargo, la agricultura también fue practicada por los grupos con diversa intensidad según la región y la época. Por ejemplo, parece aumentar la importancia del recurso agrícola en sectores de la Puna norte y, en general, luego del comienzo de la era cristiana. Por otra parte, la caza de camélidos y la recolección (vegetales, material lítico) ocuparon, en todos los casos, posiciones de importancia. El enfrentar un ambiente como el desierto de altura parece haber llevado a las poblaciones humanas a diversificar todo lo posible el espectro de recursos (cuyo número era y es muy limitado) en una estrategia de disminución del riesgo y las condiciones de mayor incertidumbre ambiental que ofrece el ecosistema puneño (Yacobaccio, 1994; Escola, 1996; Olivera, 1998; Muscio, 2013).

LA TECNOLOGÍA: DIVERSIDAD Y REGULARIDAD

La aparición de nuevas tecnologías asociadas al Formativo (alfarería, metalurgia, palas y azadas líticas para actividades agrícolas, nuevas formas de puntas de proyectil, etc.) se debe analizar de la misma manera integrada que el asentamiento y la subsistencia. La incorporación de las prácticas alfareras, por ejemplo, no es imprescindible en sí misma, pero su advenimiento trae aparejadas nuevas y sustanciales potencialidades en las prácticas de transporte, conservación, procesamiento, almacenamiento y cocción de los alimentos. Asimismo, como destaca Vidal (2002) la elaboración de alfarería o la necesidad de tierras aptas para el laboreo agrícola y/o el pastoreo son nuevas variables que condicionan la elección de los espacios de asentamiento en función de disponer de

los recursos necesarios para esas prácticas.

Se puede considerar que existe una relación importante entre los sistemas de asentamiento-subsistencia sedentarios y agropastoriles con la aparición de nuevas y variadas tecnologías relacionadas con actividades específicas. El incremento en el número de artefactos se relaciona con la mayor permanencia en los sitios y la tendencia a acumular más posesiones cuando no se las deben transportar a menudo de lugar en lugar como ocurría con los cazadores-recolectores más móviles, por otra parte el incremento de la variedad de artefactos podría deberse a que la permanencia anual llevaría a un alto rango de actividades desarrolladas en un solo lugar (ver un detallado análisis en Rafferty, 1985).

Todo parece apuntar a que la incorporación de la alfarería a las sociedades de los Andes Centro Sur es más tardía respecto de los procesos que llevan a las estrategias productivas y los cambios en la movilidad de los grupos. No existen aún evidencias claras de presencia cerámica hasta los 3.500/3.000 años AP y no existen registros de un proceso claro de experimentación local. Antes del tercer milenio son muy pocos los fragmentos cerámicos asociados a sociedades que contextualmente no se diferencian de las precerámicas.

Se han registrado escasos fragmentos cerámicos en sitios de la Puna de Jujuy como Tomayoc, Inca Cueva Alero 1 o Cueva de Cristóbal con fechas cercanas al inicio del primer milenio A.C. (García, 1988/89; Fernández, 1988/89) y más recientemente con fechas posiblemente anteriores en Rámas Estructura 1 (Muscio, 2011b) y en la Puna meridional (S. Hocssman, com. pers.). Pero, es a partir de los 3.000/2.500 años A.P. cuando la tecnología cerámica sufrió una importante expansión en el NOA, con una alta cuota de diversidad en sus formas y decoraciones que muestra a las claras que a medida que avanzó el proceso ocupó un rol muy importante, tanto desde el punto de vista económico como del social y simbólico, ya que es el ajuar principal en la mayoría de las inhumaciones.

En la Puna, sin embargo, cuando analizamos la cerámica observamos que en los lugares de habitación los tipos ordinarios (sin decoración) o lisos pintados y/o pulidos son los absolutamente dominantes. Esto no debería extrañar, ya que si la cerámica cumplía funciones de uso cotidiano para cocina o depósito expuesta a un seguro y, muy probablemente, rápido deterioro, no merecía una inversión alta de trabajo en su confeción estética sino que se haría hincapié en sus propiedades técnicas (dureza, permeabilidad, resistencia térmica, etc.) asociadas a la función a que la vasija estuviera destinada. Por ejemplo, como sugiere Muscio (2004), en un entorno como la Puna la cerámica utilizada como tecnología de cocción aumenta notablemente la eficiencia nutricional de los recursos feculoso.

En este tipo de cerámicas de uso cotidiano, asociadas a los sitios de Puna y quebradas de acceso, se observa una importante cuota de estandarización técnica en las distintas regiones, donde destacan las cerámicas oscuras (negras, marrones, gris verdosas) con manchas en la superficie. Sin embargo, la cerámica utilizada para caracterizar el Formativo fue la decorada que proviene especialmente de cementerios. Esta cerámica muestra, dentro de tendencias comunes, una gran variabilidad entre piezas resumida en una escasa «estandarización» formal. Este hecho podría sugerir que la manufactura no estaba limitada a grupos especializados de artesanos dentro de la población ni seguía las directivas de una entidad política de gran envergadura, sino que predominaba probablemente la manufactura a nivel de unidades familiares con un gran número de artesanos involucrados. En resumen, no existía una especialización artesanal marcada ni una homogeneidad estilística muy acentuada en estas poblaciones. A medida que avanza el proceso en el tiempo aparecerán organizaciones sociales que sí respondan a esos parámetros de estandarización más rígidos posiblemente en asociación a una mayor complejidad social y política, que puede incluir estratificación social, corporativismo, jerarquización en la toma de decisiones, etc.,

cuyo tipo y grado es muy variable según la cronología y la región involucradas.

Respecto de la tecnología lítica, dentro de una alta variabilidad regional, podemos destacar la tendencia a la aparición de nuevos artefactos ligados a las prácticas productivas (las azadas y palas líticas son un ejemplo emblemático), el mantenimiento de otros tipos pero con modificaciones formales y, tal vez, funcionales, asociado a una tendencia a la aparición de mayor cantidad de artefactos con filo útiles pero sin una forma muy elaborada (Escola, 2004; Hocsman, 2006a, b). Los artefactos relacionados a la molienda, si bien ya son comunes en épocas precerámicas, modifican a veces su morfología y crece su abundancia, especialmente en las aldeas estables.

Las puntas de proyectil tienden a ser más pequeñas y parecen asociadas al uso cada vez más generalizado del arco, aunque persiste seguramente la lanzadera o propulsor. También es notable el aumento en la utilización de la obsidiana como materia prima cuyos principales yacimientos se ubican casi exclusivamente en la Puna, generándose activos circuitos de explotación e intercambio a larga distancia de esta materia prima (Yacobaccio *et al.*, 2004). Esto último nos permite introducirnos en otro aspecto fundamental del Formativo puneño: la circulación de bienes, energía e información a medias y largas distancias que exceden la región, lo que incluye obviamente a la movilidad de personas y animales de transporte (llamas cargueras).

MÁS ALLÁ DE LA PUNA: LA MOVILIDAD INTERREGIONAL

Continuando con prácticas que venían desde el Arcaico miles de años antes, desde los mismos inicios del Formativo se observan contactos y relaciones de diferente tipo con otras regiones, a veces muy distantes como las tierras bajas orientales o la costa del Pacífico (Figura 3).

La tecnología constituye, sin ser el único, un elemento sumamente útil para verificar estas interacciones. Muscio (2013) señala la

presencia en el sitio Urcuro (San Antonio de los Cobres, Salta) de la asociación de cerámica negra pulida y gris bruñida junto al patrón de instalación característico de San Pedro de Atacama (Fase Coyo), y sugiere que el norte de Chile fue el área de origen de esta variación cultural que se expandió hacia el valle de San Antonio de los Cobres hacia 1.500 años atrás. También apunta (op. cit., 2013) que anteriormente, hacia alrededor de 2.000 años atrás, habría ocurrido un proceso similar documentado en la cerámica del sitio Matancillas, pero que conectó al valle de San Antonio con las tierras bajas orientales. Asimismo, en Antofagasta de la Sierra (Puna meridional) se observan cerámicas negras y rojas pulidas similares a estilos del norte de Chile previo a la era cristiana (sitios Las Escondidas y Casa Chávez Montículos Componente Inferior), mientras que posterior al comienzo de esta era (ca. 2.000 AP) aumentan notablemente los estilos (Ciénaga, Saujil, Aguada) asociados a los valles mesotermiales de Argentina (sitios Casa Chávez Montículos Componente superior, Punta de la Peña, Corral Grande 1, etc.) (Olivera *et al.*, 2015).

Como ya se mencionó y más allá de las evidencias mencionadas, existe en el contexto instrumental de las sociedades formativas de la Puna un material que ha brindado importante información respecto a las posibles redes de tráfico/intercambio existentes entre éstas y los habitantes de otras áreas: la obsidiana. La caracterización geoquímica de ejemplares de esta roca de afloramientos y sitios arqueológicos ha permitido acercarse a la procedencia de distintas variedades y, de esta forma, desde dónde y hacia dónde circulaban (Escola, 2007).

A partir de 1990 se llegaron a localizar y caracterizar geoquímicamente 11 fuentes de obsidianas y se generó, con la colaboración de Michael Glascock (Missouri University Research Reactor, USA), una base de datos de las concentraciones elementales de muestras procedentes de estas. Frente a esta base de datos se compararon los resultados obtenidos de la caracterización geoquímica de artefactos arqueológicos procedentes



Figura 3. Sonajero de ca. 3.000 años A.P. hallado en el sitio Cueva Cacao 1 (Catamarca) manufacturado con una calabaza de los valles, semillas de la selva, valva del Pacífico y lana y cuero de camélido de la Puna (izquierda). Se halló en un probable evento ritual junto a unas sandalias de cuero de llama (derecha), con dos plumas de flamenco y dos trenzas de pelo humano cortadas intencionalmente. Constituye un ejemplo de la compleja dinámica de relaciones interregionales de las sociedades agropastoriles tempranas.

de sitios datados entre ca. 2.200-400 años A.P., emplazados en distintos sectores de la Puna, los valles mesotérmicos orientales y la selva montaña (Escola *et al.*, 1994; Vázquez y Escola, 1995; Yacobaccio y Lazzari, 1996/1998). A partir de estas investigaciones se sugirió la existencia de dos esferas de circulación principales al norte y sur del NOA. La primera incluiría fundamentalmente la circulación de la obsidiana procedente de la fuente de Zapaleri o Laguna Blanca (sudoeste del Altiplano de Lípez, Bolivia; extremo NO de Argentina), mientras que la segunda esfera de la variedad procedente de la fuente Ona-Las Cuevas (noroeste de Catamarca). Estas coinciden con las dos esferas de interacción social señaladas por Tarragó (1992, 1994) para el Período Formativo del NOA, una en el sector norte, centrada en la quebrada de Humahuaca, la otra en el sector sur o área valliserrana, conocida como cultura Aguada. En ellas, consolidadas entre ca. 1.300-1.000 años A.P. (Tarragó, 1999), los recursos de larga distancia habrían circulado por medio de lazos y contactos sociales y políticos mutuamente excluyentes e independientes (Yacobaccio *et al.*, 2002, 2004; Escola, 2007).

Otros elementos alóctonos como frutos

de chañar, algarrobo, porotos, madera de sauce, entre otros, fueron relevados en diversos sitios formativos de Antofagasta de la Sierra, indicando contactos con los valles más bajos, así como con regiones tan lejanas como la costa pacífica (caracoles en Casa Chávez Montículos y Cueva Cacao 1A) y las tierras bajas (López Campeny *et al.*, 2005; Olivera, 2006). Se ha sugerido que las redes de tráfico por las que estos objetos habrían circulado podrían haber estado sostenidas por relaciones de parentesco activas desde momentos tan antiguos como ca. 3.600 años atrás, en las que habrían estado implicadas mujeres que viajaban desde y hacia los valles (Aschero *et al.*, 2002; Aschero, 2007).

Muscio (2013), analizando el tema desde lo adaptativo, considera que esta dinámica de relaciones constituye una respuesta al riesgo donde las fluctuaciones ambientales se amortiguan mediante el intercambio interregional de recursos entre poblaciones con nichos económicos divergentes y donde la coexistencia simbiótica resulta de situaciones en las cuales el beneficio obtenido del mutualismo supera los costos competitivos. Asimismo, piensa que estas interacciones bien pudieron basarse en relaciones de parentesco (Muscio, 2013).

SOCIEDAD E IDEOLOGÍA: EL CAMINO A LA COMPLEJIDAD

La paulatina ocupación de espacios disponibles y el crecimiento demográfico parecen haber jugado un rol importante en la consolidación del proceso que lleva a nuevas estrategias económicas, acompañado de cambios sustanciales en las relaciones sociales intra e intergrupales. En este proceso inicial las manifestaciones rituales ofrecen evidencia de haber jugado también un rol relevante.

En el sitio Tulán 54, en la quebrada homónima en San Pedro de Atacama, se descubrió un templo bajo un montículo estratificado, datado en los 900-400 años a. C. Sus indicadores ritualísticos -inhumaciones de niños, petroglifos, ofrendas en fosos, fogones y nichos empotrados en el muro perimetral-, se comparan con otras tradiciones religiosas sincrónicas de las tierras altas andinas. En este sentido, las evidencias de Tulán se vinculan con la emergencia de complejidad durante el Arcaico Tardío y su consolidación en el Formativo Temprano (1.400-400 a. C.). (Núñez *et al.*, 2005, 2006a, 2006b).

Los cambios en la ritualidad, más allá de sus manifestaciones infraestructurales, se hacen paulatinamente evidentes en otros aspectos de la sociedad, como la aparición de cementerios asociados a las aldeas e inhumaciones acompañadas de un ajuar cada vez más importante.

También surgen nuevas expresiones del arte rupestre que son interpretadas como relacionadas con las nuevas estrategias productivas y las modificaciones en la esfera simbólica. Los elementos del paisaje y sus habitantes, entre los que se destacan los camélidos, las aves y el felino, se confunden con complicadas construcciones geométricas cuyo contenido simbólico es indudable, aunque difícil de interpretar (Podestá, 1986/87; Aschero *et al.*, 1992; Olivera y Podestá, 1993).

Es indudable una coherencia básica de ese universo ideológico, manifestada en cierta regularidad en los motivos tanto en la cerámica como en el arte rupestre, donde los conjuntos temáticos no parecen azarosos internamente (Podestá, 1986/87) ni con la

funcionalidad de otros sitios cercanos (Olivera y Podestá, 1993). La comparación de motivos de arte rupestre y de la cerámica son evidencias de esta coherencia (Figura 4).

Las prácticas mortuorias, que van desde entierros en las mismas áreas de vivienda (habitaciones y patios) hasta verdaderos cementerios, tienen un denominador común: en general los muertos eran acompañados por un ajuar que incluía desde objetos de uso cotidiano (e.g., instrumentos de labranza o flechas) hasta cerámicas decoradas y objetos de adorno (collares, metalurgia, etc.). Muchas veces estos objetos provienen de áreas alejadas (la costa del Pacífico o los bosques orientales) o bien son característicos de estilos culturales externos a la Puna.

Estos elementos, indicativos de una elevada dinámica intercultural, parecen estar fuertemente relacionados con necesidades económicas y simbólicas, pero también sociobiológicas. Tratándose de grupos sociales de población pequeña (30 a 100 individuos, estimativamente) las necesidades de intercambio genético y de información intergrupales fueron un elemento importante. Las poblaciones Formativas de la Puna debieron sostener un complicado entretejido de sistemas de parentesco, alianzas políticosociales y redes de intercambio cuyas características constituyen un interrogante apasionante y difícil de develar.

Lo anterior sugiere el surgimiento de nuevas condiciones de organización social que incluyen prácticas comunitarias que exceden el nivel doméstico o familiar. Incluso en ciertas ocasiones, como tal vez en Tulán 54, esbozan algún tipo de estructura jerárquica para la construcción de las estructuras templarias, en las prácticas rituales y/o en la construcción y administración de los recursos hídricos. Estas expresiones serían parte de un proceso dilatado en el tiempo, variable regionalmente y aún alejado de la complejidad sociopolítica que se alcanzará posteriormente. Sin embargo, durante el Formativo se desarrolla el germen de la complejidad social y política de los momentos posteriores. Aún sin una estratificación social marcada ni una organización política compleja, podemos in-

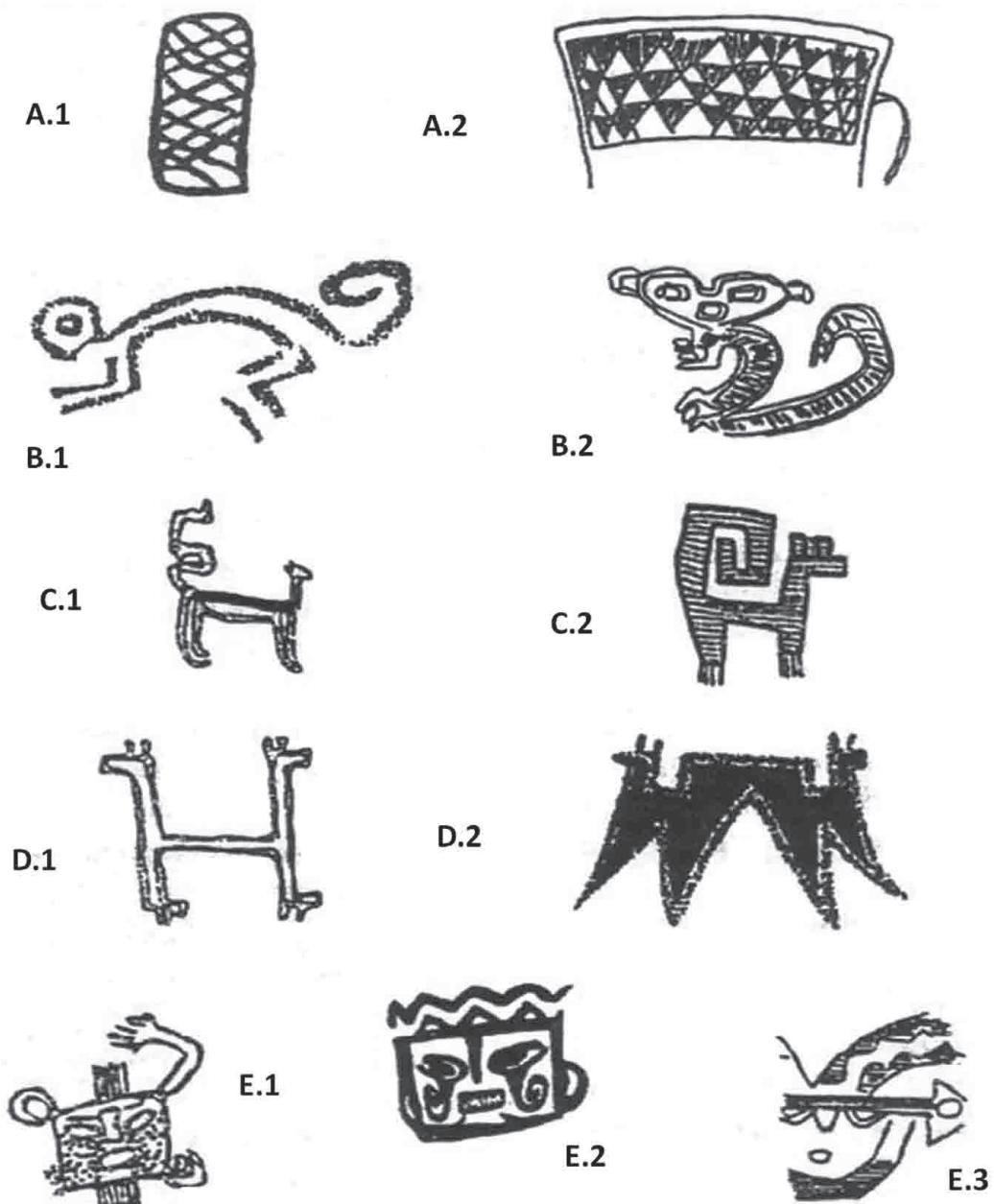


Figura 4. Arte rupestre y alfarería. En la columna de la izquierda se observan motivos del arte rupestre Formativo en sitios de la Puna sur y a la derecha motivos de la decoración de piezas cerámicas. La coherencia de las ideas simbólicas es evidente y refleja aspectos del nuevo universo mítico de las sociedades agropastoriles del Formativo (tomado de Olivera y Podestá, 1993). Referencias: A.1. Rectángulo con diseños (sitio Campo de las Tobas); A.2. Diseño de la Alfarería La Ciénaga (González, 1977). B.1. Figura de simio (sitio Campo de las Tobas). B.2. Alfarería La Ciénaga (Puppo, 1979). C.1. Figura de llama con rasgos felinos (sitio Peñas Chicas 3). C.2. Alfarería La Ciénaga II (González, 1977). D.1. Camélido cuadricéfalo (sitio Peñas Chicas 3). D.2. Camélido bicefálico Condorhuasi (Puppo, 1979). E.1. Figura de máscara (Sitio PlaP). E.2. Diseño similar en alfarería La Aguada (Puppo, 1979). E.3. Tiesto de alfarería del Montículo 4 de Casa Chávez.

tuir que la vida social y el mundo espiritual de estas sociedades estuvieron lejos de ser simples y mostraron una variedad excitante de grupo a grupo.

Finalmente, las nuevas tecnologías productivas y de otro tipo, unidas a los cambios en la esfera ideológico-simbólica, parecen haber permitido que paulatinamente las poblaciones se aglutinaran en centros poblacionales cada vez mayores asociados a territorios con condiciones ambientales de buena sustentabilidad económica apropiadas para la nueva forma de uso del territorio. Este proceso desembocará más tarde o más temprano en estructuras políticas complejas y en centros urbanos (Albeck *et al.*, en este volumen), lo cual se manifestará en el control de importantes territorios por parte de un mismo grupo étnico que pudieron derivar, incluso, en situaciones de conflicto durante momentos posteriores (Período Tardío o de Desarrollos Regionales) (ver *e.g.*, Nielsen, 2007 para un análisis del tema).

CONCLUSIONES

El concepto de Formativo involucra un fenómeno complejo y apasionante que ha llevado a los investigadores a más de seis décadas de discusión, sin que aún haya un acuerdo aceptable sobre sus características e implicancias (Olivera, 2012). Mi interés, junto a otros colegas en esta obra, fue exponer a un público lector más amplio que el científico especializado las características de las más tempranas sociedades productoras de alimentos y los aspectos principales del proceso de cambios que está en la base de la complejidad sociopolítica posterior. Para finalizar destacaremos algunos elementos que podrían considerarse claves en el Formativo de la Puna, que en algunos casos comparte con el Formativo andino en general pero que en otros son específicos del proceso en el altiplano.

En primer lugar, debemos resaltar que las principales propiedades de las sociedades agropastoriles tempranas (mayor sedentización, incorporación de vegetales y animales domésticos, nuevas tecnologías, cambios en las concepciones simbólicas) son la conclusión

de un proceso más profundo en el tiempo y que se inicia a principios del Holoceno tardío (ca. 4.500-5.000 años AP) en las sociedades cazadoras-recolectoras del Arcaico Tardío. Por otra parte, se puede notar a través del texto precedente que existen elementos comunes, pero principalmente una alta variabilidad regional que debe ser contemplada y que parece relacionada con diferentes variables (ambiente, clima, historia cultural previa, etc.). Esto puede notarse, por ejemplo, en que en ciertos lugares los cambios en la movilidad preceden a la incorporación definitiva de la producción de alimentos, las nuevas tecnologías o los cambios en la ritualidad, pero también se producen casos inversos. En resumen, cada caso debe ser analizado detenidamente y no caer en generalizaciones simplistas que pueden esconder esta compleja variabilidad cultural.

Así, puede considerarse el Formativo como un proceso que se originó a partir de ciertas necesidades de las poblaciones humanas de los Andes que, a través de diferentes caminos, introdujeron cambios en su organización que involucraron tanto las condiciones intrínsecas de la sociedad como su relación con el medio externo, tanto natural como antrópico. La paulatina ocupación de espacios disponibles y el crecimiento demográfico parecen haber jugado un rol importante en la consolidación de este proceso.

A través de este proceso las sociedades puneras intentaron diferentes caminos para encontrar nuevos niveles de sustentabilidad y hacer frente a las modificaciones ambientales que se les fueron planteando, junto a cambios sustanciales en las relaciones sociales intra e intergrupales, la esfera simbólica y la ritualidad (Aschero, 2006; Núñez *et al.*, 2006a). La introducción de estrategias productivas fue un factor clave, aunque no necesariamente el único ni el primero para muchos de los casos regionales. Se puede pensar, de manera más general, que se trató de un proceso que apuntó a establecer economías de amplio espectro y disminuir el riesgo propio de zonas áridas o semiáridas (ver Escola, 1996). En este sentido, Núñez *et al.* (2009) plantean que «en dis-

tintas regiones del mundo, incluyendo los Andes, se ha observado más recientemente el surgimiento de sociedades transicionales y complejas durante los períodos Arcaico y Formativo junto al manejo de recursos de subsistencia generados en actividades particulares, independientes de la agricultura» (op. cit. 2009: 71)

La mayor población y restricción territorial, probablemente estimularon el creciente sedentarismo de los cazadores-recolectores del Arcaico Tardío, siempre y cuando este pudiera sustentarse en recursos suficientes, predecibles y de alto rendimiento. Esta opción la ofrecieron los camélidos sudamericanos en las tierras altas puneñas, apoyada en diversa medida por la recolección vegetal. De esta forma, la larga e íntima relación evolutiva (coevolución) entre animales, plantas y seres humanos llevó a que tempranamente se iniciaran procesos de domesticación que finalmente aseguraron un mayor control de ciertos recursos mediante el pastoreo y la agricultura. Esta no fue una opción de reemplazo sino de ampliación del espectro de recursos ante las nuevas circunstancias organizacionales de la sociedad.

Se destaca el rol jugado por el ambiente, el que constituyó un marco vital en este proceso. Las evidencias sugieren que si bien no determinó las respuestas humanas, sí las permitió y/o limitó de acuerdo a la potencialidad de recursos que cada región y momento cronológico hacían disponibles al hombre (Núñez *et al.*, 2005; Olivera *et al.*, 2006; Tchilinguirian, 2008; Yacobaccio y Morales, 2005). Es por ello que establecer cada vez más claramente las condiciones paleoambientales resulta vital en la comprensión del origen, desarrollo y consolidación del proceso Formativo puneño.

Este proceso seguramente implicó por parte de las sociedades cazadoras-recolectoras complejas del Arcaico cantidad de intentos fallidos, respuestas no adaptativas, retrocesos y cambios de rumbo antes de la consolidación de las sociedades Formativas plenas, siendo en estas situaciones de crisis donde probablemente se encuentren algunas de las más excitantes explicaciones de por

qué la opción productiva se haya disparado en lugares diferentes, en tiempos distintos y con tal variabilidad de manifestaciones organizacionales de la sociedad.

LITERATURA CITADA

- Adán A. L. S., Urbina, A. 2007 Arquitectura formativa en San Pedro de Atacama. *Estudios Atacameños: Arqueología y Antropología Surandinas*, 34: 7-30.
- Aguerre A., Fernández Distel, A., Aschero, C. 1975 Comentarios sobre nuevas fechas en la cronología arqueológica precerámica de la Pcia. de Jujuy. *Relaciones SAA* (n.s.), 9: 211-214.
- Aschero C. 2000. El poblamiento del territorio. En: M. Tarragó (ed.), *Nueva Historia Argentina, Los Pueblos Originarios y la Conquista*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires, pp. 17-59.
- Aschero C. 2006. De cazadores y pastores. El arte rupestre de la modalidad Río Punilla en Antofagasta de la Sierra y la cuestión de la complejidad en la Puna meridional argentina. En: D. Fiore, Podestá, M. M. (eds.), *Tramas en la piedra. Producción y usos del arte rupestre. Altuna impresiones*. Buenos Aires, pp. 103-140.
- Aschero C. 2007. Iconos, huancas y cen la Puna sur argentina. En: A. Nielsen, M. C. Rivolta, V. Seldes, M. Vázquez y P. Mercolli (eds.), *Producción y circulación prehispánicas de bienes en el sur andino*. Editorial Brujas, Córdoba, pp. 135-165.
- Aschero C., Hocsman S. 2011. Arqueología de las ocupaciones cazadoras-recolectoras de fines del Holoceno Medio de Antofagasta de la Sierra (Puna meridional Argentina). *Chungará*, 43: 393-411.
- Aschero C., Podesta M., García L. 1992. Pinturas rupestres y asentamientos cerámicos tempranos en la Puna argentina. *Arqueología*, 1: 9-49.
- Aschero C., Zurita R., Colaneri M., Toselli A. 2002. El bebé de la Peña. *XIII Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Actas 2*: 229-238. Córdoba.
- Babot M. P. 2005. Plant resource processing by Argentinian Puna hunter-gatherers (ca. 7000-3200 b.P.): Microfossil record. *Phytoliths: Bulletin of the Society for Phytolith Research*, 17: 9-10.
- Babot M. P. 2006. El papel de la molenda en la transición hacia la producción agropastoril: Un análisis desde la Puna Meridional argentina. *Estudios Atacameños*, 32: 75-92.

- Bonavia D. 1996. Los camélidos sudamericanos. Una introducción a su estudio. Trabajos del Instituto Francés de Estudios Andinos Universidad Peruana Cayetano Heredia, Conservation International, Lima, 843 pp.
- Browman D. 1989. Origins and development of Andean pastoralism: an overview of the past 6000 years. En: J. Clutton-Brock (ed.), *The walking larder. Patterns of domestication, pastoralism and predation* Unwin Hyman, London, pp. 256-268.
- Bueno Mendoza A. 1998. El Formativo andino: análisis, revisión y propuestas. *Cantuta*, No. 15, Universidad Nacional de Educación, La Cantuta, pp. 20.
- Cigliano E. M., Raffino R., Calandra H. 1976. La aldea formativa de Las Cuevas (Pcia. de Salta). *Relaciones SAA* (n.s.), 10: 73-130.
- Delfino D., Espiro V., Díaz R. A. 2009. Modos de vida situados: El Formativo en Laguna Blanca. *Andes*, 20: 111-134.
- Elkin D. 1996. Arqueozoología de Quebrada Seca 3: Indicadores de subsistencia temprana en la Puna meridional argentina. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Escola P. S. 1996. Riesgo e incertidumbre en economías agropastoriles: consideraciones teórico- metodológicas. *Arqueología*, 6: 9-24.
- Escola P. S. 2002. Caza y pastoralismo: un reaseguro para la subsistencia. *Relaciones SAA* (n.s.), 27: 233-245.
- Escola P. S. 2004. Tecnología lítica y sociedades agropastoriles tempranas. En: A. Acosta, D. Loponte y M. Ramos (eds.), *Temas de Arqueología. Análisis Lítico. Talleres Gráficos del Departamento de Publicaciones de la Universidad Nacional de Luján*, Luján, pp. 59-100.
- Escola P. S. 2007. Obsidianas en contexto: Tráfico de bienes, lazos sociales y algo más. En: V. Williams, B. Ventura, A. Cailleari y H. Yacobaccio (eds.), *Sociedades precolombinas surandinas. Temporalidad, interacción y dinámica cultural del NOA en el ámbito de los Andes Centro-Sur*. TANOA, UBA, Buenos Aires, pp. 73-87.
- Escola P., Vázquez C., Momo F. 1994. Análisis de procedencia de artefactos de obsidiana: vías metodológicas de acercamiento al intercambio. *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael*, 13 (1): 307-311.
- Fernández J. 1988/89 Ocupaciones alfareras (2.880+140 años A.P.) en la Cueva de San Cristóbal (Puna de Jujuy, Argentina). *Relaciones SAA* (n.s.), 17 (2): 139-182.
- Fernández Distel A. 1974 Excavaciones arqueológicas en las cuevas de Huachichocana. Dpto. de Tumba, Pcia. de Jujuy. *Relaciones SAA* (n.s.), 7: 101-127.
- Fung Pineda R. 1988. The Late Preceramic and Initial Period. En: R. Keatinge (ed.), *Peruvian Prehistory*. Cambridge University Press, pp. 67-96.
- García L. 1988/89. Las ocupaciones cerámicas tempranas en cuevas y Aleros en la Puna de Jujuy, Argentina-Inca Cueva, Alero 1. *Scripta Paleoetnológica*, 5: 179-190.
- García L. 1991. Variabilidad funcional de sitios con cerámica en cuevas y aleros de la Quebrada de Inca Cueva (Jujuy). *Shincal*, 3: 64-68.
- González A. R. 1963. Cultural Development in Northwestern Argentine. En: B. Meggers y C. Evans (ed.), *Aboriginal development in Latin America: An interpretative review*. Smithsonian Miscellaneous Collections, 146 (1): 103-117.
- González A. R. 1977. Arte precolombino de la Argentina. Filediciones Valero. Buenos Aires, Argentina, 451 pp.
- Grant J., Olivera D. 2016. Isótopos estables, movilidad y camélidos en sociedades agropastoriles tempranas de la Puna Meridional Argentina. *Revista Arqueología*, 22 (dossier): 13-35.
- Haber A. 1999. Una arqueología de los oasis puneños. Domesticidad, interacción e identidad en Antofalla, primer y segundo milenios d. C. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires (inédito).
- Hocsman S. 2006a. Producción lítica, variabilidad y cambio en Antofagasta de la Sierra, ca. 5.500-1.500 A.P. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata (inédito).
- Hocsman S. 2006b. Tecnología lítica en la transición de cazadores recolectores a sociedades agropastoriles en la porción meridional de los Andes Centro Sur. *Estudios Atacameños*, 32: 59-73.
- Korstanje M. A. 2005. La organización del trabajo en torno a la producción de alimentos en sociedades agropastoriles formativas (provincia de Catamarca, República Argentina), Tesis Doctoral. Instituto de Arqueología y Museo, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel

- Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (inédito).
- Korstanje M. A., Lazzari M., Basile M., Bugliani F., Lema V., Pereyra L., Domingorena, Quesada M. (editores). 2015. Crónicas materiales precolombinas Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires (Archivo Digital: <http://www.saantropologia.com.ar/wp-content/uploads/2016/01/CRONICAS-MATERIALES-PRECOLOMBINAS2015.pdf>). Accedido: 25/10/2017.
- Lazzari M, García Azcárate J., Scattolin M. C. 2015. Imágenes, presencias, memorias. genealogía y geografía en la piedra durante el primer milenio D.C. En: M. A. Korstanje, M. Lazzari, M. Basile, F. Bugliani, V. Lema, L. Pereyra, L. Domingorena y M. Quesada (editores), Crónicas materiales precolombinas Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires, pp. 663-691
- Lavallée D., García L. 1992. Investigaciones en el Alero Tomayoc: 1987-1989. Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Cs. Sociales. U. N. Ju., 3: 7-11.
- Lavallée D., Julien M., Karlin C., García L. C, Pozzi-Escot D., Fontugne M. 1997. Entre desierto y quebrada: Tomayoc. Un alero en la Puna. Avances en Arqueología, 3: 9-39.
- López G., Restivo F. 2012. Middle Holocene intensification and domestication of camelids in north Argentina, as tracked by zooarchaeology and lithics. *Antiquity*, 86: 1041-1054.
- López Campeny S.; del Bell E., Rodríguez Curletto S., Romano A. 2005. Evidencias de ritualidad en contextos agropastoriles: el sitio Piedra Horadada 2 (PH 2), Puna Meridional Argentina. VII Jornadas de Comunicaciones, Tucumán.
- Mengoni Goñalons G. L. 2007. Camelids in ancient Andean societies: A review of the zooarchaeological evidence. *Quaternary International*. Doi: 10.1016/j.quaint. 2007.05.022.
- Mengoni Goñalons G. L., Yacobaccio H. D. 2006. The domestication of South American camelids. A view from the South-Central Andes. Documenting domestication. En: M. Zeder, D. Bradley, E. Emshwiller y B. Smith (eds.), *New genetic and archaeological paradigms*. University of California Press, pp. 228-244.
- Muñoz I. 2004. El periodo formativo en los valles del norte de Chile y sur del Perú: nuevas evidencias y comentarios. *Chungara*, volumen especial: 213-215.
- Muscio H. 2004. Dinámica poblacional y evolución durante el período agroalfarero temprano en el valle de San Antonio de los Cobres, Puna de Salta, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires (inédito).
- Muscio H. 2011a. Arqueología de la ocupación ~2.000 AP de la quebrada de Matancillas. En: G. E. J. López y H. J. Muscio (eds.), *Arqueología de la Puna argentina. Perspectivas actuales en el estudio de la diversidad y el cambio cultural*. BAR International Series 2296, Archaeopress, Oxford, pp. 69-95.
- Muscio H. 2011b. Ocupaciones humanas a cielo abierto de finales del Holoceno Medio y comienzos del Holoceno Tardío en el valle de San Antonio de Los Cobres, Puna de Salta. *Comechingonia*, 15: 171-190
- Muscio H. 2013. El registro arqueológico de la quebrada de Urcuro, Puna de Salta, Argentina, en una perspectiva evolucionista. *Intersecciones en Antropología*, 14: 83-92.
- Nielsen A. 2007. Armas significantes: tramas culturales, guerra y cambio social en el sur andino prehispánico. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 12 (1): 9-41.
- Núñez L. 1992. Emergencia de complejidad y arquitectura jerarquizada en la Puna de Atacama: las evidencias del Sitio Tulán-54. En: M. E. Albeck (ed.), *Taller de Selva a Costa*. Instituto Interdisciplinario de Tilcara, Universidad de Buenos Aires, Tilcara, Provincia de Jujuy, pp. 85-115.
- Núñez L. 1995. Evolución de la ocupación y organización del espacio atacameño. En: L. Pourrut y L. Núñez (eds.), *Agua, ocupación del espacio y economía campesina en la región atacameña. Aspectos dinámicos*. ORSTOM, Universidad Católica del norte, Antofagasta, pp. 18-60.
- Núñez L. 1999. Fase Tilocalar: Nuevas evidencias formativas en la Puna de Atacama (norte de Chile). En: P. Ledesma-Crespo (ed.), *Formativo sudamericano. Una reevaluación*. Smithsonian Institution, Washington D. C, pp. 227-242.
- Núñez L. 2005. La naturaleza de la expansión aldeana durante el Formativo Tardío en la Cuenca de Atacama. *Chungara*, 37 (2): 165-193.
- Núñez L., Santoro C. S. 1988. Cazadores de la puna seca y salada del área cen-

- tro-sur Andina (norte de Chile). *Estudios Atacameños*, 9: 11-60.
- Núñez L., Grosjean M., Cartajena I. 2002. Human occupations and climate change in the Puna de Atacama, Chile. *Science*, 298: 821-824.
- Núñez L., McRostie V., Cartajena I. 2009. Consideraciones sobre la recolección vegetal y la horticultura durante el Formativo Temprano en el sureste de la Cuenca de Atacama. *Darwiniana*, 47 (1): 56-75.
- Núñez L., Cartajena I., Carrasco C., de Souza P. 2005 El templete de Tulán y sus relaciones formativas panandinas (norte de Chile). *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 34 (3): 299-320.
- Núñez L., Cartajena I., Carrasco C., de Souza P. 2006a. El templete Tulán de la Puna de Atacama: emergencia de complejidad ritual durante el Formativo Temprano (norte de Chile). *Latin American Antiquity*, 17 (4): 445-473.
- Núñez L., Cartajena I., Carrasco C., de Souza P., Grosjean M. 2006b. Patrones, cronología y distribución del arte rupestre arcaico tardío y formativo temprano en la cuenca de Atacama. En: D. Fiore y M. M. Podestá (eds.), *Tramas en la Piedra. Producción y usos del arte rupestre. Altuna impresiones*, Buenos Aires, pp. 191-204.
- Núñez L., Cartajena I., de Souza P., Carrasco C., Grosjean M. 2006c. Emergencia de comunidades pastoralistas formativas en el sudeste de la Puna de Atacama. *Estudios Atacameños*, 32: 93-118.
- Núñez Regueiro V. 1971 La Cultura del Alamito de la subárea valliserrana del oeste argentino. *Journal de la Société de Américanistes*, 60: 7-62.
- Núñez Regueiro V. 1974 Conceptos Instrumentales y marco teórico en relación al análisis del desarrollo cultural del Noroeste Argentino. *Revista del Instituto de Antropología*, 5: 169-90.
- Olivera D. 1988. La Opción Productiva: apuntes para el análisis de sistemas adaptativos de tipo Formativo del Noroeste Argentino. IX Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Actas: 83-101.
- Olivera D. 1991. El formativo en Antofagasta de la Sierra (Puna Meridional Argentina): Análisis de sus posibles relaciones con contextos arqueológicos agroalfareños tempranos del noroeste argentino y norte de Chile. IX Congreso Nacional de Arqueología Chilena. Actas 2: 61-78.
- Olivera D. 1997. La importancia del recurso Camelidae en la Puna de Atacama entre los 10.000 y 500 años A.P. *Estudios Atacameños. Tomo Especial dedicado al II Taller Binacional de Interacción entre el NOA y el norte Chileno*, 14: 29-41.
- Olivera D. 1998 Cazadores y pastores tempranos de la Puna Argentina. En: S. Ahlgren, A., Muñoz, S. Sjödin y P. Stenborg (eds.), *Past and present in Andean prehistory and early history*. Etnografiska Museet, Goteborg, pp. 153-180.
- Olivera D. 2001. Sociedades agropastoriles tempranas: el Formativo Inferior del noroeste argentino. En: E. Berberián y A. Nielsen (eds.), *Historia Argentina Prehispánica*. Ed. Brujas, Córdoba, pp. 83-126.
- Olivera D. 2006. Recursos bióticos y subsistencia en Sociedades Agropastoriles de la Puna Meridional Argentina. *Comechingonia*, 9: 19-56.
- Olivera D. 2012 El Formativo en los Andes del Sur: la incorporación de la opción productiva. En: M. T. de Haro, A. María R., M. A. Runcio, O. Hernández de Lara y M. V. Fernández (eds.), *Interculturalidad y ciencias: experiencias desde América Latina*. Centro de Investigaciones Precolombinas, Instituto Superior del Profesorado Dr. Joaquín V. González, Buenos Aires, pp. 15-49.
- Olivera D., Podestá M. 1993. Los recursos del arte: arte rupestre y sistemas de asentamiento y subsistencia formativos en la Puna meridional argentina. *Arqueología*, 3: 93-141.
- Olivera D., Elkin D. 1994. De agricultores y pastores: el proceso de domesticación en la Puna meridional argentina. *Zooarqueología de Camélidos*, 1: 95-124.
- Olivera D., Grant J. 2009. Economía y ambiente durante el Holoceno tardío (ca. 4.500-400) de Antofagasta de la Sierra (Puna meridional argentina). En: A. Acosta, D. Loponte y L. Muccioli (eds.), *Temas de arqueología: estudios tafonómicos y zooarqueológicos*. Buenos Aires, pp. 1: 99-131.
- Olivera D., Tchilinguirian P., de Aguirre M. J. 2006. Cultural and environmental evolution in the meridional sector of the Puna de Atacama during the Holocene. En: H. D Yacobaccio y D. E. Olivera (eds.), *Change in the Andes: origins of social complexity, pastoralism and agriculture*. BAR International Series 1524, Oxford, pp. 7-15.
- Olivera, D., Tchilinguirian, P., Grana, L. 2004. Paleoambiente y arqueología en el Holoceno de la Puna Catamarqueña: archivos ambientales, escalas de análisis y

- registro arqueológico. *Relaciones*, XXIX: 229-247. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires.
- Olivera D., Escola P., Elías A., Pérez S., Tchilinguirian P., Salmiñci P., Pérez M., Grana L., Grant J., Vidal A., Killian Galván V., Miranda P. 2015. El Formativo en la Puna meridional: de la opción productiva a las sociedades agropastoriles plenas. En: M. A. Korstanje, M. Lazzari, M. Basile, F. Bugliani, V. Lema V., L. Pereyra, Domingorena y M. Quesada (eds.), *Crónicas materiales precolombinas Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino*. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires, pp. 663-691
- Pintar E. L. 1996. Prehistoric Holocene adaptations to the salt Puna of northwest Argentina. Tesis de Doctorado, Dedman College, Southern Methodist University, Dallas, Texas (inédito).
- Podestá M. M. 1986/87. Arte rupestre en asentamientos de cazadores-recolectores y agroalfareros en la Puna sur argentina: Antofagasta de la Sierra. Catamarca. *Relaciones*, (n.s.), 17 (1): 241-263.
- Puppo G. 1979. Arte argentino antes. Hualfin Ediciones. Buenos Aires, Argentina, 273 pp.
- Rafferty J. E. 1985. The archaeological record on sedentariness: recognition, development and implications. En: M. B. Schiffer (ed.), *Advances in archaeological method and theory*, 8. Academic Press Inc. New York, pp. 113 -156.
- Raffino R. 1977. Las aldeas del Formativo Inferior de la Quebrada del Toro (Pcia. de Salta). *Obra Centenario del Museo de La Plata*, II: 253-300.
- Rodríguez M. F. 1999. Explotación de recursos vegetales durante el arcaico en la Puna meridional argentina. Presentación de un caso: Quebrada seca-3. XII Congreso de Arqueología Argentina. Actas 3: 347-351. La Plata.
- Santoro C., Baied C., Belmonte E., Rosello E. 1991. Evaluación de paleoambientes holocénicos y adaptación de cazadores recolectores, área Centro Sur Andina. XI Congreso Nacional de Arqueología Chilena. Actas 2: 25-30. Santiago de Chile.
- Santoro, C. 1999. El formativo en la región de Valles Occidentales del área centro sur andina (sur Perú – norte de Chile). En: P. Ledergerber-Crespo (ed.), *Formativo sudamericano: una reevaluación*. Quito, pp. 243-259.
- Sinclare C. 2004. Prehistoria del período Formativo en la cuenca alta del río Salado (Región del Loa Superior). *Chungara Vol. Especial*, 2: 619-639.
- Tarragó M. 1980. Los asentamientos aldeanos tempranos en el sector septentrional del Valle Calchaquí, Pcia. de Salta, y el desarrollo agrícola posterior. *Estudios de Arqueología*, 5: 29-53.
- Tarragó M. 1992. El Formativo y el Surgimiento de la complejidad Social en el Noroeste Argentino. Simposio Internacional «Arqueología Sudamericana. Una reevaluación del Formativo». Cuenca, Ecuador (inédito).
- Tarragó M. 1994. Intercambio entre Atacama y el borde de Puna. En: M. E. Albeck (ed.) *Taller de costa a selva. Producción e intercambio entre los pueblos agroalfareros de los Andes Centro Sur*. Instituto Interdisciplinario Tilcara, Universidad de Buenos Aires, San Salvador de Jujuy, pp. 199-229.
- Tarragó M. 1996. El Formativo en el Noroeste Argentino y el Alto Valle Calchaquí. *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael (Mendoza)*, 23: 103-119.
- Tarragó M. 1999. El Formativo y el surgimiento de la complejidad social en el noroeste argentino. En: P. Ledergerber-Crespo (ed.) *Formativo Sudamericano, una Reevaluación*. Ediciones ABYA-YALA, Quito, pp. 302-313.
- Tchilinguirian P. 2008. Paleoambientes holocenos en la Puna austral, provincia de Catamarca (27° s): Implicancias geoarqueológicas. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires (inédito).
- Vázquez C., Escola P. 1995. X-ray fluorescence analysis of obsidian objects from Catamarca, Argentina. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 200 (5): 373-384.
- Vidal A. 2002. Análisis de la cerámica utilitaria en un sitio agroalfarero temprano en la Puna de Catamarca. Tesis de licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires (inédito).
- Willey G. R., Phillips P. 1958. *Method and theory in American archaeology*. University of Chicago Press. Chicago, 285 pp.
- Wheeler Pires-Ferreira J., Pires-Ferreira E., Kaulike P. 1977. Domesticación de los camélidos en los Andes Centrales durante el período precerámico: un modelo. *Journal de la Société des Américanistes*, 64: 155-165.

- Yacobaccio H. 1994. Biomasa animal y consumo en el Pleistoceno-Holoceno Surandino. *Arqueología* 4: 43-71.
- Yacobaccio H. 2001. La domesticación de camélidos en el noroeste argentino. En: E. Berberián y A. Nielsen (eds.), *Historia argentina prehispánica*. Ed. Brujas, Córdoba, pp. 7-39.
- Yacobaccio H., Lazzari M. 1996/1998. Análisis de procedencia y fuentes de aprovisionamiento: la obsidiana en Susques (Puna argentina). *Palimpsesto* 5: 91-99.
- Yacobaccio H. D., Madero C. M. 1992. Zoolarqueología de Huachichocana III (Jujuy, Argentina). *Arqueología*, 2: 149-188.
- Yacobaccio H. D., Morales M. 2005. Mid-Holocene environment and human occupation of the Puna (Susques, Argentina). *Quaternary International*, 132 (1): 5-14.
- Yacobaccio H., Elkin D., Olivera D. 1994. ¿El fin de las sociedades cazadoras?: El proceso de domesticación animal en los Andes Centro-Sur. En: L. Borrero y L. Lanata (eds.), *Arqueología Contemporánea*. Edición Especial, pp. 5: 23-32.
- Yacobaccio H., Escola P., Lazzari M., Pereyra F. 2002. Long distance obsidian traffic in northwestern Argentina. En: M. Glascock (ed.), *Geochemical evidence for long-distance exchange*. Westport, Bergin y Garvey, pp. 167-203.
- Yacobaccio H., Escola P., Pereyra F., Lazzari M., Glascock M. 2004. Quest for ancient routes: obsidian sourcing research in Northwestern Argentina. *Journal of Archaeological Science*, 31: 193-204.
- Yacobaccio H. D., Madero C. M., Malmierca M. P., Reigadas M. C. 1997-1998. Caza, domesticación y pastoreo de camélidos en la Puna Argentina. *Relaciones SAA* (n.s.), 22-23: 389-418.

Box ▶

Caravanas de llamas: tecnología clave para la interacción social prehispánica

Martel, Álvaro

Instituto Superior de Estudios Sociales, CONICET-UNT. Email: martelalvaro@gmail.com

La domesticación de los camélidos, juntamente con la de diversas especies vegetales, suscitó numerosos cambios en los modos de vida de las poblaciones prehispánicas. El principal significado de la domesticación de plantas y animales, proceso que se inicia en el área andina hace unos 7.000 años atrás y que culmina hace aproximadamente 2.000 años, fue la transición de una subsistencia basada en economías extractivas —caza, recolección— en una basada en economías productivas —pastoralismo, agricultura—. Sin embargo, otra de las consecuencias de

la domesticación comprendió la posibilidad de utilizar los camélidos como animal de carga. Esto permitió el traslado de diversos recursos, bienes y excedentes de producción a otras comunidades distantes y con ambientes contrastantes, a cambio de recursos o bienes que no podían obtenerse localmente; al mismo tiempo que se lograban estrechar vínculos sociales que garantizaban la continuidad de tales interacciones (Berenguer, 2004). Los antiguos caminos (Figura 1) donde tuvo lugar la movilidad de los grupos caza-recolección sirvieron de base para



Figura 1. Senderos caraveneros prehispánicos en la planicie de Carachipampa, Antofagasta de la Sierra, Puna catamarqueña, 3600 msnm. Foto del autor.

la conformación de una red de interacción caravanera que permitió el tráfico entre puntos tan distantes como la costa del Pacífico y la llanura chaqueña, articulando las regiones puneña, valliserrana y las yungas. El registro arqueológico de la Puna argentina y su área circumpuneña (norte de Chile, suroeste de Bolivia y región valliserrana del NOA) es rico en evidencias que dan cuenta de las interacciones sociales a larga distancia y de las prácticas caravaneras que las sustentaron (Martel, 2014). El hallazgo de recursos y bienes foráneos (restos malacológicos o cuentas de especies del Pacífico, frutos y semillas del área valliserrana, plumas de aves de las yungas, artefactos realizados en maderas duras de la llanura chaqueña, etc.), en los sitios arqueológicos es frecuente, como también lo son los múltiples senderos que conforman las rutas de tráfico que cruzan las áridas planicies y pasos montañosos, y una profusión de motivos rupestres que muestran llamas cargadas, o bien, varias llamas ali-

neadas conformando caravanas propiamente dichas. La importancia de estas vías de comunicación se mantuvo vigente hasta bien entrado el siglo XX; los incas, los conquistadores europeos, los viajeros y naturalistas decimonónicos y los arrieros históricos, se valieron de éstas para cumplir sus diversos propósitos (Benedetti, 2005).

LITERATURA CITADA

- Benedetti A. 2005. Un territorio andino para un país pampeano. *Geografía histórica del Territorio de los Andes (1900-1943)*. Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. <http://www.filos.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo/ptt/Tesis-doctoradoBenedetti.pdf>
- Berenguer J. 2004. Caravanas, interacción y cambio en el desierto de Atacama. Ediciones Sirawi, Santiago, Chile, 580 pp.
- Martel A. 2014. Aguas Calientes. Evidencias directas de tráfico caravanero entre la Puna meridional y el valle Calchaquí. *Estudios Sociales del NOA*, 13: 103-124.

15 ▶ Las sociedades puneñas desde el inicio del segundo milenio hasta el fin del dominio incaico

Albeck, María Ester¹; Basso, Diego Martín²; Zaburlín, María Amalia³

¹ Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA). Universidad Nacional de Jujuy – CONICET. San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. El Molino, Uquia, (4630) Humahuaca, Jujuy, Argentina. malbeck52@gmail.com

² UNHIR-ISHIR. CONICET-UNJu. Otero 262, 2º Piso. Oficina 7. (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. diegomartinbasso@yahoo.com.ar

³ Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Jujuy. Otero 262, (7600) San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. mzaburlin@yahoo.com

► **Resumen** — Este capítulo considera las sociedades que habitaron las tierras altas de la Puna desde los albores del segundo milenio hasta el fin del dominio incaico (siglos X al XVI). Se trata de una época en la que ocurrieron grandes cambios climáticos y sociales en los Andes Centro Sur e incluyeron la instalación de un régimen climático de mayor aridez, el surgimiento de importantes conflictos interétnicos y la expansión del Imperio Incaico. Las particularidades de las sociedades puneñas de la época incluyen la cría de llamas como recurso económico dominante y el rol claramente marginal de la agricultura hasta la llegada de los incas. Se ponen en relevancia los principales grupos étnicos, propios del sector norte de la Puna en ese período, que lograron perdurar hasta las primeras décadas de la invasión hispana, y la diversidad de los patrones de asentamiento arqueológicos que refuerza la existencia de diferentes entidades sociales. Para la Puna meridional, en cambio, los datos arqueológicos indican la presencia de grupos con un menor desarrollo demográfico y político al depender mayormente de las grandes sociedades asentadas en los valles adyacentes como Hualfín.

Las redes de interacción identificadas responden a lazos de corta y larga distancia para la obtención de recursos alimenticios complementarios, elementos de utilidad económica y objetos sumptuosos. Finalmente, se destaca la importancia de la dominación incaica de la Puna, cuyo legado perdura en la sociedad actual. Se trata principalmente la red de caminos, nueva tecnología agrícola, producción minera y la existencia de espacios sagrados, como ofrendas en las altas cumbres de la región.

Palabras clave: Puna de Argentina; Siglos X al XV; grupos étnicos y asentamientos; producción e intercambio.

► **Abstract** — “Human societies in the Puna. From the beginning of the second millennium to the end of Inca rule”. This chapter deals with societies that lived in the Puna highland, from the beginning of the second millennium to the end of Inca rule. It was a time of great changes in the South Central Andes, both at natural and social scales. It included the onset of drier climatic conditions, interethnic conflicts and the rise and expansion of the Inca Empire. Llama herding was clearly dominant at the economic level compared with the marginal role played by agriculture until the arrival of the Incas. Different ethnic groups lived in the northern part of the Puna in that period (and endured until the Spanish invasion) and, together with their varied archaeological settlement patterns, reinforce the existence of diverse social units. Archaeological data from the southern Puna shows the existence of a lesser demographic development and political dependence on the big societies settled in nearby valleys like Hualfín. Interaction was important with contemporaneous societies living in other ecological regions. Traffic routes covered short and long distances and provided complementary food resources, and both utilitarian and sumptuous goods. Finally, the legacy of Inca domination shows traces that have endured in modern society. Features related to the Inca period include roads, new cultivation technologies, mining and the presence of sacred places like offerings found on the summits of high mountains in the area.

Keywords: Argentinean Puna; tenth to fifteenth centuries; ethnic groups and settlements; production and exchange.

INTRODUCCIÓN

A escala macro regional, en los Andes Centro Sur los años inmediatos a la transición hacia el segundo milenio fueron marcados por diferentes eventos, tanto en lo climático como en lo social. Una serie de crisis en lo productivo fue disparada por una sucesión de sequías, iniciada en el siglo X, que hizo eclosión en los siglos XIII y XIV (Liu *et al.*, 2005; Gayó *et al.*, 2012; Albeck *et al.*, 2017). Fenómeno paralelo al surgimiento de diversas unidades socio-políticas en general rivales entre sí (Lumbreras, 1974; Arkush, 2008, 2009). La Puna septentrional no fue ajena a estos procesos y la conquista por el estado incaico en el siglo XV dejó marcas profundas, tanto en el paisaje como en las costumbres y tecnologías de las sociedades puneñas.

En este capítulo se discute, en primer lugar, sobre las prácticas económicas de las sociedades de la Puna teniendo en cuenta las condiciones ambientales de las distintas sub-áreas. Se considera el pastoreo de camélidos como la principal actividad productiva, aunque en algunos sectores con condiciones muy favorables se registran sistemas agrícolas; también se destaca la importancia de los recursos mineros y la extracción de sal.

En segundo lugar se hace referencia a las diferentes etnias que habitaron la Puna, reconocidas a través de los registros históricos, y se describen los sitios de vivienda y productivos más relevantes del periodo, junto con las características materiales y tecnológicas propias de cada grupo.

En tercer lugar se refiere a las redes de interacción con áreas vecinas y lejanas, que adquieren su máximo desarrollo a partir del siglo XIII, reflejadas en las pinturas rupestres y en los hallazgos de bienes materiales, permitiendo plantear circuitos de intercambio de corta, media y larga distancia.

Por último se tratan las evidencias de la dominación incaica, registradas en diferentes tramos de caminos y tambos a lo largo del territorio y santuarios ubicados en altas cumbres.

LAS PRÁCTICAS ECONÓMICAS

En la Puna las prácticas productivas del pasado fueron propiciadas por las condiciones ambientales, los diferentes tipos de paisaje y el nivel tecnológico de las sociedades que la habitaron. En este contexto, se destacaba la cría de llamas como el sustento más importante y difundido, mientras que la producción agrícola tuvo características de marginalidad, restringida a espacios reducidos y mediante el uso de diversas inversiones tecnológicas. Otras actividades económicas fueron de tipo extractivo como la minería y la recolección de sal, principalmente de las Salinas Grandes (Albeck, 2001).

Si nos atenemos a la producción animal, son muy distintas las condiciones de pasturas que ofrece la Puna de Jujuy en comparación con las correspondientes a las de Salta y Catamarca. Por la calidad de algunos pastos y las extensas superficies cubiertas por vegetación arbustiva de tolares (Ottonello y Krapovickas, 1973 ; Ruthsatz y Movia, 1975), gran parte de la Puna jujeña es apta para el pastoreo (si se exceptúan lagunas, salares, arenales, afloramientos rocosos y altas cumbres). Dichas condiciones, favorables para la cría de ganado, se ven reducidas marcadamente en los ambientes de Puna de las provincias de Salta y Catamarca, principalmente por la notable reducción de la pluviosidad, sumada a una mayor altitud sobre el nivel del mar (Salta) y una ubicación geográfica más meridional (Catamarca). Estas variaciones han llevado a la discriminación en los Andes Centro Sur, desde la cuenca del Titicaca hasta la Puna de Catamarca, de diferentes tipos de vegetación ubicados como franjas groseramente paralelas y caracterizadas como Puna húmeda o normal, Puna seca o espinosa y Puna desértica o salada (Troll, 1958).

Así, los espacios con pasturas en el sector meridional de la Puna se comportan como oasis, al depender principalmente de la presencia de vertientes de agua que alimentan sectores de vegas u otro tipo de vegetación que pueden ser aprovechados como pasturas; normalmente se trata de espacios reducidos, separados por extensas áreas desérticas.

cas. Como excepción se destaca la zona de Laguna Blanca, ubicada al pie del nevado homónimo, y la hoyada de Antofagasta de la Sierra.

La actividad pastoral generó gran cantidad de derivados: carne fresca y seca, grasa, cueros, lana, abono y la producción textil. Esta última fue de particular importancia, especialmente en el sector central de la Puna de Jujuy (cuencas de Pozuelos y Miraflores), si se tienen en cuenta los abundantes restos arqueológicos relacionados con el hilado y el tejido (Krapovickas, 1985; Albeck y Ruiz, 2003). De una importancia fundamental se debe considerar el uso de los camélidos domésticos como animales de carga y su resistencia para realizar largas travesías con muy poco consumo de agua y alimento, fundamentales en el funcionamiento de las redes de intercambio con sociedades aledañas (Yacobaccio, 2014).

La agricultura, por su parte, estuvo restringida por los factores altitudinales y las precipitaciones, que no son suficientemente prolongadas ni abundantes en el ámbito puneño. Estas limitaciones fueron superadas mediante la inversión de trabajo en la construcción de estructuras de riego y terrazas de cultivo en áreas apropiadas, pudiendo obtener un complemento alimentario con el cultivo de algunas especies micro-térmicas (quinoa, oca, ulluco, maíz de tipo bolita y otras). No obstante, la producción agrícola en la Puna fue siempre de riesgo, sujeta a eventuales heladas, granizo o sequías (Albeck, 1993).

Las áreas agrícolas arqueológicas se encuentran principalmente en la cuenca de Miraflores-Guayatayoc (Casabindo, Abralaité, Rachaité y otros espacios), tal vez por ubicarse a una altitud menor que las demás cuencas endorreicas de la región, y se instalaron en lo que ha sido definido como “faja óptima” (Ottonello y Krapovickas, 1973). También se registra ocupación agrícola en los fondos de cuenca de los afluentes del Pilcomayo en el extremo norte de la región (río Grande de San Juan y río Yavi).

En la Puna sur, en Antofagasta de la Sierra, se han fechado áreas agrícolas per-

tenecientes a la primera mitad del segundo milenio en Bajo el Coypar I (Olivera *et al.*, 1994; Tchilinguirian y Olivera, 2011). Se trata de campos de cultivo asociados al tardío regional con una ocupación incaica posterior (Vigliani, 2005). En la cuenca de Laguna Blanca, en cambio, la agricultura y la instalación humana fueron importantes en el primer milenio después de Cristo (Albeck y Scattolin, 1984; Delfino *et al.*, 2009), no así en el segundo.

La producción agrícola se almacenaba a escala doméstica mediante el uso de grandes vasijas, sacos y probablemente hoyos, como se practica actualmente. En la cuenca de Guayatayoc, a nivel comunal, los productos se guardaban en silos construidos contra paredones rocosos ubicados en las cercanías de los poblados o de las áreas de cultivo; también se identifican estructuras de almacenamiento en Antofagasta de la Sierra (Tchilinguirián y Olivera, 2011; Albeck, 1993; Zaburlín, 2015).

Los recursos minerales de la región también fueron aprovechados, como las menas metalíferas identificadas en diversos contextos arqueológicos de la Puna, (Angiorama y Becerra, 2010; Boman, 1992 [1908]), diversos tipos de roca (Yacobaccio *et al.*, 2004), la sal (Boman, 1992 [1908]) y otros recursos de interés, prácticas que la población indígena continuó desarrollando en el siglo XVIII (Palomeque, 2000) y hasta épocas más recientes.

LOS GRUPOS HUMANOS Y SUS ASENTAMIENTOS

Al ser la Puna un lugar propicio para el pastoreo de camélidos como actividad económica principal, el patrón de poblamiento más característico se refleja en la presencia de pequeños sitios de vivienda ubicados en distintos pisos altitudinales o en las inmediaciones de fuentes de agua, ocupados estacionalmente, dependiendo de las necesidades del cuidado de los rebaños y de las dinámicas familiares en la organización productiva (Zaburlín, 1998). Aun así, el desarrollo a nivel social, especialmente durante

los siglos XI al XV, propició la instalación de asentamientos con una mayor densidad poblacional en el sector central y norte de la Puna de Jujuy, mientras que en el resto del ambiente puneño no tuvo lugar un proceso local de esta naturaleza.

En la Puna jujeña, las sociedades propias del segundo milenio fueron, en parte, continuación de las precedentes (Krapovickas, 1984; Zaburlín, 2015). En este contexto resultan significativas las que hicieron uso de la cerámica conocida como Isla, identificada en varios lugares como Pueblo Viejo de Guayatayok, Tabladitas, Santa Ana de Abralaite, Cochinoaca y Moreta, entre otros (Mamaní, 1998; Krapovickas, 1968; Zaburlín, 2012, 2015; Basso, 2015; Pérez Pieroni y Angiorama, 2017).

Entre los siglos XV y XVI, los pobladores de la Puna sufrieron tanto el peso de la conquista incaica como el cambio radical que significó la invasión de los europeos. Es a partir de las crónicas de este último proceso, y de la documentación colonial, que conocemos los nombres de diferentes grupos que habitaban las tierras altas y, también, las que nos permiten relacionar dichas sociedades con los restos arqueológicos correspondientes a los tiempos preincaicos (Krapovickas, 1978; Albeck, 2007).

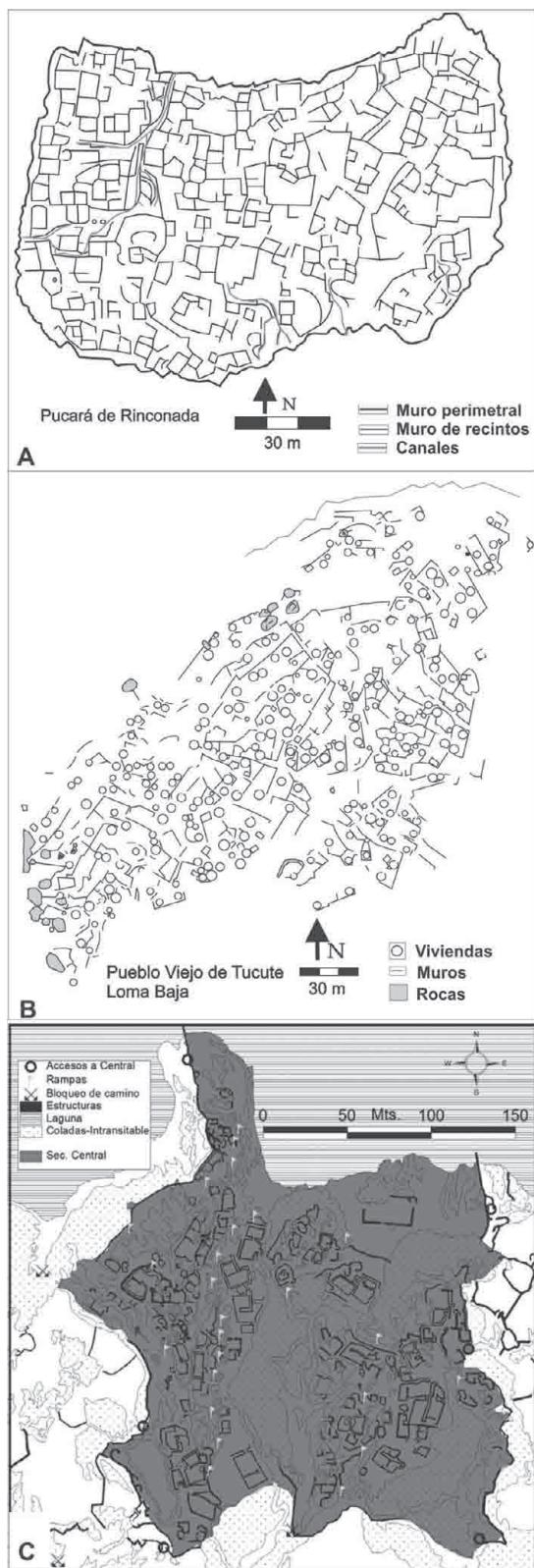
Sin embargo, la percepción de los españoles sobre estos grupos probablemente no captaba las sutilezas internas de dichas sociedades, donde la deformación craneana, la vestimenta y los tocados utilizados fueron indicadores de diferenciación social, que incluía el uso de distintos colores o tipos de tejidos (Ruiz y Chorolque, 2007). Si se tiene en cuenta la variedad de representaciones antropomorfas que aparecen en las pinturas rupestres del sector central de la Puna de Jujuy y la riqueza de colores de sus vestimentas y tocados (algunos de los cuales son recurrentes), es probable que haya existido un número mayor de grupos étnicos y parcialidades de los considerados aquí.

Las etnias mencionadas para la Puna de Jujuy en el siglo XVI corresponden a cochinocas, casabindos, chichas, uros y apatamas, mientras que la presencia de atacamas obe-

dece a migraciones más tardías que tuvieron lugar durante la etapa colonial (Krapovickas, 1978, 1984). De éstos, solo los cochinocas y casabindos perduraron como grupos de encomienda hasta los inicios de la república, para desaparecer como sociedad distintiva en la primera mitad del siglo XIX (Palomeque, 2006). Si bien desde los conjuntos cerámicos no se ha podido discriminar a los cochinocas de los casabindos prehispánicos (Krapovickas, 1984; Zaburlín, 2015), otros elementos como la arquitectura y las prácticas de inhumación, entre otras, estarían indicando que se trataba de grupos con identidades marcadamente diferentes.

Desde la arqueología se definieron diferentes “culturas” que habitaron la Puna de Jujuy, principalmente en base a estilos cerámicos (Ottonegro y Krapovickas, 1973), con lo cual muchos poblados arqueológicos se consideraron parte de un mismo grupo étnico. A la luz de nuevas evidencias sobre patrones de asentamiento, técnicas constructivas, tipos de entierro y datos etnohistóricos se podrían plantear algunas correlaciones entre determinados asentamientos arqueológicos con antiguas unidades sociales. De esta manera se pueden diferenciar poblados correspondientes a grupos cochinoca, casabindo y chicha en el sector norte y central de la Puna de Jujuy. Para la Puna sur se mencionan sitios habitados por grupos afines a las sociedades Belén del Valle de Hualfín (Raffino y Cigliano, 1973), al no existir menciones documentales sobre grupos étnicos propios de la Puna meridional; tampoco se cuenta con indicios desde la arqueología.

Los cochinocas fueron un grupo propio del sector central de la Puna de Jujuy (Krapovickas, 1978, 1984). Su cabecera fue el Pucará de Rinconada, el “Pucará de Cochinoca” de la documentación colonial (Sica, 2006; Albeck, 2008-2010) (Figura 1A), emplazado sobre una meseta al suroeste de la laguna de Pozuelos y es probable que algunos asentamientos dispersos menores, registrados en el sur de la cuenca, hayan dependido de él (Angiorama, 2011). Al tratarse de un sitio estratégico defensivo, presenta un único acceso y desde lo alto tiene un amplio domi-



nio de todo el sector sur de la cuenca de Pozuelos y de las serranías aledañas. Las viviendas son de planta rectangular, levantadas íntegramente con la roca volcánica que conforma la meseta. En algunas se registra la presencia de bloques cilíndricos tallados en la misma roca (que se han denominado “menhires”), probablemente parte del sostén del techo; los entierros se hacían mayormente en el piso de las habitaciones (Suetta y Alfaro, 1979, s.f.; Ruiz y Laguna, 2003). Como rasgo único y distintivo, este poblado arqueológico posee un sistema de canales subterráneos enlajados que servían para el drenaje de las aguas meteóricas que se acumulan sobre la superficie; algunos de los cuales conducían a reservorios. El poblado estuvo sujeto al dominio incaico y un sector de construcciones pertenece a dicha etapa (Ruiz, 1996). En los inicios del siglo XVII, los cochinocas sufrieron el traslado compulsivo hasta donde se encuentra el poblado homónimo en el que fueron reducidos (Palomeque, 2015).

Los casabindos, el otro grupo preincaico propio del sector central de la Puna de Jujuy (Krapovickas, 1978, 1984), fueron numéricamente más importantes que los cochinocas. Habitaron el sitio arqueológico conocido como Pueblo Viejo de Tucute o Pueblo Viejo de Casabindo (Figura 1B), ubicado en la serranía al suroeste del pueblo actual del mismo nombre, sede de su reducción colonial (Sica, 2006). Atento a las dimensiones del poblado arqueológico, fue una sociedad importante en el contexto regional. Se cuenta con más de 20 fechados radiocarbónicos que muestran una historia ocupacional permanente de aproximadamente cuatro siglos (Albeck y Zaburlín, 2008).

Se trata de un sitio excepcional que se destaca tanto por su emplazamiento,

Figura 1. A. Plano del pucará de Rinconada (Ruiz y Laguna, 2003). B. Plano de la Loma Baja de Pueblo Viejo de Tucute (Tolaba, 2011). C. Plano de La Alumbrera (Salminci, 2009).

dimensiones y características arquitectónicas. A pesar de ser poco accesible y elevado no posee un emplazamiento estratégico de dominio del entorno. Ocupa entre siete y diez hectáreas cubiertas por cerca de 600 viviendas, además de áreas funcionales específicas, como espacios rituales y simbólicos, corrales, plaza, basureros, etc., organizadas mediante vías de circulación formales (Tolaba, 2011). Las pendientes se hallaban ni-veladas por muros de contención de piedra donde se ubicaban las viviendas, de planta circular no asociadas, es decir, que no se adosaban unas con otras (Figura 2A). Entre las lomadas que ocupa Pueblo Viejo de Tucute, se encuentra un pucara, construido sobre una elevación rocosa de superficie aplanada, desde la cual se tiene un excelente dominio visual del entorno.

Las características arquitectónicas, la modalidad de entierro en grutas o contra farallones y elementos rescatados en excavaciones arqueológicas han llevado a plantear una filiación altiplánica para los casabindos (Albeck, 2007, 2010), en tanto muestran mayor afinidad con las sociedades del altiplano peruano-boliviano que con cualquiera de las contemporáneas colindantes (no solo las de la Puna de Jujuy).

La ocupación de Pueblo Viejo de Tucute, entre fines del siglo X e inicios del siglo XV, lleva a reflexionar sobre dos cuestiones: cómo una sociedad totalmente ajena logró instalarse en un espacio habitado por grupos preexistentes y cuál fue su destino al arribo del Inca (Albeck, 2010). De manera coincidente con este último evento, se verifica un despoblamiento total y masivo del poblado arqueológico. Es probable que parte de la población haya sido re-instalada en la zona de Casabindo (tal vez en lo que se conoce como Pueblo Viejo de Potrero), en tanto los farallones que rodean a Pueblo Viejo de Tucute se continuaron utilizando con fines de inhumación durante el momento hispano-indígena.

Los demás asentamientos arqueológicos conocidos para el sector central de la Puna de Jujuy cuentan con escasos correlatos documentales y no pueden ser asimilados

a grupos étnicos como casabindos o cochinocas. Por ejemplo, un sitio destacado es el poblado de Agua Caliente de Rachaita (Ottonello, 1973) o Doncellas (Casanova, 1943), que estuvo habitado desde etapas muy tempranas hasta la época hispana. Se trata de un asentamiento ubicado sobre ambos márgenes de un arroyo temporario, limitado por elevados farallones verticales, que obstruyen totalmente la visión del entorno, y contra los cuales se construyó gran cantidad de tumbas en forma de pequeñas casas (Ottonello, 1973). Las viviendas son de planta rectangular, levantadas íntegramente con piedras de tamaño regular; aparecen también recintos mayores que pudieron haber cumplido la función de patios. En la parte más elevada del poblado se encontró una estructura escalonada, flanqueada por rocas talladas de forma cilíndrica que conducen a una plataforma en la cima, probablemente de uso ceremonial (Alfaro de Lanzone, 1983).

Entre los poblados pequeños se destacan por ejemplo, Lumará y Quilican en las estribaciones más septentrionales de la sierra del Aguilar, y Rachaita al oeste de Doncellas, sitios que han sido identificados pero que no cuentan con estudios sistemáticos (Zaburlín, 2015). Al sur de la laguna de Pozuelos (sobre los ríos Candado, Herrana, San José y Cincel), y también al oeste de la laguna, se reconocieron sitios temporarios (viviendas aisladas asociadas a corrales), transitorios (arte rupestre) y sitios residenciales menores (Angiorama, 2011; Angiorama y Del Bel, 2012; Rodríguez Curletto y Angiorama, 2016; Mamaní, 1998).

En la zona de Casabindo, en cambio, se ha logrado avanzar un poco más en el conocimiento de algunos de los poblados medianos y pequeños como Pueblo Viejo de Potrero, Ojo de Agua y Calaverioj. Al noroeste de Casabindo, Pueblo Viejo de Potrero se emplaza sobre un amplio fondo de valle de pendiente suave, cubierto por extensos terrenos agrícolas de diferentes tipos (canchones, terrazas y andenes). Es de fácil accesibilidad y corresponde a un poblado denso, sin defensas, con recintos rectangulares de diferentes tamaños, adosados unos a otros formando

una compleja red, que funcionaron como viviendas, patios y lugares de almacenaje (Carmago y Zaburlín, en preparación).

Sobre un promontorio rocoso bajo, se encuentra Ojo de Agua, un pequeño asentamiento ubicado en el acceso al poblado

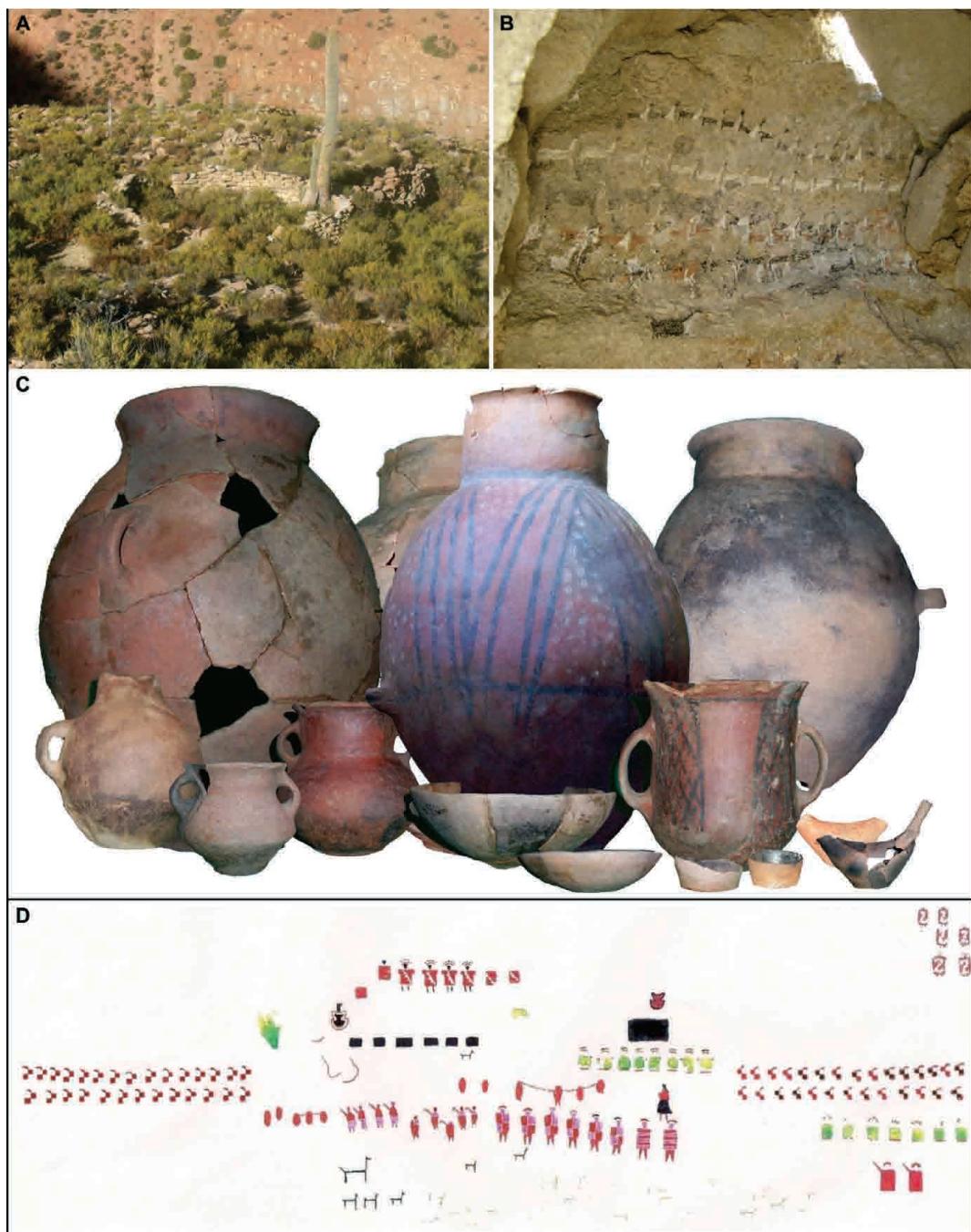


Figura 2. A. Vivienda de planta circular en Pueblo Viejo de Tucute (Albeck, 2010). B. Pintura rupestre representando caravanas de llamas (Tejerina, 2016). C. Ejemplos de cerámica del sector central de la Puna de Jujuy (Basso, 2017). D. El "Panel Boman" modificado de Boman 1992 [1908].

moderno de Casabindo. Presenta un emplazamiento estratégico al dominar visualmente gran parte del bolsón Miraflores-Guayatayoc y el acceso hacia las áreas agrícolas más importantes, no obstante, carece de características defensivas. Los recintos son de planta rectangular de diversos tamaños construidos con roca local (Dip, 2001).

Hacia el sur de Casabindo se ubica Calaverioj en un amplio sector de vega; encerrado entre afloramientos rocosos posee escasa visibilidad del entorno. Los alrededores se hallan cubiertos por andenes de cultivo y aparece una gran cantidad de cuevas tapiadas con restos óseos humanos. Las antiguas viviendas son de planta rectangular de tamaño mediano y grande construidas con las rocas del lugar (Albeck y Zaburlín, 2008).

Para el área de Coranzulí se han reconocido asentamientos pequeños, de aproximadamente una docena de viviendas (Candados, Licante y Canalita), con un patrón arquitectónico de recintos de planta circular, afín al de Pueblo Viejo de Tucute (Rivet, 2016); en estos casos corresponderían a casabindos.

En el sector central de la Puna de Jujuy la cerámica del segundo milenio no varía mayormente entre los diferentes poblados y consiste principalmente de conjuntos no decorados, con tipos morfológicos muy homogéneos. Las vasijas más características corresponden a 1) vasijas subglobulares de cuello convexo decoradas con líneas negras oblicuas, con frecuencia asociadas a puntos blancos, 2) vasos sub-cilíndricos de asa vertical que pueden estar decorados en negro sobre rojo pulido, 3) pequeñas vasijas zoomorfas con representación modelada de camélidos. Se registra además una alta representatividad de vasos chatos o de hilandera. Las piezas abiertas como escudillas y vasos chatos suelen presentar el interior negro pulido o negro bruñido suave (Figura 2C). Durante el periodo incaico se mantiene el conjunto local con variantes menores y se incorporan tipos incaicos como platos pato y platos con asa.

Las puntas de proyectil, de obsidiana, son pequeñas triangulares y con la base escotada. Se registran palas y azadones para

tareas agrícolas elaboradas sobre andesita y múltiples herramientas sobre basalto.

La utilización de formaciones rocosas como espacios funerarios es un fenómeno propio del segundo milenio en el sector central de la Puna de Jujuy, cuyo uso continuó durante el Periodo Inca hasta el Hispano Indígena (Vignati, 1938; Ottonello, 1973; Alfaro de Lanzone, 1988). Aparecen con mayor densidad alrededor de los sitios habitacionales, aunque podría tratarse de un sesgo de muestreo. Las estructuras, construidas de piedra y mortero de barro contienen abundantes ofrendas acompañando restos humanos depositados en distintos momentos; en general son entierros múltiples de adultos, siendo muy baja la presencia de niños y párvulos.

En todo el sector central de la Puna se reconoce una enorme riqueza en las representaciones rupestres, tanto pictografías como grabados. Es muy importante el uso de la policromía y la presencia de escenas donde se destacan figuras humanas con diversos tipos de vestimenta y tocados y la abundancia de camélidos (Figura 2B).

El sector norte de la Puna de Jujuy se hallaba ocupado por grupos chichas, una importante macroetnia, propia de la mayor parte de los valles del sur de la actual Bolivia. Desde las inmediaciones de Yavi, abarcaban la mitad central y norte de la cuenca de Pozuelos y el río Grande de San Juan en su límite con Bolivia. Los pobladores de todo este espacio fueron reducidos por los españoles en el pueblo de Talina, en el sur de Bolivia, en el año 1573 (Palomeque, 2010). Los chichas tuvieron una gran antigüedad en el área, registrada desde la etapa formativa (Krapovickas, 1977; Beierlein, 2008) y fueron una sociedad que ofreció una tenaz resistencia al Inca (Betanzos, 1987 [1551]). Cuando finalmente sucumplieron al poderío imperial, pasaron a integrar los grupos de apoyo a la dominación incaica en gran parte del noroeste argentino (Cremonte, 1994).

En la Puna septentrional se han identificado varios poblados de grupos chicha; uno de los más importantes corresponde al sitio Cerro Colorado 1 (Krapovickas, 1977)

ubicado en la localidad homónima cercana a La Quiaca, sobre un cerro de color rojizo en la margen derecha del río Sansana. Las viviendas son de planta rectangular, levantadas con rocas prismáticas seleccionadas y ocasionalmente canteadas, dando lugar a un lienzo muy prolíjo y de gran solidez. Se trata de un poblado poco denso, entre las viviendas aparecen recintos de mayores dimensiones y espacios vacíos.

Otro de los sitios es Yavi Chico (Krapovickas, 1965), un asentamiento emplazado sobre una terraza aluvial donde la parte más baja estuvo ocupada por terrenos de cultivo, en tanto que los sectores más elevados fueron utilizados para ubicar las viviendas, construidas con rodados de forma prismática y adobes; algunas presentan pequeñas cámaras que sirvieron como silos.

En el norte y este de la cuenca de Pozuelos se han reconocido poblados de tipo monticular. El mayor de éstos es Yoscaba (Balbuena, 1994), ubicado al noroeste de la laguna de Pozuelos, y consta de numerosos montículos de diferente altura sobre los cuales aparecen líneas de piedras, abundantes restos de cerámica, líticos y óseos.

Otro poblado de características similares es Pozuelos, que se encuentra sobre la margen oriental de la laguna. Allí se observó la presencia de viviendas de planta cuadrangular o redondeada levantadas exclusivamente con adobes (González, 1963), fechado entre 1400 y 1523 A.D (Fernán y Fernández, 1994). Ambos asentamientos cuentan con cerámica affín a la chicha.

Los poblados arqueológicos de la cuenca del río Grande de San Juan, en territorio argentino, se incluyen en el espacio puneño por emplazarse a una altura mínima de 3400 msnm (Ávila, 2013). La cerámica registrada corresponde a la tradición Yavi-Chicha y se registra minoritariamente alfarería tipo Casabindo (Nielsen *et al.*, 2015).

Los conjuntos alfareros chicha se destacan por la calidad de su pasta y el tratamiento de superficie. El color es el atributo característico del estilo Yavi-Chicha, como la marca que lo unifica y distingue de otros estilos alfareros contemporáneos del sur andino. Se ha

planteado que son los contrastes cromáticos —antes que los colores individuales— los determinantes en la conformación visual de esta tradición (Ávila, 2013). Algunas piezas llevan decoración en líneas finas con motivos espiralados y triangulares. Los tipos morfológicos incluyen escudillas, cántaros y botellas con asas asimétricas, a menudo con modelados antropomorfos. Entre la alfarería sin decoración se registran piezas con incrustaciones de cuarzo en su interior e impronta de textil en la base, conocidas como “Pozuelos con cuarzo” y variedades de ollas con pie cónico. Las puntas de proyectil son triangulares con pedúnculo, muy pequeñas, y elaboradas en roca silícea. El arte rupestre más frecuente corresponde a grabados donde, con frecuencia, se reconocen algunos de los motivos presentes en la cerámica.

Los uros fueron sociedades con una economía cazadora-recolectora. Muchos de ellos habitaron el Altiplano peruano-boliviano, donde han perdurado reducidos grupos hasta la actualidad (Métraux, 1932; Wachtel, 2001 [1990]). Se desconoce si los que habitaron la parte más occidental de la Puna de Jujuy tuvieron alguna relación con los más septentrionales o si meramente fueron denominados así por su modo de vida, desarrollado en un espacio muy elevado y hostil, cercano al límite occidental con Bolivia (Nielsen *et al.*, 1999). Es probable que los uros de la Puna hayan desaparecido en los primeros tiempos de la época colonial; no obstante, existe respaldo documental sobre su presencia hacia el oeste de la Puna de Jujuy a principios del siglo XVIII (Garcés, en prensa).

Los apatamas conformaron una sociedad prehispánica que desapareció tempranamente de su espacio original por el accionar de los españoles y solamente aparecen mencionados en la documentación más temprana. Al haber dado muerte a su primer encomendero (Krapovickas, 1978, 1984) fueron trasladados por su hijo a las inmediaciones de la actual Sucre, donde fueron registrados como de identidad apatama y pertenecientes a la gran nación Chicha (Presta, 2001); se desconoce cuál fue su área de residencia.

En la Puna meridional, aparentemente,

no existió un desarrollo local de poblados durante el segundo milenio, sino que surgieron de instalaciones de grupos Belén, del valle de Hualfín, en la Puna catamarqueña. Se han reconocido dos poblados principales, Pucará de la Alumbrera y Punta de la Peña.

Pucará de la Alumbrera se halla emplazado sobre el faldeo de dos volcanes poco elevados ubicados en el fondo de cuenca de Antofagasta de la Sierra. Es el poblado que más se destaca en la Puna meridional por su tamaño y características constructivas. Las estructuras son de planta rectangular, cuadrangular, circular e irregular y se hallan levantadas totalmente con piedra, sin el uso de mortero de barro; una gran muralla en U protege la población (Raffino y Cigliano, 1973) y posee vías de circulación internas (Salminci, 2009) (Figura 1C). Por sus características se ha propuesto que tenía fines defensivos (Olivera, 1991). En su parte oriental hay un área de grandes recintos rectangulares e irregulares posiblemente utilizados como corrales. Registra evidencias de ocupación preincaica y continuó habitado durante la dominación cuzqueña.

El sitio Punta de la Peña ubicado al noreste de Antofagasta de la Sierra, sobre farallones del río Las Pitas, presenta características arquitectónicas asimilables a La Alumbrera (Olivera, 1991).

En el segundo milenio, en la Puna sur, se destaca la abundancia de sitios con arte rupestre ubicados en el fondo de cuenca, coincidiendo con los sectores de mayor aptitud para desarrollar tareas agrícolas y de pastoreo (Podestá y Olivera, 1998; Aschero, 2000; Vigliani, 2005).

REDES DE INTERACCIÓN E INTERCAMBIO

Aproximadamente desde el siglo V se comenzaron a consolidar redes de interacción abarcando todo el ámbito de los Andes Centro Sur (Nuñez Atencio, 2006; Tarragó, 2006). Durante el siglo XIII se establecieron circuitos que vinculaban las regiones nodales (*sensu* Nielsen, 2011), donde se asentaban sociedades con diversos niveles de comple-

jidad, y donde el tráfico caravanero alcanzó su máximo desarrollo como el principal mecanismo de intercambio (Nielsen, 2001). La interacción entre las poblaciones habría implicado negociaciones políticas y económicas con distintos niveles de intercambio, involucrando unidades domésticas o caravanas organizadas y controladas por algún tipo de élite (Nielsen, 2006).

Una de las características de la macro región es que comienzan a generalizarse pinturas rupestres con representaciones de hileras de llamas y caravaneros (Figura 2B). La participación en las redes de intercambio de los pueblos asentados en la Puna se habría realizado a partir de excedentes de la producción local: derivados de la ganadería (carne, lana, tejidos) y probablemente sal y metales.

Después del cambio de milenio, las sociedades asentadas en el sector central y norte de la Puna de Jujuy formaban parte de las redes de interacción que incluían el sur de Bolivia y el oasis de San Pedro de Atacama y el río Loa, en Chile. En base a la evidencia cerámica se plantea que las poblaciones asentadas en la Quebrada de Humahuaca se habrían incorporado a estas redes a partir del siglo X (Beierlein, 2008; Ávila, 2009) y los de la cuenca Guayatayoc-Miraflores recién durante el siglo XIII, en ambos casos mediante la interacción con los pueblos chicha (Zaburlín, 2015).

Las redes de intercambio a corta distancia incluían el sector central de la Puna de Jujuy, la Quebrada de Humahuaca y los valles del sur boliviano donde se asentaban los chichas. La evidencia de interacción entre la Quebrada de Humahuaca y el sector central de la Puna de Jujuy muestra que estuvieron vinculados desde los inicios de la era cristiana hasta el periodo colonial (Zaburlín, 2009; Palomeque, 2000), pudiendo identificarse flujos de circulación de cerámica entre ambas regiones.

En cuanto a la interacción entre los pueblos de la región chicha y el sector central de la Puna de Jujuy, la cerámica chicha está ausente en el registro hasta el siglo XIII, momento a partir del cual se vuelve un material

ubicuo en todos los sitios. Aparece tanto en contextos domésticos como funerarios y la mayoría de las piezas presenta huellas de uso; esto indicaría que la cerámica chicha no conformaba un tipo particular de objeto, sino que compartía con la cerámica local las mismas etapas de uso y descarte (Zaburlín, 2015).

La circulación de bienes en redes de larga distancia incluía los pueblos del desierto de Atacama, el río Loa y la costa, todos en territorio chileno, el sur de Potosí, Bolivia, y los valles de la vertiente oriental andina (Albeck, 1994; Albeck y Ruiz, 1997). Desde la costa del Pacífico ingresaron valvas de moluscos que fueron registradas como ofrendas en contextos funerarios (Nordenskiöld, 1903; Egaña *et al.*, 2016). También en los análisis de textiles se observan similitudes formales en diversas piezas procedentes de ambos lados de la cordillera (Renard, 1997; Uribe y Agüero, 2005).

El estudio de tabletas de madera para el consumo de alucinógenos ha generado nuevas miradas sobre la complejidad de los procesos de interacción con el norte chileno. Las tabletas procedentes de la Puna de Jujuy y San Pedro de Atacama (Chile) comparten elementos formales y decorativos. En base a los aspectos iconográficos se plantea que formaban parte de un estilo “Circumpuneño”, cuya vigencia se habría mantenido hasta el período de dominación incaica (Horta Tricallotis, 2012).

Entre los productos que circularon desde los valles ubicados en la vertiente oriental andina se encuentran artefactos de madera, numerosos en los contextos arqueológicos de la Puna debido a las condiciones climáticas que permiten una excelente conservación. Los implementos utilitarios encontrados son arcos, astiles, calabazas y cuchillones; entre los artefactos suntuarios se registran tabletas, tubos y cubiletes de madera. Otros elementos que se pueden clasificar en esta categoría incluían principalmente cascabeles de nogal criollo, plumas de aves tropicales y hojas de coca.

Durante el segundo milenio las poblaciones asentadas en la Puna meridional,

principalmente en el sitio de La Alumbrera, se vinculaban con las áreas de valles de Catamarca y la Rioja con influencia Belén y, a partir de allí, se integraban en redes que abarcaban regiones más amplias (Elías y Escola, 2010).

Merece la atención la utilización de fuentes de obsidiana cuyas determinaciones de procedencia geológica han dado abundantes resultados en la última década. Se encuentran identificadas aproximadamente una quincena de fuentes de obsidiana en la región puneña de Jujuy, Salta y Catamarca. Cada una de estas fuentes presenta esferas de distribución que abarcan su zona inmediata, sin embargo las fuentes Ona y Zapaleri destacan por su distribución en regiones alejadas.

Las fuentes Caldera Vilama y Zapaleri están ubicadas en el extremo norte de la Puna jujeña, en el límite tripartito entre Bolivia, Chile y Argentina; su esfera de distribución incluye principalmente los sitios de la provincia de Jujuy, pero también sitios de la quebrada del Toro y norte del valle Calchaquí (Yacobaccio *et al.*, 2004; Sprovieri y Glascok, 2007; Soria y Macoritto Torcivia, 2014).

La fuente de obsidiana Ona se ubica al oeste del salar de Antofalla (norte de provincia de Catamarca) y su esfera de distribución se extiende desde el espacio inmediato hasta el norte del valle Calchaquí (Scattolin y Lazzari, 1997; Elías y Escola, 2010; Soria y Macoritto Torcivia, 2014; Wynveldt y Flores, 2014).

LA INCLUSIÓN EN EL ESTADO INCAICO

El estado incaico fue la mayor organización política y social de toda América, extendiéndose desde el sur de Colombia hasta el centro de Chile. Tuvo un complejo pero eficiente ordenamiento sociopolítico y económico, donde replicaba, a una macroescala, la organización comunitaria andina (Murra, 1989 [1978]). Según la información recuperada por cronistas hispanos del siglo XVI, la ocupación incaica del Noroeste Argentino tuvo lugar en la segunda mitad del siglo XV.

No obstante, y atendiendo a las evidencias arqueológicas, este evento se habría desencadenado 50 años antes de lo estimado. Fechados radiocarbónicos fijarían una instalación inicial alrededor de 1430 (D'Altroy *et al.*, 1998) mientras que el definitivo, en cambio, se habría producido alrededor de 1480. La conquista incaica de la Puna tuvo sus inicios, entonces, apenas 100 años antes del derrumbe del poderío imperial con la invasión hispana.

La administración estatal se hallaba controlada desde el Cuzco, donde el camino inca cumplía un rol fundamental, vinculando todas las partes del extenso territorio (Hyslop, 1992). Existen diferentes evidencias de la presencia incaica en el espacio puneño, tanto norte como sur.

El camino principal —Qhapaq Ñan— era probablemente el que ingresaba por Calahoyo, en el límite con Bolivia, y continuaba hacia el sur por la Puna de Jujuy. Al sur de las Salinas Grandes se abría en dos ramales, uno que seguía por El Moreno para pasar a la quebrada del Toro y otro que por el abra del Acaj bajaba al Valle Calchaquí (Mignone, 2015). De este camino se han identificado algunos tramos, en tanto su utilización durante la época colonial y republicana hasta mediados del siglo XX ha cambiado su traza en muchos lugares. Los tambos o postas también han resultado difíciles de identificar, por ser pequeños y con frecuencia reutilizados o desmantelados. Estaban separados entre 20 y 25 km, la distancia que puede caminar una llama en un día, dependiendo del terreno.

Uno de los tambos reconocidos es Calahoyo, mencionado en la documentación colonial como “Tambo Real” o principal, probablemente haya sido un centro administrativo. Este es un gran establecimiento incaico ubicado a ambos lados de la línea fronteriza, aunque el mayor número de construcciones se encuentra del lado boliviano. Más al sur, en el abra homónima, se encuentra el tambo de Moreta. Se trata de un asentamiento compuesto por varios recintos y corrales de gran tamaño cercanos a un conjunto de viviendas chichas (Albeck, 2008-2010; Perez Pieroni y Angiorama, 2017).

En el sur de la serranía de Cochinoca también se ha identificado un pequeño sitio con cerámica incaica, aunque se desconoce su funcionalidad (Basso, 2017), y en las proximidades de Casabindo se registró el tambo de Liristi (Zaburlín, 1998). Los tambos de Rinconadillas y El Moreno (Raffino *et al.*, 1978) han sido borrados por obras recientes; también se han reconocido tambos sobre el ramal que conduce al abra del Acaj (Mignone, com. pers.).

La Puna salteña es una vía de circulación obligada que permite comunicar zonas estratégicamente vitales en el norte de Chile y en los valles mesotérmicos del noroeste, así como también sectores más australes y septentrionales de la Puna argentina. En el Salar Ratones se ha constatado la presencia de dos sitios pertenecientes al momento incaico vinculados con el control del tráfico de recursos: en Abra de Minas se identifican numerosas estructuras arquitectónicas (López y Coloca, 2015; Coloca, en prensa) y en Cueva Inca Viejo (López *et al.*, 2015) se observa arte rupestre y evidencias de materiales procedentes de distintas regiones, en particular de tierras bajas como las yungas.

En la Puna catamarqueña, en la hoyada de Antofagasta de la Sierra, se destacan los sitios La Alumbra donde la ocupación incaica se concentra especialmente en el sector central del poblado (Vigliani, 2005) y la Fortaleza de Coyparcito (Williams, 2000) ubicada estratégicamente sobre una saliente de la ladera de los cerros del Coypar, con buena visibilidad de todo el fondo de cuenca incluyendo las entradas naturales al mismo y del sistema de producción agrícola de Bajo del Coypar. En cuanto a tambos de la Puna sur se reconoce a la Tambería de Laguna Diamante, 40 km al noreste de Antofagasta (Olivera, 1991), Caranchi Tambo y Festejo de los Indios en la cuenca de Laguna Blanca (Delfino y Pisani, 2010). Las cabeceras del valle de Chaschuil fueron un espacio de circulación en el momento incaico, básicamente por articular con el paso de San Francisco que comunicaba con la zona de Copiapó en Chile (Ratto *et al.*, 2002).

Un segundo segmento de la traza incaica

ingresaba al actual territorio argentino en las inmediaciones de La Quiaca para tomar rumbo al sur. Se ha identificado un tramo de este camino en el abra de Cóndor (Albeck, 2016) desde donde se dirigía hacia Inca Cueva para luego pasar a la Quebrada de Humahuaca (aunque ésta no sea necesariamente la única traza que conducía a dicha quebrada). Los tambos que han sido identificados se limitan a Toroara, en La Quiaca Vieja (Raffino *et al.*, 1986) y “Puerta de Inca Cueva” en Esquinas Blancas (Nielsen, 2001). En las proximidades de Abra Pampa sobre el faldeo occidental del cerro Huancar se ha reconocido el tambo de Peñas Blancas (Mamaní *et al.*, 2016).

Como resulta evidente, el camino incaico, en ambas arterias troncales, abandonaba las tierras altas para seguir por los valles y quebradas; recién mucho más al sur vuelven a aparecer instalaciones incas en ambientes de tipo puneño, como los descriptos arriba.

En cuanto a las prácticas productivas, el principal desarrollo de la agricultura incaica se dio en los valles y quebradas. No obstante, en la Puna de Jujuy hubo un importante bolsón agrícola imperial instalado en el área de Casabindo (Albeck, 2016), desde Sayate-Tambillos al norte hasta el área de Río Negro al sur. En este espacio, se destaca la andenería de Sayate (Boman, 1992[1908]) con un desnivel cercano a los 100 m por encima del fondo de valle y una gran acequia que corre por la parte más elevada. Más cercanos a Casabindo se observan sistemas de andenes en gradería en Potrero y Capinte, vinculadas con complejas redes de riego, dos grandes canales nacen en represas y en Capinte el agua era conducida por una acequia excavada en roca a lo largo de más de 100 m (Albeck, 2011). En Puerta de Tucute, en la cuenca de Río Negro, se observa la presencia de andenerías en anfiteatro de neto corte incaico. Se ha postulado que lo producido en este gran espacio debió servir para abastecer los diferentes tambos asociados al tramo puneño del camino y a establecimientos mineros estatales. Asociado al tambo de Moreta, por su proximidad, se destaca un pequeño sector agrícola ubicado sobre varios faldeos con exposición oeste (Albeck, 2016).

Al pie de los cerros donde se ubica Coyarcito se extienden las ruinas de un complejo sistema de explotación agrícola denominado Bajo del Coypar II (Olivera *et al.*, 1994). La intervención imperial se hacía evidente por la implementación de un complejo sistema de canales que corría por la ladera a una cota superior, lo que permitía ampliar considerablemente el área de cultivo (Vigliani, 2005).

Las evidencias de producción ganadera para el Estado Incaico son poco tangibles; no obstante, cierto tipo de representaciones de camélidos de contorno rectilíneo, donde resulta notable el uso de señales en las orejas, detalles geométricos en el cuerpo y el uso de “puiso” (collares de flecos de lana) en el pecho, podrían relacionarse con el momento de dominación cuzqueña (Tejerina, 2016).

La presencia de construcciones incaicas, fuera de los asociados al camino, es escasa. En la Puna de Jujuy se limitan a un sector del Pucará de Rinconada, ubicado en el acceso al pucará, que se destaca por la técnica constructiva y la planta de los edificios (Ruiz, 1996).

Un sitio arqueológico que denota claramente la planificación incaica es el Pucará de Tres Cruces, en las nacientes del río Grande. Emplazado sobre un faldeo de gran pendiente permite observar claramente el sector de Esquinas Blancas donde el camino incaico abandona el ambiente puneño para internarse en la Quebrada de Humahuaca. Este sitio ha sido interpretado como una guarnición y es probable que haya sido utilizado durante un lapso muy breve o que incluso haya quedado inconcluso (Nielsen, 1994-95). Varias de las edificaciones (que son escasas) conservan su dintel de piedra, ubicado por encima de un vano trapezoidal. El emplazamiento y algunos detalles arquitectónicos fueron de imposición imperial pero la mano de obra probablemente haya sido local, como ocurre con otros poblados de la época.

Relacionados con la esfera simbólica propia del momento incaico se destacan los santuarios de altura, ubicados en las cumbres de cerros elevados, y también en otros espacios como las salinas. Se trataría de eventos ri-

tuales donde se sacrificaron niños acompañados de importantes ofrendas, eventos que se han interpretado como parte de una capacocha (Duvivols, 1976), una manifestación de la anexión de una comunidad no incaica al Estado (Reinhard y Ceruti, 2010). Se ha constatado la existencia de más de un centenar de estos sitios a lo largo del territorio que abarcaba el Collasuyo.

En el cerro Chañi, Puna de Jujuy, se registra un complejo ceremonial de altura con actividades rituales y la ejecución de al menos un sacrificio humano acompañado por el depósito de cerámica en calidad de ofrenda, el sacrificio de llamas y quema de algunos ítems depositados.

En la Puna de Salta destacan los hallazgos en la cima del volcán Llullaillaco. A más de 6700 metros de altura se rescataron tres cuerpos preservados por congelamiento, pertenecientes a una niña, un niño y una joven mujer de época incaica. Asimismo, se recuperaron alrededor de 100 objetos depositados como ofrendas asociadas, incluyendo estatuillas antropomorfas de oro, plata y valva de molusco con miniaturas textiles y tocados de plumas, figurinas representando camélidos andinos (llamas y vicuñas) vasijas y platos de cerámica, vasos y cucharas de madera, bolsas tejidas conteniendo hojas de coca y alimentos (Ceruti, 2003a; Reinhard y Ceruti, 2010). Otros santuarios de altura corresponden al cerro Galan (Rebitsch, 1966), Quehuar (Ceruti, 2001) y varios cercanos a Laguna Brava en La Rioja (Ceruti, 2003b).

En Salinas Grandes (La Poma, Salta) se registró el hallazgo del cuerpo momificado de un niño que estaba acompañado de un variado conjunto de ornamentos metálicos personales: diadema, pulsera, anillos y un cetro (Boman, 1918).

Durante la ocupación incaica, los vínculos de interacción a corta distancia y a nivel doméstico, entre el sector central de la Puna de Jujuy, chichas y la Quebrada de Humahuaca, no presentaron modificaciones notorias. De forma similar, los estudios sobre circulación de obsidiana también plantean para el periodo incaico una aparente continuidad de los circuitos de aprovisionamiento establecidos

previamente (Sprovieri y Glascock, 2007; Sprovieri, 2014).

Los cambios más importantes fueron las intervenciones de políticas estatales en la redes de interacción a larga distancia, principalmente con la circulación de bienes de prestigio. Estos elementos presentan una distribución restringida a ciertos sectores de la población, como indicadores de estatus, ya sea por miembros de la élite local o representantes del Inca.

En la región de Casabindo, la alfarería inca no local se registra únicamente en áreas agrícolas y en contextos funerarios, en tanto está ausente en poblados y viviendas arqueológicas (Zaburlín, 2015). La presencia de estas piezas se puede relacionar con el desarrollo de actividades de comensalismo que formaban parte de las estrategias del estado para legitimar y controlar su poder (Williams, 2004).

Las zonas geográficas que se incorporaron a las redes puneñas durante este periodo fueron el valle Calchaquí y el sur de Potosí. Estas zonas no eran desconocidas para los habitantes del sector central de la Puna de Jujuy, sin embargo, la evidencia sobre circulación de bienes para momentos anteriores al incario todavía están en discusión.

En contextos funerarios se registran pocas piezas cerámicas provenientes de la región del sur de Potosí y, procedentes del valle Calchaquí se identificaron implementos de metal de carácter suntuario (placas y hachas) y alfarería tipo La Paya. Las placas de metal (tanto por su forma como por el tipo de decoración) y las hachas eran manufacturados en el Valle Calchaquí; con la conquista cuzqueña continuaron produciéndose y aumentó su distribución a escala regional (González, 2004).

La conquista incaica de la Puna no fue, al parecer, un proceso sin conflictos. La escena representada en lo que se conoce como “Panel Boman” (Figura 2D), ubicado en un afloramiento rocoso inmediato al Pucará de Rinconada, muestra una congregación de personajes (Boman, 1992 [1908]), vestidos con diferentes atuendos y tocados, rodeando dos conjuntos de personas, aparentemente

desnudas (por lo menos sin indicación de vestimenta) y con una soga al cuello. Todo el conjunto se halla flanqueado, en ambos lados, por personajes con ropa en damero (el ejército incaico llevaba una túnica ajedrezada) y en una protuberancia en la roca aparecen seis figuras con una imagen en Z en el cuerpo, motivo de uso exclusivo del Inca (Ruiz y Albeck, 2009).

Otra situación, que también estaría indicando algún tipo de conflicto, es el traslado compulsivo que sufrieron los moradores de Pueblo Viejo de Tucute, el poblado cabecera de los casabindos, un desarraigo intempestivo, y tal vez violento, de los moradores. No obstante, no se pueden comparar con la magnitud de los sucesos que se desencadenaron después del derrumbe del Imperio Incaico en manos de los españoles.

LITERATURA CITADA

- Albeck M. E. 1993. Contribución al estudio de los sistemas agrícolas prehispánicos de Casabindo (Puna de Jujuy). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la Plata. La Plata.
- Albeck M. E. 1994. La Quebrada de Humahuaca en el intercambio prehispánico. En: M. Albeck (ed.), De costa a selva. Producción e intercambio entre los pueblos agroalfareros de los Andes Centro Sur. IIT-UBA, pp. 117-127.
- Albeck M. E. 2001. La Puna argentina en los Períodos Medio y Tardío. En: E. Berberián y A. Nielsen (eds.), Historia Argentina Prehispánica T I. Editorial Brujas, pp. 347-388.
- Albeck M. E. 2007. El Intermedio Tardío: interacciones económicas y políticas en la Puna de Jujuy. En: V. I. Williams, B. N. Ventura, A. B. Callegari y H. D. Yacobaccio (eds.), Sociedades precolombinas surandinas. Temporalidad, interacción y dinámica cultural del NOA en el ámbito de los Andes Centro-Sur. Buenos Aires, pp. 125-146.
- Albeck M. E. 2008-2010. Poblados arqueológicos de la Puna de Jujuy como topónimos en los siglos XVI y XVII. Cuadernos del INAPL, 22: 7-16.
- Albeck M. E. 2010. Pueblo Viejo de Tucute. Una sociedad interpretada a través de la construcción del espacio. En: M. E. Albeck, M. C. Scattolin y M. A. Kors- tanje (eds.), El hábitat prehispánico: arqueología de la arquitectura y de la construcción del espacio organizado. Ediunju. Jujuy, pp. 299-327.
- Albeck M. E. 2011. Estudios sobre agricultura prehispánica en Casabindo (1980-1993). En: M. A. Korstanje y M. N. Quesada (eds.), Arqueología de la agricultura. Casos de estudio en la región andina. Ediciones Magna. Tucumán, pp. 12-47.
- Albeck M. E. 2016. Producción y lógica de la red vial incaica en el extremo septentrional del NOA. Arqueología, 22: 61-79.
- Albeck M. E., Ruiz M. 1997. Casabindo: las sociedades del período tardío y su vinculación con las áreas aledañas. Estudios Atacameños, 14: 211-222.
- Albeck M. E., Ruiz M. 2003. El tardío en la Puna de Jujuy: Poblados Etnias y territorios. Cuadernos, 20: 199-221.
- Albeck M. E., Scattolin M. A. 1984. Análisis preliminar de los asentamientos prehispánicos de Laguna Blanca (Catamarca) mediante el uso de la fotografía aérea. Revista del Museo de La Plata, 8: 279-302.
- Albeck M. E., Zaburlín M. 2008. Nuevos aportes a la cronología de sitios agroalfareños en la Puna Jujeña. Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, 33: 155-180.
- Albeck M. E., Lupo L., Zaburlín M. A., Fierro P., Kulemeyer J. 2017 Cambios paleoclimáticos y flujos de circulación de alfarrería entre los siglos V y XVI. Puna central de Jujuy. Noroeste Argentino. Tercera Conferencia Intercontinental, Society of American Arqueology, Oaxaca.
- Alfaro de Lanzone L. 1988. Investigaciones en la Cuenca del Río Doncellas, Dpto. de Cochinoca-Pcia. de Jujuy. Reconstrucción de una Cultura Olvidada en la Puna Jujeña. Gobierno de la Provincia de Jujuy, 164 pp.
- Angiorama C. 2011. La ocupación del espacio en el sur de Pozuelos (Jujuy, Argentina) durante tiempos prehispánicos y coloniales. Estudios Sociales del NOA. Nueva Serie, 11: 125-142.
- Angiorama C., Becerra F. 2010. Antiguas evidencias de minería y metalurgia en Pozuelos, Santo Domingo y Coyahuayma (Puna de Jujuy, Argentina). Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 15: 81-104.
- Angiorama C., Del Bel E. 2012. Representaciones de manos en el sur de Pozuelos (Jujuy, Argentina). Arqueología, 18: 39-48.

- Arkush E. 2008. War, Chronology, and causality in the Titicaca Basin. *Latin American Antiquity*, 19:1-36.
- Arkush E. 2009. Warfare, space, and identity in the South-Central Andes: Constraints and choices. En: A. Nielsen y W. Walker. (eds.), *Warfare in cultural context: Practice, agency, and the archaeology of violence*. University of Arizona Press, pp. 190-217.
- Aschero C. 2000. Figuras humanas, camélidos, y espacios en la interacción circumpuneña. En: M. Podestá y M. de Hoyos (eds.), *Arte en las rocas. Arte rupestre, menhires y piedras de colores en Argentina*. Sociedad Argentina de Antropología/Asociación Amigos del INAPL, pp. 15-44.
- Ávila F. 2009. Interactuando desde el estilo. Variaciones en la circulación espacial y temporal del estilo alfarero Yavi. *Estudios Atacameños*, 37: 29-50.
- Ávila F. 2013. Estabilizar la experiencia material: diferencias y similitudes contextuales de la alfarería Yavi-chicha (frontera argentino-boliviana, siglos XI a XVI). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 38: 377-399.
- Balbuena J. L. 1994. Investigaciones arqueológicas en Yoscaba, departamento de Santa Catalina (provincia de Jujuy). *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael*: 14: 134-136.
- Basso D. M. 2015. Cochinoca. Prospecciones en un área poco conocida en la arqueología de la Puna jujeña. I Jornadas sobre el Altiplano Sur. Miradas Disciplinares Tilcara.
- Basso D. M. 2017. La vida doméstica en un pueblo arqueológico de la Puna: Pueblo Viejo de Tucute, Casabindo, siglos XI al XV. Ciclo de publicaciones sobre Vida Cotidiana. UNHIR-ISHIR. CONICET-UNJu. Diario El Tribuno de Jujuy.
- Basso D. M., Paz Sánchez R. 2017. La presencia inka en la serranía de Cochinoca. II Jornadas Intercátedras de Antropología Cultural. FHyCS- UNJU.
- Beierlein de Gutiérrez M. 2008. Cultura material y fuentes escritas: los chichas de los andes del sur. *Comechingonia*, 11: 99-118.
- Betanzos J. 1987 [1551,1557]. *Suma y narración de los Incas*. María del Carmen Martín Rubio (ed.). Ediciones Atlas, Madrid.
- Boman, E. 1918. Una momia de las salinas grandes (Puna de Jujuy). *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 85: 94-110.
- Boman E. 1992 [1908]. Antigüedades de la región andina de la república Argentina y del desierto de Atacama. T II y II. UNJu. 914 pp.
- Casanova E. 1943. Comunicación acerca del Yacimiento de Doncellas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Antropología* 5-6: 80-81.
- Ceruti M. C. 2003a. Llullaillaco: sacrificios y ofrendas en un santuario inca de alta montaña. EUCASA/BTU, Salta.
- Ceruti M. C. 2003b. Santuarios de altura en la región de la Laguna Brava (provincia de La Rioja, Noroeste Argentino). Informe de prospección preliminar. Chungara, *Revista de Antropología Chilena*, 35: 233-252.
- Ceruti M. C. 2001. Recientes hallazgos en los volcanes Quehuar (6.130 m.) y Llullaillaco (6.739 m.). XIII CNAA, Córdoba, Actas 1: 313-322.
- Coloca F. En prensa. La arquitectura de Abra de Minas, un sitio con evidencias tardías/incaicas en la Puna de Salta, Argentina. *Revista Intersecciones en Antropología*.
- Cremonete B. 1994. Las Pastas cerámicas de Potrero Chaquiago (Catamarca), producción y movilidad social. *Arqueología*, 4: 133-164.
- Delfino, D. D., Pisani, G. M. 2010. Lejos de los caminos, un nuevo mundo de tambores, santuarios y colcas. Laguna Blanca, Catamarca. En: J. R. Bárcena y H. Chiavazza (eds.), *Arqueología argentina en el bicentenario de la Revolución de Mayo. Simposio 14*, Mendoza, 2: 783-788.
- Delfino D., Espiro V., Díaz R. 2009. Modos de vida situados: el formativo en Laguna Blanca. *Andes*, 20: 111-124.
- D'Altroy T. N., Williams V., Lorandi A. M. 1998. The Inka occupation of the South Andes. *Dumbarton Oaks Conference*. Washington DC.
- Dip S. 2001. Aproximaciones al estudio de la unidad doméstica prehispánica de la Puna: el sitio Ojo de Agua de Casabindo. Tesis de licenciatura en Antropología. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. Jujuy.
- Duviols P. 1976. La Capacocha. Mecanismo y función del sacrificio humano. Su proyección geométrica. Su papel en la política integracionista y en la economía redistributiva del Tahuantinsuyu. *Allpanchis*, 7: 11-41.
- Egaña S., Bordach M. A., Mendonza O. J. 2016. El registro documental de la ne-

- crópolis prehispánica de Doncellas (Departamento Cochinoca, Jujuy, Argentina) Exploración de su potencial para el estudio de las dimensiones sociales del comportamiento humano. Universidad Nacional de Río Cuarto, 128 pp.
- Elias A. M., Escola P. S. 2010. Viejos y nuevos horizontes: obsidianas entre las sociedades agrícolas-pastoriles del Periodo Tardío en Antofagasta de la Sierra (provincia de Catamarca, Puna meridional argentina). *Revista Española de Antropología Americana*, 40: 9-29.
- Fernán A., Fernández J. 1994. Cronología radiocarbónica de un montículo arqueológico en Pozuelos, Puna de Jujuy. Inédito.
- Garcés C. 2016. En prensa. Ciudades mineras en la Puna Colonial. Historia Revista (Universidade de Federal de Goiás - Brasil). Dossier: América Latina – estudios comparados, historias conectadas.
- Gayo M., Latorre C., Santoro C., Maldonado A., de Pol-Holz R. 2012. Hydroclimate variability in the low elevation Atacama Desert over the last 2500 yr. *Past*, 8: 287-306.
- González A. R. 1963. Problemas arqueológicos de la Puna Argentina. Septuagésimo aniversario del nacimiento de Bosh Gimpera. México
- González L. 2004. Bronces sin nombre. La metalurgia prehispánica en el noroeste argentino. Ediciones Fundación CEPPA. Buenos Aires. 431 pp.
- Horta Tricallotis H. 2012. El estilo circumpuneño en el arte de la parafernalia alucinógena prehispánica (Atacama y Noroeste Argentino). *Estudios Atacameños*, 43: 5-34.
- Hyslop J. 1992. Qhapaqñan. El sistema vial inkaico. Instituto Andino de Estudios Arqueológicos, Lima. 298 pp.
- Krapovickas P. 1965. La cultura de Yavi. Una nueva entidad cultural puneña. *Etnia*, 2: 9-10.
- Krapovickas P. 1968. Sub área de la Puna argentina. XXXVII Congreso Internacional de Americanistas, Actas 2: 236-271.
- Krapovickas P. 1977. Arqueología de Cerro Colorado (Departamento Yavi, Provincia de Jujuy, República Argentina). Obra del Centenario del Museo de La Plata, 2: 123-148.
- Krapovickas P. 1978. Los Indios de la Puna en el Siglo XVI. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 12: 71-93.
- Krapovickas P. 1984. Las poblaciones indígenas históricas del sector oriental de la Puna (un intento de correlación entre la información arqueológica y la etnográfica). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 15: 7-24.
- Krapovickas P. 1985. La economía prehistórica en la Puna. *Runa*, 14: 107-121.
- Liu K., Carl A., Thompson L. 2005. Ice-core pollen record of climatic changes in the Central Andes during the last 400 yr. *Quaternary Research*, 64: 272-278
- López G., Coloca F., Araya. S., Orsi J., Seguí S. 2015. El Sitio Cueva Inca Viejo, Salar de Ratones, Puna de Salta: Evidencia Arqueológica y Procesos de Interacción macrorregional. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 40: 45-71.
- Lopez G., Coloca F. 2015. El sitio Abra de Minas: nuevos aportes para la caracterización de las ocupaciones Tardío/Incas en las tierras altas del Noroeste argentino. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 44: 141-149.
- Lumbreiras L. 1974. Los Reinos Post-Tiwanaku en el Área Altiplánica. *Revista del Museo Nacional de Lima*, 40: 55-85.
- Mamaní H. 1998. El paisaje arqueológico en el sector occidental de la cuenca de Pozuelos (Jujuy, Argentina). En: B. Cremonete (ed.), *Los Desarrollos Locales y sus Territorios*, Jujuy, pp. 257-283.
- Mamaní H., López V., Camargo N. 2016. El tambo de Peñas Blancas (dep. Cochinoca, pcia. de Jujuy). *XIX CNAA-Tucumán*.
- Métraux A. 1932. Chipaya-indianerna. *Ymer* 2: 233-271. Stockholm.
- Mignone P. 2015. Propuestas aproximativas hacia una síntesis de la ocupación humana de la Puna de Salta. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 40: 367-393.
- Murra J. 1989. [Primera edición en español 1978]. *La Organización Económica del Estado Inka. Siglo XXI. Colección América Nuestra*. México, 270 pp.
- Nielsen A. 1994-1995. Asentamiento y proceso sociocultural en la Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas "Mario J. Buschiazzo"*, 30: 101-112.
- Nielsen A. 2001. Evolución Social en Quebrada de Humahuaca (AD 700-1536). En: E. Berberián y A. Nielsen. (eds.), *Historia Argentina Prehispánica*, Tomo I. Editorial Brujas, pp. 171-264.
- Nielsen A. 2006. Estudios internodales e interacción interregional en los andes circumpuneños. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 41: 11-34.

- cumpuneños: teoría, método y ejemplos de aplicación. En: H. Lechtman (ed.), *Esferas de interacción prehistóricas y fronteras nacionales modernas: los Andes Sur Centrales*. Instituto de Estudios Peruanos. Lima, pp. 29-62.
- Nielsen A. 2011. El tráfico de caravanas entre Lípez y Atacama visto desde la Cordillera Occidental. En: L. Núñez Atencio y A. Nielsen. (eds.), *En Ruta. Arqueología, Historia y Etnografía del tráfico sur andino*, pp. 83-110.
- Nielsen A., Vásquez M., Ávalos J., Angiorama C. 1999. Prospecciones arqueológicas en la Reserva "Eduardo Avaroa" (Sud Lípez, Depto. Potosí, Bolivia). Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, 24: 95-124.
- Nielsen A., Angiorama C., Maryański J., Ávila F., López M. 2015. Paisajes prehispánicos Tardíos en San Juan Mayo (frontera Argentina-Bolivia). *Arqueología*, 21 Dossier: 33-65.
- Nordenskiöld E. 1903. *Travels on the boundaries of Bolivia and Argentina*. The Geographical Journal, 21: 510-525.
- Núñez Atencio L. 2006. La orientación minero-metalúrgica de la producción atacameña y sus relaciones fronterizas. En: H. Lechtman (ed.), *Esferas de interacción prehistóricas y fronteras nacionales modernas: los Andes sur centrales*. Instituto de Estudios Peruanos. Lima, pp. 205-252.
- Olivera D. 1991. La ocupación Inca en la Puna meridional argentina: departamento de Antofagasta de la Sierra, Catamarca. En: *El Imperio Inca: Actualización y perspectivas por el registro arqueológico y etnohistórico*, volumen 2. Comechingonia, Publicación Especial: 31-72.
- Olivera D., Escola P., Reales M., Aguirre J., Perez S., Vigliani S., Bisso C., Cammino S. 1994. El asentamiento arqueológico del Bajo del Coypar: Una explotación agrícola Belén- Inka en Antofagasta de la Sierra. XI CNAA, Mendoza. *Revista del Museo de Historia Natural*, 1: 219-224.
- Ottoneo M. 1973. Instalación, economía y cambio cultural en el sitio Tardío de Agua Caliente de Rachaite. *Publicaciones de la Dirección de Antropología e Historia*, Jujuy, 1: 24-68.
- Ottoneo M., Krapovickas P. 1973. Ecología y Arqueología de cuencas en el sector oriental de la Puna, República Argentina. *Publicaciones de la Dirección de Antropología e Historia*, Jujuy, 1: 3-21.
- Palomeque S. 2000. Acceso a los recursos y participación mercantil en una zona rural surandina (Puna de Jujuy, siglos XVIII y XIX). En: J. Silva Riquer y A. Escobar Ohmstede (eds.), *Mercados indígenas en México, Chile y Argentina. Siglos XVIII-XIX*. CIESAS. México. pp. 177-210.
- Palomeque S. 2006. Historia de los señores étnicos de Casabindo y Cochinooca. *Andes*: 139-194.
- Palomeque S. 2010. Los chichas y las visitas toledanas. Las tierras de los chichas de Talina (1573-1595)". *Surandino Monográfico*, segunda sección del Prohal Monográfico, 1 (2): 1-77. http://www.filos.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/ravignani/prohal/SM_002_Articulos/Palomeque.pdf (Última consulta: 20/06/2017)
- Palomeque S. 2015. Sociedades indígenas surandinas en los siglos XVI y XVII. Producción minera y transformación en las estructuras productivas, vías de comunicación y territorialidad (sur de Charcas y norte de la gobernación el Tucumán). Encuentro Internacional Arqueología y Etnohistoria en los Andes y Tierras Bajas. Dilemas y Miradas complementarias, Cochabamba, Ed. INIAM-IFEIA.
- Pérez Pieroni M., Angiorama C. 2017. En prensa. Evidencias arqueológicas de los siglos VII a XII AD en el asentamiento de Moreta (Puna de Jujuy, Argentina). *Revista Comechingonia*.
- Podestá M., Olivera D. 1998. El contexto ecológico y económico del arte rupestre en la arqueología de la Puna Meridional Argentina. En *Kay Pacha: Earth, Land, Water and Culture in the Andes*. Lampeter, Wales.
- Presta A. 2001. Hermosos, fértils y abundantes. Los valles centrales de Tarija y su población en el siglo XVI. En: S. Beck, N. Paniagua y D. Preston (eds.), *Historia, ambiente y sociedad en Tarija. Bolivia*. La Paz, pp. 25-39.
- Raffino R., Alvis R., Olivera D., Palma J. 1986. La instalación Inca en la sección Andina Meridional de Bolivia y extremo Boreal de Argentina. En *El Imperio Inca: Actualización y perspectivas por registros arqueológicos y etnohistóricos*. Comechingonia, 1: 63-131.
- Raffino R., Albornoz A., Bucci A., Crowder R., Iacona L. A., Olivera D., Raviña G. 1978. La ocupación inka en el N.O. Argentino: actualización y perspectivas. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 12: 95-121.
- Raffino R., Cigliano E. 1973. La Alumbrera. Antofagasta de la Sierra. Un modelo de

- ecología cultural prehistórica. Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, (NS), 12: 241-258.
- Ratto N., Orgaz M., Plá R. 2002. Producción y distribución de bienes cerámicos durante la ocupación inca entre la región puneña de Chaschuil y el Valle de Abaucán (Dpto. Tinogasta, Catamarca). Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, 27: 271-301.
- Rebiscotch M. 1966. Santuarios en las altas cumbres de la Puna de Atacama. Anales de Arqueología y Etnología, 21: 51-80.
- Reinhard J., Ceruti C. 2010. Inca Rituals and Sacred Mountains: a study of the world's highest archaeological sites. Cotsen Institute of Archaeology. Los Ángeles: University of California Press.
- Renard S. 1997. Objetos textiles, pasos y caminantes trasandinos. Piezas similares y rasgos comunes en textiles arqueológicos de Argentina y Chile. Estudios Atacameños, 14: 291-305.
- Rivet C. 2016. Entre el poblado y los asentamientos dispersos. Aproximación a la configuración espacial tardía en el área de Coranzulí (Puna de Jujuy). XIX CNAA, Tucumán.
- Rodríguez Curletto S., Angiorama C. 2016. El arte rupestre de Pozuelos. Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 21: 25-46.
- Ruiz M. 1996. Algunas reflexiones sobre las agrupaciones G-I-K del Pukara de Rinconada-Puna de Jujuy. XXV Aniversario Museo Arqueológico Dr. Eduardo Casanova: 135-143.
- Ruiz M., Laguna L. 2003. Rinconada: Un pukara emblemático de la Puna Jujeña. Pacarina, 3: 297-305.
- Ruiz M., Albeck M. 2009. Tres motivos. Tres miradas. Arte rupestre en la Puna de Jujuy. XVIII Congreso Nacional de Arqueología Chilena. Valparaíso.
- Ruiz M., Chorolque D. 2007. "Arte Rupestre del Pukara de Rinconada: Una larga historia visual". Ediunju. 161 pp.
- Ruthsatz B., Movia C. P. 1975. Relevamiento de las estepas andinas del noreste de la Provincia de Jujuy. República Argentina.
- Salminci P. 2009. Configuración espacial y organización social: análisis de acceso en La Alumbrera (período tardío, Puna meridional argentina) Arqueología, 16: 105-124.
- Scattolin C., Lazzari M. 1997. Tramando redes: Obsidianas al oeste del Aconquija. Estudios Atacameños, 14: 189-209.
- Sica G. 2006. Del Pukara al Pueblo de Indios. El proceso de construcción de la socie- dad indígena colonial en Jujuy, Argentina. Siglo XVII. Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Sevilla.
- Soria S., Macoritto Torcivia C. 2014. La producción litica en contextos tardíos de la Quebrada del Toro. I Jornadas Regionales y III Jornadas Internas de Antropología del NOA, Salta. Actas: 426-440.
- Sprovieri M. 2014. La circulación interregional en el valle Calchaquí (Provincia de Salta, Noroeste argentino): una visión integral desde nuevas y viejas evidencias. Revista Española de Antropología Americana, 44: 337-366.
- Sprovieri M., Glascock M. 2007. Aproximación a la circulación de obsidiana en el valle Calchaquí salteño entre los siglos IX y XV. XVI CNAA, Jujuy. Actas 3: 221-226.
- Suetta J. M., Alfaro de Lanzone L. s.f. Excavaciones arqueológicas en el Pucara de Rinconada, Puna de Jujuy. Inédito.
- Tarragó M. 2006. Espacios surandinos y la circulación de bienes en época de Tiwanaku. En: H. Lechtman (ed.), Esferas de interacción prehistóricas y fronteras nacionales modernas: Los Andes sur centrales. Instituto de Estudios Peruanos, Lima, pp. 331-370.
- Tejerina M. E. 2016. Los camélidos en el arte rupestre de Casabindo. Tesis de Licenciatura. Licenciatura en Antropología. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. Jujuy.
- Tchilinguirian P., Olivera D. 2011. Agricultura, ambiente y sustentabilidad agrícola en el desierto: el caso Antofagasta de la Sierra (Puna Argentina, 26° S). En: A. Korstanje y M. Quesada (eds.), Arqueología de la agricultura. Casos de estudio en la región andina Argentina. Ediciones Magna, Tucumán, pp. 104-129.
- Tolaba J. L. 2011. Organización Espacial de la Lomada Baja de Pueblo Viejo de Tucute Tuc-1 (Casabindo, Dto. de Cochinoca, Pcia. de Jujuy). Tesis de licenciatura. Licenciatura en Antropología. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. Jujuy.
- Troll C. 1958. Las culturas superiores andinas y el medio geográfico. Revista del Instituto de Geografía (Lima), 5: 3-55.
- Uribe M., Agüero C. 2005. La Puna de Atacama y la problemática Yavi. XVI Congreso Nacional de Arqueología Chilena, Concepción. Actas: 283-292

- Vignati M. A. 1938. Novissima veterum. Hallazgos en la Puna jujeña. *Revista del Museo de La Plata*, N.S, 1: 54-91.
- Viglianí S. 2005. El sitio bajo del Coypar II: Las evidencias más tempranas (ca. 1000 ap) del proceso agropastoril en la Puna meridional Argentina (Antofagasta de la sierra, Catamarca) *Andes*, 16: 325-350.
- Wachtel N. 2001 [1990]. El regreso de los antepasados. Los indios urus de Bolivia. Siglos XX al XVI. *Ensayo de historia regresiva*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Williams V. 2000. El imperio Inka en la provincia de Catamarca. *Intersecciones en Antropología*, 1: 55-78.
- Williams V. 2004. Poder estatal y cultura material en el kollasuyu. *Boletín de Arqueología PUCP*, 8: 209-245
- Wynveldt F., Flores M. 2014. La obsidiana en el paisaje tardío del Valle de Hualfín (departamento de Belén, Provincia de Catamarca). *Revista Arqueología*, 20 Dossier: 193-216.
- Yacobaccio H., Escola P., Pereyra F., Lazzari M., Glascock M. 2004. Quest for ancient routes: obsidian sourcing research Northwestern Argentina. *Journal of Archaeological Science* 31: 193-204.
- Yacobaccio H. D. 2014. Pastoreo, Movilidad y Sequías. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Series Especiales*, 2:113-121.
- Zaburlín M. 1998. "Movilidad Pastoril y Aprovechamiento de Recursos Naturales en el Casabindo Prehispánico". Tesis de licenciatura. Licenciatura en Antropología. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy.
- Zaburlín M. 2012. La Cerámica Tricolor de La Puna Jujeña: Variabilidad de Los Motivos de Vírgulas y Puntos Blancos. *Revista Arqueología*, 18: 131-152.
- Zaburlín M. 2015. Uso, Consumo y Circulación de Vasijas Cerámicas en los pueblos prehispánicos de la Cuenca de la Laguna de Guayatayoc (Puna de Jujuy). Tesis Doctoral. Instituto de Arqueología y Museo – Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo-UNT. Tucumán.

Box ▶

El volcán Llullaillaco y los santuarios de altura de la Puna

Ceruti, María Constanza

CONICET / Instituto de Investigaciones de Alta Montaña (UCASAL). Campus Castañares, (4400) Salta, Argentina. E-mail: constanzaceruti@hotmail.com

Situado en la Puna occidental de Salta, el volcán Llullaillaco (6739 m, Figura 1) alberga en su cumbre el sitio arqueológico de carácter ceremonial más elevado del planeta. Durante semanas, en la cima de este volcán puneño enfrentamos tormentas de nieve, temperaturas de 40 grados bajo cero, vientos fuertísimos y la constante escasez de oxígeno en una atmósfera acentuadamente hipoxica e hipobárica. Los riesgos asumidos y los esfuerzos realizados valieron la pena, ya que los descubrimientos arqueológicos que protagonizamos en el Llullaillaco llegaron a ser considerados entre los más destacados aportes científicos de fines del siglo XX. Las momias congeladas de los tres niños del Llullaillaco son consideradas las mejor conser-

vadas que se conocen hasta la fecha (Ceruti, 2015). Los objetos asociados -platos y jarras de cerámica, *keros* de madera, figurinas de metal y valva, sandalias de cuero, *chuspas* y textiles, entre otros- constituyen el conjunto de ofrendas incaicas de alta montaña mejor preservado y documentado. Además, las investigaciones que dirigí en marzo de 1999 junto a Johan Reinhard (explorador de la *National Geographic Society*) han sido los trabajos a mayor altura jamás realizados en la historia de la arqueología mundial.

Estudios interdisciplinarios coordinados desde la UCASAL revelaron interesantes detalles de la vida de estos niños de época Inca y de la ceremonia de *capacocha* que los envió como mensajeros al más allá. Ante el cambio



Figura 1. Constanza Ceruti ascendiendo a la cima del volcán Llullaillaco (©Constanza Ceruti).

climático y el impacto negativo del huaqueo, poner las momias y ofrendas a resguardo (y que mantengan su extraordinario estado de conservación) constituye un sustancial aporte al patrimonio cultural de nuestro país y de toda la humanidad, y a la valoración de la cultura de los pueblos originarios de los Andes (véase Ceruti, 2017b).

Mis investigaciones en alta montaña se canalizaron además, en ascensiones a decenas de volcanes de la Puna -desarrolladas principalmente a fines de los años noventa- que contribuyeron a consolidar a la arqueología de altura como disciplina científica y ampliar el conocimiento de la red de santuarios con la que los incas sacralizaron los confines meridionales de su imperio (Ceruti, 2017a). Más recientemente, mi labor se ha volcado a estudios etnográficos y etnoarqueológicos sobre peregrinaciones tradicionales andinas a santuarios de altura al este de la Quebrada de Humahuaca y modernas procesiones a las cimas de volcanes puneños como el cerro Macón, que reflejan la creciente importancia de los movimientos de reetnización en el NOA (Ceruti, 2016).

REFERENCIAS

- Ceruti M. C. 2015. Llullaillaco: sacrificios y ofrendas en un santuario Inca de alta montaña. Edición ampliada y corregida. Mundo Editorial, Salta, 406 pp.
- Ceruti M. C. 2016. Procesiones Andinas en alta montaña: peregrinaje a cerros sagrados del norte de Argentina y el sur de Perú. Editorial de la Universidad Católica de Salta, Salta, 194 pp.
- Ceruti M. C. 2017a. Frozen mummies and the archaeology of high mountains in the construction of Andean identity. En: F. Sarmiento y S. Hitchner (eds), Indigeneity and the sacred: Indigenous revival and the conservation of sacred natural sites in the Americas. Berghahn. New York, pp. 105-118.
- Ceruti M. C. 2017b. Contribuciones a la antropología de montañas sagradas y a la arqueología de altura, en Argentina y el mundo. Publicación electrónica. Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires. <http://www.ciencias.org.ar/user/2017%20-%20Constanza%20Ceruti%20-%20Academica%20%20de%20Ciencias%20Oversión%20final.pdf>

16 ▶ Historia socioambiental: entre la conquista y el siglo XX

Gil Montero, Raquel

CONICET. Instituto de Historia Argentina y Americana Dr. Emilio Ravignani. 25 de Mayo 221, Piso 2, Ciudad de Buenos Aires, Argentina. raquelgilmontero@conicet.gov.ar

► **Resumen** — Este capítulo recorre la historia de la Puna entre la conquista española y el inicio del siglo XX con especial interés en su población y economía. Como consecuencia de la conquista, a lo largo del período colonial se produjeron importantes transformaciones económicas, principalmente la pecuarización y la subordinación de la mayoría de las actividades productivas a la minería de metales preciosos. El período colonial se cerró con las guerras de independencia que afectaron profundamente a la región por haber sido campo de batalla y de abastecimiento de los ejércitos. Durante el siglo XIX la población de la Puna de Jujuy mostró las mayores transformaciones en su evolución motivadas, entre otras cosas, por las modificaciones en los derechos de la población nativa sobre la tierra, las demandas fiscales, la conformación de las fronteras internacionales y la llegada del ferrocarril. La mayoría de la población que habitaba la Puna en dicho siglo era indígena y por primera vez se comienza a percibir un leve predominio de mujeres. La historia de la Puna de Catamarca y de Salta difiere un poco de la jujeña, ya que estuvo integrada a Bolivia, primero, y a Chile, después, hasta fines del siglo XIX. La minería y la urbanización fueron los motores de los cambios ocurridos en el siglo XX. La Quiaca fue el primer centro urbano de la Puna y a mediados de dicho siglo era la segunda ciudad de la provincia de Jujuy. Es el período en el que se inician las actividades mineras modernas.

Palabras clave: Historia de la población, minería, pecuarización, ferrocarril, urbanización.

► **Abstract** — “Socioenvironmental history: From the Spanish conquest to the 20th century”. This chapter deals with the history of the Puna region, from the Spanish conquest until the early 20th century, with special interest on its population and economy. As a consequence of the Spanish conquest, throughout the colonial period important economic changes occurred, including the transformation to an economy strongly based on livestock activities (“pecuarization”), and the subordination of the majority of the productive activities on precious metal mining. This long period ended with the independence war that profoundly affected the region because it became a battlefield and a place where the different armies looked for supplies. During the 19th century the population of the Puna region in Jujuy suffered major transformations caused, among other factors, by changes in native population land rights; increase of fiscal obligations; the setting of the international borders; the arrival of the railroads. Indigenous peoples were the majority of the population of the Puna during the 19th century and women became predominant for the first time. The history of the Puna of Catamarca and Salta differs, because it belonged to Bolivia, first, and to Chile, later, until the end of the 19th century. Modern mining and urbanization were the cause of the most important changes occurred during the 20th century. La Quiaca was the first city of the Puna and in mid-20th century it was the second city of Jujuy Province in terms of population size. This is also the period when modern mining began.

Keywords: History of the population, mining, pecuarization, railroads, urbanization.

LA POBLACIÓN PREHISPÁNICA EN EL MOMENTO DE LA LLEGADA DEL EUROPEO

El territorio de la Puna se caracteriza por su aridez, por su altitud y por tener marcados contrastes en su productividad. Estos contrastes han influido en la distribución de la población regional, que antes de la llegada de los españoles tendió a concentrarse en algunos bolsones fértiles, rodeados por áreas de muy baja o nula producción y población. Dentro de la Puna el área más poblada se ubicaba en torno a la cuenca del río Miraflores, donde residía una población estable y numerosa que fue rápidamente identificada y conocida por los españoles como los *casabindos* y *cochinocas* (Madrazo, 1982; Sica, 2005; Albeck *et al.*, en este volumen). En dicha cuenca se desarrollaba una actividad agropastoril, complementada con recursos que se encontraban dentro de la misma Puna o en los valles cercanos. Además de este bolson fétil en Miraflores, se encuentran algunos pequeños oasis en los que la agricultura fue importante antes de la llegada de los españoles. Uno de ellos fue Aguas Calientes de Rachaita también conocido como Doncellas, situado hacia el Sur de la cuenca del río Miraflores; otro fue la cuenca del río San Juan, la de la laguna de Pozuelos y la del río Yavi.

En el resto de la Puna tanto la distribución de los recursos como la de la población era heterogénea y mucho menor. Al norte, la cuenca del río Grande de San Juan y los entornos de Yavi eran parte de los territorios ocupados por población *chicha*, cuyo centro demográfico se ubicaba al sur de la actual Bolivia, en la cuenca del río Talina. Era población agropastoril, que tenía también especialistas ceramistas y mineros (Zanolli, 2003; Ávila, 2005; Nielsen *et al.*, 2015). Al occidente (parte de los actuales departamentos de Santa Catalina, Rinconada y Susques) la población era más dispersa y estaba especializada en el pastoreo de llamas, la caza y la recolección, las actividades extractivas, y cuando había agricultura, estaba acotada al consumo familiar. Lo mismo ocurría en

la Puna de Salta y Catamarca, aunque allí la población se agrupaba en pequeños oasis (e.g., Santa Rosa de los Pastos Grandes, Antofagasta de la Sierra).

Los primeros europeos llegaron desde el norte, cuando aún no estaba consolidada la conquista del Cuzco. Fueron enviados para descomprimir los conflictos derivados del reparto del botín peruano (hombres, tierras, metales preciosos). La primera vez que un español recorrió la Puna de Jujuy fue en 1536, cuando Diego de Almagro pasó hacia Chile sin apenas detenerse. Sin embargo, en el Cuzco se tenía noticias de sus habitantes: unos pocos años después de la entrada de Almagro, en 1540, Francisco Pizarro entregó desde el Perú en encomienda a los *casabindos* y a los *cochinocas*, quienes no pudieron ser sometidos efectivamente porque estaban la mayor parte del tiempo “rebelados” (como se indica en los documentos). La encomienda era una gratificación obtenida como recompensa por los servicios militares prestados en la conquista o por un equivalente (Presta, 2000). El rey le confería al beneficiario el derecho de gozar inicialmente del servicio personal de sus encomendados, y posteriormente de su tributo. A cambio debía protegerlos y brindarles instrucción religiosa. En la Puna tuvieron que pasar muchos años antes que los conquistadores pudieran circular por la región de un modo más o menos seguro, explorarla y aprovechar en forma sistemática la mano de obra indígena de las encomiendas.

Mientras el territorio conocido como el Tucumán (gran parte del noroeste argentino) intentaba ser pacificado y no podía ser transitado si no era con guardias armadas, en la actual Bolivia se descubrió el centro minero que fue el corazón económico español en América del Sur: Potosí. Durante su apogeo —fines del siglo XVI y comienzos del XVII— Potosí produjo el 90% de la plata de todo el Virreinato del Perú, porcentaje que disminuyó al 68% a lo largo del siglo XVII. Todo esto en un contexto mundial en el que este virreinato era el mayor productor de plata del mundo. Potosí y en general los centros mineros desarrollados en la actual

Bolivia influyeron muy fuertemente en la historia de la Puna ya sea porque requirieron mano de obra y alimentos, o porque fueron el origen de emprendimientos locales.

La ocupación colonial de la Puna recién se pudo consolidar varias décadas después del descubrimiento de Potosí, luego de la tercera fundación de Jujuy (en 1593) y de la victoria de Francisco de Argañaraz sobre el cacique Viltipoco, que había sido uno de los principales líderes de la resistencia indígena (Sica y Zanolli, 2010). Antes de dicha ocupación, sin embargo, los rumores sobre su riqueza minera ya habían comenzado a circular.

LA CONQUISTA Y LA ORGANIZACIÓN DEL MUNDO COLONIAL

La conquista implicó —en términos generales y prácticamente en todo el continente— la ocupación del territorio, el sometimiento de la población nativa, la disminución de la población indígena por muerte o por migración, la introducción de nuevas especies animales y vegetales, y la extracción de diferentes recursos. En particular en la Puna las dos principales formas de ocupación colonial del territorio fueron la hacienda agropecuaria y las explotaciones mineras. Además las autoridades españolas reorganizaron a la población nativa en lo que se conocía como “pueblos de indios”, redefiniendo sus derechos comunales sobre la tierra. En este apartado se analizan estos tres tipos de organización y posteriormente, en forma conjunta, otros tipos de asentamiento que existieron en la región durante este período.

LA HACIENDA DE YAVI

La importancia de esta hacienda se basó en dos elementos que fueron reuniendo los sucesivos encomenderos de los *casabindos* y *cochinocas*. El primero fue, precisamente, la existencia de una encomienda que garantizó el acceso a la mano de obra y a los tributos hasta el proceso de independencia. El segundo fue un complejo de propiedades ubicadas en diferentes lugares, que permitía la pro-

ducción de una gran variedad de productos requeridos principalmente por el mercado minero.

Uno de sus principales encomenderos, Pablo Bernárdez de Ovando, logró consolidar un importante patrimonio territorial cuyo centro estaba en Tarija y que fue ampliado por su yerno Campero y Herrera. Este último gestionó y logró a comienzos del siglo XVIII que le fuese concedida la encomienda por tres generaciones más a sus sucesores y que le fuera otorgado el título de marqués del Valle de Tojo (Madrazo, 1982). Gracias a esta gestión la encomienda de los *casabindos* y *cochinocas* fue una de las pocas cuya existencia se extendió hasta comienzos del siglo XIX.

Las actividades económicas que se desarrollaban en este complejo de haciendas eran muy variadas. La principal propiedad estaba en La Angostura, en Tarija, y se especializaba en la producción de vino. El complejo incluía otras tierras en las que cultivaba trigo, maíz, papas, frutales y otras más destinadas a la producción e invernada de diferente ganado que era llevado principalmente para abastecer a los centros mineros de la actual Bolivia. La hacienda más importante de la Puna estaba localizada en Yavi, en la actual Puna argentina. Los encomenderos aprovechaban la mano de obra de *casabindos* y *cochinocas* no solamente en ella, sino también en las haciendas y chacras de Tarija. En una visita que realizó el oidor Martínez Luján de Vargas a la encomienda en 1694 se enumeraron los trabajos que debían realizar los indígenas para Campero como forma de pagarle los tributos: matanza de ganado y charqueo, transporte de correspondencia y en general de camas o ropa para los viajes del encomendero, transporte de mercancía a los asentamientos mineros de Lípez, Chichas y Potosí, además de la invernada de ganado (Transcripción de la visita en Boixados y Zanolli, 2003). Campero llevaba también a parte de su encomienda a trabajar a las haciendas agrícolas de Tarija, en especial al valle de Tojo, aguas abajo de Yavi, en actual territorio boliviano (Archivo General de la Nación, 13-18-7-4).

No hay mucha información acerca de la

población que vivía en la hacienda ya que la mayoría de los “censos” coloniales refieren solamente a los indígenas que eran tributarios. Sin embargo, en 1778 el rey Carlos III ordenó la realización de un censo en todo su imperio americano, cuyo padrón correspondiente a la Puna aún se conserva (Rojas, 1913). En ese año el marqués era Juan José de Martiarena de 23 años; fue empadronado en Yavi junto a su familia y sus 31 sirvientes, la mayoría de ellos negros y mulatos esclavos y libres (algunos de ellos con hijos) y también algunos indígenas. Fuera de la casa del marqués —aunque dentro de la hacienda— vivían otros españoles con esclavos (aunque pocos), mulatos libres que se habían establecido con sus familias, y una mayoría indígena.

LA ACTIVIDAD MINERA

La actividad minera no fue nueva en la región, aunque los trabajos arqueológicos más recientes sostienen que antes de la llegada de los españoles no había sido muy intensa. Sin embargo, los minerales preciosos son abundantes en la Puna y se piensa que fueron la principal causa del avance tanto incaico como colonial sobre las tierras altas pastoriles. Las primeras minas coloniales documentadas datan de 1600 en Cochinoca, apenas pacificada la región (Angiorama y Becerra, 2014; Becerra, 2014). En esos años la actividad minera era intensa en las vecinas jurisdicciones de Chichas y Lípez (sur de la actual Bolivia), donde se encontraron importantes vetas de plata y de oro y se aplicó con frecuencia la entonces novedosa tecnología de la amalgama con mercurio para separar los metales preciosos del resto del mineral. Allí las inversiones fueron importantes, lo mismo que la llegada de trabajadores desde todos los rincones del Virreinato del Perú (Gil Montero, 2015). La Puna estaba integrada a aquel territorio por el que circulaban mineros y metalurgistas trasladando hombres, conocimientos e insumos.

Las explotaciones mineras coloniales de la Puna, a diferencia de las jurisdicciones vecinas de Lípez y de Chichas, no implicaron

grandes escalas ni inversiones importantes, aunque sí un cambio significativo en la composición de la población y en su distribución relativa. Por lo pronto, esta actividad promovió la residencia de españoles, quienes estuvieron ocasionalmente acompañados por esclavos o por indígenas provenientes de otras regiones. Se han encontrado numerosos sitios donde se realizaban fundiciones de metales en hornos de tecnología colonial, tanto en Coyaguaima como en las cercanías del pueblo de Santo Domingo (Angiorama y Becerra, 2010). Y aunque no se han encontrado aún evidencias arqueológicas de ingenios como los encontrados en Lípez o Chichas, sí hay documentos que indican su presencia y la utilización de la técnica de amalgama con mercurio para separar metales preciosos. El peso demográfico que había tenido la cuenca de Miraflores se diluyó parcialmente con el surgimiento de los asentamientos mineros, algunos de los cuales pervivieron y se transformaron en cabeceras de las parroquias o en residencia de las autoridades locales.

La actividad minera se desarrolló en cuatro grandes espacios iniciales: en el sur de la laguna Pozuelos y en las cuencas de los ríos Santa Catalina, Grande de San Juan y Coyaguaima. No tenemos datos generales de la población antes de 1702, que fue cuando se realizó una visita eclesiástica. En ella se puede ver que las tres primeras áreas estaban claramente habitadas y que predominaba en ellas la actividad minera. Algunos de los sitios que estaban poblados en esa visita eran Pan de Azúcar, Yoscaba, San Juan de Oros, Rinconada y Santa Catalina (Figura 1).

La explotación de metales preciosos no fue constante a lo largo del período colonial. Hay algunas evidencias que sugieren que a un primer momento de intenso cateo y laboreo, le siguió un período de menor actividad entre fines del siglo XVII y comienzos del XVIII. En la segunda mitad de este último siglo hubo una reactivación de la minería y el descubrimiento de vetas que dieron origen a asentamientos de mayor envergadura. Uno de ellos fue Antiguyoc, convertido en viceparroquia de Rinconada por la cantidad de habitantes que tenía. La reactivación se pue-



Figura 1. Principales localidades referidas en este capítulo.

de observar con claridad en la composición de la población de Rinconada empadronada en el censo de 1778: allí vivía la mayoría de los españoles de la Puna. Más interesante aún resulta el lugar de origen de quienes habían llegado de otras partes del virreinato, ya que todos provenían de asientos mineros. Entre ellos se destacan Potosí, Tupiza, Estarca, Esmoraca, Chocaya, Lípez y Oruro, lo que sugiere que aún a fines del siglo XVIII había una estrecha relación entre quienes se dedicaban a la minería a los dos lados de la actual frontera internacional.

Tanto Antiguoc como Ajedrez en Rinconada e Incahuasi en la Puna de Catamarca (Lema, 2012) han sido excepciones dentro de la explotación minera de la región ya que fueron asientos mineros relativamente grandes que integraban la producción minera, el procesamiento y las viviendas. La mayoría de las explotaciones mineras, en cambio, han dejado poca evidencia material (a veces sin asociación clara con viviendas) que se restrinje a hornos (Coyaguaima, Pan de Azúcar), socavones o explotaciones a cielo abierto, trapiches de moler y marayes (molinos de piedra).

LOS PUEBLOS DE INDIOS DE LA PUNA: CASABINDO Y COCHINOCA

Estos pueblos fueron fundados a comienzos del siglo XVII como parte de la reorganización territorial impulsada por la corona española y tendiente a facilitar el gobierno y la organización de la fuerza de trabajo. El primero de ellos se emplazó en un área donde hay restos materiales que indican actividad agrícola prehispánica (Albeck y Ruiz, 2003), mientras que el segundo fue organizado en la cercanía de la explotación minera colonial. En esos pueblos se buscó concentrar la población dispersa de la encomienda para poder acceder tanto a ella como a sus tributos. La reorganización implicaba también adjudicar tierras para el cultivo y el pastoreo de ganado, aunque no todas las tierras originariamente entregadas lograron conservarse. A pesar de las ordenanzas, tanto el encomendero Bernárdez de Ovan-

do como otros españoles interesados en el ganado para el mercado minero avanzaron sobre ellas, apropiándose al menos en parte. Hacia fines del siglo XVII, el nuevo encomendero Campero les cedió algunas tierras para el pastoreo hacia Cobre y Barranco, cesión que les posibilitó el acceso a las Salinas Grandes.

Además de estos tres tipos de organización residencial, en la Puna encontramos población “libre”, es decir, indígenas que no fueron incorporados a la encomienda, ni llevados como mano de obra de las minas, sino que vivían en los intersticios que les permitía la ocupación española interviniendo a veces —en forma voluntaria o forzada— en la vida colonial (Gil Montero, 2004a). La ganadería trashumante que era su principal sustento les permitió movilizarse y participar del transporte o de los mercados mineros para vender sus productos.

PECUARIZACIÓN Y CAMBIOS EN LA ECONOMÍA

Junto con los europeos llegaron a América sus plantas y sus animales, entre otros la cebada, alfalfa, ovejas, mulas, vacas, burros y aves de corral que fueron importantes en la Puna. Algunos fueron introducidos en forma obligatoria, como por ejemplo las gallinas: los indígenas del altiplano debían criárlas para —entre otras cosas— alimentar a los curas párrocos. Otros animales llegaron con los conquistadores, se reprodujeron en forma muy variada y fueron aprovechados por las poblaciones locales que rápidamente los integraron a sus vidas. Una de las evidencias de esta apropiación voluntaria es la presencia de huesos de este ganado en sitios habitados por indígenas que no habían sido conquistados pero que tenían contacto esporádico con el mundo colonial (Nielsen, 2001; Nielsen *et al.*, 2015).

Durante el período colonial las principales actividades desarrolladas en la Puna y en los territorios cercanos a ella fueron la minería y, donde era posible, la producción agropecuaria destinada a abastecer a los centros mineros y urbanos. Esta última

se concentró en los fértiles valles tarijeños y chicheños, mientras que la Puna se especializó en minería, ganado y pasturas allí donde era posible. La agricultura (que había estado presente sobre todo en los lugares por donde pasaba el *Qapac Ñam*, el camino del Inca) fue perdiendo su importancia en este período.

Fueron muchos los factores que promovieron el abandono relativo de la agricultura y el incremento de la actividad ganadera. Uno de ellos fue la crisis demográfica provocada por la conquista y colonización del territorio, ya sea por muerte, por emigración o por la saca de personas destinadas a servir en otros lugares. La agricultura local demandaba el trabajo de una población numerosa destinado a la construcción y mantenimiento de la andenería, así como de la infraestructura de riego donde era posible y necesario. Por su parte, la ganadería se presentó como una actividad fuertemente impulsada por el invasor que demandaba menos mano de obra y a la vez tenía mercado seguro en los asentamientos mineros. Finalmente, muchos de los lugares donde antes había habido agricultura se convirtieron en sembradíos de pasturas para el ganado que pasaba en pie para ser vendido en Potosí, en otros asentamientos mineros o en las villas cercanas.

La ganadería se desarrolló en formas diferentes en la Puna según se analice la producción doméstica o la de las estancias destinadas a los mercados coloniales. El ganado doméstico se empleaba básicamente para el consumo de carne (fresca o como charqui) y su venta, la extracción de lana (oveja y llama), el transporte de productos, el aprovechamiento de su guano como combustible (*takia* de llama) y de los cueros de oveja para acostarse. Estos productos servían tanto para el autoconsumo como para abastecerse mediante trueque o venta de aquellos otros que no se podían producir en la región, sobre todo coca, ají, maderas, maíz, algunos tipos específicos de telas, frutas, pescado. El ganado se vendía en forma de charqui o “abiertos” (carne secada y salada), sobre todo a las regiones mineras cercanas. Proporcionaba lana que era utilizada para la

producción textil destinada tanto al vestido de la familia como al mercado. La ventaja que tenían los puneños era que sus tierras estaban comparativamente libres de espinas y suciedad, por lo que a pesar de carecer de buenas aguas para lavar la lana, ésta era más limpia y abundante que la de los valles y laderas húmedas. La lana se mezclaba por colores (blanco de la oveja con gris o negro de llama y marrón de vicuña) o se teñía con cochinilla o añil, oriundos de la actual Bolivia. A veces se utilizaban tinturas vegetales para conseguir los colores verde y amarillo.

Los actuales departamentos de Cochabamba y Yavi concentraban la mayor cantidad de ganado introducido (bovinos, equinos, ovinos y caprinos), cuya producción estaba mayoritariamente orientada al mercado. En el siglo XVII sobresalía el ganado bovino, cuyo faenado estaba destinado a abastecer a Potosí y otros centros mineros del sur de la actual Bolivia. De las vacas se extraía la carne, el cuero y el sebo, todos productos requeridos en los asentamientos mineros. Podemos encontrar menciones en los documentos de matanza de ganado y de su preparación para las minas desde el período colonial temprano. Ya se hablaba de esta actividad a comienzos del siglo XVII, sobre todo por las ventajas que ofrecía el clima tan seco y fresco. En 1788, por ejemplo, Don Ángel Antonio de la Barcena tenía una cancha para hacer matanzas de vacas en su hacienda de Rinconada para abastecer de carne las minas de San Pedro, jurisdicción de Atacama y de Pan de Azúcar en Rinconada. A comienzos del XVIII los vacunos comenzaron a disminuir en cantidad, aunque se continuó con la producción, y se incrementaron los burros que anteriormente habían sido muy pocos ya que para el transporte se prefería la mula o la llama (Gil Montero, 2004a).

Con respecto al territorio de la Puna extra-jujeña (Salta y Catamarca), los primeros documentos escritos que encontramos datan de la primera mitad del siglo XVIII, poco antes de incorporarse con claridad a la jurisdicción de Atacama. Hasta ese momento fue un territorio de frontera y por ello hay muy poca información en los archivos,

aunque encontramos evidencias de la realización de cateos y explotación de minerales. Estaba habitado en su mayoría por indígenas aunque también vivían algunos españoles (ATJ, Legajo 1145, 9 de abril de 1738). Y si bien la minería estuvo presente en toda la colonia en ese territorio, tuvo un mayor desarrollo en el siglo XVIII, lo que parece haber impactado en la producción ganadera de la Puna.

Estudios de caso permiten inferir cómo era la vida en estos territorios de frontera antes de su incorporación a Atacama y de una mayor formalización del control colonial. En Coranzulí, Susques (que en aquel período pertenecía a Atacama), se han encontrado centenares de chullpas, estructuras que tenían una estrecha relación con los ancestros y que fueron lugares de culto a los antepasados, adornados con motivos religiosos cristianos (Rivet, 2013). Este hallazgo permite pensar que en aquellos lugares de frontera, donde no había un control colonial estable, vivían indígenas que estaban en contacto con la sociedad hispana y que incorporaron diferentes aspectos de ella, resignificándolos. A partir de la escasa documentación encontrada se puede observar cómo, a pesar de ser territorio de frontera, quienes vivían en Coranzulí iban a bautizarse o a casarse a Casabindo, o eran llevados para ser juzgados también en la jurisdicción de Jujuy (ATJ, Legajo 1145, 9 de abril de 1738).

LA GUERRA EN LA PUNA

Entre fines del siglo XVIII y comienzos del XIX, el sur de los Andes atravesó diferentes crisis que afectaron sobre todo a la población indígena. La población creció claramente por primera vez desde la década de 1720, requiriendo tierras que habían sido apropiadas, en parte, por los españoles. La presión fiscal (los tributos indígenas) se incrementó a partir de una serie de reformas llevadas adelante por los reyes Borbones en el último cuarto del siglo XVIII, y se hizo muy difícil de evadir (Tandeter, 1998). En 1778 el 60% de la población total del territorio jujeño vivía en la Puna y entre ellos,

el 85% eran indígenas. Fue en ese contexto que comenzó un largo período de guerras que tuvo a la Puna como campo de batalla: las guerras de independencia (1810-1825) y la guerra contra la Confederación Perú-Boliviana (1836-1839). A esto se sumó en 1834 la conformación de Jujuy como provincia que no incluía aún al actual departamento de Susques el cual era parte de Atacama (en aquel entonces de Bolivia). Gran parte del costo económico de la guerra recayó sobre los territorios que fueron campo de batalla y se convirtió en un problema omnipresente e insoslayable.

La mayoría de las fuerzas que pelearon en estas dos guerras estuvo compuesta por habitantes que provenían de otras regiones, mientras que la población local fue reclutada ocasionalmente en forma forzada y a veces participó voluntariamente, incluso integrándose activamente a las batallas como guerrilla; en otros momentos se alejaban de los combates llevándose sus bienes; a veces oficiaban de espías; y siempre alimentaban a los ejércitos, atendían a los oficiales, cuidaban de su ganado y transportaban los insumos (Gil Montero, 2004b).

Uno de los grandes problemas que enfrentaban los encargados de la logística de la guerra era la manutención de los soldados y de sus animales de carga. Los animales eran, en particular, la obsesión de los ejércitos y formaban parte principal de la logística. El ganado tenía diversos usos, entre ellos el traslado de oficiales, armamento, víveres y enseres, servía de alimento de las tropas, etc. La mayor parte de la artillería era de montaña y muy ligera porque los caminos no permitían rodados, por lo que con frecuencia se trasladaban en mulas, y cuando no había se hacía a lomo de llamas, con su paso lento y las dificultades que tenían para organizarlas. Otra alternativa era poner a los indígenas como cargueros, en el lugar de los animales, como lo describió José María Paz en la batalla de Vilcapugio.

¿Cuántos hombres implicaba una campaña militar, por ejemplo, la entrada del ejército del Norte a la actual Bolivia? La mayor parte de las acciones descritas en las

fuentes consultadas (Gil Montero, 2004b) implicaba unos tres mil guerreros, a los que habría que sumar los acompañantes —mujeres y sirvientes— que solían ser aproximadamente el mismo número o poco menos. La vanguardia realista contaba también con ese número de soldados, en gran parte de los años de guerra. La población total de la Puna no llegaba a los 9000 habitantes para ese período. Es decir, en los momentos en los que se movilizaban los ejércitos regulares una cantidad por lo menos cercana a la mitad de la población de la Puna atravesaba la región requiriendo alimentos para ellos y para sus ganados. Los animales que los acompañaban eran mayormente mulas y llamas para el transporte, algunos caballos para los oficiales y ocasionalmente ganado en pie para comer (vacas, ovejas o llamas).

¿Qué cantidad de alimento necesitaba una fuerza militar como las que solía acantonarse en la región? A comienzos de la guerra un estratega realista señalaba que para los ejércitos que entraban al actual noroeste argentino necesitaba 13.800 ovejas, 2.100 llamas y 320 vacas para cubrir los requerimientos de dos meses (Gil Montero, 2004b). Los relatos que mencionan la recolección de ganado no permiten realizar una buena estadística, ni tampoco conocer con precisión los lugares donde se tomaba el ganado.

En 1873 se publicaron estadísticas que se presentaron en la Exposición Nacional de 1871, Córdoba, que permiten poner en contexto la cantidad de animales requerida por los ejércitos, aunque no correspondan exactamente al mismo período (tabla 1).

Unos pocos años más tarde (1865) se registraron en Cochinoca 6.069 burros y 2.981 vacas (Bárcena, 1873). Estas cifras permiten tener una idea de lo que pudo ser el impacto

del ingreso de los contingentes militares a una región donde los pastos son escasos y la mayoría de la población vivía del pastoreo.

Las guerras de Independencia inauguraron una nueva frontera internacional que demoró en conformarse realmente y cuya historia está cruzada de redefiniciones y tratados. En el caso de la Puna de Jujuy, la frontera dividió una región otrora fuertemente integrada en términos económicos y sociales. En el mediano plazo afectó tanto los circuitos mercantiles en los que participaba la Puna como abastecedora principalmente de mercados mineros con sebo y ganado en pie o charqui, como los circuitos de intercambio que integraban a la Puna con Tarija.

LA FRONTERA Y EL “PROBLEMA DEL INDIO”

La independencia afectó también la relación de los indígenas con el Estado. En la actual Argentina no hubo una política central destinada a resolver el llamado “problema del indio”, sino que cada provincia tuvo que decidir lo que haría. En el caso particular de Jujuy, la provincia tuvo que definir su política con relación a la encomienda, los tributos indígenas y las tierras comunales. Un tercio de los tributarios de la Puna había sido considerado hacia fines de la colonia como indios “originarios con tierras”, mientras los demás eran “forasteros sin tierras”. Con respecto al resto de la Puna, en cambio, como pertenecía a Bolivia, la suerte de sus tributarios estuvo ligada a los cambios ocurridos en aquel territorio: al menos hasta fines del siglo XIX continuaron pagando sus tributos y gozando de sus tierras.

La provincia de Jujuy heredó del período colonial diversos tipos de acceso a la tierra que se vieron afectados por las reformas liberales del siglo XIX. Estas reformas promulgaban la desaparición de todas aquellas formas que no se encuadraran en la moderna propiedad privada. A pesar de haber logrado sostener parte de los derechos comunales sobre sus tierras según las leyes que regían en el período colonial, los pobladores de Cochinoca y Casabindo se vieron despojados

Tabla 1. Ganado censado en la Puna en 1857. Fuente: Bárcena, 1873: 250.

Departamento	Llamas	Ovejas
Yavi	6.456	144.738
Rinconada	3.881	68.318
Santa Catalina	11.716	67.198
Cochinoca	10.934	140.290

de ellos por los descendientes del marqués del Valle de Tojo, que convirtieron el tributo en arriendo. Este conflicto, que afectó inicialmente a quienes habían pertenecido a la encomienda, se extendió rápidamente al resto de la población de la Puna. Entre las décadas de 1850 y de 1870 la Puna sufrió una sucesión de revueltas campesinas que culminaron en enero de 1875 con la batalla de Quera (Paz, 1989, 1997).

Una vez que los indígenas fueron derrotados militarmente, la lucha continuó en el plano legal. Los descendientes de los “indios de encomienda de Casabindo y Cochinoca” litigaron ante la Suprema Corte de Justicia por las tierras que habían sido de sus antepasados, con el argumento de que la encomienda no otorgaba derechos sobre las tierras de comunidad. La Corte determinó en 1877 que las tierras eran propiedad de la Provincia (Fallo de la Suprema Corte, Buenos Aires 19-4-1877, Causa XLIV). A partir de allí se discutió en el ámbito de la legislatura de Jujuy cuál debía ser el destino de estas tierras y tras diversas deliberaciones se decidió conservarlas y cobrar arriendo, situación que se mantuvo entre 1880 y comienzos del siglo XX.

En 1901 un arqueólogo sueco que recorrió la región, Eric Boman, dejó una imagen que sintetizaba crudamente esta realidad: “El territorio está dividido entre un pequeño número de propietarios que viven, casi todos, en Jujuy. Cada propietario tiene una enorme extensión, habitada por un centenar de indios, o más, que deben ceder al propietario la mayor parte de los productos de sus pequeños rebaños y, además, entregar su trabajo personal cuando se les requiere. La mayoría de los propietarios no han visitado nunca sus dominios de la Puna; se contentan con enviar de tiempo en tiempo a un administrador para recoger sus arriendos y resolver cuestiones de litigios que pueden suscitarse con los indios” (Boman, 1992 [1901]: 468-469).

Los conflictos por la tierra se dieron dentro de un contexto nacional —iniciado en las últimas dos décadas del siglo XIX—, en el que el estado argentino avanzó sobre los

territorios indígenas a partir del dominio militar y de la incorporación de territorios limítrofes mediante la diplomacia, acciones que buscaban definir las fronteras argentinas. En el caso concreto de la Puna este proceso complicó las antiguas relaciones que tenía la población local con el resto de los Andes, interponiendo aduanas, control militar y una burocracia donde antes no existía. La frontera dividió espacios que habían estado unidos, como en el caso de las cuencas que se convirtieron en frontera (por ejemplo, la del río San Juan), que habían sido unidades territoriales en el pasado, de libre circulación y ocupación indistinta de los márgenes. En el proceso se sumaron también algunos territorios que no habían sido delimitados muy claramente durante la colonia y que se fueron integrando a lo largo del tiempo a Argentina o a Bolivia. Un ejemplo aún poco explorado en su integración es el de Cusi Cusi, que no era muy claro si pertenecía a Santa Catalina o a Lípez. Finalmente, se incorporaron los territorios atacameños que formaron parte de Bolivia tras la independencia de este país en 1825. La historia de estos territorios es compleja ya que como consecuencia de la guerra del Pacífico (1879-1883) pasaron a formar parte de Chile, aunque por poco tiempo. Entre los diferentes tratados que definieron la frontera noroeste del país, esta porción de Atacama se integró a la Argentina en 1899 y conformó el Territorio Nacional de los Andes. En 1943 se dividió para formar parte de tres provincias diferentes: Jujuy (Susques), Salta (Pastos Grandes) y Catamarca (Antofagasta de las Sierras).

En 1925 se le encargó a una comisión que investigara los problemas del latifundio de la Puna, originados por los procesos arriba descritos de despojo y transformación de prácticamente todos los indígenas en arrendatarios. El informe que realizó dicha comisión da cuenta no solamente de los problemas que tenían los indígenas sino de lo poco regularizadas que estaban aún las propiedades. Se relevaron dos fincas en Rinconada, una en Yavi y numerosas fincas en manos de accionistas en Santa Catalina. Estas propiedades, sin embargo, no cubrían

la totalidad de la superficie de estos departamentos sino una parte, que se entendió como mayoritaria. En Cochinoca las tierras eran fiscales ya que habían pasado a manos del Estado tras el fallo de 1877. A pesar de esta investigación, con el pasar de los años la situación se mantuvo con pocos cambios. En mayo de 1946 los indígenas de la Puna iniciaron una marcha hacia Capital Federal que se conoció como “el malón de la paz”. El “malón” llegó a destino en agosto y fue despachado con las manos vacías.

CIENTÍFICOS, NATURALISTAS Y MINEROS EN BÚSQUEDA DEL NUEVO ELDORADO

Científicos, inversores, viajeros, autoridades políticas circularon por la Puna a lo largo de todo el siglo XIX y comienzos del XX y dejaron diversas impresiones e informes que hoy son fuentes para nuestros estudios. Sus miradas, además de estar muy influidas por sus historias personales y nacionalidad, dependían también de la trayectoria de sus viajes. La gran mayoría de las referencias importantes de mineros, viajeros y naturalistas hablan de los metales preciosos, en particular de la presencia del oro en la Puna, sin que haya todavía novedades con relación a la extracción de metales utilizados en la industria (cobre, estaño), algo que estaba ocurriendo en otras regiones mineras del mundo. No hay registro de explotaciones de larga duración o de grandes inversiones, si bien Eldorado estaba siempre presente en el norte de quienes recorrían la región.

Muchos de los viajeros llegaron a la Puna desde Buenos Aires. El viaje implicaba la utilización de carrozados que servían para atravesar interminables llanuras y caminos de serranías bajas y valles. Pero una vez llegados a Jujuy, el tramo siguiente que era de alta montaña sólo podía hacerse montado y llevando la carga sobre los animales. Al adentrarse en la Quebrada de Humahuaca se dejaba atrás el exuberante paisaje de los valles de Salta y de Jujuy —sus ríos, su vegetación pero también sus insectos—, para entrar a otro más árido y más alto. Al salir

de dicha quebrada los caballos eran reemplazados por mulas, no solamente por la falta de buenas pasturas en la Puna, sino también por su capacidad para atravesar difíciles caminos bordeados de precipicios. Los cruces de ríos, tan dramáticos en algunas provincias debido a la ausencia de puentes, quedaban atrás y lo que predominaba, en cambio, era la aridez, la soledad y lo extremo del clima. “Las uñas se parten, los labios se agrietan, el cabello pierde su flexibilidad, las botas, las correas y las monturas se resecan y se rompen” (Boman, 1992 [1901]: 402). Las descripciones que dejaron la mayoría de los viajeros de las tierras altas en su conjunto son deprimentes.

La visión que tenían de la Puna quienes llegaban por el noroeste, en cambio, era muy diferente. Bertrand, por ejemplo, se asomó a Santa Catalina desde el alto de la frontera Boliviana en Berque, en una de sus etapas de un largo viaje por el desierto de Atacama. Maravillado por la pampa que se extendía ante su vista, la describió como hermosa y llena de animales de todo tamaño y especies (Bertrand, 1885: 187). Ludwig Brackebusch también se sorprendió unos años antes en su visita a la Puna por la vitalidad del comercio de Santa Catalina. Desde allí los viajeros podían relacionarse con toda la región circundante y adquirir de todo, incluida la mejor cerveza alemana a muy buen precio (Brackebusch, 1990: 45).

Al igual que en tiempos coloniales, los metales preciosos seguían convirtiendo este desierto en algo deseable: el principal motivo de estos viajes fue el renovado interés despertado ocasionalmente a lo largo de aquel siglo por la minería regional. Las conclusiones casi constantes de todos los viajeros una vez finalizada la misión, sin embargo, no fueron muy halagüeñas ya que encontraban muchos factores adversos para un buen desarrollo minero. Los principales eran (dependiendo del momento en el que se escribía) la falta de mano de obra capacitada, de capital para inversiones y de vías férreas para facilitar el traslado de equipamientos, combustible, agua, forraje, insumos, mano de obra y minerales. La minería local despertó también

una suerte de fiebre inmobiliaria y muchas tierras de la Puna fueron adquiridas por personas que nunca vivieron en la región.

Las descripciones de la actividad minera realizadas por los científicos y viajeros estuvieron muy influidas por la experiencia previa que llevaron al campo. Brackebusch, por ejemplo, recorrió muchos parajes mineros de la Puna y los describió continuamente en comparación con las villas alemanas o con sus trabajadores. Para este autor, el minero en la Puna trabajaba en solitario, se cocinaba una comida sencilla en una vivienda que era en realidad solamente una pirca que le ofrecía reparo contra el viento. No utilizaba trajes particulares sino que se vestía como los paisanos, con poncho, chiripá, sandalias y sombrero. Era muy austero y aguantaba condiciones duras de vida en los lugares donde trabajaba, que carecían de agricultura, animales y comodidades en general. Su descripción contrasta con la que encontramos en la documentación aquí analizada: en ella se lo observa al minero trabajando con su familia o asistido por ella, en lugares cercanos a los de su residencia habitual (Gil Montero, 2004a). Lo mismo encontró Boman, quien describe siempre a las familias que vivían de esta actividad y la realizaban en conjunto.

Brackebusch describió el trabajo minero como artesanal: el oro se obtenía mediante el proceso de lavado, en forma intermitente, cuando hacía falta dinero. Describió sucintamente, también, algunas plantas donde se utilizaba la tecnología de la amalgama, aunque a una escala muy reducida.

Para fines del siglo XIX no hay estadísticas de la producción minera, aunque encontramos un listado de las minas recorridas por Brackebusch en los años 1880, algunas minas del actual departamento de Susques mencionadas en el viaje de Bertrand por Atacama, así como datos de la población que pueden arrojar alguna luz sobre esta actividad. Brackebusch indicó la presencia de minas de oro, pirita, andesita y limonita en tres departamentos de la Puna de Jujuy: Santa Catalina, Rinconada y Cochinoca. Entre otras menciona las explotaciones de oro en los ríos

San Juan Mayo, Santa Catalina, las costas de la laguna Pozuelos y algunas minas que aún persisten como Antiguyoc, Galán, Ajedrez, Timón Cruz, Minas Azules, Apóstoles, San León, Oratorio (Brackebusch, 1893: 9). Bertrand, por su parte, sosténía que hacia 1880 en el actual departamento de Susques había tres minas de oro en actividad, aunque explotadas artesanalmente por los indígenas: Susques, Olaroz y Rosario, este último sitio prácticamente abandonado en esa época. Este viajero destacó las ventajas que ofrecía la explotación artesanal de estas minas, que no estaban sujetas a la disponibilidad de agua y por ello no tenían las fluctuaciones en el tratamiento de los minerales que había visto en otras minas regionales, como por ejemplo en Incahuasi, donde se utilizaba la técnica de la amalgama.

La información existente sobre la población es compleja de ser usada como indicador de actividad económica ya que las ocupaciones declaradas en los censos no suelen reflejar más que una parte de la realidad laboral de los habitantes del ámbito rural. La mayoría de ellos eran campesinos que tenían múltiples ocupaciones y no es claro con qué criterio se decidía declarar una sola de ella. Los censos provinciales y los dos primeros censos nacionales realizados a lo largo del siglo XIX, sin embargo, muestran algo de la actividad minera (tabla 2).

La cantidad de población que se declaró minera en el siglo XIX parece haber disminuido hacia el final del período, con un máximo en los años 1850. Rinconada era, por lejos, la jurisdicción con mayor cantidad de mineros y los distritos principales donde estaban eran Antiguyoc y Santo Domingo, ambos de origen colonial. En los censos más tempranos la discriminación de los parajes es mayor y allí encontramos, por ejemplo, que Ajedrez, Pilcayoc o Río del Torno eran relevantes. Le seguía en importancia Santa Catalina con los distritos de Timón Cruz, San León y los partidos de la Cruz y del Puesto como los más significativos. Los dos departamentos más poblados, Yavi y Cochinoca, casi no tenían mineros registrados en ninguno de los censos.

Tabla 2. Población que se declara minera en los censos provinciales y nacionales de Jujuy, 1839-1895.

Departamentos	1839	1843	1851	1855	1869	1895
Rinconada	176	251	347	197	90	47
Santa Catalina	58	s/datos	12	38	27	7
Cochinoca	—	—	6	1	—	1
Yavi	—	—	—	—	2	—
TOTAL	234	251	365	236	119	55
Población total	6346	5788*	7999	8886	12335	11138
Mineros (%)	3,7	4,3*	4,6	2,7	1,0	0,5

Fuente: censos provinciales inéditos de 1839, 1843, 1851 y 1855 (Archivo Histórico de Jujuy) y cédulas censales de los censos nacionales de 1869 y 1895. (*) En 1843 falta el padrón de Santa Catalina. La población total, por ello, no incluye este departamento.

En muchos de los padrones no se especificó el lugar de origen de los mineros. Pero si nos concentráramos solamente en uno de ellos que sí contiene esta información, Rinconada 1869, casi todos los mineros habían nacido en el lugar (87%), 10 procedían de Bolivia y 2 de Salta.

FERROCARRILES E IRRUPCIÓN DE LA NUEVA MINERÍA

La acción de los gobiernos nacionales tendiente a consolidar las fronteras buscó promover la consolidación de los mercados internos y organizar el mercado internacional y las exportaciones. En ese contexto, los ferrocarriles tuvieron un papel central en la formación del estado nacional, en la integración regional al mercado nacional y a los mercados mundiales, aunque también tuvieron efectos no controlados en la dinámica social y económica de las regiones afectadas.

Hasta la llegada del ferrocarril las mercancías se transportaban principalmente en mulas por los Andes. Esta actividad estaba muy desarrollada en el pasado tal como se puede observar en un relato de Brackebusch publicado en 1883, quien se asombró por la enorme presencia de tropas de mulas y de carros que había en Jujuy: “Un sinnúmero de cajones de todos los tamaños, barriles, hasta pianos, se llevan a la república vecina, proveyéndola de lo necesario, principalmente a las empresas mineras, entre las que descolllan las de Huanchaca, cuyas riquezas son verdaderamente asombrosas, y cuyos meta-

les, ya fundidos ya en bruto, se llevan por el mismo camino hasta Tucumán, donde el ferrocarril los recibe para llevarlos al Atlántico. Así vienen y salen las tropas como en camino de hormiga y dan una vida extraordinaria a estos parajes lejanos” (Brackebusch, 1883: 206). Los ferrocarriles que llegaron a los Andes principalmente de la mano de las inversiones mineras modificaron profundamente la geografía de esta actividad facilitando el transporte, promoviendo tecnología que antes no se podía desarrollar, trasladando mano de obra especializada y abaratando costos. También afectaron profundamente el cultivo de pasturas, los caminos y la distribución de la población.

El Ferrocarril Central Norte llegó a Jujuy en 1891 y a La Quiaca el 30 de diciembre de 1907, aunque esta última parte del ramal comenzó a funcionar regularmente recién en mayo de 1908. El primer efecto que tuvo este tren fue justamente el surgimiento de La Quiaca, que hasta ese momento no era más que un caserío esparcido a un lado y otro del arroyo homónimo, arroyo que desde la independencia se había constituido en frontera internacional. Es importante señalar que fue la primera ciudad surgida en un territorio que había sido hasta ese momento completamente rural con un patrón de población disperso o agrupado en pequeños pueblos. En el Censo de Población de 1947 La Quiaca era la segunda ciudad de la provincia y había desplazado a Yavi como capital del departamento. El mismo efecto se puede observar del otro lado de la frontera unos años más

tarde, en 1925, cuando el tren llegó a Villa-zón y la aduana, que antes estaba ubicada en Tupiza, se trasladó a dicha ciudad. Con el tiempo, una de las principales actividades desarrolladas por estas dos poblaciones fronterizas fue el comercio.

El crecimiento de la Puna se concentró en esta ciudad, en algunos poblados que fueron creciendo en torno a las vías férreas y alrededor de las minas. Los dos centros urbanos que se registraron en el cuarto censo nacional (1947) fueron La Quiaca y Mina Pirquitas. Casi la mitad de la población registrada en ellos era extranjera y aunque no se detalla la nacionalidad, por otros datos generales del censo podemos inferir que la mayoría era boliviana, aunque había un porcentaje destacado de europeos que habían llegado atraídos mayormente por la actividad minera.

El eje demográfico dejó de ser el de las aguadas y los rincones a reparo del viento y se instaló en la árida planicie central influyendo también en la residencia de la población. Un ejemplo muy claro del cambio producido por el ferrocarril es Abra Pampa, que de ser un pequeño caserío se convirtió en capital del departamento desplazando a Cochinooca, cuando comenzó a cumplir la función de ser también una de las estaciones del tren. La urbanización de Susques, en cambio, fue más tardía y se debió principalmente a la apertura y pavimentación de la ruta que cruza a Chile por el paso de Jama, que repercutió en la población de su cabecera en los últimos años: entre 1991 y 2001 fue el departamento de la región que más creció. Rinconada, Santa Catalina, Antofagasta de las Sierras, Antofalla y Santa Rosa de los Pastos Grandes, apartadas de las principales vías de comunicación internacionales, continúan teniendo hasta hoy pequeñas dimensiones.

Los principales cambios que se dieron en el siglo XX en la Puna, la urbanización y la irrupción de la gran minería, están vinculados aunque no necesariamente en forma directa. La minería cambió los patrones de distribución de la población a partir del desarrollo de una explotación de grandes

dimensiones que concentró una cantidad importante de trabajadores para la escala local: Mina Pirquitas. Estaba instalada en el corazón de la Puna y su actividad impactó fuertemente en la población de Rinconada al convertirse en el segundo centro urbano registrado a mediados de siglo XX. La producción de Mina Pirquitas (plata, zinc y estaño) continuó hasta la década de 1980 con algunos vaivenes, en la modalidad de laboreos subterráneos. Hacia fines de dicha década comenzó una crisis en la producción que terminó en la quiebra de la empresa en 1991. La mayoría de los pobladores que vivía en el pueblo Pirquitas (construido cerca de la mina) emigró en busca de trabajo. En 1995 Sunshine Argentina adquirió los derechos sobre esta mina y completó los estudios de factibilidad. En el año 2005 pasó a manos de la empresa canadiense Silver Standard Resources Inc. que en 2008 comenzó a trabajar a cielo abierto. El viejo pueblo se trasladó a las cercanías de la mina rebautizado como Nuevo Pirquitas, alojando a las familias de los trabajadores y dependencias del estado.

En el siglo XX comenzaron a explotarse también los boratos, aunque a una escala reducida y de modo artesanal. Sin embargo, fue el bórax la principal riqueza potencial que tenía la Puna de Atacama desde la perspectiva de los primeros viajeros y científicos. En la actualidad el nuevo Eldorado parece ser el litio, cuya extracción es muy reciente en la región.

UNA MIRADA DE LARGO PLAZO: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL PERÍODO DE ANÁLISIS

La población de la Puna de Jujuy pasó de ser más del 60% de la jurisdicción colonial de Jujuy en 1778, a un 6% en la actualidad. Este cambio acompaña procesos globales de incremento de la población en las llanuras y abandono relativo de las montañas, a la vez que esconde algunos procesos locales que son los que se desarrollan en este último apartado.

La información que tenemos anterior a 1778 es fragmentaria y solo nos permite

Tabla 3. Población total por departamento en la Puna de Jujuy, 1702-1947.

Año	Rinconada	Cochinoca	Santa Catalina	Yavi	Total Puna
1702	234	655	108	158	1.155
1778/79	1.999	2.247	1.943	2.709	8.898
1786	1.743	3.262	1.611	1.736	8.352
1806	1.374	3.236	1.314	935	6.845
1839	1.624	1.596	1.616	1.510	6.346
1843	2.039	1.964	s/datos	1.785	5.788
1851	2.075	2.195	1.812	1.917	7.999
1855	1.798	3.188	1.761	2.140	8.886
1859	1.691	2.622	1.790	2.514	8.617
1864/65	2.144	1.599	1.967	2.937	8.647
1869	2.395	3.845	2.640	3.455	12.335
1895	1.664	3.741	2.454	3.279	11.138
1914	1.616	4.257	2.510	4.216	12.599
1947	4.916	6.913	3.298	13.139	28.266

Fuentes: Visita Eclesiástica de 1702, inédita (en Archivo del Obispado de Jujuy), censo de 1778 (Rojas, 1913); revisitas inéditas (Archivo General de la Nación, 1786, 1806), padrones provinciales inéditos (Archivo Histórico de Jujuy, 1839, 1843, 1851, 1855, 1859, 1864-65), primeros Censos Nacionales (1869, 1895, 1914, 1947).

proponer algunas estimaciones. Como en el resto del continente, la conquista española afectó a la población local por lo menos de tres maneras: disminución por incremento de la mortalidad, huidas o migraciones forzadas, cuya magnitud es difícil de evaluar en este caso, y que fue seguida por una lenta recuperación; cambios en los patrones de residencia y en la composición de la población y modificaciones importantes en su economía. Por cierto, se dejan aquí de lado aspectos también importantes que escapan a los objetivos específicos de este capítulo: la destrucción de su universo de creencias y la imposición de uno nuevo; la incorporación de la población a sistemas de trabajo a partir de diferentes grados de coacción; la desestructuración de sus organizaciones políticas y sociales, entre muchas otras cosas, que seguramente afectaron también al desarrollo de su población.

Como se muestra en párrafos anteriores, la población de la Puna que tenía un patrón de residencia estable y relativamente concentrado fue entregada en encomienda, mientras que los demás quedaron fuera. No se conoce la proporción que representaba la encomienda, pero se puede pensar que era la mayoría. El dominio sobre el territorio demoró en consolidarse, aunque se sabe que

fue transitado desde muy temprano por caiteadores, por buscadores de mano de obra, por quienes huían de la justicia y por indígenas que no querían incorporarse al sistema colonial.

La primera fuente que permite observar a la población de gran parte del territorio es la mencionada visita eclesiástica realizada en 1702. En ella se observa que los centros demográficos prehispánicos ya no estaban solos: se destaca la hacienda de Yavi (habitada por esclavos africanos, mestizos y españoles además de indígenas) y otros núcleos generados por la iniciativa minera. Había apenas más hombres que mujeres. Aunque la población indígena fue siempre mayoría, la presencia de una proporción significativa de españoles (que se movilizaba frecuentemente al ritmo de sus negocios) es un claro indicador de actividades productivas ligadas a la acción colonial.

Entre 1702 y 1778 la población (presente en las fuentes históricas) pasó de unos mil doscientos habitantes a casi nueve mil. Una parte de este incremento se debe simplemente a un mejor relevamiento, pero otra parte fue real, algo que ocurrió no solamente en la Puna sino en todos los Andes. Durante el período colonial hubo siempre en la región un poco más de hombres que mujeres. La

población se concentraba en el actual departamento de Cochinoca, aunque con el tiempo fue perdiendo su importancia y pasó de tener casi un 57% de la población total en 1702 a un 25% en 1778. Rinconada le seguía en importancia demográfica, aunque a veces se destacaba Yavi, cuya población era la más fluctuante, probablemente por la presencia (o ausencia) de los “indios de encomienda” en la hacienda homónima. El departamento menos poblado fue siempre Santa Catalina. Del resto de la Puna no tenemos información hasta el año 1804, cuando la población empadronada de Susques no llegaba a las 210 personas (no hay información de los demás territorios). Un padrón posterior muestra un tibio incremento de los tributarios y un predominio levemente mayor de hombres. La distribución de la población y sus cambios muestran parte de la historia que relatamos: el avance en la ocupación del territorio de la mano de la minería, actividad que fue casi siempre artesanal y no implicó ni grandes inversiones, ni demasiada demanda de mano de obra.

Durante el siglo XIX la población de la Puna padeció numerosas crisis que comenzaron con las guerras. Su composición cambió, disminuyeron los españoles, sus esclavos y algunos mestizos, y la gran mayoría era indígena. Fue afectada, además, por al menos dos grandes epidemias que diezmaron su población en la década de 1860 y en la de 1880. El estado provincial gravó a los puneros con nuevos impuestos que afectaban directamente a su producción y su relación con la tierra se precarizó. Una de las consecuencias de estos problemas fue que a lo largo de aquel siglo, en un contexto general de importante incremento de la población, la de la Puna se mantuvo prácticamente estable, aunque muestra un descenso significativo en tiempos de las guerras. La relación de masculinidad, sin embargo, cambió notablemente en el siglo XIX y a partir de entonces siempre hubo más mujeres que hombres. Aunque no podemos comprobarlo, este cambio podría deberse a una emigración selectiva por sexo. Cochinoca y Yavi fueron durante todo el siglo XIX los departamentos más poblados, mien-

tras Rinconada fue perdiendo importancia frente a Santa Catalina que a fines de dicho siglo tenía más población.

El siglo XX se caracterizó por el crecimiento y concentración de la población. Entre 1914 y 2010 la población se quintuplicó aunque este incremento no fue constante. El mayor cambio lo encontramos en la década de 1930 cuando creció más que el doble gracias a la ciudad de La Quiaca y a Mina Pirquitas: los departamentos donde están ubicados estos sitios multiplicaron su población más de tres veces (Gil Montero *et al.*, 2007). Una parte importante de este incremento se debió al ingreso de población extranjera, proveniente en su gran mayoría de Bolivia. Después de este incremento que se observa en el censo de población de 1947, la cantidad de habitantes disminuyó en forma notable y sólo volvió a recuperar el mismo número en la década de 1980, año a partir del cual creció en forma constante.

Durante el siglo XX se observa una importante transformación en la población de la Puna de Jujuy: los componentes del crecimiento natural indican que la sociedad se encuentra transitando un proceso que se conoce como “transición demográfica” es decir, el paso de una sociedad de bajo crecimiento natural (donde la fecundidad y la mortalidad son altas) a otro donde el crecimiento también es bajo aunque debido al descenso de la fecundidad y de la mortalidad (Longhi y Krapovickas, en este volumen).

La distribución de la población también cambió a fines del siglo XX: en la década de 1980 se observan indicios de un proceso de concentración de la población en torno a las cabeceras municipales que crecieron significativamente. Este crecimiento estuvo acompañado por la disminución del ganado menor y el incremento del empleo público. Esto significa que los ingresos de una parte importante de la población de la Puna dejaron de estar centrados en la actividad pastoril (combinada con los aportes de los migrantes temporarios) para apoyarse en salarios y/o subsidios del estado en forma creciente. Esto no significó el abandono completo del pastoreo ya que en los años 1990

se pudieron observar migraciones de retorno y una actividad combinada de pastoreo con empleos.

El Censo de Población de 2001, que fue el primero en hacer la pregunta acerca de la población indígena, mostró que dicha población oscilaba entre el 50% y el 75%, los mayores porcentajes nacionales. El único departamento que se distingue en este aspecto es el de Yavi, por la presencia de la ciudad de La Quiaca.

CONSIDERACIONES FINALES

«Ya no hay aquí hombres extraordinarios y seguramente no los habrá jamás. Ahora uno se parece a otro como dos hojas de un mismo árbol y el paisaje es igual al hombre. Todo se confunde y va muriendo.

Los que escucharon hablar a los más viejos, dicen que no siempre reinaron la oscuridad y la pobreza, que hubieron aquí grandes señores, hombres sabios que hablaban con elo- cuencia, mujeres que parían hijos de ánimos esforzados, orfebres de la madera, de la arcilla y de los metales de paz y de guerra, músicos, pastores de grandes majadas y sacerdotes que sabían conjurar los excesos divinos, gentes que edificaban sus casas con piedras. Pero eso ocurrió en otros tiempos, antes de que el Diablo, al arribo de los invasores, desguarneciera la Puna, arreando a este pueblo hacia los valles y llanuras donde crece el bosque». (Tizón, 1987: 13 y 14).

En mi opinión, difícilmente se pueda hacer una mejor síntesis de la historia de la población de la Puna que la realizada por Héctor Tizón en su libro Fuego en Casabindo. A lo largo de este capítulo se vio cómo una población con una economía variada, compuesta por diferentes grupos étnicos y abundante en términos relativos fue perdiendo sus tierras, sus riquezas y su diversidad. No se trató de un proceso lineal sino que tuvo momentos más críticos y otros de recuperación.

En términos de composición de la población, el período colonial muestra una mayor diversidad de grupos étnicos en convivencia,

principalmente en los asentos mineros y en la hacienda de Yavi. Durante el siglo XIX el predominio indígena es lo más relevante, a pesar que las fuentes históricas no los llaman más de ese modo. En teoría habían desaparecido algunos de los “problemas” que había generado la concepción colonial del indio, como la encomienda, los tributos y las tierras comunales. Sin embargo, el estado jujeño se alimentó durante la primera mitad del siglo de los aportes de la población de la Puna: más de un tercio de los ingresos fiscales provenían de un renovado tributo indígena que solamente se pagaba en la Puna. Y el otro gran ingreso provincial fue el impuesto al ganado que también se recaudaba en forma mayoritaria en dicho territorio. La justificación que utilizó el estado para mantener el tributo (con otro nombre, por cierto) fue que los indígenas de la Puna no eran reclutados para el servicio militar.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX se observa un cambio importante en el peso relativo que tenía la población de la Puna, ya que fueron otras regiones y otras actividades económicas las que promovieron el crecimiento demográfico que caracterizó al período. Sin embargo, en las tierras altas hubo dos centros que atrajeron migrantes aunque en cantidades inferiores: los centros urbanos (sobre todo de La Quiaca y en general en torno al tendido de las vías del tren) y las minas.

LITERATURA CITADA

- Albeck M. E., Ruiz M. S. 2003. El tardío en la Puna de Jujuy: poblados, etnias y territorios. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Jujuy* [online]. 2003, n.20 [citado 2017-08-24], pp. 199-219. http://www.Scielo.Org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-81042003000100010&lng=es&nrm=iso.
- Albeck M. E., Basso D. M., Zaburlín M. A. 2018. Las sociedades puneñas desde el inicio del segundo milenio hasta el fin del dominio incaico. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 321-340.

- Angiorama C., Becerra F. 2010. Antiguas evidencias de minería y metalurgia en Pozuelos, Santo Domingo y Coyaguaima (Puna de Jujuy, Argentina). Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 5: 81-104.
- Angiorama C., Becerra M. F. 2014. "Como en ella jamás ha habido minas...". Minería y metalurgia en la Puna de Jujuy durante momentos prehispánicos tardíos. Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, 39: 313-332.
- Ávila F. 2005. El estilo alfarero yavi y su relación con la construcción de entidades culturales. *Theoria*, 14: 85-101.
- Bárcena J. 1873. Industria lanar en Jujuy. Boletín de la Exposición Nacional en Córdoba, (Publicación Oficial) director Bartolomé Victory y Suárez, 1869- 1871, Imprenta, litografía y fundición a vapor de J. A Bernheim, Buenos Aires, Volumen 7.
- Becerra F. 2014. Para que "creciera el pueblo como Potosí": la minería en la Puna de Jujuy en el período colonial. Estudios Atacameños, 48: 55-70.
- Bertrand A. 1885. Memoria sobre las cordilleras del desierto de Atacama y regiones limítrofes presentada al señor ministro del interior. Imprenta de la Moneda, Santiago de Chile, 340 pp.
- Boixados R., Zanolli C. 2003. La visita de Luján de Vargas a las encomiendas de La Rioja y Jujuy (1693-1694). Estudios preliminares y fuentes. Universidad Nacional de Quilmes, 318 pp.
- Boman E. 1992 [1903]. Antigüedades de la región andina de la República Argentina y del desierto de Atacama. Jujuy, UNJu, Tomo II, 918 pp.
- Brackebusch L. 1883. Viaje a la Provincia de Jujuy. Boletín del Instituto Geográfico Argentino, 4: 185-252.
- Brackebusch L. 1893. Die Bergwerksverhältnisse der Argentinischen Republik. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 51: 1-33.
- Brackebusch L. 1990 [1881]. Por los caminos del norte. Jujuy, Universidad Nacional de Jujuy, 109 pp.
- Gil Montero R. 2004a. Caravaneros y trashumantes en los Andes Meridionales. Población y familia indígena en la Puna de Jujuy 1770-1870. Lima, Perú, Instituto de Estudios Peruanos, 322 pp.
- Gil Montero R. 2004b. Guerras, hombres y ganados en la Puna de Jujuy. Comienzos del siglo XIX. Boletín del Instituto de Historia argentina y americana Dr. Emilio Ravignani, 25: 9-36.
- Gil Montero R. 2008. La construcción de Argentina y Bolivia en los Andes Meridionales. Población, tierras y ambiente en el siglo XIX. Buenos Aires, Prometeo Libros, 284 pp.
- Gil Montero R. 2015. Ciudades efímeras. El ciclo minero de la plata en Lípez (Bolivia), siglos XVI-XIX. La Paz, Plural - IFEA, 210 pp.
- Gil Montero R.; Morales M., Quiroga M. 2007. Economía rural y población: la emigración en áreas de montaña. Humahuaca y Yavi (provincia de Jujuy) durante el siglo XX. Estudios Migratorios Latinoamericanos, 62: 43-83.
- Lema C. 2012. Paisaje minero y producción aurífera colonial en el mineral de Incahuasi (Catamarca, Argentina). V Congreso Nacional de Arqueología Histórica, Editorial Académica Española. Actas 1: 261-279.
- Longhi F., Krapovickas J. 2018. Población y pobreza en la Puna argentina en los inicios del siglo XXI. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 364-379.
- Madrazo G. 1982. Hacienda y Encomienda en los Andes. La Puna Argentina bajo el marquesado de Tojo. Siglos XVII a XIX. Buenos Aires, Fondo Editorial, 214 pp.
- Nielsen A. E. 2001 Evolución Social en Quebrada de Humahuaca (AD 700-1536). En: Berberián E. y Nielsen A. (eds.), Historia Argentina Prehispánica. Editorial Las Brujas, Córdoba, 1: 171-264.
- Nielsen A., Angiorama C., Maryański J., Avila F., López L. 2015. Paisajes prehispánicos tardíos en San Juan Mayo (frontera Argentina-Bolivia). Arqueología, 21: 33-65.
- Paz G. 1989. Resistencia y rebelión campesina en la Puna de Jujuy. 1850-1875. Buenos Aires, Documentos CEDES/22.
- Paz G. 1997. Tierra y resistencia campesina en el Noroeste Argentino. La Puna de Jujuy, 1875-1910. En: R. Barragán R. et al. (eds.), Bolivia y América Latina en el siglo XIX. La Paz, IFEA, Coordinadora de Historia, pp. 509-531.
- Presta A. M. 2000. Encomienda, familias y negocios en Charcas colonial (Bolivia): los encomenderos de La Plata 1550-1600, Lima, Perú, IEP/BCPR, 310 pp.
- Rivet C. 2013. Cruces e iglesias en un contexto chullpario. Arte rupestre colonial en las tierras altas atacameñas, Nuevo Mundo Mundos Nuevos. <http://nuevo-mundo-revues.org/64960>; DOI:

- 10.4000/nuevomundo.64960. Accedido 7/2/2017.
- Rojas R. 1913. Censo de la provincia. En Archivo capitular de Jujuy, Tomo I, Buenos Aires, pp. 111-420.
- Sica G. 2005. Maíz y trigo; molinos y conanas; mulas y llamas. Tierras, cambio agrario, participación mercantil indígena en los inicios del sistema colonial, Jujuy. Siglo XVII. En: D. Santamaría (ed.), Jujuy, arqueología, historia, economía y sociedad. San Salvador de Jujuy, CEIC-Ediciones El Duende, San Salvador de Jujuy, pp. 106-124.
- Sica G., Zanolli C. 2010. "... Para mí la historia es algo muy serio". Historia y memoria social en Purmamarca (provincia de Jujuy). *Estudios Atacameños*, 39: 71-84.
- Tandeter E. 1998. Población y economía en el siglo XVIII andino. En: D. Celton (ed.), Cambios demográficos en América Latina: La experiencia de cinco siglos. Córdoba, UNC, IUSSP, pp. 673-679.
- Tizón H. 1987. Fuego en Casabindo. Buenos Aires, Editorial Punto Sur, 126 pp.
- Zanolli C. 2003. Los chichas como mitimaes del Inca. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 28: 45-60.

Box ▶ Los caminos de la Puna en el tiempo

Benedetti, Alejandro

CONICET-Grupo de Estudios sobre Fronteras y Regiones, Instituto de Geografía, Universidad de Buenos Aires. Email: alejandrobenedetti@conicet.gov.ar

La red caminera original de la Puna no se construyó con máquinas ni fue planeada por ingenieros: fue surgiendo por el mero tránsito de hombres y animales y señaladas con apachetas. Las huellas eran surcadas por caravanas para el intercambio con valles y

quebradas. Desde la década de 1970 esas travesías pedestres fueron mermando pero permitían y permiten a los pastores comunicar sus casas con las estancias distribuidas por los cerros y con los pueblos. En tiempos incaicos existió una red vial que unía los



Figura 1. Red ferroviaria en la Puna/Altiplano de Argentina-Bolivia-Chile. Se indican los años en que fueron inaugurados los diferentes ramales. Se toma como referencia al Territorio de Los Andes (1900-1943; Benedetti, 2005).

extremos del imperio. Un ramal atravesaba las Salinas Grandes en dirección norte-sur, uniendo «tambos», postas para viajeros que en algunos casos dieron origen a poblaciones, todavía existentes. Ya en tiempos coloniales, el Camino Real aprovechó parte de esa vía. Procedente de Buenos Aires y Salta, ascendía a la Puna por la quebrada del Toro o por la de Humahuaca en dirección a Lima o Potosí. Durante el siglo XIX y las primeras décadas del XX, cientos de arreos aprovechaban los caminos de pastores y caravaneros para transportar ganado desde el espacio saltojujeño hacia las oficinas salitreras localizadas en el desierto de Atacama.

Durante la primera mitad del siglo XX el Estado argentino construyó dos ramales ferroviarios por la Puna (Figura 1). El primero, desde Jujuy, recorría la Quebrada de Humahuaca, cruzaba el paso de La Quiaca y llegaba hasta Oruro. El segundo unía Salta con Antofagasta, atravesando las cordilleras de Atacama por Socompa. La Quiaca, Abra Pampa y San Antonio de los Cobres fueron estaciones ferroviarias que atraían minerales de las inmediaciones y se transformaron, hasta el presente en las mayores ciudades

puneñas, aunque el tren prácticamente quedó desmantelado.

Desde la década de 1930 se fue definiendo la red carretera argentina. En la Puna se trazaron varias rutas nacionales, destacándose la ruta panamericana 9, a Bolivia. El mayor desarrollo carretero ocurrió en la década de 1990, cuando se creó el eje del Capricornio. Incluye a las rutas nacionales 51 (Paso de Sico) y 52 (Paso de Jama), que comunican a los puertos del Pacífico (Iquique o Antofagasta) con ciudades del oriente (Asunción o Puerto Alegre). Las carreteras volvieron a colocar a la Puna como zona de tránsito, pero también facilitó que comenzara a ser destino (por ejemplo del turismo) y origen (por ejemplo de la emergente minería del litio). Asimismo, impulsó el crecimiento de otros poblados como Susques o Antofagasta de la Sierra.

LITERATURA CITADA

- Benedetti A. 2005. El ferrocarril Huaytiquina, entre el progreso y el fracaso. Aproximaciones desde la geografía histórica del Territorio de Los Andes. *Historia*, 4: 123-165. <http://www.unsa.edu.ar/histocat/revista0407.htm>

17 ▶ Población y pobreza en la Puna argentina en los inicios del siglo XXI

Longhi, Fernando; Julieta Krapovickas

Instituto Superior de Estudios Sociales. CONICET-UNT. San Lorenzo 429, (4000) San Miguel de Tucumán (Tucumán). fernandolonghi@hotmail.com

► **Resumen** — Este capítulo tiene por objetivo describir e interpretar las principales transformaciones demográficas de la población puneña en los primeros años del siglo XXI, detectando sus particularidades internas y la brecha que separa sus magnitudes, y su evolución, en relación al derrotero nacional y a las regiones no puneñas del norte de Argentina. En particular se analizaron las tendencias de las tasas de crecimiento natural, total y migratorio, los cambios evidenciados en las pirámides de población, la evolución de la mortalidad infantil y de la mortalidad infantil según enfermedades de la pobreza (utilizando estos últimos indicadores como *proxy* para medir la pobreza). Para ello, se analizaron datos provenientes de los Censos Nacionales de Población de los años 2001 y 2010, como así también las estadísticas vitales del período intercensal provistas por la Dirección de Estadísticas e Información de Salud. Los datos analizados indican que actualmente la población de la Puna presenta altas tasas de ruralidad, bajo crecimiento demográfico, alta emigración y condiciones de pobreza persistentes.

Palabras clave: Población, pobreza, mortalidad infantil, ruralidad, índices.

► **Abstract** — Population and poverty in the Argentine Puna at the beginning of the 21st century. This chapter aims to describe and interpret the main demographic changes in the population of the Argentine Puna in the early years of XXI century, detecting its internal characteristics and the gap between their magnitudes, and its evolution, in relation to the national course and other areas of the northwest of Argentina. Particularly, trends in rates of natural, total, and migratory growth are analyzed, also with changes in population pyramids and the evolution of child mortality and child mortality by diseases of poverty (using the latter as proxy of poverty). To do this, data from the National Population Censuses of 2001 and 2010 were analyzed, as well as the vital statistics of intercensal period, provided by the Department of Health Statistics and Information. Among the attributes that distinguish current population of the Puna, stand their high rurality levels, low population growth, high emigration rate, and poverty.

Keywords: Population, poverty, child mortality, rurality, indexes.

INTRODUCCIÓN

La población de la Puna Argentina ha sido objeto de numerosos trabajos que analizaron su evolución a través del tiempo y la relación de esta población con su entorno geográfico. Sin embargo, en la mayor parte de los casos los trabajos se enfocaron en la Puna de Jujuy o de Salta, existiendo pocos estudios demográficos que analicen la totalidad de la región geográfica. Estos antecedentes mencionan recurrentemente la problemática del despoblamiento del territorio (principalmente durante el siglo XX), la pobreza de la población y el cambio de su forma de habitar

el territorio, con una tendencia creciente a la reducción en sus niveles de ruralidad (Bolsi, 1968, 1982, 2005; Madrazo, 1982; Fidalgo, 1988; Olmedo Rivero, 1990; Isla, 1992; Reboratti, 1994; Gil Montero, 2004; Teruel, 2005; Barbarán y Arias, 2009). Precisamente, sobre estos problemas procuramos ahondar en este capítulo, delineando las principales características sociodemográficas actuales que distinguen a la población puneña (en su porción jujeña, salteña y catamarqueña) en los primeros años del siglo XXI.

La población de la Puna incluye principalmente en la actualidad grupos sociales cam-

pesinos e indígenas radicados en su mayor parte en ciudades y pequeños pueblos (desde el año 2001, más del 50% de la población de la Puna reside en el medio urbano). Tanto la población urbana como la rural se dedica a las actividades agrarias, principalmente al pastoreo (Quiroga Mendiola y Cladera, en este volumen), a la realización de artesanías, a las actividades terciarias, como por ejemplo actividades comerciales, servicios de salud y/o educación, y cada vez con mayor frecuencia se emplean en el sector público (en el último censo, 2010, el 68% de los trabajadores declararon trabajar en el sector público, ya sea en dependencias nacionales, provinciales o municipales).

En relación a las condiciones socioeconómicas, *Bolsi et al.* (2009) incluyeron a algunos departamentos de la Puna (Santa Catalina, Santa Victoria, Iruya y Susques) dentro de lo que ellos denominaron "núcleos duros de pobreza". Allí la pobreza, según el Índice de Privación Material de los Hogares, alcanzaba en 2001 a más del 60% de los hogares, pero, a su vez, las carencias en relación a los recursos corrientes (pobreza coyuntural) se yuxtaponían con carencias patrimoniales (pobreza estructural). Por su parte, la Fundación Oclade (Obra Claretiana para el Desarrollo) da cuenta de las condiciones de pobreza en la Puna de Jujuy. Ellos estiman que alrededor de un 33% de las familias tenía a fines del siglo XX entre uno y tres hijos muertos; aproximadamente un 10% de la población de la Puna jujeña debió migrar en busca de trabajo; el 43% recibía apoyo externo alimentario a través de bolsones de alimentos, leche, almuerzos en parroquias y comedores, y un 48% de las familias consideraba que necesitaba recibir ayuda pero no la recibía (Oclade, 1996).

Partiendo de estos antecedentes, nos interesa en este capítulo describir la situación actual, exponiendo los principales cambios demográficos y la evolución durante los primeros años del siglo XXI de los principales indicadores sociales y de pobreza. Para ello se utilizaron los Censos Nacionales de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010, como así también las estadísticas vitales

anuales hasta 2015, provistas por la Dirección de Estadísticas e Información de Salud (DEIS). A partir de estos datos se realizó una descripción de los principales atributos de la población puneña, se calcularon las tasas de natalidad y mortalidad para cada departamento y para la región, se calculó la estructura demográfica expresada en la pirámide poblacional, y se analizó el comportamiento de la mortalidad infantil (atendiendo a sus componentes neonatal y postneonatal). Finalmente se examinó la magnitud y las tendencias que presenta la pobreza, detectando las limitaciones de los índices tradicionales y proponiendo una alternativa a su medición expresada en la tasa de mortalidad en la niñez según enfermedades de la pobreza (en adelante MoNEP).

Los datos se presentan a nivel departamental debido a que una de las principales fuentes utilizadas en este trabajo (las estadísticas vitales) se presenta desagregada a ese nivel. De esta manera, para esta investigación el territorio puneño quedó conformado por los departamentos Susques, Rinconada, Cochinoca, Yavi, Santa Catalina (Jujuy), Los Andes y La Poma (Salta), y Antofagasta de la Sierra (Catamarca) (Figura 1). Cabe aclarar que en este trabajo decidimos no incorporar el departamento catamarqueño de Belén, ubicado en el borde meridional de la Puna. Si bien un sector de este departamento está incluido en la región puneña (localidad de Laguna Blanca y zonas adyacentes) su incorporación distorsionaría el análisis ya que la mayor parte de la población departamental se localiza en zonas urbanas extra puneñas. Sobre la base del mismo criterio, no se incluyeron en el análisis las porciones de la Puna correspondientes a las provincias de La Rioja (departamentos Vinchina y General Lamadrid) y San Juan (departamento Iglesia).

TENDENCIAS DEMOGRÁFICAS DE LA PUNA DURANTE EL SIGLO XX

Antes de profundizar sobre los caracteres demográficos del siglo XXI es preciso delinear algunas características básicas de la población puneña durante el siglo XX. La

región ha sido usualmente descripta como un gran vacío demográfico, con densidades poblacionales muy bajas y un bajo crecimiento comparado con el contexto provincial (ver por ejemplo Bolsi, 1982). Sin embargo, discutiendo la idea del vacío demográfico, estudios actuales demuestran que cuando se analiza el proceso histórico de ocupación y uso del territorio se observa que el poblamiento ha ido sufriendo profundos cambios en la región (Gil Montero, en este volumen).

Respecto al bajo crecimiento demográfico operado en la Puna durante el siglo XX parece haber pocas dudas. Bolsi (2005) señala que en la Puna de Jujuy, del total del aumento poblacional registrado en 300 años, el 67% operó entre 1914 y 2001. Pero al comparar las tasas de crecimiento de la Puna con las de la provincia de Jujuy, por ejemplo, ese crecimiento aún resulta lento, ya que durante el siglo XX, mientras que la población puneña se multiplicaba por tres, la de la provincia había aumentado ocho veces (Bolsi, 2005: 2). Hacia 1914, se calcula que residían en la Puna unos 38.000 habitantes, apenas 7.500 personas más que en 1896 (Castro, 2007).

Comienza en este siglo también la transición demográfica, motivada primero por

el descenso de la mortalidad. La combinación de políticas sociales, en algunos tramos históricos fuertemente natalistas, junto al comportamiento tradicional de la población puneña y el descenso de la mortalidad resultaron en incrementos significativos de las tasas de crecimiento natural de la población, estructurándose así un dispositivo de alto crecimiento natural que permaneció con tasas por encima del 3% durante casi treinta años (1957 a 1986) (Bolsi, 2005).

No obstante las altas tasas de crecimiento natural (que supondrían un crecimiento de la población), la emigración operó durante todo el siglo XX reduciendo el crecimiento total de la población regional. Dicha emigración de la población fue constante y selectiva por sexo, tal como se observa en la relación de masculinidad, es decir en la cantidad de varones que había cada 100 mujeres (el predominio de mujeres se observa en todos los censos). Particularmente, entre los años 1950 y 1980 se verificó el mayor flujo migratorio de la región. Estos migrantes eran principalmente hombres que iban a trabajar a las cosechas de caña de azúcar en Tucumán, Salta y Jujuy como así también a las del tabaco (Salta y Jujuy) y frutas de carozo



Figura 1. División política departamental de la Puna argentina (2010). Fuente: Google Earth ®

(Cuyo). Otros migrantes se empleaban en la planta industrial de Altos Hornos ubicada en Zapla (Jujuy) o en la construcción en destinos tales como Bahía Blanca, Comodoro Rivadavia o Buenos Aires. En cuanto a las mujeres, se observó que emigraron en diferentes períodos para realizar trabajos domésticos o ventas al menudeo principalmente en las ciudades cercanas del noroeste argentino. Sin embargo, esta selectividad por sexo en la emigración cambió sustancialmente y desde finales del siglo XX se observa un incremento en la emigración de mujeres, justamente cuando comenzó un descenso de la emigración masculina, ligada a un cambio en las economías receptoras (Gil Montero *et al.*, 2007; Quiroga Mendiola y Cladera, en este volumen).

La crisis económica de la década de 1990, la mecanización de las cosechas, los despidos de la mina Aguilar, el cierre de la mina Pirquitas y del ferrocarril, aunado a la falta de alternativas de trabajos fuera de la región afectaron fuertemente a la población puneña, cambiando sus tendencias emigratorias y elevando sus niveles de pobreza. Muchos migrantes regresaron a la región y retornaron a sus actividades pastoriles o subsistieron sobre la base de subsidios estatales (Bolsi, 2004; Gil Montero, 2006).

Durante el siglo XX el ingreso salarial fue muy importante para la subsistencia de la población puneña. La búsqueda de un salario tenía que ver con la necesidad de hacer frente al pago de los arriendos. La gran mayoría de los puneños no eran dueños de las tierras donde residían y pastoreaban, razón por la cual debían pagar el arriendo en función de la cantidad de animales o de la producción agrícola (Borgogno y Ogando, 2004). En efecto, hacia mediados del siglo XX, la forma típica de tenencia de la tierra en la región seguía siendo el arriendo de parcelas pertenecientes a grandes haciendas cuyo origen se remontaba a la colonia (Kindgard, 2004). La estructura latifundista de la región facilitó mecanismos coercitivos para el trabajo que resultaron en condiciones de precarización (tanto en las minas como en las zonas azucareras donde los puneños

eran sometidos al sistema extorsivo de las proveedurías).

Resumiendo, entre las características demográficas salientes de la población puneña se destaca su ingreso tardío al modelo de la transición demográfica, respecto al resto de Argentina. Se distingue también por sus tendencias emigratorias históricas, proceso que se atenuó en los últimos años aunque no perdió un marcado protagonismo dentro de la dinámica demográfica. Este contexto estuvo acompañado por la persistencia de elevados niveles de pobreza y de marginalidad de su población. Considerando estas características se analizan a continuación la estructura y dinámica demográfica de la población puneña en los primeros años del siglo XXI, procurando atender a las principales transformaciones y persistencias en su comportamiento.

PRINCIPALES ATRIBUTOS DE LA POBLACIÓN PUNEÑA EN 2010

En 2010 vivían en la Puna 51.765 personas, de las cuales el 48,8% eran hombres y 51,2% mujeres. El índice de masculinidad alcanzaba un valor de 95,1; es decir, existían en la Puna 95 hombres por cada 100 mujeres. Del total de la población, el 4,6% eran extranjeros siendo la colectividad boliviana la más importante.

Por otro lado, la tasa de dependencia indicaba 72 inactivos (menores de quince años o mayores de sesenta y cuatro) por cada 100 activos (personas entre quince y sesenta y cuatro años de edad). Para poder hacer una valoración de estas cifras se calcularon idénticos indicadores para las otras regiones no puneñas del NOA (de aquí en adelante denominadas NOA), donde se destaca un índice de masculinidad de 96,6 y una tasa de dependencia de 60 inactivos por cada 100 activos. En ambos indicadores se destaca una mayor dependencia y menor presencia masculina en la Puna.

Se acentúa en la Puna una alta proporción de población aborigen o descendiente de algún pueblo originario, la cual alcanza al 33,6% del total de población. Dicho registro

alcanza en el NOA al 3,5%. Los principales pueblos originarios son kollas, diaguita-calchaquíes, guaraníes, omaguacas, atacamas y quechuas (Reid Rata *et al.*, en este volumen). La condición de pobreza (según el método de las necesidades básicas insatisfechas) es de alta frecuencia entre ellos. El 35% de la población perteneciente a pueblos originarios tiene sus necesidades básicas insatisfechas (NBI).

En términos educativos se destaca una amplia proporción de habitantes que no saben leer ni escribir. En efecto, el 6,7% de los mayores de quince años son analfabetos. Dicho valor alcanza en el NOA una proporción mucho menor correspondiente a 3,3% a partir de dicha edad.

Relacionado con las principales actividades económicas en la Puna, se observa que los rubros de mayor importancia en los que se integran los ocupados se vinculan con la administración pública y defensa, y/o planes de seguro social obligatorio (21,6%), comercio al por mayor y al por menor (13,7%), enseñanza (12,1%), construcción (8,1%) y en quinto lugar la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca (7,8%). La desocupación alcanza a una proporción mínima de la población (3,2%), registro que en el NOA se destaca con un 4%. El sector que mayor cantidad de ocupados abarca en la región es el sector público provincial (43,7%), seguido del público municipal (14,3%).

Finalmente, en relación a las características de salud se observa que el 68% tiene medicina prepaga u obra social, mientras el 32% carece de estos servicios. En el NOA estos registros alcanzan valores muy similares, llegando al 67,3% y 32,7%, respectivamente.

TIPO DE RESIDENCIA, ESTRUCTURA Y DINÁMICA POBLACIONAL

En un país con una alta proporción de población urbana, una de las características que ha distinguido a la población puneña a lo largo de la historia ha sido su prevalente ruralidad. En el año 2001 residían en la Puna 47.984 personas, de las cuales el

46,8% vivían en áreas rurales (21,1% de forma agrupada y 25,7% de manera dispersa). Hacia el año 2010, la población puneña creció alcanzando un total de 51.765 habitantes, dominando en dicho aumento la población urbana. Este crecimiento registró una magnitud del 6,97 por mil como promedio anual en el lapso intercensal.

En términos relativos operó un sutil descenso de la población rural, representando entonces el 41,4% de la población del territorio (23,8% de los hogares rurales residían de manera agrupada y el 17,6% de modo disperso); valores elevados si se los compara con el promedio nacional (Argentina presentaba en el año 2010 al 9% de su población residente en áreas rurales, valor 4,5 veces inferior al registro puneño). Si se comparan estos registros con áreas no puneñas de las provincias del noroeste es aún más notoria la magnitud: la población rural alcanzaba en 2010 el 13% en Jujuy, 19,5% en Tucumán, 13% en Salta, 31,3% en Santiago del Estero y 22,9% en Catamarca.

Puede observarse el notorio descenso de la población rural dispersa, lo cual estaría relacionado con distintas transformaciones territoriales y migratorias; se destaca además que esta tendencia ha operado simultáneamente con el crecimiento de la población urbana, la cual pasó de representar el 53,2% al 58,6%.

La población urbana se asienta en tres ciudades con diferentes tamaños demográficos: La Quiaca (13.761), Abra Pampa (7.496) y San Antonio de los Cobres (4.274). El resto de las localidades presenta una población menor a 2.000 habitantes (Figura 2), umbral a partir del cual se distingue en Argentina lo urbano de lo rural.

Las localidades urbanas mencionadas han presentado un crecimiento importante de su población entre 2001 y 2010 (11% en San Antonio de los Cobres, 16% en Abra Pampa y 22% en La Quiaca). Esta evidencia consolida la asimetría en los tamaños demográficos de estas ciudades ya que a mayor tamaño obedece también un mayor crecimiento. Cabe destacar además la dinámica económica de La Quiaca por ser ciudad “gemela”

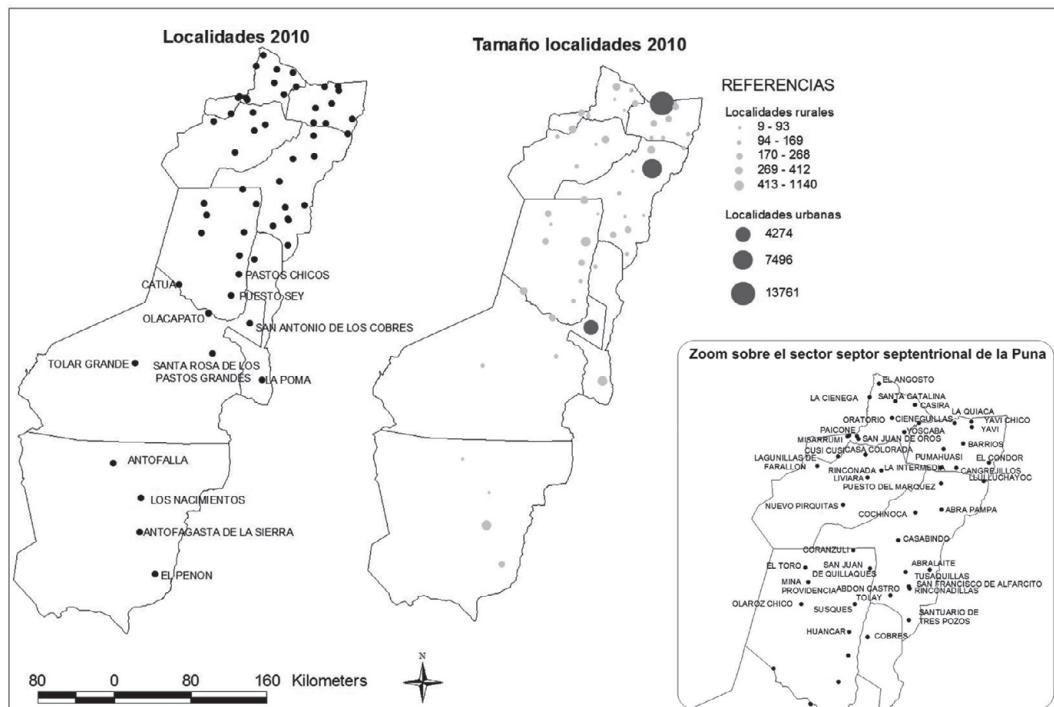


Figura 2. Localidades de la Puna argentina según tamaño poblacional (2010). Fuente: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración: Instituto Superior de Estudios Sociales. CONICET/UNT.

de Villazón (Bolivia) y subrayar la influencia turística en Abra Pampa y San Antonio de los Cobres, la primera vinculada al corredor turístico de la Puna y la segunda con el Tren de las Nubes.

Queda claro a partir de lo expuesto el protagonismo que adquiere la ruralidad en la Puna argentina, la cual a pesar de haber disminuido (principalmente la población rural dispersa) alcanza en la actualidad registros que la posicionan como uno de los territorios en Argentina con mayores magnitudes.

En términos de dinámica demográfica pudo constatarse que el crecimiento de la población puneña obedecía básicamente al componente natural o vegetativo de la población (es decir, el crecimiento poblacional obtenido de la diferencia entre el número de nacimientos y el número de defunciones de la población durante el período analizado, dejando de lado el crecimiento poblacional debido a movimientos migratorios). Aplicando el método de las estadísticas vi-

tales se calcularon los saldos migratorios de la región durante el período 2000/2014. A partir de los datos de los volúmenes de la población total a inicios y fines del período analizado (es decir, el crecimiento total de la población), del crecimiento natural (nacimientos menos defunciones) y de los saldos migratorios (obtenido de la diferencia entre el crecimiento total y el natural) fue posible calcular las tasas medias anuales intercensales de crecimiento total, crecimiento natural y de migración suponiendo un crecimiento lineal de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$TCTMAI = \frac{P2 - P1}{P1 + P2} \times \frac{2}{T} \times 1000$$

$$TCNMAI = \frac{CN}{P1 + P2} \times \frac{2}{T} \times 1000$$

$$TCMMAI = \frac{SM}{P1 + P2} \times \frac{2}{T} \times 1000$$

TCTMAI representa la tasa de crecimiento total medio anual intercensal; TCNMAI la tasa de crecimiento natural medio anual intercensal y TCMMAI la tasa de crecimiento migratorio medio anual intercensal. Por otra parte, P2 y P1 son la población final e inicial respectivamente; CN el crecimiento natural; SM el saldo migratorio de cada período y t el período intercensal en años.

En la Puna entonces, el crecimiento natural (la TCNMAI) alcanzó un valor de 17,96‰. Es decir, cada año entre 2000 y 2014, la población de la Puna se incrementó a una tasa de 18 personas por cada mil habitantes, considerando solamente la diferencia entre los nacidos y los fallecidos. Asimismo, se detectó la persistencia del distintivo emigratorio de la población, con una tasa de crecimiento emigratorio anual intercensal de -10,99‰; es decir, cada año emigraron 11 personas de cada mil. El crecimiento total de la población, entonces, pese a la alta emigración presenta entre 2000 y 2014 valores

positivos (TCTMAI de 6,97‰), originados por una tasa de natalidad alta en la región.

La tasa de natalidad puneña alcanza en 2014 a 21,6 nacimientos por cada mil personas, la tasa de mortalidad en el mismo año registra un valor de 5,2 muertes por cada mil habitantes. Estas magnitudes reflejan el alto crecimiento natural de su población ya mencionado, el cual corresponde a una etapa “transicional” dentro del modelo de transición demográfica. Si bien la tasa bruta de natalidad (TBN) ha descendido en el orden del 25% entre el año 2000 y 2014, la tasa bruta de mortalidad (TBM) ha mantenido una marcada estacionalidad a lo largo del periodo, estabilizada en valores próximos al 5‰.

La situación observada respecto a la TBN y TBM se asocia además a la estructura por edad y sexo de su población. En efecto, se refuerza el carácter estacionario expuesto en su pirámide poblacional (Figura 3). Se destaca allí una base ancha, producto de la aún elevada natalidad y una cúpula angosta.

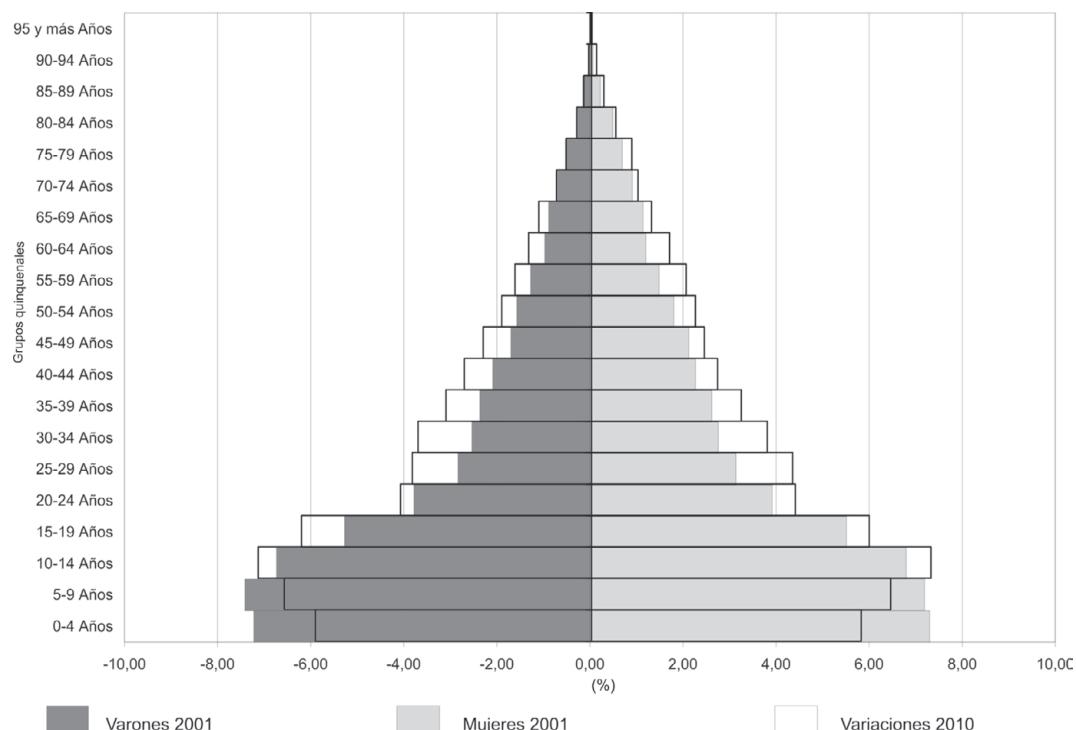


Figura 3. Puna argentina. Distribución de la población según edad y sexo (2001 y 2010).
Fuente: Censos Nacionales de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010.

Se detectan además las principales variaciones ocurridas sobre dicha estructura en la comparación 2001-2010, las cuales pueden sintetizarse sobre dos puntos centrales: (1) es notoria la expansión de los grupos etarios a partir de 14 años hasta los 69 años, coincidente con la población activa, expansión que es además apenas superior en el grupo de mujeres. Este crecimiento explica, por un lado la estacionalidad indicada, y por otro el descenso o atenuación del marcado proceso emigratorio característico (Gil Montero *et al.*, 2007; Barbarán y Arias, 2009) y (2) es evidente el cambio en la base de la pirámide, explicado fundamentalmente por dos procesos simultáneos: el descenso de la natalidad y la reducción de la mortalidad infantil. El primero de estos procesos repercute en una menor proporción de los grupos de población de 0 a 4 años y de 5 a 9 años sobre el resto de la población. El segundo proceso, la reducción de la mortalidad infantil, se refleja en el progresivo incremento del tamaño de las barras de los tres primeros grupos de población (de 0 a 4 años, 5 a 9 años y de 10 a 14 años).

La mortalidad infantil constituye un indicador tanto de la mortalidad como del nivel socioeconómico de un área geográfica. La tasa de mortalidad infantil (TMI) relaciona las muertes infantiles con el total de nacidos vivos en un lapso determinado de tiempo y lo expresa cada mil nacidos vivos. Mide, por lo tanto, el riesgo de muerte para niños menores de un año. La magnitud que expone constituye una temática compleja donde los procesos de salud-enfermedad-muerte se presentan como fenómenos biológicos en un contexto social. Desde la perspectiva de la edad del fallecido, la mortalidad de los menores de un año se distingue entre mortalidad neonatal (defunciones ocurridas en el transcurso de los primeros 27 días de vida) y mortalidad postneonatal (defunciones acaecidas a partir del 28º día de vida y antes del año de edad). La importancia de su separación reside en la diferente composición de causas que determinan la muerte del niño en cada uno de estos tramos de edades. La tasa de mortalidad postneonatal (TMP) es

igual al cociente entre las defunciones ocurridas a partir del vigésimo octavo día de vida y el año de edad, y el total de nacidos vivos. En este tramo de edad el componente socioeconómico de las muertes adquiere mayor protagonismo, siendo las condiciones habitacionales, alimentarias, educativas y de higiene las que explican en mayor medida la ocurrencia de muertes en este periodo etario.

Los estudios sobre mortalidad infantil acuerdan en que el proceso salud-enfermedad está determinado por un conjunto de situaciones tanto biológicas (internas del ser humano), como sociales (dadas por el entorno en el que vive el ser humano). Mosley y Chen (1984) ofrecen en sus estudios clásicos un esquema integral de la muerte y la supervivencia infantil concebida como un proceso que incorpora:

a) Determinantes macroestructurales de distintos niveles (individual, del hogar y de la comunidad). Dentro de estos se analizan el nivel educativo de la madre, las tradiciones, normas y actitudes, relaciones de poder, ingreso, alimentación, política económica, sistemas de salud, etc.

b) Determinantes próximos: factores de la maternidad y del patrón reproductivo, medio ambiente y contaminación, deficiencias nutricionales, lesiones y control personal de las enfermedades y otros.

Bajo este enfoque teórico podemos analizar la evolución de la tasa de mortalidad infantil (TMI) y sus componentes en el periodo de estudio seleccionado (Figura 4). Se observa a partir de lo mencionado anteriormente un claro descenso de la mortalidad infantil, la cual evolucionó desde el 38,6% hasta el 17,4% entre los años 2000 y 2014. No obstante, dicho descenso es tardío en relación al compromiso asumido por el país para el año 2000, donde la TMI debería haber quebrado el umbral del 20%, quebré que recién sucedió una década después del compromiso asumido. Es notorio además un marcado descenso de la TMI entre los años 2007 y 2010; a partir de entonces el proceso se equilibró, evidenciando incluso un sutil aumento en el año 2011.

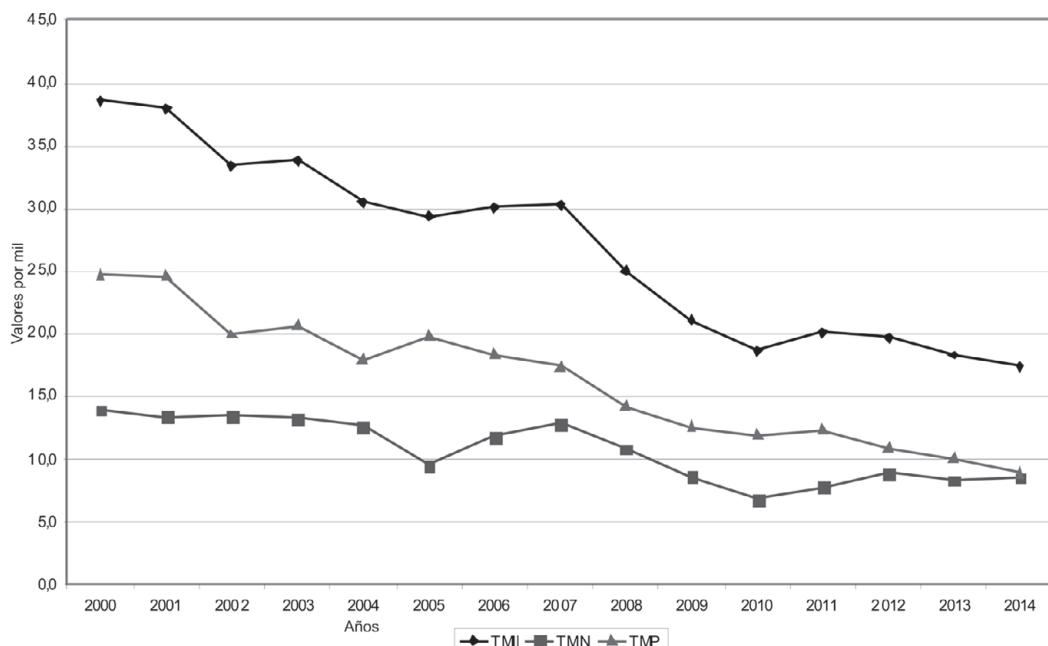


Figura 4. Tasa de mortalidad infantil, neonatal y postneonatal en la Puna argentina. 2000 – 2014 (valores por mil). Fuente: Programa Nacional de Estadísticas Vitales.

Si nos concentramos en el componente postneonatal (Figura 5) (el cual —como se mencionara— presenta mayor asociación con las condiciones de vida de la población) es evidente un descenso continuo que llevaría a interpretar una mejora sostenida de las condiciones de vida de la población puneña. Sin embargo, la brecha que separa esta tasa del registro nacional y regional es bastante elevada aun, con valores para la Puna que en la actualidad triplican los registros nacionales y regionales. Cabe destacar una tendencia a la atenuación de la brecha mencionada entre 2000 y 2014; no obstante se destaca la elevada magnitud que presenta la brecha en años recientes, lo cual pone de manifiesto la marcada diferencia en el acceso a los servicios sociales, entre los cuáles los servicios de salud presentan un marcado protagonismo.

Por otro lado, se observa que la TMN, en el contexto comparativo entre las tres tasas analizadas, ha mostrado una mayor tendencia a la estabilidad. Esto es coincidente con lo sucedido tanto en la escala nacional como regional, ya que las causas de muerte

de mayor incidencia en este tramo de edad (anomalías congénitas, neoplasias, etc.) han mostrado un menor control comparado con aquellas donde el ambiente ejerce una mayor influencia.

A partir de lo expuesto queda claro el perfil transicional en el que se enmarca la estructura y dinámica demográfica puneña, el cual se caracteriza por un importante crecimiento natural que provoca el incremento de la población a pesar de las elevadas tasas emigratorias (las cuales incluso mostraron una atenuación respecto a períodos anteriores). Finalmente, la mortalidad infantil expone a pesar de su descenso, la dimensión que alcanza la vulnerabilidad de su población, lo cual retroalimenta la condición de pobreza y marginalidad mencionada como características distintivas, principalmente cuando se comparan las tasas de mortalidad infantil postneonatal con los registros nacionales y regionales.

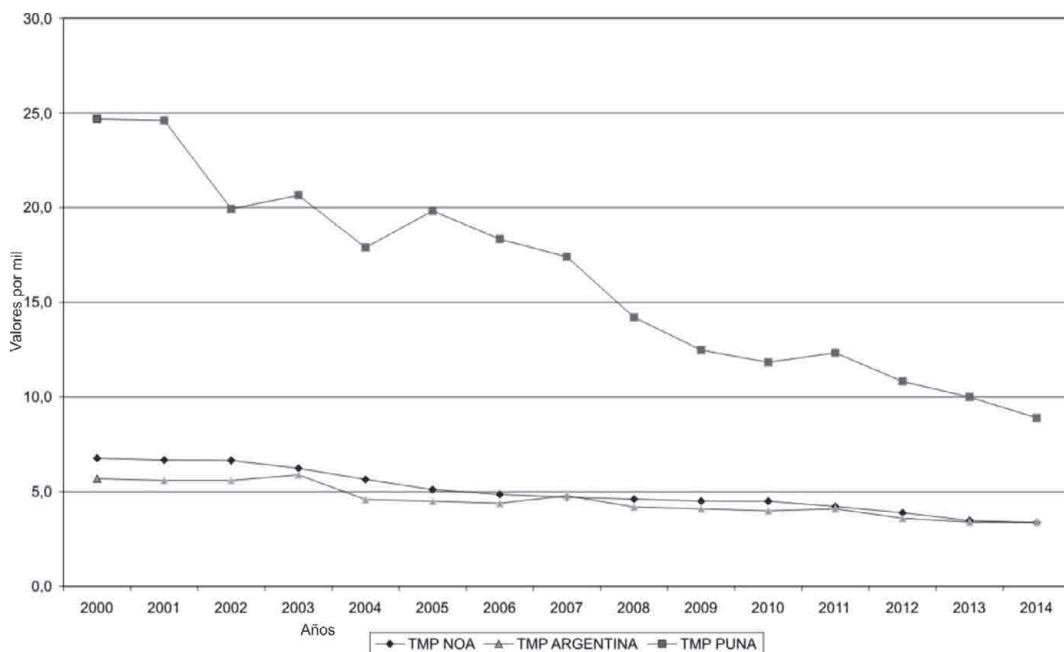


Figura 5. Tasa de mortalidad postneonatal comparada entre la Puna argentina, Noroeste Argentino y la República Argentina. 2000 – 2014 (valores por mil). Fuente: Programa Nacional de Estadísticas Vitales.

POBREZA Y CONDICIONES DE VIDA EN LA PUNA ARGENTINA

Como se mencionó en párrafos anteriores, en estudios clásicos se ha definido a la Puna como uno de los núcleos duros de la pobreza regional (Bolsi *et al.*, 2009). Sin embargo, la pobreza, como toda realidad multifacética, se presenta problemática a la hora de definirla, explicarla y principalmente, medirla. En cuanto a su definición, la pobreza es usualmente concebida en términos de insuficiencia de recursos, privación o carencia de bienestar, como un atributo donde se considera que la vida humana pierde dignidad y se degrada. Las situaciones de pobreza tradicionalmente se han asociado a una alimentación insuficiente e inadecuada en términos nutricionales y culturales, precarias condiciones de vivienda, bajos niveles educacionales, inadecuadas condiciones sanitarias, una inserción precaria en el aparato productivo, entre otras. Este universo conceptual no siempre se ha articulado satisfactoriamente con las fuentes de información, evidenciando muchas veces

una distancia importante entre el fenómeno estudiado y el fenómeno medido. En trabajos anteriores señalamos estas limitaciones y afirmamos que con frecuencia estos indicadores penalizan particularmente a las zonas rurales (Krapovickas y Longhi, 2013).

Los argumentos que sostienen esta afirmación están basados en que tradicionalmente el concepto de ruralidad estuvo asociado a tres fenómenos interrelacionados: una baja densidad demográfica, el predominio de la actividad agrícola-ganadera en la estructura productiva de una localidad o región y ciertos rasgos culturales —valores, creencias y conductas— diferentes a los de las poblaciones de las ciudades. Esta imagen es construida en oposición a la de las sociedades urbanas, las cuales son representadas como sociedades modernas y dinámicas basadas en actividades industriales y comerciales. Las dicotomías rural-urbano y campo-ciudad, planteadas de este modo, tendrían su origen en una concepción lineal del desarrollo, donde se considera el proceso de

modernización como el paso de una forma de vida rural —sinónimo de atraso— a una forma de vida urbana, industrial, dinámica y heterogénea, tanto social como culturalmente. El pensamiento dicotómico que entiende lo rural como contrario a urbano continúa estando vigente a pesar de haber sido probada su ineptitud para explicar la realidad, especialmente por aquellos autores que desarrollaron el concepto de la nueva ruralidad (ver por ejemplo Pérez Correa, 2001).

Esta percepción tradicional del mundo rural sin duda ha facilitado la asociación entre los conceptos de ruralidad y pobreza. El medio rural pasa a ser en el imaginario colectivo un medio de escasez, de carencias y de extendida insatisfacción de necesidades. Algunos métodos de medición de la pobreza, como el método NBI, consolidan este enfoque. Las condiciones de carencia medidas con este indicador no serían perfectamente aplicables a las zonas rurales ya que estas “privaciones” en los hogares rurales responden a prácticas culturales y modos de hábitats tradicionales, diferentes a los del medio urbano. Forni y Neiman (1994) sostienen que la aplicación del enfoque de las NBI al medio rural presenta limitaciones tanto de orden conceptual como operativo, en parte atribuidas a “un sesgo urbano que se encuentra presente en la gran mayoría de los ejercicios de medición de la pobreza realizados desde esta perspectiva”. Los autores señalan que un estándar de necesida-

des mínimas utilizado para ámbitos rurales y urbanos por igual no sería adecuado tanto desde un análisis objetivo como desde la percepción o evaluación de las condiciones de privación efectuadas por los propios individuos. Asimismo, se señala que la construcción de algunos indicadores de vivienda y servicios desconoce el carácter “natural” del medio rural y la dificultad de acceso a ciertos recursos, como por ejemplo el aprovisionamiento de agua para el consumo familiar, los materiales de construcción de la vivienda, entre otros. También Mathey (2007) encuentra que la aplicación del método NBI puede conducir a una sobreestimación de la pobreza en áreas rurales especialmente por la incidencia de los indicadores de vivienda y condiciones sanitarias. Además, señala que en ciertas situaciones la falta de sanitarios, la existencia de pisos de tierra y ciertos tipos de vivienda se encuentran más asociados a aspectos culturales que a condiciones de privación.

Procurando superar estas limitaciones se analizan a continuación los datos de una serie de indicadores de bienestar que más que pretender calificar a la población como pobre o no pobre, pretende describir las condiciones de vida de la población puneña. Se agrega también el dato de NBI como referencia y se comparan los valores de los indicadores de la Puna con los del NOA y de la Argentina (Tabla 1). Los datos presentados identifican la falta de acceso a servicios básicos (sani-

Tabla 1. Puna, NOA y República Argentina. Indicadores sociodemográficos seleccionados y comparados. 2010. Valores porcentuales.

Indicadores	Puna argentina	Noroeste argentino	República Argentina
Población rural	41,4	19,2	9,0
Hogares con NBI	21,9	19,5	12,3
Población desocupada e inactiva	49,4	44,8	38,3
Jefes de hogar analfabetos	8,3	3,9	2,1
Menores de cinco años sin obra social/plan médico o plan estatal	65,2	59,2	49,7
Provisión de agua fuera del terreno	12,3	5,5	2,2
Procedencia de agua para beber y cocinar de lluvia, río, canal o acequia.	7,2	2,8	0,9
Carenza de botón, cadena o mochila para la limpieza del inodoro	45	19,2	10,6
Uso de leña/carbón como principal combustible para cocinar	30,9	10,2	2,7

Fuente: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

tarios, educativos, edilicios, etc.) que independientemente del componente cultural, definen un alto grado de vulnerabilidad en relación a las condiciones de vida.

Si bien las proporciones aquí expuestas permiten una somera aproximación a algunas características de la población y los hogares puneños, no son suficientes para valorar la pobreza y las condiciones de vida de su población. Este somero análisis es profundizado a continuación a partir de la utilización de un indicador sociodemográfico de génesis continua: la mortalidad infantil según enfermedades de la pobreza. A partir de dicho indicador focalizamos el análisis en términos de resultados soslayando la mirada sobre ciertas variables como educación, ingresos, características de la vivienda, etc., y partiendo de la siguiente premisa: “donde mayor es la mortalidad de los niños por enfermedades de la pobreza, mayores son las carencias independientemente del peso que ejerzan ciertas variables sustanciales como educación o vivienda”. Este enfoque y sus resultados se detallan a continuación.

ENFERMEDADES DE LA POBREZA: UNA ALTERNATIVA PARA EL ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE VIDA EN LA PUNA ARGENTINA

El concepto de “enfermedades de la pobreza” fue acuñado por McKeown (1988) quien describe las dolencias que han predominado durante la mayor parte de la existencia de la humanidad. McKeown las define en oposición a un conjunto de enfermedades generalmente asociadas con la riqueza relativa que produjo la industrialización. La pobreza, precisa el autor, no es causa directa de muerte sino la principal razón por la cual existen condiciones (de distintos niveles) que desembocan en la enfermedad. Entre este grupo de enfermedades, los padecimientos de origen infeccioso (parasitosis intestinales, septicemias, cólera, fiebre tifoidea, etc.), las enfermedades respiratorias agudas (neumonía, neumonitis, rinofaringitis, bronquiolitis, etc.), la subalimentación y la diarrea infantil adquieren el mayor protagonismo.

En este trabajo, al analizar la pobreza a partir de la muerte en la niñez por las denominadas “enfermedades de la pobreza”, se pretende escapar del sesgo subjetivo en la definición de variables que identifican la precariedad, superando la “penalización” que sufren las áreas rurales según las tradicionales metodologías de medición de la pobreza como se mencionó anteriormente. Al dejar de lado el centro de la atención sobre variables como nivel educativo, vivienda precaria, disponibilidad de cloacas, etc. se pretende, en definitiva, abandonar el tipo de preguntas relacionadas a: ¿cuánta educación es necesaria para no ser pobre?, ¿son las paredes de adobe y el techo de paja indicadores de pobreza? , para poner el acento en las consecuencias de dichas características —si las hubiera— sobre el proceso salud-enfermedad-muerte infantil. Desde nuestras hipótesis estas consecuencias tienen un fuerte correlato territorial.

La MoNEP constituye una tasa cuyo numerador incluye el total de muertes de niños menores a cinco años en cada departamento de la Puna por cualquier enfermedad infecciosa, respiratoria o relacionada con la desnutrición, según la Clasificación Internacional de Enfermedades en vigencia (CIE 10); en cuanto al denominador, el mismo está constituido por el total de niños de cero a cinco años vivos en cada departamento. Dicha información se obtiene a partir de la interpolación lineal entre el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010. La tasa se expresa cada 1000 niños menores de cinco años y pone de manifiesto, como se mencionara, la vulnerabilidad que presentan determinadas poblaciones para la aparición, desarrollo y muerte de niños menores a 5 años ante estas patologías evitables.

Esta tasa fue analizada anualmente en la región y en los departamentos que la componen, detectando su magnitud y evolución.

La Figura 6 presenta la evolución de la MoNEP en la Puna comparada con el proceso nacional y regional. Es evidente un marcado proceso de aumento del indicador a mediados de la década en la población puneña, alcanzando su pico en el año 2003 con

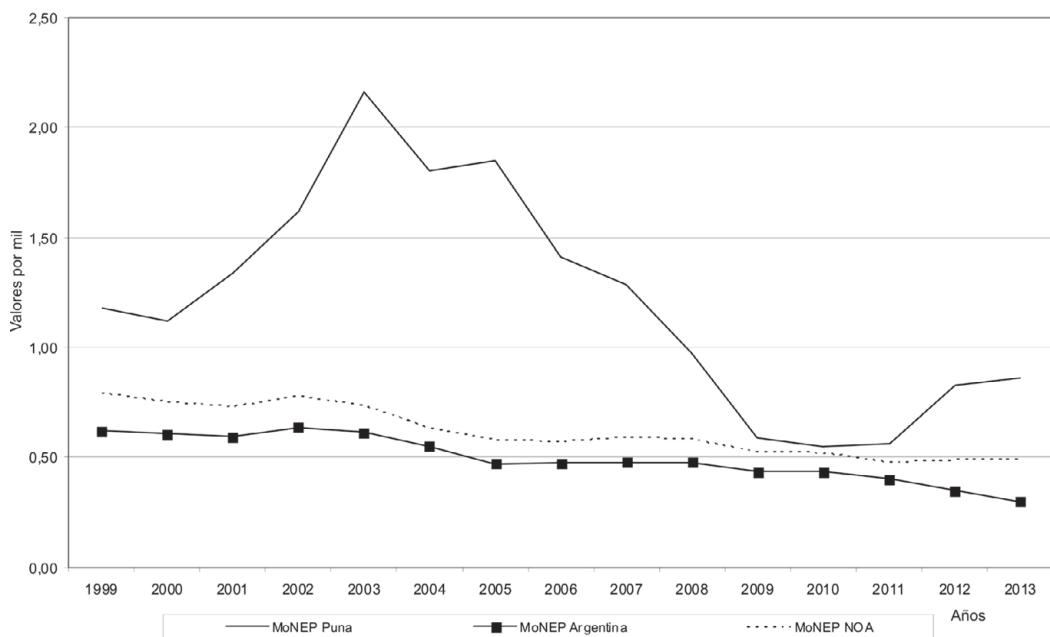


Figura 6. Puna, NOA y República Argentina. Evolución de la MoNEP. 1999 – 2013 (valores por mil). Fuente: Programa Nacional de Estadísticas Vitales.

registros que superaban 3,5 veces el valor nacional. Una segunda distinción se relaciona con el marcado descenso de la MoNEP en la Puna a partir del pico mencionado alcanzando su valor más bajo (y muy próximo a la tasa nacional) en el año 2010. A partir de entonces se observa una tercera etapa caracterizada nuevamente por el incremento de la MoNEP similar a la etapa previa al 2003, aunque con una pendiente menor. La curva de MoNEP del NOA discurre con un alto paralelismo a la curva nacional con una brecha persistente y similar a lo largo del periodo.

Finalmente, en una escala departamental se analiza la evolución de la MoNEP en los departamentos puneños (Figura 7). Puede observarse primeramente un distintivo de amplias oscilaciones como carácter principal de la evolución. Entre dichas oscilaciones se destacan los picos que tuvieron Santa Catalina y La Poma a mediados de la década atenuándose notoriamente a partir de 2007. Rinconada y Yavi tuvieron un comportamiento similar; sin embargo, se destaca una tendencia al aumento de la MoNEP a

partir de 2009/2010. Cochinoca y Los Andes han mantenido valores medios y estables a lo largo de los tres últimos quinquenios. Finalmente, en Antofagasta de la Sierra y Susques se observa un marcado descenso del indicador.

Si bien llaman la atención los valores igual a cero en algunos casos, se ha podido corroborar que los registros son reales (y no reflejan necesariamente la ausencia de información). Los registros inexistentes de muertes en la infancia según las características de causa de muerte se relacionan, por un lado, con el escaso número de hechos vitales en poblaciones de tamaño mínimo, y por otro con problemas en el registro de la causa de muerte por parte de profesionales, cuestión sobre la cual el Estado ha estado interviniendo focalizando en estudios dirigidos a mejorar la codificación.

CONSIDERACIONES FINALES

Un somero análisis sobre la producción bibliográfica pudo precisar en este territorio

un paisaje caracterizado por un gran vacío demográfico y un bajo crecimiento poblacional durante el siglo XX. Sin embargo, en siglos anteriores tal característica no se habría replicado; por el contrario, se encontraron vestigios de un número de población elevado

con altas densidades demográficas, incluso con la presencia de andenes de cultivos. Muchos interrogantes se abrieron en torno a la evolución de la población puneña desde la conquista española hasta la actualidad con un abanico amplio de respuestas.

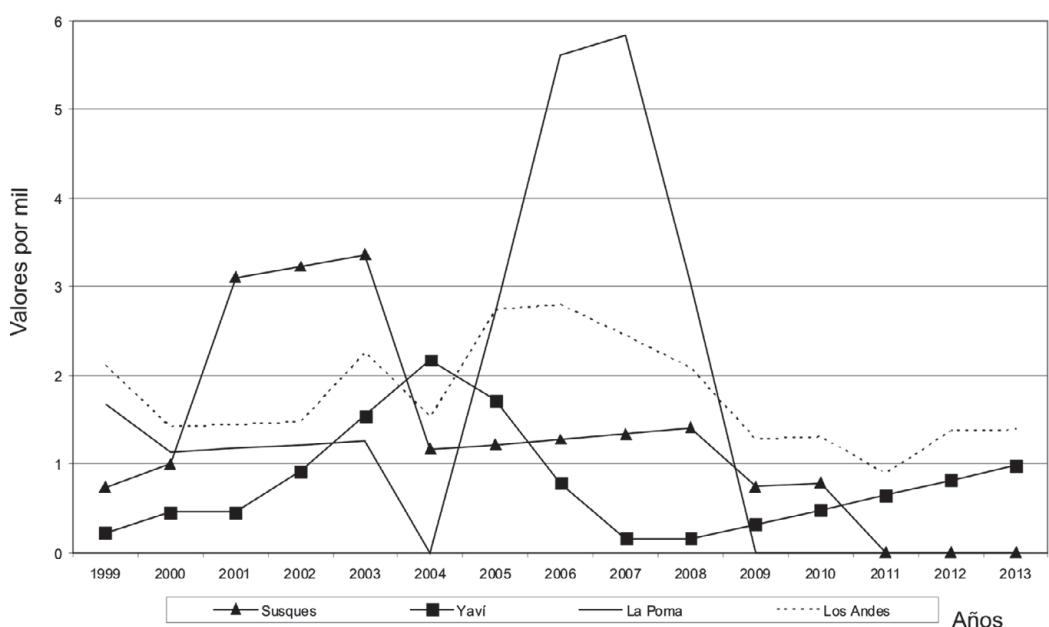
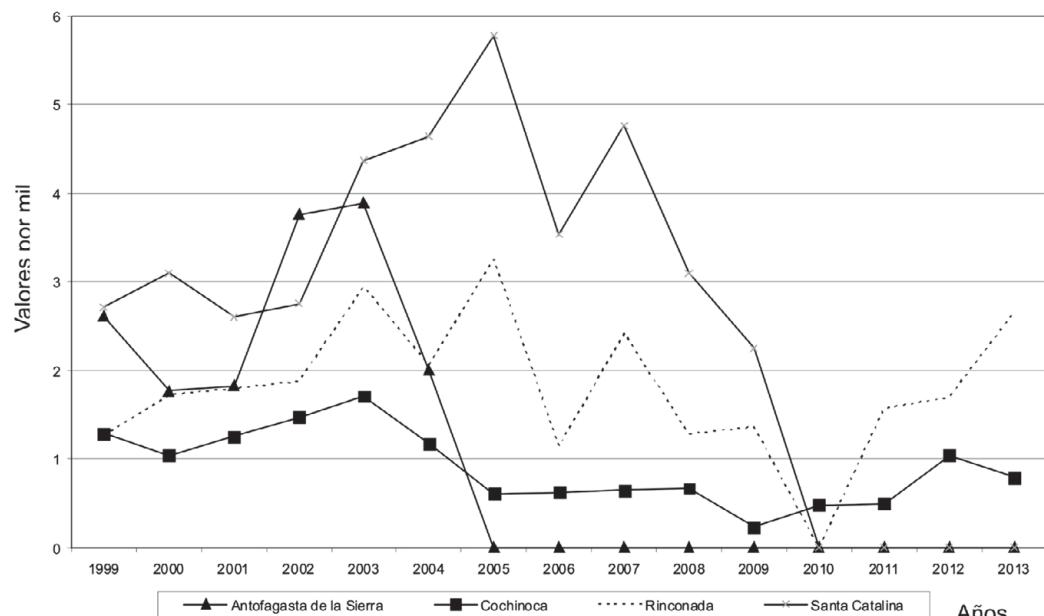


Figura 7. Departamentos de la Puna argentina. Evolución de la MoNEP. 1999-2013 (valores por mil). Fuente: Programa Nacional de Estadísticas Vitales.

Coinciendo con Bolsi (2005) y Sauer (2006), comprendemos el paisaje como una apreciación cultural; es decir, su significado varía en función de la evolución de las prácticas materiales o de la cultura de la sociedad. Esto implica la sujeción del mismo a transformaciones importantes ante cada cambio cultural. A partir de esta premisa entendimos que la estructura y dinámica demográfica de la Puna respondió a dichos cambios, hallándose vestigios de un periodo aborigen, uno relacionado a la conquista española, uno vinculado a la independencia nacional, y otro más actual, vinculado con el inicio del recorrido por los postulados de la teoría de la transición demográfica que alcanza en los tiempos actuales características que la posicionan dentro de las etapas medias en dicha transición. Bajo este contexto es relevante mencionar el crecimiento de la población explicado fundamentalmente por el componente natural, crecimiento que la importante pauta emigratoria característica del territorio no ha logrado mitigar.

El periodo que nos ocupó presentó persistentes y cambios respecto a las evidencias observadas en lapsos anteriores. Continua manteniendo preeminencia la población rural aunque se observó un decrecimiento de dicha importancia en detrimento de la población urbana la cual, con base en las ciudades de La Quiaca, Abra Pampa y San Antonio de los Cobres, mantiene un crecimiento sostenido en consonancia con las tendencias regionales y nacionales.

Por otro lado, dentro de los cambios merecen destacarse las variaciones en términos de natalidad, mortalidad y estructura demográfica de la población puneña. La mortalidad ha mantenido un importante descenso principalmente a partir del control del componente exógeno de la misma, sobre todo en el tramo infantil aunque los registros que presenta son muy elevados aun cuando se los compara con el derrotero nacional. No obstante es el descenso de la natalidad la que presenta mayores cambios mostrando un ritmo descendente acentuado principalmente en la primera mitad del periodo de estudio. Dichos cambios quedaron manifiestos

además en la comparación de las pirámides poblacionales.

Estas características incluyen a la población en un proceso de cambio demográfico enmarcado en un modelo transicional. Como un atributo asociado se destaca la persistencia de la pobreza de su población evidenciada en las altas tasas de mortalidad infantil, postneonatal y en la evolución de la MoNEP, la cual con sus limitaciones, procuró una aproximación a la medición y caracterización de la pobreza rural que pretende escapar a las limitaciones que se explicitaron respecto a los tradicionales métodos de medición. Sobre esto último se destaca lo que podría ser un nuevo incremento de la pobreza desde 2010, lo cual rompe la tendencia descendente ininterrumpida desde 2005.

Ruralidad, emigración y pobreza continúan vigentes como atributos que retroalimentan la marginalidad de su población ya manifiesta, al menos, desde hace dos siglos atrás.

LITERATURA CITADA

- Barbarán F. R., Arias H. 2009. Migraciones en la Puna: su relación con el uso de los recursos naturales del departamento Los Andes. Período 1947-2001. Espacio y Desarrollo, 21: 35-57.
- Bolsi A. 1968. La región de la Puna argentina. Revista Nordeste, 10: 1-57.
- Bolsi A. 1982. El hombre y el medio en la Puna argentina. Revista Geográfica, 95: 46-54.
- Bolsi A. 2004. Población y territorio del noroeste argentino durante el siglo XX. Travesía, 7/8: 9-52.
- Bolsi A. 2005. Ruralia, tradicionalismo y población en la Puna de Jujuy durante el siglo XX. Mundo Agrario, 5: 1-24.
- Bolsi A., Hernández C., Madariaga H., Paolasso P. 2009. Incidencia, intensidad y "núcleos duros" de la pobreza en el Norte Grande Argentino. En: A. Bolsi y P. Paolasso (eds.), Geografía de la pobreza en el Norte Grande Argentino. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Tucumán, pp. 55-77.
- Borgogno C., Ogando A. 2004. Red Puna: "Juntos tenemos más fuerza". Revista Herramienta 25. Recuperado de: <http://www.herramienta.com.ar/re-vista-herramienta-n-25/red-Puna-juntos-tenemos-mas-fuerza>

- Castro H. 2007. Otras miradas, otros lugares. Los relatos de viajeros en la construcción de la Puna argentina. En: P. Zusman, C. Lois y H. Castro (eds.), *Viajes y geografías. Exploraciones, turismo y migraciones en la construcción de lugares*. Prometeo, Buenos Aires, pp. 93-113.
- Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE). 2010. World Health Organization. 10th revision. <http://www.who.int/classifications/icd/revision/en/#>. Accedido 30/03/2017.
- Fidalgo A. 1988. ¿De quién es la Puna? Talleres El Diario, Jujuy, 117 pp.
- Forni F., Neiman G. 1994. La pobreza rural en la Argentina. Buenos Aires: Comité Ejecutivo para el Estudio de la Pobreza en la Argentina, Secretaría de Programación Económica, Buenos Aires. Mimeo.
- Gil Montero R. 2004. Población, medio ambiente y economía en la Puna de Jujuy, Argentina, Siglo XIX. *Revista de Demografía Histórica*, 22: 185-208.
- Gil Montero R. 2006. La Puna: población, recursos y estrategias. En: A. Teruel y M. Lagos (eds.), *Jujuy en la Historia. De la Colonia al siglo XX*. EDIUNJu, Jujuy, pp 373-401.
- Gil Montero, R. 2018. Historia socio-ambiental: entre la Conquista y el siglo XX. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 343-361.
- Gil Montero R., Morales M., Quiroga Mendiola M. 2007. Economía rural y población: la emigración en áreas de montaña. *Humanuaca y Yavi* (provincia de Jujuy) durante el siglo XX. *Estudios Migratorios Latinoamericanos*, 62: 43-84.
- Isla A. 1992. Sociedad y articulación en las tierras altas jujeñas. Crisis terminal de un modelo de desarrollo. MLAL, Buenos Aires, 255 pp.
- Kindgard A. 2004. Tradición y conflicto social en los Andes argentinos. En torno al Malón de la Paz de 1946. *Estudios Interdisciplinarios de América Latina y el Caribe*, 15(1). Recuperado de <http://eial.tau.ac.il/index.php/eial/article/view/831/930>. Accedido 30/03/2017.
- Krapovickas J., Longhi F. 2013. Pobrezas, ruralidades y campesinos en el Chaco argentino a comienzos del siglo XXI. *Estudios Rurales*, 4:38-76.
- Madrazo G. 1982. Hacienda y encomienda en Los Andes. *La Puna argentina bajo el marquesado de Tojo. Siglos XVII a XIX*. Fondo Editorial, Buenos Aires, 211 pp.
- Mathey D. 2007. *Métodos e indicadores para la estimación de la pobreza rural en la Argentina*. Instituto de Economía y Sociología, INTA, Buenos Aires, 32 pp.
- McKeown T. 1988. Los orígenes de las enfermedades humanas. Editorial Crítica, Barcelona, 320 pp.
- Mosley W., Chen L. 1984. An analytical framework for the study of child survival in developing countries. *Population and Development Review*, 10: 25-45.
- Obra Claretiana para el Desarrollo (OCLADE). 1996. *Seminario sobre políticas públicas para la infancia rural*. Fundación Bernard Van Leer, Jujuy, 174 pp.
- Olmedo Rivero J. 1990. *Puna, zafra y socavón*. Editorial Popular, Madrid, 296 pp.
- Pérez Correa E. 2001. Hacia una nueva visión de lo rural. En: N. Giarracca (ed.), *¿Una nueva ruralidad en América Latina?* Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Buenos Aires, pp. 1-15.
- Quiroga Mendiola M., Cladera J. 2018. Ganadería en la Puna argentina. H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 387-402.
- Reboratti C. 1994. *La Naturaleza y el Hombre en la Puna*. Proyecto GTZ, Salta, 108 pp.
- Reid Rata Y., Malizia L. R., Brown A. D. 2018. Áreas protegidas de la Puna argentina. H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 465-481.
- Sauer C. O. 2006. La morfología del paisaje. Polis. *Revista Latinoamericana*, 15. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30517306019>. Accedido 30/03/2017.
- Teruel A. 2005. Estructuras agrarias comparadas: la Puna argentina y el sur boliviano a comienzos del siglo XX. *Mundo agrario* 6. Recuperado de <http://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/v06n1a06/1298.html>. Accedido 30/03/2017.

Box ➤

Entrevista a Lucas Soriano

Babot, María Judith

Fundación Miguel Lillo – CONICET. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán.
Correo electrónico: jubabot@gmail.com

Lucas Soriano nació en 1957 en la Puna catamarqueña. A los 10 años partió con otros niños antofagasteños a estudiar a San Fernando del Valle de Catamarca. Interno en una escuela agrotécnica y con subsidios del gobierno de su provincia, logró el título de experto agrónomo que en 1982 le abrió las puertas para ocupar su cargo actual en la Subestación Experimental de Altura de Antofagasta de la Sierra (Secretaría de Ganadería de Catamarca). En esta entrevista don Lucas repasa algunos pasajes de su vida que refleja más de medio siglo de cambios representativos en los socioecosistemas puneños.

LOS ARREOS

A mediados del siglo pasado, Antofagasta de la Sierra era un caserío aislado que sólo estaba comunicado con San Antonio de los Cobres, Angastaco, Molinos y Belén por huellas de caravanas. Don Lucas trae a su memoria los viajes a Angastaco, en el Valle Calchaquí, que alcanzó a hacer con su padre para cambiar mercancías. «Antes todo fue el arreo. Se manejaban grandes caravanas de arrieros que venían sobre todo de la zona de Fiambalá, Palo Blanco, Corral Quemado, con destino a Chile o a Bolivia».

— ¿Cuál era el fin de estas caravanas?

— Alimentarse... El principal viaje era hacia los Valles Calchaquíes en el mes de junio. El trigo es de esa época y si no lo agarraban, en agosto se vendía todo. La época era dura: las nevadas, el frío... muchos perdieron la vida en ese trayecto. Alcancé a hacer ese viaje de chico para traída de trigo, maíz, morrón, manzana, calahorra... conocí todas esas cosas allí. Todo se intercambiaba. Plata casi no existía, había trueque: te doy 'rica-rica', vos dame un morrón, un pimiento dame... eso era útil aquí, y eso se traía. Nosotros llevábamos

mos la carne de charqui seca que dio origen a todo Antofagasta, el charqui seco y la sal. También hubo aporte de algunas artesanías y de hierbas medicinales (copacopa, ricarica, espinilla) pero lo fuerte fue el charqui. Bajábamos al lado de Angastaco, Santa Elena, la Banda Grande, San Martín, Pucará, Pucarilla. Éramos tres. Llevamos entre 26 y 30 animales y tardamos unos 18 días. En noviembre y diciembre comenzaban los grandes arreos entre Villavil y Antofagasta y ahí justamente surge la historia de don Rinaldo Indalecio Pachao, el tipo que manejó los grandes arreos con burros cargueros que traían lana y cuero. La harina y el azúcar también se manejaban desde ahí.

— ¿Dónde pasaban las frías noches de junio mientras duraba la caravana?

— En los puestos que hay siempre en toda aguada, en donde están las pasturas naturales... la gente de antes fue transitoria, no tuvo domicilio fijo por la crianza del ganado, entonces transitaba de un lado al otro. En cada lugar en el que había vega había un puesto y había leña, agua, un ranchito, una pared, una pirquita. Eso era. Y a taparse con el arnés, lo que se utilizaba para cargar un animal. Así se manejaba... Mi viejo formó parte de eso y así nos crió a nosotros.

El padre de Lucas, nacido en Ciénaga Chica de Jujuy, llegó a Antofagasta en los años 50, atraído por la explotación del ónix que por 25 años socavó dos canteras, hoy convertidas en ruinas. Con el tiempo, formó una familia asentada en el puesto de La Tranca, en donde doce hijos crecieron criando el ganado entre salares y vegas. «Es mi abuelo, uno de los máximos arrieros de Antofagasta, el que le dice a mi padre: 'por acá tenés que ir, este camino te va a llevar a tal lado, este camino te va a llevar a este

otro lado, aquí vas a encontrar esto, aquí vas a encontrar esto otro... Es él quien lo hace baqueano...», recuerda don Lucas.

«Teníamos cabras, ovejas y llamas en el campo. La crianza del ganado fue la economía, no la más importante, pero sí la que dio origen al establecimiento de las personas. Algunos se iban a la mina Tincalayo, otros a La Casualidad, pero el que se quedaba criaba ganado y del ganado se hacía el intercambio. El arriero fue la persona que comercialmente manejó los recursos de esta zona»

LLEGAN LOS VEHÍCULOS

«El intercambio comercial existió de por vida. Antes la competencia se medía por quién tenía mejor animal, mejor tropa, mejor mula... Y hoy cambió esa competencia que ahora se mide por quién tiene mejor Toyota o quién tiene mejor camión».

— ¿Cuándo se da el despegue de Antofagasta?

— El despegue comienza en 1937 cuando todavía pertenecía a la Gobernación de los Andes. Ese año se inaugura una huella, la ruta que va desde Antofagasta a la mina Incahuasi, uniendo al pueblo con Salta. Por ahí llega el colectivo *El Antofagasteño* y por primera vez Antofagasta siente bramar, ve un vehículo y comienza a llegar de Salta mercadería y material: empieza a quedar un poquito atrás el manejo del arriero. La evolución de Antofagasta se da con el militarismo; primero, Guillermo Brizuela lleva a cabo el proyecto de instalar los servicios reclamados por la gente: la conexión de Antofagasta-Belén. En el 78, esos generales vienen y dicen: «vamos a incluir definitivamente Antofagasta en Catamarca». A eso yo lo vi, a eso lo sé, cuando estos locos militares dijeron 'les vamos a hacer la ruta, le vamos a poner agua, le vamos a poner luz'... luz. Yo estuve, era joven, estaba de vuelta y ya andaba detrás... intruso diría. Andaba y lo escuché a este hombre, Jorge Carducci. La reunión fue en la calle, frente a la policía, reunión obligatoria con la gente. El proyecto se había manejado a un alto nivel, apoyado por Salta y por el gobierno de la Nación; porque

desde Salta viene Vialidad Nacional y desde Catamarca, Vialidad Provincial: en sesenta días las obras estaban construidas. Ellos eran de esos militares del «hacés y trabajás o te vas». Ahí se marca el despegue final de Antofagasta.

LA EXPEDICIÓN AL GALÁN

Entre 1981 y 1982, un Lucas Soriano de 24 años participó de una épica expedición al volcán Galán. Treinta años después, recorre con turistas los caminos que vio surgir de las lavas de ese volcán.

— Usted guía a turistas aventureros al cráter del Galán, al Campo de la Piedra Pómez, a Antofalla. ¿Cómo y cuándo comenzó su interés por estos servicios turísticos?

— En los años 70 el gobierno nacional comenzó a impulsar expediciones científicas centradas en la minería. Un geólogo jujeño de apellido Rojas buscaba baqueanos y dio con mi padre. Se exploró íntegro el departamento en busca oro, plata, cobre. A Rojas se sumaron los geólogos Mario Alderete, Pitín Ricci, Roberto de los Ríos, Eremchuk, Osvaldo González, los técnicos Veira y Chávez, los choferes Robles y Nieto... Con ellos conocí la Puna. En 1981 se inició un convenio geológico de las Naciones Unidas entre Argentina y varios países extranjeros, principalmente Estados Unidos, Inglaterra, Noruega y Canadá. Entre ellos, llegó el investigador de la NASA Peter Francis. Era un convenio científico-militar porque participaron investigadores pero también Gendarmería, el Ejército argentino y el ejército de los países extranjeros. Estaban los marines, el comando de Inglaterra, de Noruega; los tipos más fuertes que hay en el mundo. Estuvimos 64 días en el Galán. Se exploraron montañas, rocas, agua... Ahí se hace la apertura de la huella.

El vehículo que bajó a la caldera del Galán era un *Land Rover* de la marina inglesa, un 4x4 con tres cajas de transmisión. «No tenía dos, tenía tres! Arriba de un metro saltaba; a nafta, ocho cilindros... Yo era abastecedor del campamento, era el que llevaba y traía las personas, la comida, las muestras...

Éramos cuatro baqueanos: mi papá, don Bruno Cerpa de Nacimientos, don Infanto Morales y yo». Soriano cuenta que fue a don Infanto a quien convocaron ya que era uno de los máximos conocedores del Galán «porque en ese tiempo su padre —ya fallecido, don Ernesto Morales— ocupaba ese lugar con la crianza de llamas».

Lucas insiste en el carácter secreto de la expedición aunque desconoce los motivos. Una respuesta tentativa puede encontrarse en el obituario de Peter Francis publicado por su alumno Clive Oppenheimer en la Geological Society, en el que se lee que el proyecto recibió apoyo militar simultáneamente con el inicio del conflicto en Malvinas, valiéndole a Francis el rótulo injusto de agente del espionaje británico. Este fue quizás el rumor que transformó el objetivo de la expedición en propósitos oscuros.

EL CRECIMIENTO DEL TURISMO EN ANTOFAGASTA DE LA SIERRA

«Las huellas mineras abrieron los caminos al turismo. No sólo la huella al Galán, para Piedra Pómez se hizo una huella en los 80 que iba a La Ollada, una mina que está del otro lado. Yo participé y nadie, nadie dijo que iba a servir para el turismo y yo nunca en mi vida me pensé, me imaginé que ese conocimiento y ese lugar me iba a servir hoy».

— ¿Cómo y cuándo se dispara el turismo en Antofagasta?

— *El turismo se profundiza en el año 2000 con la construcción de la hostería, la difusión de los primeros folletos y el impulso de algunos apasionados -como Paul Dijou (ex embajador de Francia en Argentina)- que llevaron a Europa los paisajes de la Puna. Pero quien empieza*

a hablar de turismo es el médico alemán Busse Grawitz, dueño de una clínica que existe en Diquecito, Córdoba, amante de la Puna. Llegó por ahí del 78, antes de que existiera la ruta a Belén, a hacer turismo solidario porque atendía a la gente en una posta sanitaria. Antes de morir le pidió a la familia que depositara sus restos aquí en el cementerio.

Soriano regresó al Galán 20 años después, cuando trabajaba en el municipio; fue el intendente Rodríguez quien le dijo: «*la máquina de hacer plata hoy es el turismo*». Tenía claro que no quería volver al campo y que lo suyo «era el hospedaje». «*Surge la necesidad de este hombre, el dueño del Puclará, que no tenía quien lo ayude y yo tenía la necesidad de mayor trabajo. La camioneta de él estaba ahí parada y un día me dice 'ocúpate, ahí está la camioneta, no me digas que no'*. Tensionado, ese día hice mi recorrido a Antofalla y al otro día, al Piedra Pómez por Carachipampa, circuito completo, no como lo hacen ahora. Y sé que hoy quieren ir a ver qué es lo que hay en el cerro El Peinado, porque ese es otro secreto, que contiene varias cosas... agua hervida, de estas aguas termales, no sé cómo es pero vi que es una fuente de energía para la utilización de energía».

Hoy son cinco las personas que le confían a don Lucas sus camionetas y planea convertir al turismo en una de sus actividades principales en un futuro cercano. «*Cuando me retire, quizás alguno de mis hijos se dedique a esto. Cuando el mayor se fue a estudiar dijo: 'voy a volver' aunque hoy cada vez se va más lejos... Como mi padre, que llegó de Jujuy y no volvió nunca más. No sé qué va a hacer mi hijo. Son hombres. Por ahí la responsabilidad de uno termina, la decisión es de ellos, la veo así*».

Box ▶ Plantas de la Puna: fitoquímica y su uso en el cuidado de la salud

Isla, María Inés; Iris Catiana Zampini; María Rosa Alberto; Soledad Cuello

Instituto de Bioprospección y Fisiología Vegetal (INBIOFIV), Universidad Nacional de Tucumán-CONICET.
Email: misla@csnat.unt.edu.ar

La Puna argentina representa uno de los ambientes más extremos para el crecimiento de numerosas especies vegetales por su aridez, la intensa radiación ultravioleta, sus bajas temperaturas y marcada amplitud térmica. Desde hace varios años, en el Instituto de Bioprospección y Fisiología Vegetal (INBIOFIV) se realiza la bioprospección de especies vegetales que habitan estos ambientes, con el objeto de identificar compuestos químicos de valor medicinal. Se han prospectado alrededor de 100 especies pertenecientes a las fa-

milias Asteraceae, Solanaceae, Ephedraceae, Verbenaceae, Frankeniaceae, entre otras; y muchas de ellas, usadas por los pobladores locales como medicinales, fueron validadas científicamente. Por ejemplo, especies como *Baccharis tola*, *Baccharis boliviensis*, *Chuquiraga atacamensis*, *Parastrepbia lucida*, *P. lepidophylla*, *Fabiana punensis*, *F. bryoides* (Figura 1), *F. densa* y *F. patagonica*, usadas como cicatrizantes y antiinfecciosos, presentan una elevada potencia antimicrobiana contra bacterias patógenas humanas Gram



Figura 1. Detalle de flores de *Fabiana bryoides*. Especie con actividad antibiótica y antiinflamatoria.

positivas y Gram negativas resistentes a múltiples antibióticos comerciales y de interés regional (Zampini *et al.*, 2009; Cuello *et al.*, 2011). Algunas de ellas resultaron además activos antifúngicos; y no solo fueron activas sobre patógenos humanos sino también de interés veterinario (Moreno *et al.*, en prensa). Especies como *Parastrepelia lucida*, *Ephedra multiflora* y *Tessaria absinthioides* usadas popularmente para tratar reumatismo y artritis se destacan por acumular metabolitos con capacidad antiinflamatoria superior a drogas comerciales (Alberto *et al.*, 2009; Torres Carro *et al.*, 2017). La mayoría de las especies vegetales estudiadas además se comportan como potentes antioxidantes por lo que podrían utilizarse para disminuir el riesgo a contraer enfermedades asociadas a procesos oxidativos (Cuello *et al.*, 2011). Las plantas de la Puna muestran gran diversidad de compuestos de diferente naturaleza química (flavonoides, ácidos fenólicos, taninos) responsables de las propiedades encontradas. Respecto a los estudios tóxicogenéticos, ninguna de las especies analizadas presentó efecto mutagénico a las dosis a las cuales presentan actividad biológica. La ausencia de daño genotóxico constituye un paso positivo hacia la determinación del uso seguro de las plantas estudiadas en medicina tradicional (Cuello *et al.*, 2011). Los resultados obtenidos justificarían el uso de los extractos o compuestos bioactivos obtenidos de estas especies para el desarrollo de fitomedicamentos y/o fitocosméticos. La obtención de productos derivados permitiría darle mayor valor agregado a estas especies para promover su uso sustentable por los pobladores de la región.

LITERATURA CITADA

- Alberto M. R., Zampini I. C., Isla M. I. 2009. Cyclooxygenase enzyme inhibitory activity of standardized hydroalcoholic extracts of four Asteraceae species from the Argentine Puna. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 42: 776-780.
- Cuello S., Alberto M. R., Zampini I. C., Ordoñez R. M., Isla M. I. 2011. Comparative study of antioxidant and anti-inflammatory activities and genotoxicity of alcoholic and aqueous extracts of four *Fabiana* species that grow in mountainous area of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology*, 137: 512-522.
- Moreno M. A., Córdoba S., Zampini I. C., Mercado M. I., Ponessa G., Alberto M. R., Nader-Macias F., Sayago J., Burgos-Edwards A., Schmeda-Hirschmann G., Isla M. I. En prensa. *Tetraglochin andina* Ciald.: a medicinal plant from the Argentinean highlands with potential use in vaginal candidiasis. *Journal of Ethnopharmacology*.
- Torres-Carro R., Isla M. I., Thomas-Valdes S., Jiménez-Aspee F., Schmeda-Hirschmann G., Alberto M. R. 2017. Inhibition of pro-inflammatory enzymes by medicinal plants from the Argentinean highlands (Puna). *Journal of Ethnopharmacology*, 205: 57-68.
- Zampini I. C., Cuello S., Alberto M. R., Ordoñez R. M., D' Almeida R., Solorzano E., Isla, M. I. 2009. Antimicrobial activity of selected plant species from «the Argentine Puna» against sensitive and multi-resistant bacteria. *Journal of Ethnopharmacology*, 124: 499-505.

IV

El uso del territorio en el presente y futuro

18 ▶ Ganadería en la Puna argentina

Quiroga Mendiola, Mariana¹; Jorge Luis Cladera²

¹ Instituto de Investigación y Desarrollo para la Agricultura Familiar IPAF NOA – INTA y Universidad Nacional de Salta. Ruta Nacional N° 9, Km 1763, (4622) Posta de Hornillos, Jujuy. quiroga.mendiola@inta.gob.ar

² Instituto Interdisciplinario de Tilcara, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Belgrano 445, (4624) Tilcara, Jujuy.

► **Resumen** — Hablar de la ganadería de la Puna es hablar de los pueblos pastores, quienes basan su existencia en la crianza ambulatoria de animales en ambientes áridos o semiáridos caracterizados por precipitaciones imprevisibles y variables. Los pastores de la Puna argentina representan prácticamente la totalidad de los productores en la región y tienen en común: a) su base productiva en la ganadería multiespecie (fundamentalmente ovejas, cabras y llamas); b) la hacienda está al cuidado de una persona, pero está integrada por animales que pertenecen a múltiples dueños de la familia extensa; c) propiedad familiar del ganado y propiedad comunal de tierras de pastoreo; d) alta movilidad espacial entre territorios de pastoreo, hilvanada por el calendario ritual y agroganadero; e) la articulación de espacios intra y extra comunitarios para el intercambio de productos; f) una gran flexibilidad temporal de la carga ganadera debido a la acentuada variabilidad climática de la región, toda vez que los animales se nutren de la vegetación nativa condicionada por lluvias y heladas. Este capítulo tiene como una de sus metas abordar la descripción y puesta en valor de los sistemas productivos pastoriles de la Puna argentina, con la idea de aportar herramientas de conocimiento para investigadores, agentes de terreno y decisores en materia de políticas públicas municipales, provinciales y nacionales.

Palabras clave: Pastoralismo, tierras secas, prácticas pastoriles.

► **Abstract** — “Livestock production in the Argentinean Puna”. Puna livestock is a productive herding system. It is based on ambulatory animal husbandry along arid or semi-arid environments characterized by unpredictable and changing summer-rainfall. Argentinean Puna's herdsmen and women represent virtually the whole universe of livestock owners in the region, sharing: a) a multispecies based system (mainly on sheep, goats and llamas); b) flocks herded by a single person, but including animals owned by many relatives from the extant family; c) commons grazing lands, although managed in particular grazing units; d) high spatial mobility between grazing territories, entangled by ritual and by the agrarian calendar; e) product-exchanging webs along wide rangeland; f) great flexibility on livestock population due to climate unpredictability and variability. This chapter aims at describing and valuing pastoral systems in Argentinean Puna, in order to provide knowledge tools for researchers, field agents and decision makers.

Keywords: Pastoralism, drylands, herding practices.

LOS PASTORES DE LA PUNA

La Puna argentina se caracteriza por ser un territorio árido o semiárido expuesto a una serie de factores limitantes para el cultivo de especies vegetales: por ejemplo, la alta radiación solar y asimismo la escasez, la estacionalidad y la variabilidad interanual de las precipitaciones. Sin embargo, en este paisaje aparentemente hostil existe una intensa vida social inmersa en un denso entrama-

do natural y cultural que se extiende desde hace varios miles de años atrás hasta nuestros días, a partir de la crianza móvil y fluctuante de animales domésticos (Browman, 1987; Flores Ochoa, 1988; Göbel, 1998, 2003; Nielsen, 2009). El ganado constituye la base productiva de los pueblos pastores y está sustentado sobre la vegetación nativa que provee forraje de manera variable en el tiempo y en el espacio. Aunque los mo-

dos de vida pastoril han cambiado a lo largo del tiempo, han mantenido siempre una lógica productiva particular derivada de la interacción entre las experiencias familiares con las condiciones ambientales fluctuantes, resultando así en sistemas productivos extremadamente eficientes para dichas condiciones (Flores Ochoa, 1977). El presente capítulo tiene como una de sus metas abordar la descripción y puesta en valor de los sistemas productivos pastoriles de la Puna argentina, y la idea de aportar herramientas de conocimiento para investigadores, agentes de terreno y decisores en materia de políticas públicas municipales, provinciales y nacionales.

LA GANADERÍA DE LA PUNA EN CIFRAS

¿Quiénes y cuántos son los pastores de la Puna? Para el análisis de datos censales tomamos la zonificación realizada por Obschatko *et al.* (2007) respetando el criterio de clasificación agroecológica de dichas autoras. Según este criterio, la Puna quedaría abarcada por los departamentos de Antofagasta de

la Sierra (Catamarca); Los Andes, La Poma, Iruya y Santa Victoria (Salta) y Yavi, Cochinooca, Susques, Rinconada, Santa Catalina (Jujuy). Cabe, por tanto, aclarar qué criterios de zonificación más detallados a escala subdepartamental podrían aportar guarismos diferentes a los aquí consignados.

Según datos del Censo Nacional Agropecuario 2002, en la región Puna en Catamarca, Jujuy y Salta habría aproximadamente 5000 familias productoras en cuyas manos se encuentra la mayor parte del ganado ovino y de llamas de dichas provincias, resultando cuantitativamente menos relevante la cría de vacunos. El ganado caprino asume un papel secundario en términos numéricos (Figura 1). A su vez, la mayor parte del ganado en la Puna se encuentra en manos de pequeños productores (bovinos 69,8% con 22.939 cabezas; ovinos el 84,6% con 368.294 animales; caprinos el 87,3% con 115.711 animales y llamas 89,7% con 108.500 cabezas).

A partir de datos procedentes del SENASA (2013, citado en Echenique *et al.*, 2015) en Jujuy se observa un aumento durante los últimos años del 64% de llamas y una dis-

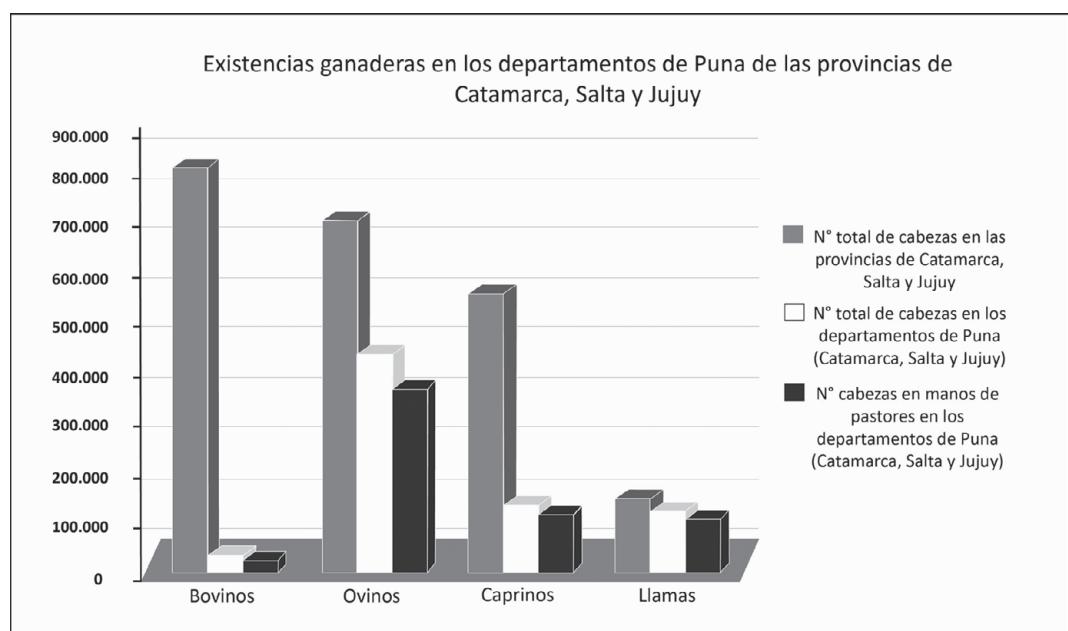


Figura 1. Número de cabezas ganaderas en la región Puna de las provincias de Catamarca, Jujuy y Salta, Argentina. Elaboración propia en base a datos de Obschatko *et al.* (2007).

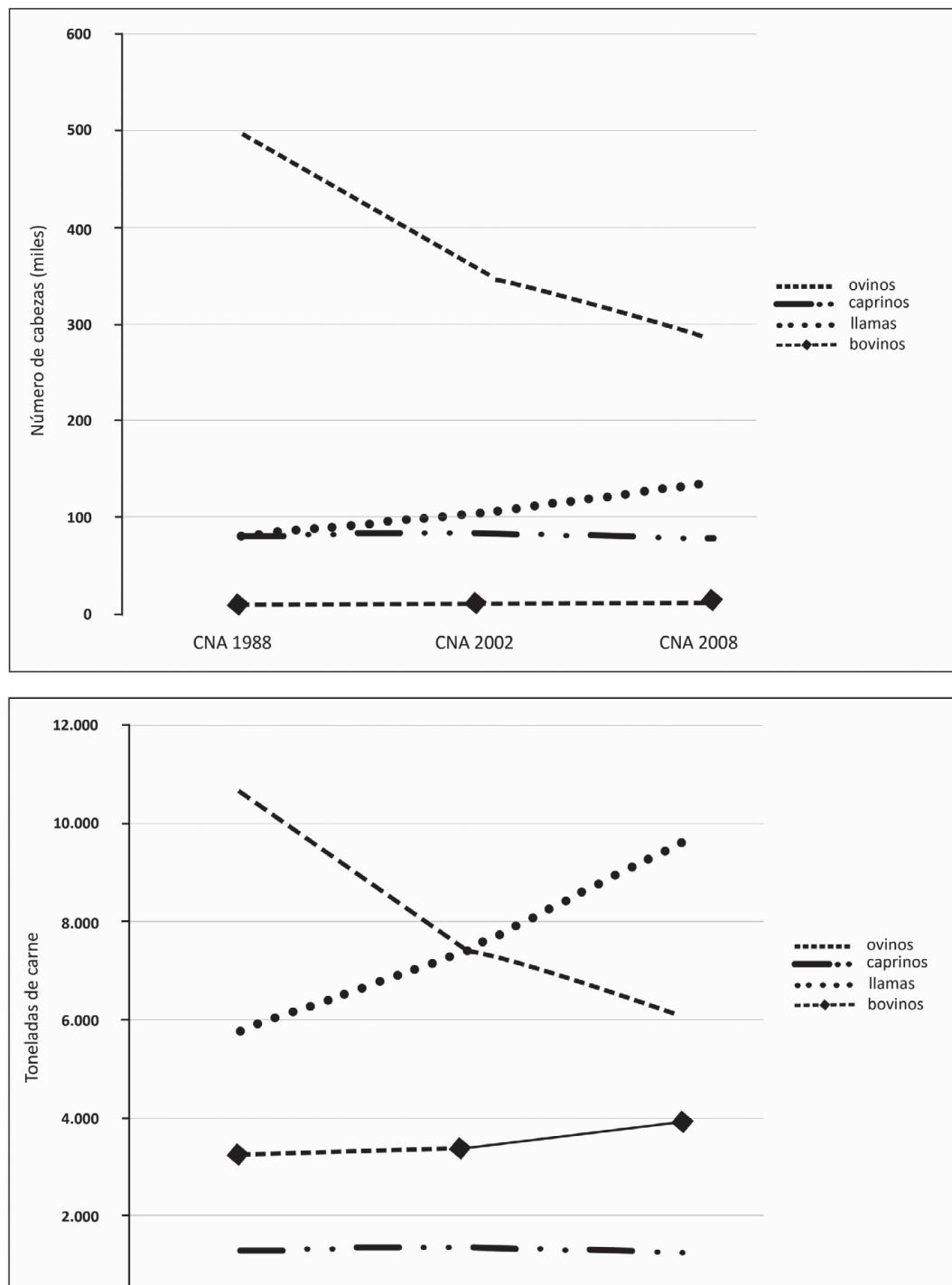


Figura 2. Tendencia de las existencias ganaderas en la Puna de Jujuy. CNA 1988, 2002 y provisorio 2008 en Echenique *et al.* (2015).

minución del 38% de ovejas. Estas modificaciones (Figura 2) manifiestan la dinámica y adaptabilidad que caracteriza a los sistemas pastoriles y articulan con lógicas productivas que describiremos más adelante en este artículo.

La producción ganadera es destinada al autoconsumo, a la venta y al trueque. En relación con la composición de ingresos monetarios de las familias pastoras de la Puna, según Paz *et al.* (2011) aproximadamente el 60% lo constituyen ingresos extraprediales (la venta de fuerza de trabajo fuera del sistema productivo familiar, en el ámbito minero o en instituciones públicas, como la escuela o las postas sanitarias, y transferencias del Estado como Asignación Universal por Hijo, pensiones, jubilaciones, etc.). Mientras ovinos y llamas son reservados principalmente al intercambio, las cabras son casi en su totalidad destinadas a la provisión de carne para la familia (Figura 3) (Paz *et al.*, 2011). Ovinos y caprinos son faenados a los dos años de edad aproximadamente con un peso vivo de entre 18 y 25 kg los primeros y de 16 kg los segundos. Luego de la faena el rendimiento cárneo es de unos 10,75 kg de carne por animal para ovinos y de 8 kg en el caso de caprinos. Las llamas son faenadas a los dos o tres años de edad con un peso vivo de 70 kg aproximadamente, rindiendo unos 40 kg por animal. A modo de ejemplo mostramos aquí la estimación de techos pro-

ductivos realizadas con datos de la Puna de Jujuy en base a las existencias ganaderas, la composición de las tropas y porcentajes de parición y reposición: se está produciendo en la actualidad aproximadamente 190.000 kg de carne ovina; 57.000 kg de carne caprina y 330.000 kg de carne de llama (Echenique *et al.*, 2015). Los cueros de todas estas especies son escasamente utilizados en la Puna argentina.

Mención aparte merece la producción y venta de guano (estiércol) del ganado menor, por cuanto es utilizado como potente abono en las parcelas de cultivo de los productores agrícolas de comunidades vecinas, inclusive de zonas más o menos alejadas a las que el guano llega en camiones, a veces facilitados por el gobierno municipal o trasladado por intermediarios locales. A su vez, el guano vacuno suele ser utilizado como combustible ya que las familias no están independizadas del uso de leña. La dispersión geográfica de los espacios productivos complica la salida de bienes para la venta. Además, la escala de producción familiar es relativamente baja e intermitente en el año, característica propia de las formas de producción campesina en contraposición a la producción de tipo empresarial; por lo tanto la oferta no se mantiene constante en el año imponiendo una mirada alternativa para los modos de intercambio. Los pastores resuelven los intercambios de productos mediante trueques, ferias o la utilización de figuras asociativas como las cooperativas, asociaciones comunitarias o aborígenes. Un canal de venta que, según observaciones de campo, manifiesta una gran importancia para los productores locales lo constituye la venta de productos ganaderos a los campamentos mineros (ver Abeledo, 2013, 2014).

Existen modos de intercambio con distintos grados de formalidad, a los que denominaremos aquí “tramas comerciales” ya que articulan una serie de actores (parientes de sangre, aliados o simples afines e intermediarios que pueden ser, a la vez, vecinos y productores). Cumplen un rol muy importante las ferias campesinas o “cambalaches” cuya localización e importancia relativa pue-

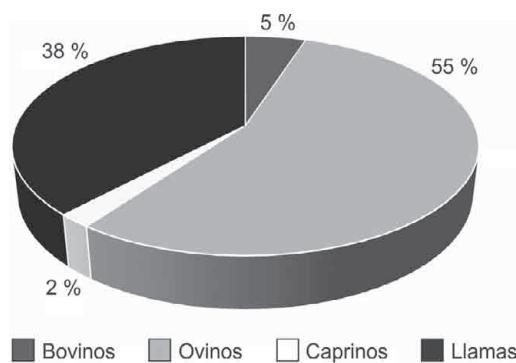


Figura 3. Participación relativa de los ingresos por venta de productos y subproductos por especie en la Puna de Jujuy. Elaboración propia en base a Paz *et al.* (2011).

de variar de un año a otro, pero siendo siempre fundamentales para el aprovisionamiento de bienes y alimentos a las familias de la Puna. Estos intercambios suelen realizarse en otoño luego de las cosechas y cuando los capones se encuentran gordos. Los campesinos logran así cambiar bienes de los “campos” (Puna) como lo son carne, lana o sal, por bienes de los “valles” (valles semiáridos, quebradas y yunga) como frutas, maíz, papa y otras verduras. Estos viajes de intercambio hilvanan territorios muy amplios, antes mediante las caravanas de burros o llamas, ahora principalmente utilizando camionetas (Abeledo, 2013, 2014.)

POR QUÉ HABLAMOS DE PASTORALISMO CUANDO HABLAMOS DE GANADERÍA EN LA PUNA

Como se ve, la ganadería en la Puna no resulta una actividad marginal o secundaria sino que conforma el grueso de la producción de ovinos y llamas en las provincias involucradas. Es necesario entonces entender cómo funciona y qué valores pone en juego este sistema productivo que permite una carga ganadera en espacios que, si sólo nos atendemos a los datos climáticos y ambientales, parecieran marginales e inviables. Para comprender cómo funciona este sistema ganadero hay que entender que se enmarca en un determinado modo de vida social, cultural y natural: un sistema productivo al que denominamos pastoralismo.

Los pueblos pastores son aquellos que basan su existencia en la cría ambulatoria de animales, sobre la base del acceso fluctuante y por períodos cortos de tiempo a nutrientes y agua, haciendo posible la vida en territorios conceptualizados como marginales, tales como sabanas, estepas, desiertos y tundras (Galaty y Johnson, 1990). Dentro de esta definición general los sistemas pastoriles muestran una gran diversidad de tipos en relación con la configuración de su unidad productiva, el destino principal de su producción, el vínculo con la agricultura y/o el Estado y los circuitos mercantiles con los que se vinculan, tanto a través de la venta de sus productos

ganaderos como a través de la venta de su fuerza de trabajo estacional.

Este sistema productivo que deviene en un universo cultural engarza de maneras diversas y complejas a los lugares de pastoreo, a los ganados y a las personas que los crían, en aspectos que, como veremos, trascienden ampliamente la esfera utilitaria (Bugallo y Tomasi, 2012). En el pastoralismo de la Puna, los “lugares” no son sólo puntos de referencia, sino sobre todo expresiones espaciales afectivas que conforman parte de la memoria personal y familiar y que participan de la vida social con agencia propia (Abeledo, 2013; Cladera, 2013). La “hacienda” no es sólo la existencia económica ganadera de la familia, sino además un microcosmos que sintetiza el ciclo de la vida y el esquema de relaciones de parentesco requiriendo para el éxito reproductivo de disponibilidad forrajera, y de operaciones sanitarias, afectivas y rituales en proporciones equivalentes. Así, el trabajo familiar de los pastores, lejos de constituir un relictio de formas de vida pasadas es, por el contrario, el resultado de estrategias colectivas y dinámicas de control y organización del espacio y de división familiar del trabajo.

Todas estas dimensiones se recrean y retroalimentan mutuamente en determinada forma de articular la vida humana, animal y vegetal manifestando una gran persistencia hasta la actualidad, gracias a la recreación de una serie de valores y características que desarrollaremos a continuación.

ANIMALES, HACIENDA Y TROPAS

Es necesario decir que el vocablo “ganado” es escasamente utilizado por los pastores, aunque sí incorporado para la interacción con agentes del Estado (Bugallo y Tomasi, 2012). Para referirse al stock de sus animales los pastores hablan de su “hacienda” la cual está conformada por la totalidad de las especies animales de la familia. Dentro de este gran grupo las familias denominan “hacienda menuda” al ganado menor (ovejas y cabras) que tiene atributos y requerimientos

tos diferentes con respecto a llamas o vacas que son animales de encierro nocturno en corrales ubicados junto a casas y puestos. Por otro lado, la palabra “animales” es casi exclusivamente utilizada para mencionar caballos, mulas y burros utilizados principalmente para transporte de personas y laboreo de la tierra.

La cantidad de ejemplares de cada especie por familia es muy variable; se pueden encontrar rebaños de 150 a 1.000 ovejas, 50 a 200 llamas dependiendo si se trata de hacienda mono o multiespecífica, entre otras muchas variables, tales como el acceso de la mano de obra familiar, la calidad forrajera y distancia entre los puestos ganaderos, la disponibilidad o no de otras fuentes de ingreso familiar, el estado de salud de los miembros de la familia, etc. En lugares distanciados de las principales vías de comunicación los pastores manejan entre tres a siete bovinos, uno o dos caballos o mulas y suelen mantener una tropa de burros mínima que les permite realizar viajes para intercambio de productos, aunque esto va en retroceso según se van abriendo caminos vehiculares. Las llamas y vacas son dejadas al pastoreo en espacios abiertos y de acceso libre; en cambio, ovejas y cabras son apacentadas en territorios pastoriles concretos de derecho familiar consuetudinario denominados “puestos”. Las llamas son supervisadas periódicamente ya que concurren todas las noches a sus “dormideros” (encierro nocturno cotidiano).

El ganado vacuno no se acerca diariamente a dormideros y es “repuntado” (rodeado) de manera periódica para manejo sanitario, señalada, suministro de sal o faena. Cabras y ovejas pernoctan en el corral (Figura 4A) e imponen diferencias entre sí en cuanto a su manejo: las cabras, al ser más “andariegas”, son capaces de transitar lugares más escarpados y prefieren el ramoneo de plantas leñosas; mientras que las ovejas son más gregarias y muestran mayor resistencia al frío. Según los territorios de pastoreo, el destino principal de la producción y las condiciones climáticas, de infraestructura y económicas de las familias, se prioriza y se balancea la importancia relativa de cabras y ovejas en el hato.

UN REBAÑO, MÚLTIPLES DUEÑOS

La organización de las decisiones productivas relacionadas con la cría de la hacienda en la Puna argentina ocurre en el seno de la familia (en adelante usaremos las denominaciones familia y unidad doméstica como sinónimos).

Aunque los sistemas pastoriles puneños dependen de una multiplicidad de condicionantes externos, existen sin embargo ciertas normas de organización familiar comunes a toda la región. Podemos señalar tres que desarrollaremos a continuación: 1) la división entre el cuidado del ganado mayor a cargo de varones y ganado menor a cargo de mujeres y/o niños; 2) la herencia de la tierra y la conformación del plantel ganadero; y 3) el manejo unificado de tropas con múltiples dueños.

Con respecto a la división del trabajo, la disponibilidad de mano de obra masculina o femenina condicionará el aumento o disminución de las tropas de determinadas especies. En fases históricas de disminución de la fuerza de trabajo masculina —como el auge azucarero en los 50’ y 60’ o la activación de la minería hasta los 90’—, las familias disminuyeron sus cabezas de ganado mayor, mientras aumentaron su ganado menor al cuidado de las mujeres que permanecían en la comunidad. Inversamente, en años recientes con el estímulo de las tendencias del mercado a valorar las carnes regionales (ver también Vilá *et al.*, en este volumen), la disminución de la tasa de emigración a grandes núcleos urbanos (Longhi y Krapovickas, en este volumen) y el aumento de jubilaciones tempranas para algunos trabajadores de la minería y el azúcar, se observó el repunte del número de cabezas de camélidos e incluso de bovinos y la disminución del ganado menor porque, según palabras de las propias familias, “quedan pocas mujeres en el campo”.

En segundo lugar, las familias puneñas administran la herencia de la tierra y territorios pastoriles igualitariamente entre todos los hijos, independientemente de su orden

de nacimiento, género, estado civil o lugar de residencia. La tropa de propiedad de cada dueño se va conformando desde la infancia: los niños reciben corderos, cabritos o “tekes” (crías de la llama) como regalo en momentos que marcan hitos de su vida (nacimiento, bautismo, casamiento) o durante

la señalada (cuando se les “nombra” uno o dos ejemplares), y también ellos mismos compran individuos luego de su independencia económica. Estos animales recibidos son en realidad “dados en suerte” para la fundación del patrimonio del joven integrante de la familia y la puesta a prueba de sus



Figura 4. A. Corral de encierro nocturno del ganado menor en Suripujio, Puna de Jujuy, Argentina (2011). B. Llamas señaladas con su “chimpo”. Chagualmayoc, Puna de Jujuy, Argentina.

condiciones de pastor. Si los animales entregados se multiplican, indican la buena suerte del niño o niña, reconociéndose así atributos como criador/a al momento en que forme una nueva familia. Se desea que las personas con suerte se hagan cargo con el tiempo del plantel paterno.

La tercera característica a la que hemos hecho mención forma un sistema coherente con las dos previas. Dado que la mayoría de los descendientes de una unidad doméstica no permanece en el lugar de origen sino que se traslada a los centros urbanos, mineros o agroindustriales, la familia que se queda en el lugar tiene a cargo el cuidado de la hacienda de estos parientes emigrados. El rol de cuidador de la hacienda es retribuido mediante alguna paga o regalos que pueden involucrar remesas en dinero o frecuentemente mediante la división del “multiplico” (las crías) por la práctica denominada “al partir”, es decir que la mitad de las crías nacidas corresponden al dueño de los animales y la otra mitad al que se ha encargado de cuidarlos. Todos estos mecanismos resultan en la consolidación de una red de intercambios campo-ciudad a veces a grandes distancias, además de afianzar y perpetuar los derechos territoriales y sobre el ganado por parte de los miembros que no residen en la comunidad.

Hemos identificado también otra modalidad novedosa: los dueños “ausentistas” radicados en las ciudades intermedias locales que contratan un “peón” como pastor y concurren periódicamente a supervisar su hacienda. Esta dinámica se relaciona frecuentemente con la escolarización secundaria y/o empleo permanente público o privado de los dueños y se observa sobre todo en territorios en los que se han efectivizado parcelamientos y privatizaciones individuales de tierras, como ocurre por ejemplo en Santa Catalina, Cieneguillas y Pozuelos en la provincia de Jujuy.

EL ESPACIO PASTORIL

Las familias pastoras tienen una “casa principal” ubicada en el pueblo y varios

“puestos” o “estancias” de pastoreo. La casa principal cuenta con una serie de instalaciones productivas: un corral de encierro y un corralito pequeño denominado “chiquero” en el que se encierran las crías una vez que han sido amamantadas y cuando la tropa se va a pastorear al campo. Existen cultivos peridomésticos a pequeña escala que, cuando no se practican en corrales inactivos, son rodeados por cercos (“tapiales”) para el autoabastecimiento de papa, haba, arveja, además de verduras de hoja, plantas aromáticas y medicinales (Göbel, 2003; Tomasi y Rivet, 2011). En muchos casos los pastores cultivan forrajes (alfalfa o avena) para el mantenimiento de la tropa, especialmente hembras y crías, durante el “bache forrajero” que ocurre al final del invierno y comienzo de primavera. En la casa principal se realizan actividades productivas y rituales del calendario ganadero y social: señalada, descole, faenado, desparasitaciones, como así también casamientos, “bautizos”, velorios, etc.

Además de esta casa principal, las pastoras poseen entre uno a seis puestos de pastoreo ubicados en diferentes sitios ecológicos, entre los que migran a lo largo del año configurando una composición espacial en parches con disponibilidad variada de agua, pasturas y refugios. Estos puestos pueden consistir de muchas formas de residencia diferentes, desde aleros de roca hasta edificaciones que constan de una o dos habitaciones de techo bajo de paja, con paredes de piedra, y que se usan como dormitorio. A su lado suele estar la cocina (un “fueguero” no siempre techado). Colinda con esta infraestructura un corral redondo de piedra y su respectivo “chiquero” (Tomasi y Rivet, 2010).

Cada puesto de pastoreo tiene un nombre propio que lo caracteriza como “lugar” afectivo concreto de la familia que lo usa. Consecuentemente no hay puesto sin su nombre por ejemplo: “Causillar”, “Lajas”, “Picacho” y no hay lugar del mapa colectivo que no tenga su familia de referencia, por ejemplo: “Causillar” es “puesto de los González”. La única excepción a esta regla la constituyen determinadas expresiones espaciales de mucha intensidad simbólica como

lagunas, ojos de agua, abras y cumbres. Estos lugares son los únicos que participan del mapa colectivo sin relacionarse con una familia de referencia.

En algunas zonas hay señales o mojones que indican los linderos, aunque en muchas situaciones no se observan delimitaciones precisas de áreas de pastoreo ya que el concepto local de “dueño” en referencia a los lugares no puede ser entendido en términos de “propiedad”, sino que manifiesta concepciones de derecho diferentes a las del sistema jurídico vigente (Cladera, 2013, 2014a).

Los territorios de pastoreo muestran distintas capacidades de carga animal. En el contexto general de aridez, revisten suma importancia los pastizales de Puna y humedales (ciénegos, vegas o bofedales) (Tabla 1). La disponibilidad de agua y pasturas determina el tamaño y composición de las tropas y la cantidad de puestos y movimientos anuales entre ellos. La generalidad indica que al acercarse el fin del invierno, estación fría y seca en la Puna, el acceso al agua resulta paulatinamente más restrictivo, por lo que los pastores comienzan a trashumar hacia puestos de altura, acercándose a los manantiales. Esto produce un movimiento oscilatorio entre territorios por lo general bajos, horizontales y abiertos (“el campo”) durante períodos de bonanza, y zonas altas y escarpadas pero más reparadas (“el cerro”) durante los períodos más rigurosos. La asociación simbólica entre estas características de cada paisaje con el momento climático así como otros binomios simbólicos (humedad/sequedad; masculinidad/femineidad; voracidad/saciedad; fertilidad/infertilidad) se ponen en evidencia en múltiples instancias rituales y descriptivas, en el marco de un ciclo productivo para cuyo éxito se considera necesario el equilibrio de estas dimensiones.

Las denominaciones campesinas en la Puna de los sitios ecológicos más comunes son “el campo” constituido por estepas arbustivas dominadas fisonómicamente por tolares (asumiendo la clasificación campesina de “tola” a una variada gama de arbustivas medianas pertenecientes a diferentes familias

botánicas como asteráceas, lamiáceas, solanáceas) y pastizales de “paja” (“paja blanda”, “paja amarilla”, “esporo”, etc. de la familia Poaceae). El “cerro” con relieve escarpado, en el que pueden aparecer con más abundancia los “cuernos de cabra” (*Adesmia* sp., Fabaceae) y algunos “churquis” (*Prosopis* sp.) muy apetecidos por el ganado, especialmente caprino. Distribuidos en el paisaje de la Puna se encuentran los humedales (“vegas” o “ciénegos”) que son formaciones cespitosas de gramíneas y graminoides (Cyperaceae, Juncaceae) abundante y permanentemente irrigados por ojos de agua difusos en las laderas de los cerros (ver Izquierdo *et al.*, en este volumen). Estos configuran territorios de productividad hasta 10 veces mayor que la que muestran los tolares de campo o de cerro, lo que les confiere un rol preponderante como proveedores de forraje.

En el transcurso de los desplazamientos pastoriles, el traspaso de un paisaje a otro suele estar articulado por determinadas expresiones espaciales que actúan de mediadoras entre distintas dimensiones del mundo, tales como las “abras” (pasos de una ladera a la otra por una cadena montañosa), las lagunas, los “ojos de agua” (vertientes de altura), o las “cumbres”. Estos espacios resultan siempre peligrosos y requieren de dispositivos rituales de vinculación (ver Abeledo, 2013; Cladera, 2013), sobre todo en fechas en las que se considera que los límites del mundo son más permeables, tales como los martes y los viernes o el mes de agosto (Cruz, 2006). El incumplimiento de estos procedimientos rituales puede conducir a la enfermedad y hasta la muerte de las personas y su hacienda. De manera similar el ataque del puma, visualizado como de una残酷 desmesurada ya que mata varios animales para llevarse sólo uno, es interpretado como una reacción de los lugares contra las familias afectadas debido a faltas o inadecuaciones en el vínculo de reciprocidad (por ejemplo no haber “challado” correctamente, mediante sahumado, libaciones de alcohol y coca y/o la solicitud verbal adecuada, un puesto visitado, un ojo de agua o un abra transitada).

Tabla 1. Productividad Primaria Neta Aérea en diferentes comunidades vegetales de Puna. Síntesis realizada en base a datos de Biurrun *et al.* (2010) citado en Quiroga *et al.* (2013) (B) y Quiroga Mendiola *et al.*, en preparación (QM). Se estimó Capacidad de Carga utilizando un Factor de Uso de 50%. EO = Equivalente Ovino (tomado de Vargas *et al.*, 1980).

Comunidades vegetales	Altitud (mnsm)	Precipitaciones (mm)	PPNA Total (kg/ha)	Capacidad de carga animal (EO/ha)
Estepa arbustiva de “campo” en Puna Seca en Cobres, Salta	3.400	115	211-824 (QM)	0,2-0,9
Estepa arbustiva de “cerro” en Puna Seca en Cobres, Salta	3.500	115	316-1.833(QM)	0,4-1,5
Estepa arbustiva de “campo” en Puna Seca en Laguna Blanca, Catamarca	3.200 -3.400	141	394-877 (B)	0,5-1
Estepa arbustiva en Puna en Parque Nacional Los Cardones, Salta.	3.100 -3.500	300-200	340-890 (QM)	0,2-0,7
Estepa herbácea de “campo” en Puna Seca en Laguna Blanca, Catamarca	3.200-3.400	141	319 (B)	0,4
Pastizal de Puna Húmeda en Parque Nacional Los Cardones, Salta	3.000-3.200	300	1.017-3.997 (QM)	1-4
Humedal salino de “campo” en Laguna Blanca, Catamarca	3.200-3.400	141	285-1.421 (B)	0,3-1
Ciénegos de Puna Seca en Laguna Blanca, Catamarca	3.200-3.400	141	3.068-4.356 (B)	3-5
Ciénegos de Puna Seca en Parque Nacional Los Cardones, Salta	3.500	200	998-2.127 (QM)	1-2
Ciénegos bajos Puna Húmeda en Yavi y Cochinoca, Jujuy	3.400-3.600	329	2574 (QM)	3
Ciénegos altos Puna Húmeda en Yavi y Cochinoca, Jujuy	4.100-4.300	329	856 (QM)	1

Además de las variables hasta aquí observadas que determinan la movilidad de cada unidad doméstica, existen otros elementos que cumplen un rol decisivo en estas prácticas. Una de las principales la constituye la escolarización infantil que determina criterios de movilidad durante el ciclo lectivo. En sitios en los que la escuela establece un régimen estival en virtud de las bajas temperaturas de invierno, los ciclos de movilidad han sido alterados sustancialmente con respecto a prácticas más antiguas, generando inconvenientes en el manejo de pastos, aguadas y sanidad animal (como por ejemplo se observa en Laguna Blanca, Catamarca). En otros lugares como en algunas localidades del departamento Iruya (Salta) las escuelas funcionan en invierno en tierras bajas, de manera que las familias con niños escolarizados deben resolver la escasez de forraje

al inicio de la primavera, tiempo en que la provisión de pasturas es mayor en laderas y cumbres.

Así, los movimientos que requieren desplazamientos de larga distancia o de gran cantidad de animales, suelen ser concentrados durante los períodos de receso escolar tales como vacaciones de verano, vacaciones de invierno, Semana Santa o Todos los Santos, aprovechando la mayor disponibilidad de fuerza de trabajo familiar (Cladera, 2014b). Estos ejemplos muestran que no es posible hablar de un tipo clásico de rotación debido a que existen una serie de cuestiones que configuran el complejo abanico de posibilidades en la toma de decisiones de los pastores.

EFECTO DE LA PRESIÓN DE PASTOREO SOBRE LAS COMUNIDADES VEGETALES DE PUNA

Los pastores suelen ser responsabilizados de la degradación de las tierras secas en todas partes del mundo (Reynolds *et al.*, 2007). Cabe preguntarse si esto es efectivamente así. Estudios realizados en diferentes sitios ecológicos de la Puna y con variados tipos de manejo de los rebaños muestran que probablemente sea mayor el poder modelador de las sequías recurrentes y la desecación paulatina de la Puna (Morales *et al.*, en este volumen) que el efecto directo de la presión de pastoreo en estos ambientes, ya que los sistemas pastoriles parecen haber producido la coestructuración entre la herbivoría doméstica y las comunidades vegetales (Quiroga Mendiola, 2012, 2014). Algunos de los principales factores condicionantes de la composición y cantidad de individuos que conforman la hacienda son: (1) el tipo de relieve y pastizal natural al que las familias acceden que condiciona el tipo de herbívoro que es posible o más eficiente tener y la cantidad de individuos de cada especie; (2) la disponibilidad y calidad de mano de obra; y (3) el acceso a vías de comunicación vehicular y a energía eléctrica. Esto implica el acceso al mercado formal o no formal y disponibilidad de sistemas de frío para conservar la carne de animales grandes.

Los pastores de la Puna suelen mantener la carga animal aproximadamente cercana o por debajo de la capacidad de carga estimada del pastizal natural. Las prácticas pastoriles responden a un conocimiento íntimo de la calidad y cantidad del pastizal natural al que cada familia tiene acceso en sus territorios (Quiroga Mendiola, 2000, 2012).

Sólo a modo ilustrativo mostramos en la Figura 5 la relación entre diferentes presiones de pastoreo con cobertura y altura de la vegetación. Hoy queda más o menos claro que los cambios climáticos plurianuales o de largo plazo (e.g., Morales *et al.*, en este volumen) producen desajustes fluctuantes en la relación herbivoría doméstica – vegetación que imponen modificaciones en las prácticas

pastoriles. Las familias pastoras se adaptan mediante la disminución del tamaño de las tropas, cambios en la movilidad entre sitios, la reactivación de puestos y la incorporación de tecnologías para el uso más eficiente del agua, forrajes, sanidad animal y manejo ganadero.

LA TEMPORALIDAD PASTORIL

La gran variabilidad climática de la cual depende la productividad de los rebaños redonda en diversas estrategias de conversión del capital económico (las existencias ganaderas) a otros bienes de cambio o de producción, lo que permite a las familias subsistir sin descapitalizarse durante las etapas adversas. Así, cuando ocurre una etapa de escasez de lluvias y pastos, los pastores descargan el campo (carnean o venden gran cantidad de animales) capitalizándose en bienes productivos o de cambio alternativos, hasta la mejora de las condiciones climáticas y productivas (Vetter, 2005; Reid y Fernández-Giménez, 2008), como se ha podido observar en los años 1998, 2010 y 2016 en la Puna argentina, con veranos extremadamente secos. Esta variabilidad climática se manifiesta en la Puna tanto en la fuerte estacionalidad (dos o tres meses de verano cálido y húmedo y aproximadamente nueve meses secos y fríos) como también en secuencias plurianuales de sequías entre períodos húmedos. Si la sequía abarca más de un año, las plantas anuales que constituyen un importante recurso forrajero, tienden a desaparecer y las plurianuales resienten su productividad, disminuyendo drásticamente la capacidad de carga de los campos. Localmente se distinguen estas propiedades de las pasturas mediante las categorías de “pasto raíz”, el pasto plurianual que cuenta con órganos de reserva y que provee forraje durante casi todo el año y de “pasto semilla”, que incluye gramíneas y dicotiledóneas herbáceas capaces de proveer forraje sólo durante el período estival.

La carga animal fluctuante es otra característica que hace a la adaptabilidad y plasticidad del sistema pastoril en la Puna. Los

pastores reconocen que aproximadamente cada 10 años sobreviene un período de dos o más años extremadamente secos en concordancia con la ocurrencia trienal, quinquenal a decadal del fenómeno El Niño (Francou y Pizarro, 1985; CAF, s/f; Morales *et al.*, en este volumen). Si se registra escasa lluvia en el verano, hacia marzo-abril se baja la carga animal mediante la faena de gran cantidad

de corderos y capones antes de llegar al estrés forrajero máximo de agosto a octubre (Merlino y Rabey [1983] describen estas prácticas en el mes de agosto; observaciones personales años 1998-1999; 2010-2011; 2016). Los animales sacrificados son intercambiados por sal o alimentos no perecederos como harina, azúcar, aceite, o dinero, o son destinados a la realización de regalos u

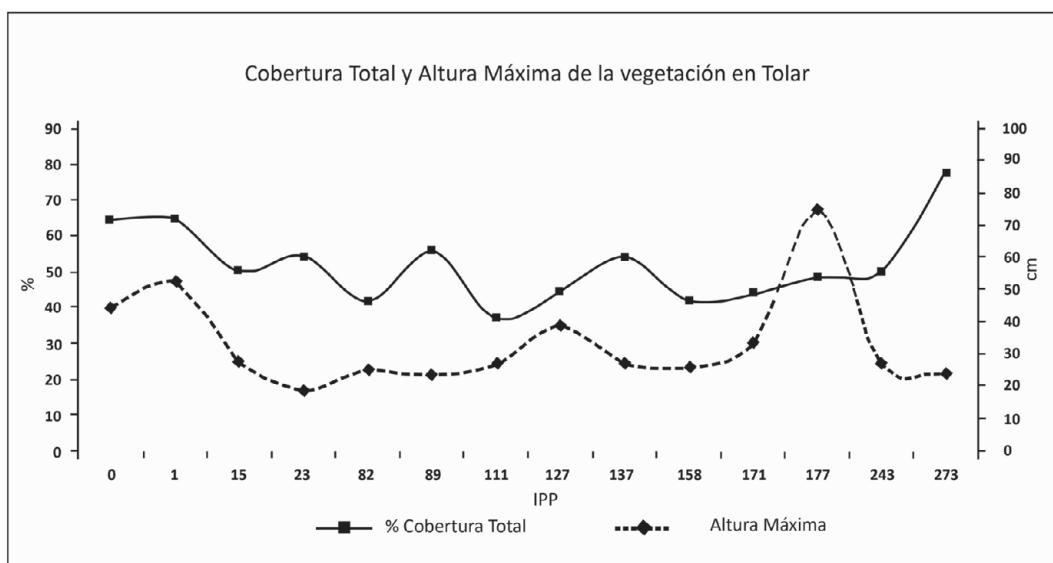
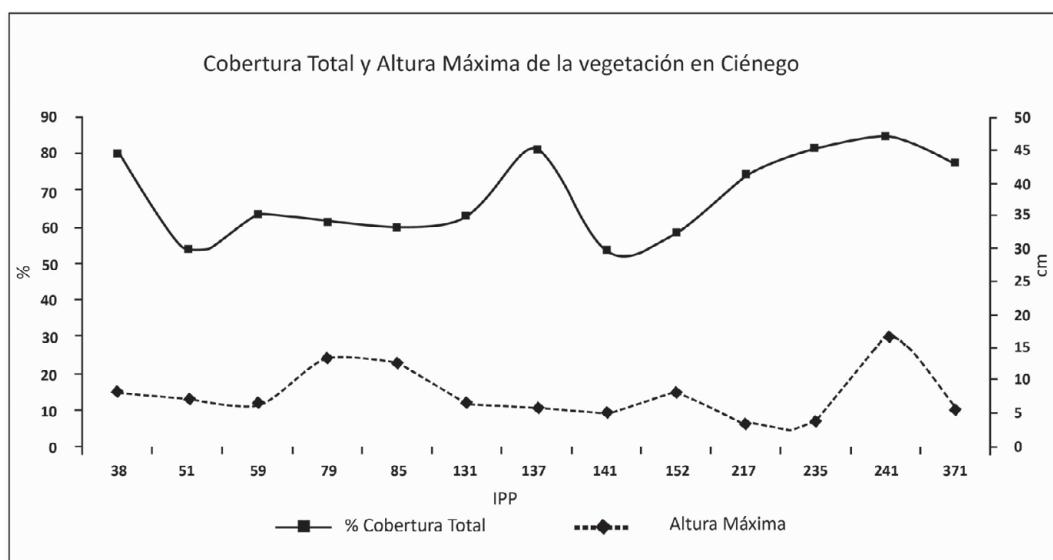


Figura 5. Cobertura total (%) y altura máxima (cm) de la vegetación según varía el Índice de Presión de Pastoreo en A. Comunidad vegetal de ciénego. B. Comunidad vegetal de “campo”. Suripujio, Jujuy (Quiroga Mendiola, 2012).

ofrendas. El forraje nativo remanente o el que se puede comprar por estos medios es destinado principalmente a hembras y crías. Estas prácticas permiten evitar el riesgo de una fuerte descapitalización mediante reservas concretas o el fortalecimiento o reactualización de lazos sociales con personas o “lugares” productivos, de manera anticipada a los períodos de carestía.

Esta periodicidad interanual se enmarca dentro de un criterio cíclico de organización del año en el que las estaciones climáticas y las consecuentes tomas de decisiones productivas son ordenadas en base a determinado calendario compuesto por fechas civiles pero sobre todo litúrgicas, las cuales tienen una amplia y antigua difusión a lo largo de todo el territorio (Barbarich *et al.*, 2006; Bugallo, 2010).

Así, los dos términos paisajísticos que sintetizan el circuito de movimiento pastoril (el “campo” y el “cerro”) se correlacionan con dos etapas del ciclo anual. Las corpachadas o pagos a la Pacha Mama en agosto (que dan inicio al ciclo de regeneración vegetal) y el Carnaval en febrero o marzo (que marca la etapa de cosechas) actúan ambas como instancias de apertura y cierre de ciclo. Durante el Carnaval se practican las señaladas de la hacienda, celebraciones propiciatorias en que los animales son marcados y castrados, se ofrendan las partes cortadas a la tierra y se celebra la fertilidad mediante la colocación de “chimpos” o “flores” (borlas de lana de colores) en orejas y lomos de llamas y ovejas (Figura 4B).

Ordenadas por estos dos momentos hay fechas litúrgicas específicas en las que cobran protagonismo determinadas especies del ganado. En estas fechas además de realizarse la procesión de la imagen del santo del día, muchas familias aprovechan para realizar la señalada si es que no acostumbran hacerlo en carnaval. Estas fechas son: Virgen de la Candelaria (2 de febrero) y San Marcos (25 de abril), ambos considerados los patronos del ganado bovino; San Antonio (13 de junio: patrono de los camélidos); San Juan o localmente denominado “San Sanjuan” (24 de junio), patrono del ganado ovino; Santa

Anita y San Santiago (24 y 25 de julio), patronos de las tejedoras y del ganado equino, respectivamente, y advocación relacionada al rayo en el segundo caso; San Bartolo (24 de agosto: patrono de los caprinos); y Santa Bárbara (4 de diciembre: advocación asociada al rayo). La imagen de cada santo está siempre acompañada por figuritas (“illas”) de la especie por él protegida que tienen un rol importante como propiciadoras de la fertilidad de la especie (Bugallo, 2010). Por “illas” (o también “machorras”) se denominan asimismo a los animales hermafroditas, considerados propiciadores de la “hacienda”, sobre los que rige una estricta prohibición de sacrificio.

En el calendario pastoril hay dos períodos de nacimientos de la hacienda menuda: “los navidades” son las crías que nacen cerca de fin de año, y “los sanjuanes” son las nacidas en junio. La mortalidad por escasez de pastos o frío es muy alta en los nacimientos de invierno (superá a veces el 50% de los nacidos vivos), mientras que es baja entre los “navidades”. Los pastores no separan los machos reproductores, salvo raras excepciones, debido a la escasez de mano de obra y pasturas; por lo tanto la secuencia de nacimientos es ordenada por la buena disponibilidad de pastos que no sólo induce el celo en las hembras, sino que posibilita abundante leche para los recién nacidos.

POTENCIALIDADES Y DESAFÍOS: EL ROL DE LA POLÍTICAS PÚBLICAS

Frecuentemente los sistemas pastoriles, así en la Puna como en otros lugares, suelen ser estigmatizados como formas culturales relictuales o atrasadas tendientes a desaparecer, o peor aún, como prácticas agresivas con el medio que provocan erosión y desertificación. Hemos procurado brindar material para repensar que, por el contrario, constituyen sistemas dinámicos y sumamente plásticos mediante los que las familias puneñas articulan sus tramas sociales, sus animales criados, sus lugares productivos y las comunidades vegetales que los habitan. Activando todas estas dimensiones, los

pastores proveen de bienes a mercados de interés geopolítico (e.g., cabeceras departamentales en la Puna o centros mineros), reproducen la diversidad genética de su “hacienda” y recrean tradiciones y conocimientos ancestrales que constituyen reservorios creativos para que la sociedad global pueda repensar modos alternativos, menos agresivos y más sostenibles de vinculación con las tierras secas del mundo. Estos insumos cobran inestimable valor, en particular, en el escenario de incertidumbre climática global que pronostican las tendencias actuales (ver Morales *et al.*, en este volumen). Con estas observaciones no queremos de ningún modo desconocer o subestimar las enormes carencias sanitarias, educativas e infraestructurales que padecen las poblaciones de la Puna argentina (ver Longhi y Krapovickas, en este volumen), pero creemos firmemente que la clave para resolver estas cuestiones comienza por el respeto y el conocimiento de estas formas de vida no hegemónicas (Manzano *et al.*, 2011).

AGRADECIMIENTOS

Este texto es resultado de muchos años de trabajo en la Puna argentina con financiamiento en diferentes etapas de la Universidad Nacional de Salta, Universidad de Buenos Aires, INTA y Secretaría de Agricultura Familiar y del proyecto PICT 2014-2676 de FONCyT. Agradecemos a pastores y pastoras de las comunidades de la Puna de Jujuy, Salta y Catamarca que generosamente han abierto a nosotros sus conocimientos y prácticas durante nuestras investigaciones y trabajos de acompañamiento en la zona. Queremos también agradecer a muchos compañeros y compañeras de trabajo, colegas, directores y directoras de posgrados, y también a nuestras familias que, de diversos modos, ayudaron a construir los conocimientos que aportamos aquí.

LITERATURA CITADA

Abeledo S. 2013. *Pastores de los Andes Meridionales. Sistemas tradicionales de intercambio y sus transformaciones en*

Santa Rosa de los Pastos Grandes (Los Andes, Salta). Tesis doctoral Universidad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Buenos Aires, pp. 213.

Abeledo S. 2014. Territorio, caminos y prácticas culturales de los viajes de intercambio del último siglo (departamento de Los Andes, provincia de Salta). En: J. Tomasi y A. Benedetti (eds.), *Espacialidades altoandinas. Nuevos aportes desde la Argentina. Miradas hacia lo local, lo comunitario y lo doméstico*. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA, Buenos Aires, pp. 29-62.

Barbarich J. A., Aramayo D. R., Morales R. E. 2006. *Calendario Ritual Agrario Jujeño*. Dirección Provincial de Desarrollo Ganadero de Jujuy y Dirección Provincial de Desarrollo Agrícola y Forestal de Jujuy. 2^a ed., 24 pp.

Browman D. L. 1994. Información y manejo de riesgo de los fleteros de llamas en los Andes Centro-Sur. *Zooarqueología de camélidos. Perspectivas teóricas y metodológicas*, 1: 23-42.

Bugallo L. 2010. La estética de la crianza. Los santos protectores del ganado en la puna de Jujuy. En: M. A. Bovisio y M. Penhos (eds.), *Arte indígena: categorías, prácticas, objetos*. Editorial Brujas – Grupo Encuentro, Córdoba, pp. 85-102.

Bugallo L., Tomasi J. 2012. Crianzas mutuas. El trato a los animales desde las concepciones de los pastores puneños (Jujuy, Argentina). *Revista Española de Antropología Americana*, 1: 205-224.

CAF (Corporación Andina de Fomento) s/f. *Las Lecciones del Niño*. Volumen Bolivia. Memorias del fenómeno del Niño 1997-1998, retos y propuestas para la región Andina.

Cladera J. L. 2014a. La Comunidad Indígena como categoría de traducción: trashumancia ganadera y propiedad jurídica en las sierras del Zenta (dtos. Humahuaca e Iruya, pcias. Jujuy y Salta). En: J. Tomasi y A. Benedetti (eds.), *Espacialidades altoandinas. Nuevos aportes desde la Argentina. Miradas hacia lo local, lo comunitario y lo doméstico*. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA, Buenos Aires, pp. 197-226.

Cladera J. L. 2014b. De lo enunciativo en la Agricultura Familiar a la reproducción de las familias rurales, o: entre los desafíos productivos y los demográficos. *Revista Digital Quehaceres* 1(1). Departamento de Antropología, FFyL, UBA. URL: <http://filo.uba.ar/contenidos/carreras/antropo/quehaceres/index.htm>

- Cladera J. L. 2013. Pessoas que cruzam territórios, e territórios que são pessoas. As experiências do direito espacial nos Andes desde um caso no noroeste argentino. *Ilha Revista de Antropologia*, 15 (1): 149-178.
- Cruz P. 2006. Mundos permeables y espacios peligrosos. Consideraciones acerca de punkus y qaqas en el paisaje altoandino de Potosí, Bolivia. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 11: 35-50.
- Echenique M., Chave M. F., Vittar M. E., Longoni A. 2015. Análisis de la dinámica del stock ganadero de la Puna de Jujuy, su importancia productiva actual, problemáticas y posibles techos productivos. Ed. INTA, San Salvador de Jujuy.
- Flores Ochoa J. A. 1977. Pastores de la Puna: Uywamichiq Punarunakuna. Instituto de Estudios Peruanos, Lima, 305 pp.
- Flores Ochoa J. 1988. Llamichos y Paqueros. Pastores de llamas y alpacas. Centro de Estudios Andinos de Cuzco, Cuzco, 318 pp.
- Francou B., Pizarro L. 1985. El Niño y la sequía en los altos Andes Centrales: Perú y Bolivia. *Bulletin Institut Français d'études Andines*, 14: 1-18.
- Galaty J., Johnson D. 1990. The world of pastoralism. Herding Systems in comparative Perspective. The Guilford Press, N.Y, Londond and Belhaven Press, London, 419 pp.
- Göbel B. 1998. Salir de viaje: Producción pastoril e intercambio económico en el noroeste argentino. En: S. Dedenbach-Salazar Sáenz, C. Arellano Hoffmann, E. König y H. Prümers (eds.), 50 años de estudios americanistas en la Universidad de Bonn. Bonner Amerikanistische Studien 30. Markt Schwaben: Verlag Anton Saurwein, pp. 867-891.
- Göbel B. 2003. La arquitectura del pastoreo: Uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques). *Estudios Atacameños*, 23: 53-76.
- Izquierdo A. E., Aragón R., Navarro C. J., Casagrande E. 2018. Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 96-111.
- Longhi F., Krapovickas J. 2018. Población y pobreza en la Puna argentina en los inicios del siglo XXI. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 75-91.
- Manzano P., Ng'eny N., Davies J. 2011. Changing mentalities towards pastoralism across scales: the World Initiative for Sustainable Pastoralism and other related initiatives. IX International Rangeland Congress: 760-765. Rosario, Argentina.
- Merlino R. J., Rabey M. A. 1983. Pastores del Altiplano andino meridional: religiosidad, territorio y equilibrio ecológico. *Revista Allpanchis*, 18: 149-171.
- Morales M. S., Christie D. A., Neukom R., Villalba R. 2018. Variabilidad hidroclimática en el sur del altiplano: tendencias pasadas, condiciones presentes y proyecciones futuras. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 75-91.
- Nielsen A. 2009. Pastoralism and the non-pastoral world in the late Pre-Columbian history of the Southern Andes (1000-1535). *Nomadic People*, 13: 17-35.
- Obschatko E., Foti M., Román M. 2007. Los pequeños productores en la República Argentina: importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al Censo Nacional Agropecuario 2002. 2ª edición. SAGPyA-PROINDER.
- Paz R., Lamas H., Echazú F., Sosa Valdés F., Califano L. 2011. Diversidad, mercantilización y Potencial productivo de la Puna jujeña (Argentina). Ed. INTA - EEA Abra Pampa.
- Quiroga E., Quiroga A., Ahumada L., Biurrun F., Agüero W. 2013. Productividad de la vegetación y capacidad de carga ganadera en las regiones naturales de Catamarca. Serie: Estudios sobre el Ambiente y el Territorio N°7. INTA, Buenos Aires, 20 pp.
- Quiroga Mendiola M. 2000. Condición actual de los pastizales de altura y Sistemas de pastoreo en los Valles Intermontanos de la Cordillera Oriental. Departamento de Iruya. Salta. Tesis Maestría en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiaridas, Universidad Nacional de Salta, Salta, 183 pp.
- Quiroga Mendiola M. 2012. Sociedades y Agroecosistemas Pastoriles de Alta Montaña en la Puna. Departamento Yavi, provincia de Jujuy, República Argentina. Tesis doctoral. Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, 255 pp.

- Quiroga Mendiola M. 2014. "Donde no se puede sembrar." La triple espacialidad pastoral en Suripujo, Puna de Jujuy, Argentina. En: J. Tomasi y A. Benedetti (eds.), Espacialidades altoandinas. Nuevos aportes desde la Argentina. Miradas hacia lo local, lo comunitario y lo doméstico. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA, Buenos Aires, pp. 227-256.
- Quiroga Mendiola M. 2015. Pastores de la Puna: manejo sustentable de pastizales naturales en las tierras altas de Jujuy, Argentina. En: E. Martínez Carretero (ed.), Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina. Vázquez Mazzini, Buenos Aires, 159-178.
- Quiroga Mendiola M., Briones V., De Gracia J., Sánchez M. E. 2010. Conservación y pastoralismo: Experiencias de Investigación Participativa en el Parque Nacional Los Cardones, Valles Calchaquíes, Argentina. EDIUNSa, Salta, 240 pp.
- Reid R., Fernández-Giménez M. 2008. Range-land ecology: Key global research issues and questions. http://warnercnr.colostate.edu/docs/mor2/Reid_Ecology_sum.pdf (Accedido el 10/03/2010).
- Reynolds J. F., Stafford Smith D. M., Lambin E. F., Turner B. L., Mortimore M., Batterbury S. P. J., Downing T. E., Dowlatabadi H., Fernández R. J., Herrick J. E., Huber-Sannwald E., Jiang H., Leemans R., Lynam T., Maestre F.T., Ayarza M., Walker B. 2007. Global Desertification: Building a Science for Dryland Development. *Science*, 316: 847-851.
- Tomasi J., Rivet C. 2011. Puna y Arquitectura. Las formas locales de la construcción. CEDODAL. Buenos Aires, 175 pp.
- Vargas Ch. H. 1980. Capacidad de Carga Animal para la época invernal. Instituto Nacional de Fomento Lanero, Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios y Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. EE-20, La Paz.
- Vetter S. 2005. Rangelands at equilibrium and non-equilibrium: recent developments in the debate. *Journal of Arid Environments*, 62: 321-341.
- Vilá B., Marcoppido G., Lamas H. 2018. Cámelidos de la Puna argentina: aspectos sobre su conservación y uso. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 443-462.

Box ▶ La minería y su incidencia en el modo de vida pastoril de Santa Rosa de los Pastos Grandes

Abeledo, Sebastián H.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Universidad Nacional de Salta (UNSa); Instituto de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades (ICSOH). Email: sebaabeledo@hotmail.com

La población que habita el departamento de Los Andes de la provincia de Salta se ha caracterizado históricamente, como otros pueblos de la Puna argentina, por llevar una forma de vida centrada en la crianza de llamas, cabras y ovejas. Esta actividad continúa siendo social y culturalmente importante, pero ha perdido centralidad frente a profundos cambios relacionados con el desarrollo de la minería.

En pueblos como Santa Rosa de los Pastos Grandes, la expansión de la minería en la década de 1970 comenzó a delinear alternativas al pastoreo. Mucha gente decidió aprovechar las oportunidades ofrecidas por este mercado laboral abandonando definitivamente la ganadería. Otros decidieron combinarla con el trabajo asalariado que resultó en una nueva lógica productiva con impactos notables sobre el modo de vida pastoril (Abeledo, 2017). Por ejemplo, las caravanas de burros que transportaban sal a los valles Calchaquíes para trocar con productos agrícolas han sido prácticamente sustituidas por la compra a comerciantes que visitan el poblado con camiones (Abeledo, 2014a). Además, la trashumancia que acompaña los ciclos de la naturaleza en busca de pasturas para el ganado, cambió como consecuencia de la ausencia transitoria de los hombres necesarios para organizar los traslados (Abeledo, 2014b). En términos sociales, el desvío de fuerza de trabajo hacia la minería y el poco compromiso de los jóvenes

para con la ganadería han traído cambios en la composición de los grupos domésticos. Es frecuente encontrar parejas de ancianos o pastoras solas cuyos hijos han migrado para estudiar o conseguir empleo.

En suma, si bien han crecido las fuentes de ingresos monetarios y el acceso a artículos de producción industrial, las exigencias que emanan de las relaciones con la minería impactan sobre el modo de interpretar los beneficios del pastoreo frente a las posibilidades alternativas con las que puede prescindirse del mismo.

LITERATURA CITADA

- Abeledo S. 2014a. Territorio, caminos y prácticas culturales de los viajes de intercambio del último siglo (departamento de Los Andes, provincia de Salta). En: A. Benedetti y J. Tomasi (eds.), *Espacialidades de las tierras altoandinas. Nuevos aportes desde la Argentina*. Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires, pp. 29-62.
- Abeledo S. 2014b. Pastoreo trashumante a comienzos de un nuevo siglo: su vigencia en Santa Rosa de los Pastos Grandes (departamento de Los Andes, Salta). *Andes*, 25: 377-404.
- Abeledo S. 2017. Minería de boratos en la Puna argentina: participación en la actividad extractiva y su incidencia en el modo de vida local en Santa Rosa de los Pastos Grandes, provincia de Salta. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, 3: 139-161.

Box ▶

Las plantas y el hombre en la Puna

Grau, Alfredo

Instituto de Ecología Regional, Universidad Nacional de Tucumán (IER, UNT) – CONICET. CC 34, (4107) Yerba Buena, Tucumán; Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán. graualfredo@gmail.com

La Puna es un territorio inhóspito para las plantas. La falta de agua, el exceso de sal, las bajas temperaturas, el viento -que usualmente impulsa aire extremadamente seco-, la elevada radiación solar rica en ultravioleta y los suelos esqueléticos limitan seriamente el crecimiento vegetal. No es extraño entonces que la agricultura sea un contribuyente nulo o muy menor de la economía local. Existen en algunos lugares de la

Puna ejemplos arqueológicos sorprendentes de agricultura de escala: Decenas de hectáreas aterrazadas aprovechaban para cultivo en secano el microclima algo más húmedo de las quebradas de Racháite y Casabindo (Jujuy) o con riego en las márgenes del salar de Antofalla (Catamarca). Pero la realidad actual es que la agricultura, aún a escala doméstica, es muy escasa y poco relevante; cuando existen parcelas cultivadas, la ma-



Figura 1. **A)** Parcela de quinoa en la localidad de Antofalla (3400 msnm), Catamarca. **B)** invernadero con lechuga y zapallo, en la misma localidad, subutilizado en su capacidad. **C)** Cultivo de vid en plena fructificación en la vega Las Quinoas, (3400 msnm), salar de Antofalla, Catamarca. **D)** Invernadero abandonado en la misma localidad. Todas las fotografías tomadas en febrero de 2018.

yor superficie suele estar destinada al cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) para subsistencia del ganado en períodos de escasez. Solo ocasionalmente aparecen cultivos andinos: quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus* sp.), papa (*Solanum* sp.), papa lisa o ulluco (*Ullucus tuberosus*), papa oca (*Oxalis tuberosa*), maíz (*Zea mays*, razas de altura) y la «andinizada» haba (*Vicia faba*), que adquieren mayor importancia en la frontera noreste de la Puna, en la provincia de Jujuy.

La incorporación de tecnología, principalmente invernaderos de plástico, ha tenido un éxito muy limitado, tal vez porque la cultura puneña esencialmente ganadera no ha favorecido su adopción. Una proporción no menor de los invernaderos construidos en la Puna en las últimas décadas se encuentra abandonada o empleada de manera deficiente. Sin embargo, cuando existe una cultura agrícola de perseverancia frente a las limitaciones ambientales, se observan resultados sorprendentes (Figura 1). Un ejemplo notable es la vega Las Quinoas (3400 msnm), al lado del salar de Antofalla, donde coexisten un invernadero abandonado con vides (*Vitis vinifera*; ¿el viñedo más alto de Argentina?), durazneros, manzanos, membrillos, maíz y cayote. En contraste en la Puna existe una sorprendente cultura de cultivo de árboles. Tanto en los puestos remotos como en los pequeños centros poblados prosperan especies exóticas como el sauce llorón o híbridos de este (*Salix babylonica*, *Salix* X sps.), los

álagos (*Populus* sps.), el olmo siberiano (*Ulmus pumila*) y cuando la salinidad edáfica es elevada, el tamarisco (*Tamarix ramosissima*) y el olivillo (*Eleagnus olivifolia*).

Las comunidades puneñas también hacen un uso frecuente de las plantas silvestres nativas o adventicias. En Antofagasta de la Sierra, con unas 120 especies registradas en su área de influencia (Cuello, 2006) tiene casi la mitad (59) con uso registrado por la comunidad local, 49 de ellas tienen uso medicinal o estimulante (Pérez, 2006); incluyendo especies que se emplean a lo largo de los Andes, como la poposa (*Xenophyllum poposum*), yareta (*Azorella compacta*) y rica rica (*Aloysia deserticola*), que llegan a comercializarse en mercados urbanos como el de San Salvador de Jujuy (Acosta *et al.*, 2013).

LITERATURA CITADA

- Acosta M. E., Vignale N. D., Ladio A. H. 2013. Uso y comercialización de especies medicinales en la ciudad de San Salvador de Jujuy. *Agraria* 7(14): 74-81.
- Cuello A. S. 2006. Guía ilustrada de la flora de Antofagasta de la Sierra. Tesina de Grado, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, 100 pp.
- Pérez E. L. 2006. Las plantas utilizadas por la comunidad de Antofagasta de la Sierra, Puna catamarqueña, Argentina. Tesina de Grado, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, 84 pp.

19 ▶ La actividad minera en la Puna argentina. Caracterización sociohistórica, presente y perspectivas

Lencina, Roberto^{1*}; Eduardo Peralta²; José Sosa Gómez¹

¹ Facultad de Ciencias Naturales e Inst. Miguel Lillo, UNT, Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. *robertolencina@yahoo.com.ar

² Consultor Privado-Ex Profesor Titular Geología de Yacimientos, UNCA, 24 de setiembre 304, 4º C, (4700) San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina.

► **Resumen** — La minería en la Puna argentina se ha caracterizado por su fuerte inserción social y sentido de pertenencia; desde los ancestrales lavaderos de oro, que aún perduran, hasta proyectos mineros de mayor envergadura que dieron trabajo a generaciones de familias, la región altoandina ha sido testigo de una importante evolución en los conceptos relacionados a la extracción minera a diferentes escalas. Fue así que se construyó una imagen propia con una serie de percepciones sociales controvertidas en algunos casos y contradictoria en otras. Actualmente el desarrollo minero de la Puna argentina no es significativo en términos económicos y sociales, excepto en ciertas regiones, aunque su gran potencial vinculado a grandes proyectos de metales preciosos y metales base siguen constituyendo un atractivo para las inversiones. Un caso especial, por su creciente demanda, es la extracción de litio de los salares que ha reinsertado la minería de la Puna en la consideración social y problemática ambiental.

Palabras clave: Minería, Puna, socio-historia.

► **Abstract** — “Mining in Argentine Puna. Sociohistorical characterization, present and perspectives”. Mining in the Argentine Puna has been characterized by strong social importance since pre-Hispanic times. From traditional gold panning, which still persists, to large-scale mining projects that provide work for thousands of people, the region has witnessed great changes in public perceptions related to the exploitation of mineral resources. These changes in how mining impacts on communities and the environment have resulted in enthusiasm for mining that has not been beneficial for the industry. Currently, mining in the Puna is poorly developed, even with the high potential linked to large projects in precious and base metals. The increasing demand for lithium is, without doubt, the most significant recent development for the region.

Keywords: Mining, Puna, social history.

INTRODUCCIÓN

La minería formó y aún forma parte de las actividades tradicionales arraigadas en el ambiente de la Puna argentina. Desde tiempos remotos fue adquiriendo importancia como una de las fuentes de trabajo y sustentabilidad más importantes de la región. Las tradiciones asociadas a la minería aún subsisten rodeadas de mitos, leyendas e historias únicas que la transforman en una cautivante región. La región de Puna al caracterizarse como un patrimonio natural cuenta con numerosas áreas protegidas (Reid Rata *et al.* este volumen).

En este capítulo se caracteriza esta actividad ancestral desde sus primeros registros históricos, los rasgos sobresalientes y el impacto socio-económico en sus diferentes etapas de desarrollo. Quedarán esbozados otros tópicos como las percepciones sociales actuales.

LA REGIÓN MORFOESTRUCTURAL DE LA PUNA ARGENTINA

Seguramente uno de los temas más importantes para analizar en este capítulo es la definición y alcances del término Puna argentina; ésta precisión nos permitirá com-

prender mejor la región geográfica a la que hacemos referencia. Un ejemplo que puede graficar las diferentes definiciones de Puna argentina, es la concepción de la sociología quien la vincula con una unidad socio-cultural cuya distribución areal excede el ámbito geográfico asignado a la misma región, pero analizada desde la óptica geológica. Otro ejemplo es la distribución geográfica que le asignan Izquierdo *et al.* (2015) para quienes la Puna se extiende hasta la provincia de San Juan (Figura 1) excediendo notablemente el ámbito geológico mencionado.

Brackebusch (1883) denominó Puna de Atacama a la actual puna argentina y regiones aledañas; posteriormente este nombre

fue reemplazado simplemente por Puna (Bonarelli, 1913-15; Keidel, 1927). Como tal constituye una provincia geológica cuyo rasgo principal es el desarrollo de cuenca endorreica y el espectacular vulcanismo moderno. Se extiende por las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca (Figura 2). Limita hacia el este con la provincia geológica de Cordillera Oriental y hacia el sur con el extremo norte del Sistema de Famatina, parte de Cordillera Frontal y Sierras Pampeanas Nororientales con quienes yuxtapone rasgos geológicos y geográficos que han generado diferentes interpretaciones sobre sus historias comunes y su evolución en el tiempo. Hacia el oeste su límite natural es la frontera

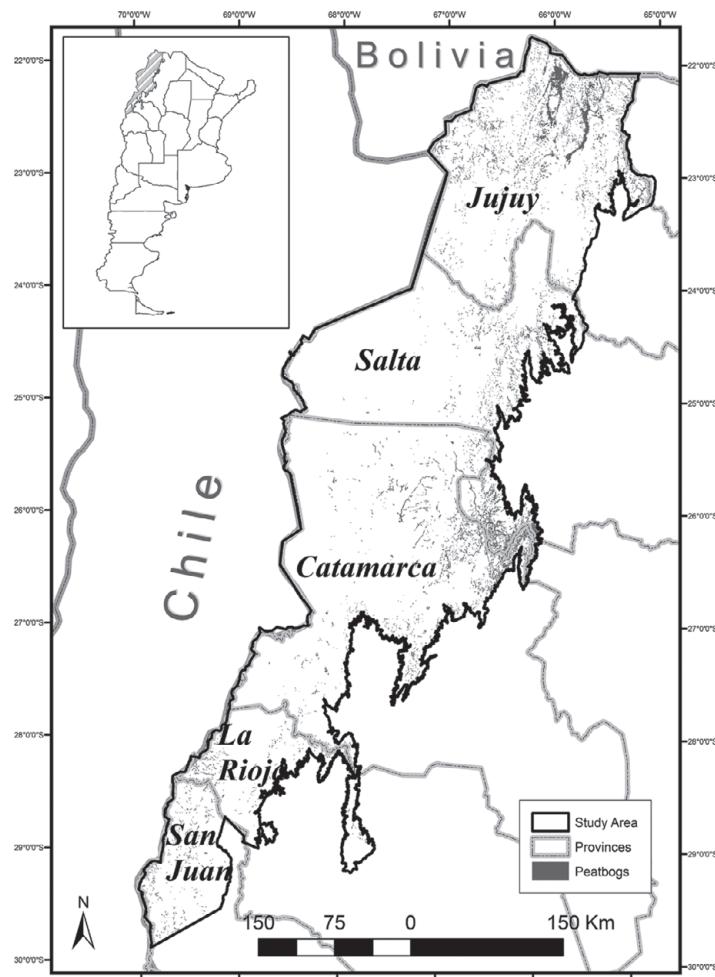


Figura 1. Región de la Puna desde la óptica de la biodiversidad. Modificado de Izquierdo *et al.*, 2015.

argentino-chilena con la Cordillera Occidental, que corresponde a la línea de cumbres formada por grandes estratovolcanes del Cenozoico superior.

Es común que los procesos de meteorización descompongan las rocas liberando abundantes sales que se suman a las provenientes de las fuentes geotermales; el conjunto bajo condiciones climáticas de intensa insolación favorece su acumulación en grandes salinas, salares, salitrales y lagunas salobres (Viramonte *et al.*, 1984).

La característica sobresaliente del ambiente puneño es la de conformar una gran meseta desértica sobre elevada con alturas promedio de 3.700 msnm donde las cuencas endorreicas que surcan el paisaje y el volcanismo reciente suman condiciones climáticas y de insolación que favorecen la formación de grandes salinas, salares y manifestaciones geotermales importantes (Figura 3). Hacia el sur, el relieve adopta contrastes más pronunciados lo que permite distinguir entre Puna Austral y Septentrional.

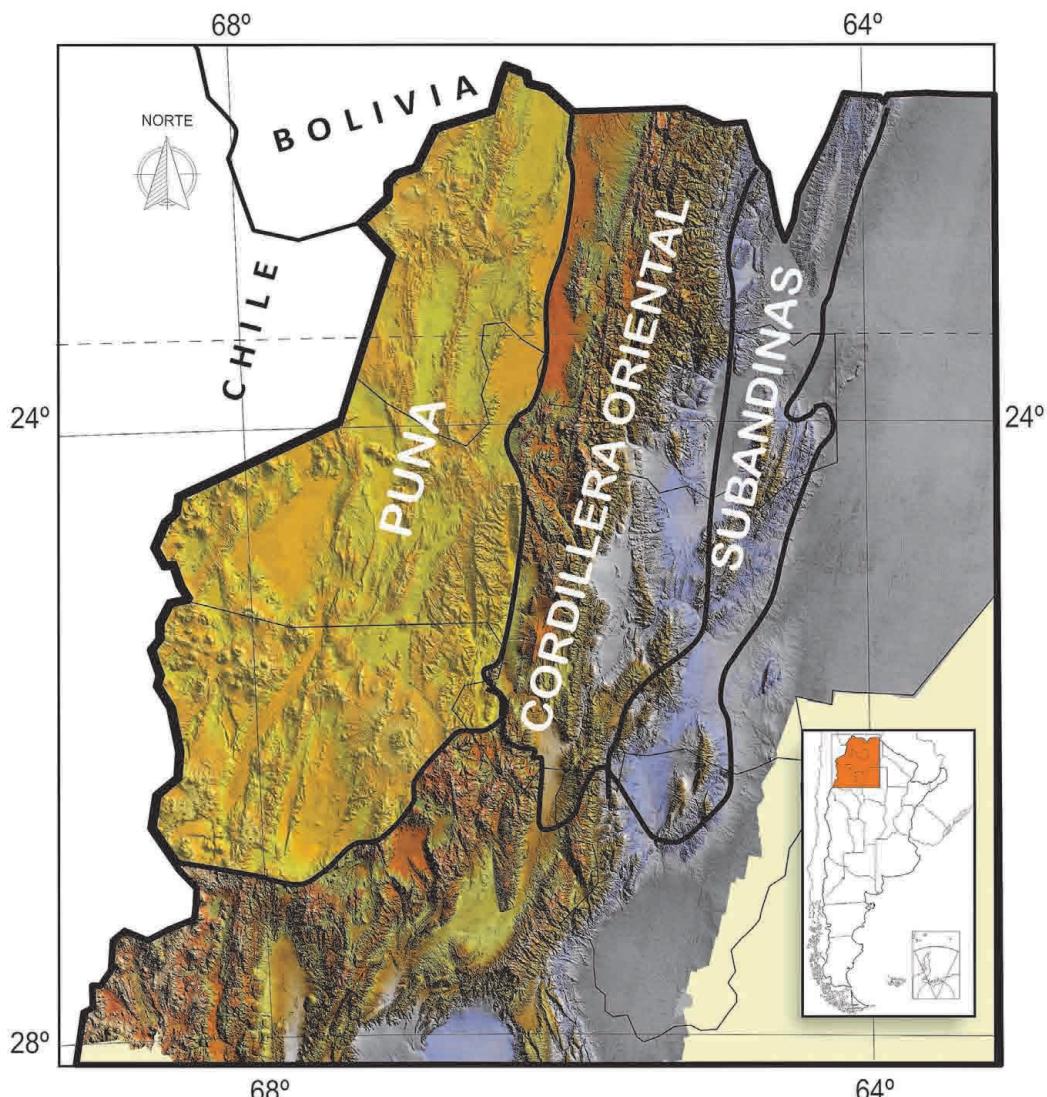


Figura 2. Ubicación y distribución geográfica de la provincia geológica Puna.



Figura 3. Paisaje típico de la Puna. Cuencas endorreicas, salares y basaltos.

EL CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS MINERALES DE LA PUNA

Países cordilleranos vecinos como Bolivia y Chile tuvieron un desarrollo minero más activo que el de Argentina. Durante la historia minera argentina, el estado nacional y en ocasiones estados provinciales han tenido un rol preponderante en el conocimiento y explotación de los recursos minerales a lo largo de las diferentes etapas de un proyecto minero.

La Dirección General de Fabricaciones Militares, creada en 1941 tuvo como objetivo proveer a las fábricas e industrias argentinas de materia prima mineral. En especial se destaca su activa participación en la explotación de azufre en la Puna y de hierro en la provincia de Jujuy. Durante la década del 50 nace la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) responsable de los proyectos uraníferos en Argentina. Junto a la Secretaría de Minería de la Nación, estas reparticiones y organismos se encargaron de llevar adelante numerosos proyectos entre 1960 y fines de los 70. Entre ellos, se destaca el Plan Cordillerano (1963-1968), el Plan Cordillerano Centro (1968-1969), el Plan La Rioja (1966), el Plan NOA I Geológico Minero (1969-1975) y el Plan Mendoza (1973-1979). Es decir, el conocimiento geológico de los recursos minerales de la Puna, se origina en planes geológicos financiados por el gobierno nacional y fondos de las Naciones Unidas (PNUD). Fueron programas de prospección y exploración pioneros y de gran envergadura que sentaron las bases preliminares para la identificación de recursos a lo largo de toda la cordillera andina argentina.

El Plan NOA I permitió elaborar mapas mineros de la Puna con información relevante sobre la presencia de valores geoquímicos anómalos de oro, plata, cobre, molibdeno, plomo y zinc, entre otros, en sedimentos de corriente (metodología que permite conocer rápidamente contenidos de metales adsorvidos por la fracción fina de los sedimentos fluviales) y por rocas que orientaron luego trabajos de exploración avanzados por parte

del sector privado. El total de la información científica elaborada aún hoy es la base para la definición de áreas de interés en nuestro país.

BREVE HISTORIA DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA PUNA ARGENTINA

«Habiendo sido las especies el móvil al que se atribuyó el descubrimiento, fueron en realidad las fabulosas riquezas en metales nobles que se hallaron en poder de los indígenas el motor que impulsó la conquista de nuestra América», comienza su relato Angelilli (1950). Hacia 1650 llegaron al país las Misiones Jesuíticas para quedarse hasta la disolución de la Orden, en 1773. De acuerdo a los registros de esa época numerosas minas de oro y plata de Salta, Jujuy y Catamarca fueron explotadas por miembros de esta orden religiosa.

La idea arraigada de la existencia de oro y plata como el motor de guerras y divisiones, viene desde las épocas de la conquista española y probablemente aún antes con las luchas tribales. Pero no sólo fueron estos metales los causantes de aquellas contiendas; un mineral muy común y abundante como halita o sal de mesa, de profunda demanda social en tiempos de los romanos, era un foco de conflicto. Este mineral, también se encuentra presente en la Puna y su uso y explotación tienen una fuerte raigambre ancestral.

En América, el único conflicto de gran envergadura por razones mineras fue la Guerra del Pacífico o Guerra del Salitre en el siglo XIX entre Chile, Bolivia y Perú por la posesión de los recursos de nitratos del desierto de Atacama.

Desde un enfoque histórico la actividad minera se desarrolla en la región de la Puna argentina desde tiempos prehispánicos. El rasgo característico de esta minería más antigua no se vincula a los parámetros económicos recién introducidos por los conquistadores, quienes a su vez aplicaron técnicas modernas para la época como el uso del mercurio en las amalgamas de oro (Monteiro, en este volumen).

Se distinguen tres grandes períodos:

1. Período prehispánico: limitado a obtención artesanal de sal para consumo y conservación de alimentos, recuperación de oro aluvional o residual o bien bloques de roca o lajas para construcción; si bien es de gran importancia social como economía de subsistencia, es poco relevante en el contexto macroeconómico moderno.. Estos minerales son hoy considerados en el código de minería como de aprovechamiento común, es decir, a semejanza de los tiempos prehispánicos quien los necesita puede extraerlos libremente.

2. Período colonial-independiente: bajo el dominio de España y de las repúblicas surgidas de la guerra de la independencia se llegó a un alto grado de actividad, apuntando especialmente a la plata y algo de oro, especialmente en la actual Bolivia (cerro Potosí), pero también en Chile o Perú y solo por reflejo en la actual Puna argentina. Ejemplos: Rinconada, Rosario de Coyaguayma, río Orosmayo y Santa Catalina en Jujuy, o mina Incahuasi en Catamarca (en los cuatro casos por oro), aunque nunca se llegó a niveles de producción comparables a grandes distritos como Potosí (Bolivia), Porco (Perú), Pasco (Perú) o Chuquicamata (Chile).

3. Período moderno: a partir de mediados del siglo XX y hasta la actualidad, aunque hubo algunos intentos anteriores que no prosperaron, surgen yacimientos de escala industrial, con mayor diversificación y con minerales de interés económico. Ejemplos: Minas Pirquitas (estaño-plata), Barrancas Blancas, Sijes y Tincalayu (boratos), así como los salares de Olaroz, Cauchari, Rincón y Hombre Muerto (litio y potasio). A fines del siglo XX y principios del XXI, hacen su aparición nuevos descubrimientos de minerales metalíferos, todavía en proceso de factibilidad como Taca Taca (cobre y molibdeno —el principal—), Lindero (oro y cobre) y Diablillos (oro y plata).

EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS MINERAS

Como es lógico en una secuencia histórica, sus etapas no son compartimientos estancos y existen períodos de transición, donde se observa la paulatina evolución y reemplazo de las técnicas mineras que van siendo reemplazadas por otras más modernas. En líneas generales se aprecia una evolución histórica que abarca:

Minería artesanal: característica del período prehispánico y del colonial-independiente; menos frecuente en la actualidad. Sustentada exclusivamente en uso de mano de obra sin aportes de capital ni tecnología, iniciada en período prehispánico, pero que todavía es visible en la actualidad. La explotación de oro en la puna jujeña se llevaba a cabo a partir de partículas secundarias del metal. Una de las guías orientadoras para definir las zonas de interés era, entre otras, la presencia de minerales pesados como la magnetita y la pirita (Figura 4). Claros ejemplos son los lavaderos de oro de la región de Rinconada y Orosmayo aledañas en Jujuy.

Minería de escala semiindustrial: correspondiente a la demanda de metales durante la primera mitad del siglo XX generada por la industria bélica. En ese contexto histórico aparece por primera vez el concepto de economía de escala que comienza a combinar el uso de mano de obra intensiva (todavía importante en esos tiempos), con mayores inversiones (uso intensivo del capital), mayor mecanización y adopción de nuevas tecnologías. De igual manera se aprecia cierta modernización en la legislación la que intenta adaptar las costumbres coloniales a los nuevos tiempos que se avecinan. Muchos conceptos de aquella minería colonial todavía sobreviven en el código de minería argentino. Los minerales de mayor interés en la Puna salto jujeña pasan a ser el estaño, plomo, plata, zinc, baritina y los boratos, a expensas del oro tradicional. En general se trataba de yacimientos con buenas leyes minerales (contenido) pero de tamaños pe-



Figura 4. Cristal cúbico de Piritita conocida como “oro de los tontos”.

queños y con corta vida. Es así que se florecen los sistemas denominados de pirquinoe selectivo de los sectores más ricos dejando de lado las áreas con tenores menores.

Minería moderna y actualizada: correspondiente al período post guerra y el crecimiento económico de parte de los países europeos y Norteamérica; en esta etapa se logra la mayor eficiencia gracias a la economía de escala, la mecanización, mejor tecnología de recuperación en planta y uso intensivo del capital. El uso de mano de obra intensiva entra en total decadencia. Esta combinación permite un aprovechamiento más racional del recurso mineral dado que se incluyen como reservas grandes tonelajes de mineral con baja ley (bajos contenidos) que en otros contextos no hubiesen sido económicamente viables. Ejemplo en Puna: mina Pirquitas en Jujuy.

LAS ETAPAS DE UN PROYECTO MINERO Y LOS PRINCIPALES PROYECTOS MINEROS EN LA PUNA

Desde la detección de zonas de interés hasta su explotación, la actividad minera debe atravesar diferentes etapas. Son secuencias continuas que se pueden resumir en: prospección, exploración, producción y nueva prospección (Tabla 1).

Sin embargo, es frecuente asociar actividad minera con producción o explotación de minerales. La minería es una actividad que requiere de inversiones de alto riesgo donde cada etapa (prospección, exploración y explotación) tiene sus particularidades y estadísticamente sólo llega a la categoría de mina en explotación un 1-2% de los prospectos iniciales. Un claro ejemplo de ello es la mina Alumbrera en Catamarca la que fue detectada a principios de los años 50' del siglo pasado y recién se puso en marcha en 1997.

Tabla 1. Síntesis de las etapas de la actividad minera.

Etapa	Etapas de los proyectos mineros			
	Años de trabajo promedio	Superficie afectada	Tipos de estudio	Porcentaje de éxito
PROSPECCIÓN	2 años	20.000 ha	Analisis de superficie Muestras de rocas y sedimentos de ríos	15 prospectos de cada 100 continúan a la etapa siguiente
EXPLORACIÓN	2 a 5 años	200 ha	Perforaciones Geofísica Geoquímica detallada	6 de cada 100 prospectos continúan a la siguiente etapa
EXPLOTACIÓN	5 a 10 años entre la factibilidad y puesta en marcha	10 ha	Perforaciones Pre factibilidad económica Factibilidad económica	1-2% de los prospectos llegan a ser mina activa

ETAPA DE PROSPECCIÓN

Tiene como característica esencial la identificación de zonas de interés a escala regional. Es decir, se trabaja sobre grandes superficies (20.000 ha o más) con la toma de muestras de rocas y sedimentos de corrientes de ríos, elaboración de mapas geológicos, estructurales, etc. Con los resultados geoquímicos y geológicos obtenidos se seleccionan áreas con contenidos anómalos en ciertos minerales económicamente interesantes (oro, plata, zinc, plomo, plata, cobre, etc.) que orientan la segunda etapa de un proyecto minero.

ETAPA DE EXPLORACIÓN

En esta etapa los trabajos se concentran en áreas o blancos definidos menores a la instancia anterior y se intensifican las inversiones y los trabajos técnicos. Comienzan las perforaciones y los perfiles geofísicos para conocer el subsuelo y la posible continuidad en profundidad de las anomalías detectadas en superficie. Las posibilidades estadísticas de éxito mejoran, aunque aún son bajas en relación a los costos operativos.

ETAPA DE EXPLOTACIÓN

Finalmente, aquellos prospectos que logran superar las dos primeras etapas ingresan a la fase de explotación. Para ello se realiza una prefactibilidad económica y téc-

nica del yacimiento y si todo se ajusta a los márgenes de rentabilidad deseados se inicia la factibilidad del proyecto que incluye la construcción de la planta de tratamiento (piloto e industrial), infraestructura e instalaciones y la posterior producción. Si bien cada yacimiento tiene una historia particular podemos afirmar que desde la detección de los primeros indicios hasta la producción pueden transcurrir 10 años o más.

MINAS EN PRODUCCIÓN DE LA PUNA

En la Tabla 2 y Figura 5 se resumen las minas en actividad en el ámbito estricto de la Puna argentina; se trata de yacimientos de sales de boro, litio y potasio. La histórica mina Pirquitas en Jujuy se encuentra en su fase final de producción y se estima su cierre definitivo para fines de 2017.

MINA TINCALAYU

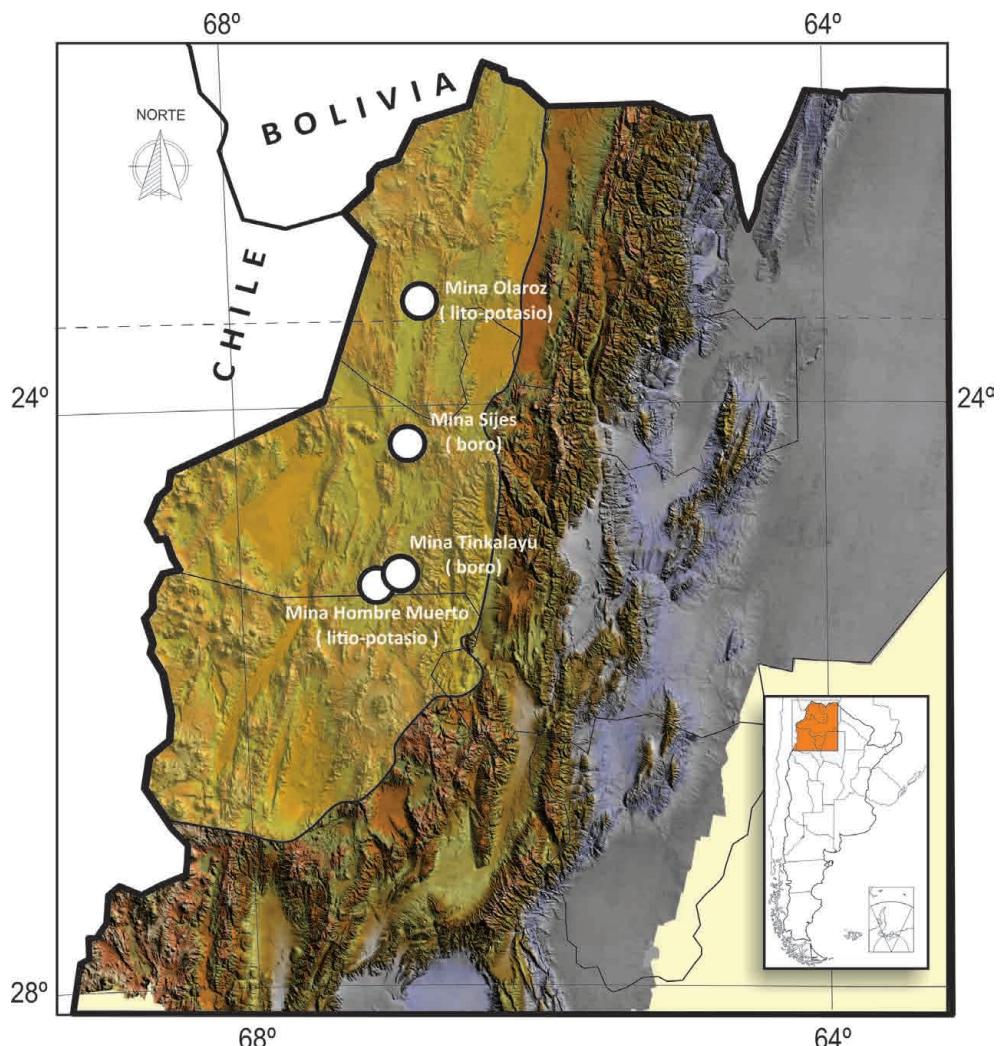
A principios del siglo XX, la Compañía Internacional de Bórax adquiere los derechos de explotación de «La Belga». Años más tarde adquiere los derechos de explotación de otra empresa minera, «Cuevititas Trading», propietaria de Tincalayu, Diablillos, parte de Sijes y Salinas Grandes, entre otras. En 1956 se inician las actividades extractivas en mina Tincalayu, y desde 1958 Bórax Argentina se constituye como empresa subsidiaria de la australiana

Tabla 2. Compañías mineras en actividad en la Puna argentina.

Mina	Empresa	Tipo de yacimiento	Producto principal	Producto secundario	Provincia
Hombre Muerto	FMC Lithium	Salmuera en salares	Litio	Potasio	Salta/Catamarca
Tinkalayu	Borax Argentina S.A.	Salmuera en salares	Boro	Potasio	Salta
Olaroz	Sales de Jujuy S.A.	Salmueras en salares	Litio	Potasio	Jujuy
Sijes	Borax Argentina S.A.	Salmueras en salares	Boro		Salta
Sol de Mañana	Ulex S.A.	Salmueras en salares	Boro		Salta

Orocobre Ltd. Se encuentra situada en salar del Hombre Muerto, Departamento de Los Andes, provincia de Salta, a 4.100 msnm y 370 km de distancia de Campo Quijano. De allí se extrae el mineral Tincal, que luego de una primera

concentración es ingresado a la Planta de Bórax para producir bórax decahidratado como producto final, o como producto intermedio para la producción de bórax pentahidratado (<http://boraxargentina.com/>).

**Figura 5.** Localización de las minas en actividad en la Puna argentina.

Tincalayu es una de las tres minas que opera Bórax Argentina; las otras son Sijes y Porvenir. La empresa posee la refinería en Campo Quijano, Salta. Además, está explorando otros depósitos como Diablillos y Ratones (<http://www.miningpress.com/nota/22741/tincalayu-la-mina-que-tributa-en-salta>).

MINA OLAROZ

Pertenece a la compañía Sales de Jujuy, subsidiaria de la australiana Orocobre Ltd. (Australia-EEUU). La empresa tiene la propiedad de numerosos proyectos sobre una superficie de 300 mil has, en 15 salares. Los más importantes en litio son: Olaroz (litio-potasio), Cangrejillo/Salinas Grandes (potasio-litio) y Cauchari (litio-potasio) (<http://salesdejujuy.com/espanol/proyectos>). Para la exploración y explotación del Salar de Olaroz (Jujuy) en 2010 se asociaron con Toyota Tsusho. El Salar de Olaroz se ubica a 270 km al oeste de la ciudad de Jujuy. El proyecto está a 3.900 msnm. La temperatura media es de 8 °C y la precipitación es menor que 100 mm/año. La velocidad media del viento es de 25 km/h. Estas condiciones y las nubes bajas lo hacen adecuado para los procesos de evaporación solar. Tiene una alta concentración de litio y potasio con recursos y reservas de 6.400.000 t de carbonato de litio y 19.300.000 t de potasio. La calificación promedio del litio es similar al Salar del Hombre Muerto, y aproximadamente el doble del grado de la operación de Silver Peak (USA) y el salar del Rincón (Salta). La relación con el magnesio es baja, en torno al 2,8 aventajando a Atacama y Uyuni, que es 6,4 y 19 respectivamente. Este dato es significativo ya que permite ser competitivo frente a los salares de Chile que tienen volúmenes mayores pero contenidos de magnesio muy altos comparativamente lo que encarece el costo final (<http://www.miningpress.com/nota/267727>).

MINA HOMBRE MUERTO

Este yacimiento pertenece a Minera del Altiplano S.A. (FMC Lithium corp.). El ya-

cimiento se ubica en la parte norte de la provincia de Catamarca en el límite con la provincia de Salta, en el departamento Antofagasta de la Sierra, a 4.000 msnm. Se trata de la extracción de salmueras ricas en litio mediante bombeo que no requiere minado en el sentido tradicional del término. La salmuera es tratada en una planta de absorción selectiva totalmente automatizada que extrae el litio, retornando el resto de la solución al salar. Posteriormente, se la concentra en piletas de evaporación para luego ser tratada en dos plantas, una ubicada en el salar y la otra en Güemes, cerca de la ciudad de Salta. Durante 1998 produjo 6.182 t de carbonato de litio y 2.649 t de cloruro de litio, totalizando un valor de exportación de U\$S 25 millones. En 1999 se decidió discontinuar la producción de carbonato de litio, concentrándose en la elaboración de cloruro de litio, por lo que se estimaba una producción de 3.600 t con un valor exportable de aprox. U\$S 30 millones (<http://aargentinapciencias.org/2/index.php/grandes-temas-ambientales/mineria-y-ambiente/76-mineria-en-la-republica-argentina>).

MINA SIJES

El Yacimiento Sijes se encuentra en el salar de Santa Rosa de los Pastos Grandes, departamento de Los Andes, provincia de Salta, a 3870 msnm y 320 km de distancia de Campo Quijano. De allí se extraen minerales como hidroboracita, colemanita y ulexita. El yacimiento cuenta con una planta de concentración magnética para la producción de minerales, que se presentan triturados y en polvo. La hidroboracita se comercializa como producto final, y también se utiliza para la fabricación de ácido bórico. Las reservas de este mineral en el yacimiento Sijes son las de mayor volumen de las conocidas actualmente en todo el mundo (<http://boraxargentina.com/>)

MINA SOL DE MAÑANA

Este yacimiento es propiedad de la empresa argentina Ulex S.A. fundada en 1987 y que provee al mercado internacional de

sus productos derivados del boro, colemaniita e hidroboracita, que extraen del salar de Pastos Grandes en Sijes. Poseen su planta de molienda en Salta (planta Alvarado) (<http://www.ulex.com.ar>).

La utilidad del boro es muy amplia y va desde la agricultura (micro nutriente) hasta la cerámica, vidrios y detergentes. El total de recursos de boro en la Puna asciende a 123 millones de toneladas.

ÁREAS MINERALIZADAS DE LA PUNA

La Figura 6 muestra la distribución de las áreas con mineralización de interés económico en Puna actividad. La Tabla 3 contiene el detalle de las mismas y las diferentes etapas de desarrollo en las que se encuentran. Pueden distinguirse:

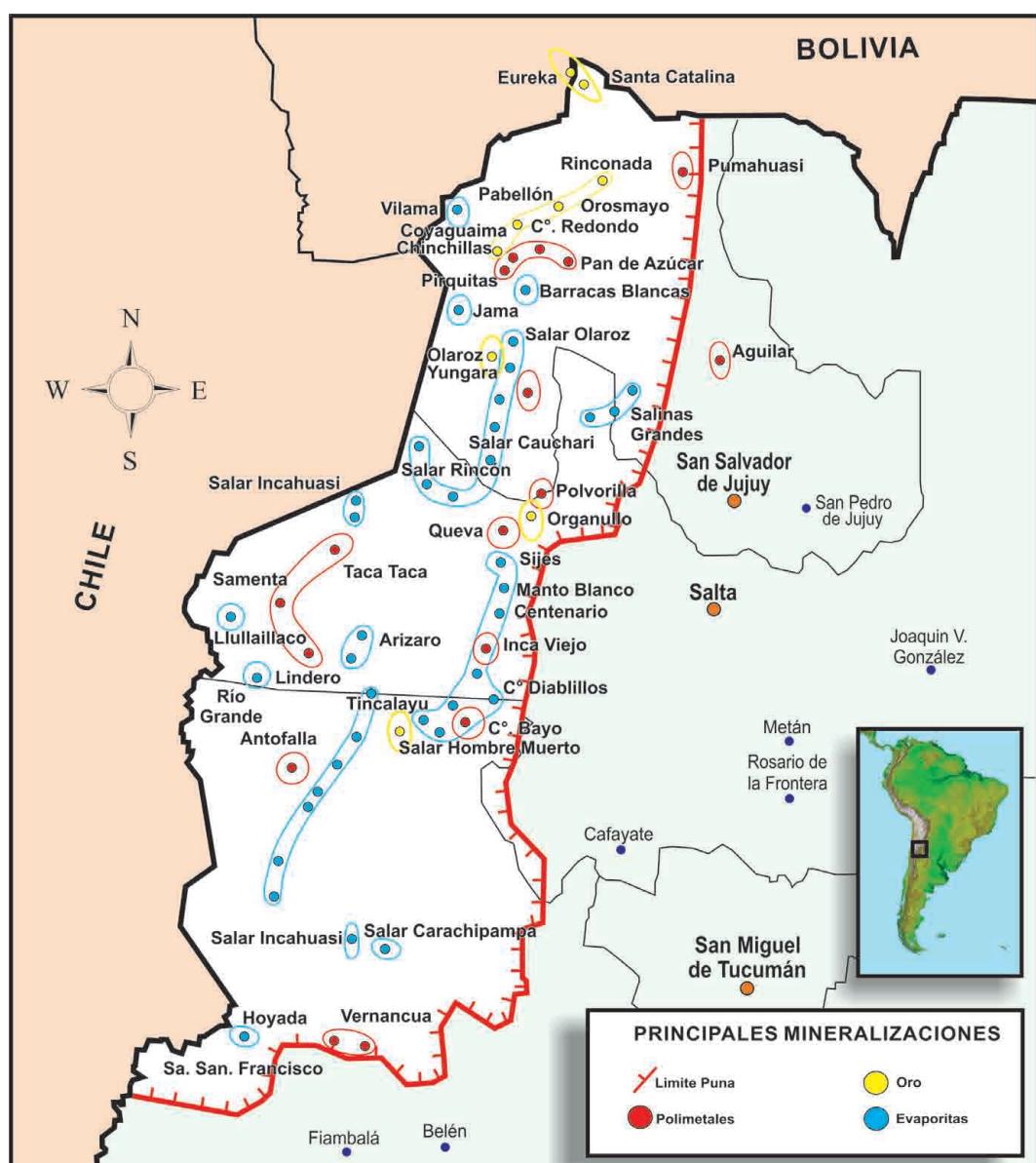


Figura 6. Principales áreas mineralizadas de la Puna argentina.

Tabla 3. Principales prospectos y proyectos mineros de interés en Puna.

Proyecto	Empresa	Tipo de yacimiento	Producto principal	Producto secundario	Provincia	Estado del proyecto
Salar de Rincón	Ady Resources	Salmuera en salares	Litio	Potasio	Salta	Factibilidad
Taca Taca	First Quantum Ltd	Porfiro de cobre y molibdeno	Cobre	Molibdeno	Salta	Factibilidad
Lindero	Goldrock Minerals	Porfiro de oro cobre	Oro	Cobre	Salta	Factibilidad
Salar de Diablillos	Rodinia Lithium	Salmuera en salares	Litio	Potasio	Salta	Exploración
Diablillos	Silver Standard Resources Inc	Epitermal	Plata	Oro	Catamarca/Salta	Prefactibilidad
Centenario	Eramet	Salmueras en salares	Litio	Potasio	Salta	Prefactibilidad
El Quevar	Golden Minerals Company	Epitermal	Plata	Plomo- Zinc	Salta	Exploración
Río Grande	Regulus Resources Inc.	Porfiro de cobre oro	Cobre	Oro	Salta	Exploración
Cauchari	Minera Exar / SQM	Salmueras en salares	Litio	Potasio	Jujuy	Factibilidad
Chinchillas	Golden Arrow (Grosso Goup)	Polimetálico	Plata	Zinc	Jujuy	Exploración
Providencia	Meryllion	Red bed con cobre	Plata	Cobre	Jujuy	Exploración
Sal de Vida	Galaxy Resources	Salmuera en salares	Litio	Potasio	Catamarca	Prefactibilidad
Antofalla	Golden Minerals Company	Polimetálico	Plata	Zinc	Catamarca	Exploración
La Hoyada-Vernanca	Sec. Minería de Catamarca	Polimetálico	Plata	Cobre	Catamarca	Exploración
Tres Quebradas	Lies S.A. / Neolithium	Salmueras en salares	Litio	Potasio	Catamarca	Exploración

– Mineralizaciones auríferas: Son las más antiguas y están compuestas por vetillas de cuarzo portador de oro nativo, sin contenido de plata, a veces acompañadas por antimonio o más raramente arsénico. Si bien estas vetas fueron explotadas y en algunos casos fueron importantes (Ejemplos: Santa Catalina, Rinconada u Olaroz, Organullo e Incahuasi) ninguna está hoy en actividad. Sin embargo, estas manifestaciones al sufrir erosión hídrica forman aluviones secundarios con contenidos bajos de oro libre que aún constituyen un recurso importante de subsistencia para la población nativa. Estas concentraciones naturales de oro forman parte de las tradiciones de la región y actualmente continúan teniendo valor económico. Es así que, en la localidad de Rinconada, Jujuy, conocida como el Confín Aurífero de la Patria, es común para los habitantes del lugar buscar oro en las calles del pueblo luego de fuertes tormentas; incluso en esa localidad jujeña se celebra cada año un concurso de lavadores de oro. Lo producido se utiliza en general como material de trueque por alimentos u otros enseres. En su gran mayoría, ambos tipos vetas y placeres, son muy frecuentes en la Provincia de Jujuy, pero escasos en Salta o Catamarca.

– Mineralizaciones polimetálicas-argentíferas: Son más recientes y aparecen tan-

to formando grupos de vetas argentíferas, ejemplo: Mina Pirquitas, Pan de Azúcar, Quevar, Hoyada o Antofalla, ocasionalmente se presenta mineralización metalífera del tipo diseminado (Ejemplos: Taca Taca, Inca Viejo y Lindero, todos ellos con cobre acompañado de molibdeno o bien con oro en el último caso) y / ó bancos de sulfuros masivos (Ejemplo: Aguilar, ubicado fuera del ambiente de Puna).

– Evaporitas: El tercer grupo es importante por sus concentraciones de boratos, carbonatos y sulfatos sódicos, litio y/o potasio, acompañados por abundante sal común (cloruro de sodio) de bajo valor económico. Ejemplos: Barrancas Blancas, Sijes y Tinca Layu (boratos), Jama, salares de Río Grande, Incahuasi y Carachipampa (carbonatos y sulfatos sódicos), salares de Olaroz, Cauchari, Rincón, Hombre Muerto y Tres Quebradas (litio y potasio). Estas concentraciones se pueden presentar formando los salares actuales o bien como mantos algo más antiguos intercalados en rocas sedimentarias y volcánicas (salares fósiles).

– El uranio en la Puna: En la Puna se encuentra ampliamente distribuido un volcánismo silíceo que representa el episodio de maduración térmica y mecánica de la corteza. Estas manifestaciones conforman grandes volúmenes de ignimbritas con gene-

ración de calderas volcánicas. Este escenario magmático fue favorable para la formación de depósitos volcánicos enriquecidos con materia prima radioactiva. Un ejemplo son los depósitos sobre el borde norte de la caldera del cerro Galán a lo largo del río Los Patos, cuyos estudios alcanzaron sólo la etapa primaria de prospección (Wealth Minerals, www.wealthminerals.com/s/Catamarca.asp?ReportID=112523). Otra manifestación uranífera se vincula a los depósitos estratoligados que son concentraciones, en este caso de minerales uraníferos, reconocidos en áreas marginales a la Puna a la altura de la localidad de Tres Cruces (Jujuy). El conjunto de manifestaciones no supera la categoría de áreas geoquímicamente anómalas y a lo sumo de prospecto, es decir, representan solamente zonas de interés sin grandes trabajos de exploración realizados.

– Hidrocarburos: La presencia de petróleo en la Puna se encuentra identificada desde hace más de 60 años en las cuencas cretácicas del Grupo Salta. Sus sedimentos fueron objeto de exploración de hidrocarburos en el NOA alcanzando estas inquietudes también a la región de Puna. Se realizaron cuatro pozos exploratorios en la subcuenca cretácica de Tres Cruces, tres por YPF; Mula Aguada X-1 (X=exploratorio); La Encrucijada X-1; Tabladitas X-1 y el otro ejecutado por Texaco Cerro Ramada 1ST.

En todos los pozos el objetivo fue la Formación Yacoraite (60 Ma aproximadamente) que es roca madre y reservorio de la cuenca. Un caso curioso y que ayudó a despertar interés para explorar, son las surgencias naturales en la mina Aguilar, en cuyas paredes drena un tipo de petróleo denso.

LA PERCEPCIÓN SOCIAL DE LA MINERÍA EN LA PUNA

Este apartado del capítulo sintetiza de manera muy general la mirada de los autores, quienes reúnen diversas experiencias en territorio puneño por más de 40 años. Actualmente la actividad minera en la Puna afecta menos del 1% del total de la superficie del altiplano argentino. Tiene como ca-

racterística sobresaliente el fuerte vínculo e historia común con la sociedad. La huella que dejó la actividad transita desde etapas de prosperidad a otras asociadas al sometimiento; sin embargo, la falta de alternativas productivas sustentables en la región debidamente desarrolladas (ganadería y agricultura, por ejemplo) y la indiferencia de las poblaciones de los valles ante las condiciones de vida de los pueblos puneños, fueron la base de permanentes desacuerdos entre las partes. De hecho, que los primeros conflictos económicos, sociales y ambientales se remontan a los tiempos modernos (primera mitad del siglo XX), (Echenique, 2012). Para ese tiempo se identifican recursos en distritos conocidos como Pan de Azúcar (1915), Mina Aguilar (1929), Mina Pirquitas (1936) y Mina 9 de octubre (1939). Junto al desarrollo de pueblos enteros alrededor de las minas en producción, conviven situaciones críticas en relación a las condiciones de vida y trabajo y la distribución de las riquezas. Generaciones enteras que subsistieron de la actividad han heredado lo mejor y lo peor de la misma. Esta paradoja aún subsiste en el recuerdo de los habitantes del lugar.

Si miramos el mapa de los conflictos mineros desde la óptica de la OCMAL (Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, <https://www.ocmal.org/>) podemos apreciar que aparentemente no existe oposición ni situaciones contrarias al desarrollo de la actividad; sin embargo, esto no es así. El protagonismo de las comunidades aborigenes legalmente reconocidas, tiene su epicentro en las provincias de Salta y Jujuy (Reid Rata *et al.*, en este volumen). De allí nacen los principales reclamos hacia la actividad minera (Salinas Grandes, Rinconada, etc.). Actualmente esta realidad se extiende a localidades tradicionalmente mineras de puna catamarqueña. Rinconada, Santa Victoria, en Jujuy, Antofalla en Catamarca y zonas aledañas a Tolar Grande en Salta, entre otras, representan focos de resistencia a la actividad, cada una de ellas con rasgos particulares.

Para poner en un marco general a la percepción social de la minería se considera

oportuno compartir una breve línea de tiempo de los acontecimientos más significativos que pusieron en la consideración social a la actividad en la Puna:

Entre los años 2004 y 2005 se inician las primeras acciones aisladas en la Puna tendientes a preservar las tradiciones culturales y las riquezas contenidas en las montañas. Este movimiento comienza a crecer con la llegada de nuevas empresas y se instalan, a partir del modelo de protesta de Esquel (2000-2003), quienes en Patagonia resistieron la instalación de la minera El Desquite argumentando problemas de futuras contaminaciones al aire, suelo y agua y la extracción de las riquezas por parte de compañías extranjeras.

En 2012 en Salinas Grandes (Salta-Jujuy) las comunidades aborígenes se opusieron a la extracción del litio de los salares de Cauchari y Olaroz. Sus reclamos llegaron a la ONU e incluso a la Corte Suprema de Justicia de la Nación. Sin embargo, no prosperaron al no poder aportar pruebas relacionadas a la supuesta contaminación del agua del lugar.

Como contrapartida de esta realidad tenemos el antecedente de la licencia social otorgada por las comunidades aborígenes del Pueblo de Atacama y su apoyo a la presencia de empresas en los salares de Olaroz y Cauchari.

Este es un caso muy interesante, aunque poco conocido dado la dinámica que se desarrolló para la obtención de la licencia social frente a los reclamos de otros sectores. Se trata de uno de los ejemplos positivos de aceptación social en la Puna y en Argentina (Boom, 2015). El respeto a la autodeterminación, la información y los beneficios directos hacia estas comunidades marcaron un estándar importante para otras empresas que buscan instalarse en diferentes comunidades.

La Puna es protagonista y lidera movimientos anti mineros que han contagiado a otras comunidades del país. Los temores lógicos y algunos antecedentes de pasivos ambientales no resueltos (Pan de Azúcar, Jujuy; Murray and Kirschbaum, este volumen) ofrecen el marco ideal para fortalecer los postulados negativos a la actividad.

El caso de las comunidades aborígenes es particular ya que cuentan con una serie de privilegios a la hora de las decisiones. A partir de la década del ochenta se producen cambios significativos en la problemática y percepción aborigen. La ley 23.302 (1985) de Política Indígena y Apoyo a las Comunidades Aborígenes, trata acerca del reconocimiento de la personería jurídica de estas comunidades, la adjudicación de tierras y la creación del Instituto Nacional de Asuntos Indígenas (INAI). La ley 24.071, convalidó el Convenio 169 de la 77 Conferencia Internacional del Trabajo de la OIT (1989), sobre pueblos tribales e indígenas en países independientes, y constituye el principal instrumento de derecho internacional para la defensa de los pueblos originarios y su territorio. En el año 1994, la reforma constitucional modificó las atribuciones del Congreso en relación a los pueblos originarios. La ley 26.160 de Emergencia de la Propiedad Indígena, suspendió los desalojos de las comunidades y pautó un relevamiento para el reconocimiento y posterior adjudicación de tierras a los pueblos originarios. En 2009 la ley 426.554 prorrogó el plazo hasta noviembre de 2013. En el año 2007 la Asamblea General de Naciones Unidas aprobó la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (García Moritán y Cruz, 2011).

Sin embargo, aún se discuten los alcances de la resolución 169 de la OIT (convenio sobre pueblos indígenas y tribales) ya que el derecho indiscutible a ser informados y a decidir y participar en la puesta en marcha de proyectos productivos, en este caso se está transformando en vinculante frente a la autoridad minera de cada provincia.

Actualmente la actividad minera busca insertarse en las comunidades sobre la base de un nuevo paradigma. Esta mirada procura ubicar a las empresas como un actor social más en las comunidades y no en el centro de atención de las mismas.

La responsabilidad social empresarial se transformó en un eje vital para el desarrollo de proyectos mineros. Los principios de Ecuador (Equator-principles, <http://www.equator-principles.org>

equator-principles.com/resources/equator_principles_spanish_2013.pdf y programas tales como e3Plus (Prospectors and Developers Association of Canada, <http://www.pdac.ca/programs/e3-plus>), promueven las prácticas transparentes y responsables. Otro proceso innovador que se está haciendo presente en las industrias extractivas de Latinoamérica son: Diálogo y Transparencia como pilares del consenso.

En Argentina, la CAEM (Cámara Argentina de Empresarios Mineros) impulsa la adhesión a iniciativas tales como HMS (Hacia una Minería Responsable, <http://www.caem.com.ar/hms>) que busca armonizar las diferentes aristas de la actividad y sus actores más relevantes con compromisos y consensos concretos. En este punto sería favorable que estas iniciativas contemplen todas las etapas de la actividad y no sólo las más avanzadas (exploración avanzada y explotación).

Si bien todos estos programas y otros son positivos, en nuestro país aún resta un largo camino por recorrer que incluya la formación académica de los profesionales vinculados a las industrias extractivas (Lencina, 2017).

En síntesis, la dualidad de percepción social sobre la actividad, fuertemente arraigada a las tradiciones, fuente de trabajo y subsistencia por generaciones, y a la vez origen de conflictos, conviven en una región socio-cultural particular.

Se entiende que las oportunidades de desarrollo se transforman en procesos permanentes donde la construcción de consensos es el camino a seguir. Hoy, sin embargo, la discordia y la concordia en torno a la actividad minera son dos caras de la misma moneda que se estima permanecerá por mucho tiempo.

LITERATURA CITADA

- Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. <http://aargentinapciencias.org/2/index.php/grandes-temas-ambientales/mineria-y-ambiente/76-mineria-en-la-republica-argentina>. Accedido: 25/10/2017
- Angelelli V. 1950. Recursos minerales de la República Argentina, Parte I Yacimientos Metalíferos. Revista del Instituto Nacio-

nal de Investigación de las Ciencias Naturales y Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», Serie Ciencias Geológicas, 2: 1-543.

Bonarelli G. 1913. Epirogenia y paleogeografía de Sudamérica. *Physis* I, 5: 221-240.

Bonarelli, G. 1915. Epirogenia y paleogeografía de Sudamérica. *Physis* I, 8: 499-522.

Boom J. 2015. Corporate social responsibility, relationships and the course of events in mineral exploration – an exploratory study. Tesis doctoral. Carleton University, Ontario, Canadá, 380 pp.

Borax Argentina. <http://boraxargentina.com>. Accedido 13/11/2017.

Brackebusch L. 1883. Estudio sobre la Formación Petrolífera de Jujuy. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 5: 137-252.

Equator-principles. 2013. http://equator-principles.com/resources/equator_principles_spanish_2013.pdf. Accedido 22/10/2017.

Echenique M. 2012. Interrelaciones de los distintos actores sociales que participan en los conflictos del sector minero en Jujuy. En: L. Bergesio y L. Golovanevsky (eds.), *Industria y Sociedad. El sector manufacturero en Jujuy y Argentina*. San Salvador de Jujuy, EdiUnju, pp. 363-378.

García Moritán M., Cruz M. 2011. Comunidades originarias y grupos étnicos de la provincia de Jujuy. *Población y sociedad*, 19: 155-173.

Izquierdo A. E., Foguet J., Grau H. R. 2015. Mapping and spatial characterization of Argentine High Andean peatbogs. *Wetlands Ecology and Management*, 23: 963-976.

Keidel J. 1927. Sobre las relaciones geológicas de la Puna y la Cordillera Principal o Cordillera de los Andes. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 30: 295-307.

Lencina R. 2017. La responsabilidad social como un nuevo desafío curricular en la formación de grado de las universidades argentinas. *XX Congreso Geológico Argentino. Actas ST* 17: 22-24. Tucumán.

MiningPress. 2007. <http://www.miningpress.com/nota/22741/tinocalayula-mina-que-tributa-en-salta>. Accedido 22/10/2017.

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina. <https://www.ocmal.org/>. Accedido 22/10/2017.

- Prospectors and Developers Association of Canada. <http://www.pdac.ca/programs/e3-plus>. Accedido 22/10/2017.
- Reid Rata Y., Malizia L., Brown A. 2018. Áreas protegidas de la Puna. En: R. Grau, M. J. Babot, A. E. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza*, 24: 465-481.
- Sales de Jujuy. <http://salesdejujuy.com/espanol/proyectos>. Accedido 05/10/2017.
- Viramonte J., Alonso R. N., Gutiérrez R., Arganaraz R. 1984. Génesis del litio en los salares de la Puna Argentina. IX Congreso Geológico Argentino, Actas 3:471-481. Bariloche.
- Wealth Minerals. www.wealthminerals.com/s/Catamarca.asp?ReportID=112523. Accedido: 10/11/2017.

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 téc-

nicas 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 calidad 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.

Box ▶

Drenaje ácido en la Puna

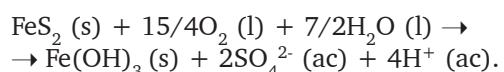
Murray, Jesica; Alicia Kirschbaum

Instituto de Bio y Geo Ciencias del NOA (IBIGEO), Conicet – Universidad Nacional de Salta.

Email: Murray.jesica@gmail.com; alikir2003@yahoo.com.ar

En la región de la Puna abundan los depósitos minerales metalíferos ricos en plomo, plata, zinc, oro, cobre, etc. Asociados a estos depósitos es común la generación de aguas ácidas ricas en sulfato y concentraciones elevadas de metales denominadas drenaje ácido natural o drenaje ácido de rocas (DAR) (Kirschbaum y Murray, 2011) (Figura 1). Cuando el DAR drena en superficie o escurre de manera subterránea, su acidez lo convierte en un agente disolvente y se generan concentraciones anómalas de metales en los cursos de agua superficial, acuíferos y suelos aledaños. La estacionalidad climática anual de la Puna influye en la generación de DAR, que se acentúa en verano con las precipitaciones. El DAR se produce por la interacción natural de agua de las precipitaciones, agua subterránea o superficial más oxígeno y mi-

croorganismos con los minerales metalíferos, principalmente pirita (FeS_2). Su pH es bajo (2-6) y está dado por la liberación de protones durante la reacción de oxidación:



Cuando los depósitos de sulfuros son explotados para la extracción de metales, se incrementa el volumen de pirita (SFe_2) expuesta a condiciones atmosféricas en las minas a cielo abierto (*open pits*), diques de colas y escombreras. La pirita es el mineral más común en los depósitos de sulfuros y no tiene valor económico, por lo tanto se acumula en los residuos mineros. Allí, los procesos geoquímicos y microbiológicos que generan el DAR se potencian para generar el drenaje



Figura 1. Drenaje ácido de minas en el pasivo minero Pan de Azúcar a 3700 msnm, Puna de Jujuy. Fines de la estación húmeda (marzo 2012). Al fondo, la Sierra de Rinconada.

ácido de minas (DAM), con concentraciones de sulfato, hierro y metales muy superiores al DAR. El DAM es uno de los problemas ambientales más serios de la industria minera en el mundo, debido a que su generación puede producir problemas de contaminación con metales en los suelos, vegetación, ríos, y agua subterránea circundante a las explotaciones mineras generando también posibles impactos en la salud humana. En Argentina, las investigaciones de DAM y los estudios para su prevención y remediación

son recientes, algunos ejemplos de DAM en la Puna son los pasivos mineros Pan de Azúcar (Jujuy) (Figura 1), Concordia y planta de tratamiento La Poma (Salta).

LITERATURA CITADA

Kirschbaum A., Murray J. 2011. Minería y aguas ácidas: contaminación y prevención. Temas de biología y geología del NOA, 1: 40-51. http://www.ibigeo-conicet.gob.ar/wp-content/uploads/2015/09/TBGNoa01_baja.pdf

20 ▶ Valorización turística en la Puna: tendencias recientes

Troncoso, Claudia Alejandra

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Universidad de Buenos Aires
Av. Rivadavia 3937 8ºC (1204), Ciudad de Buenos Aires. claudia_troncoso@yahoo.com.ar

► **Resumen** — En los últimos años el turismo viene cobrando impulso en la Puna. En este proceso esta área está siendo exhibida como un destino remoto y no explorado. En efecto, la Puna no cuenta con una extensa historia turística; sin embargo, justamente por esta condición, parecería estar respondiendo a nuevos intereses y formas de hacer turismo orientados a conocer lo que aparentemente aún permanece desconocido o poco frecuentado. Este capítulo busca presentar y analizar las ideas y acciones que marcan la valorización turística actual de la Puna como un destino novedoso en el contexto turístico nacional. Así, se aborda cómo ciertas ideas que la presentan como un lugar aislado e inexplorado, se ponen en juego para definir el atractivo turístico de esta zona y qué modalidades se proponen para su visita. Para dar cuenta de estos aspectos se analizaron documentos oficiales y materiales de promoción turística y se llevaron adelante entrevistas a funcionarios y personal técnico vinculados a la política turística que se desarrolla en la zona.

Palabras clave: Turismo, turismo comunitario, turismo aventura.

► **Abstract** — “Tourism valuation in the Puna: recent trends”. During the last years the Argentinian Puna became a relevant tourist destination. As part of this process, the area is being promoted as a remote and unexplored new place to visit. Historically, tourism has never been an important activity in the Puna. Nevertheless, nowadays it seems to be the ideal destination for those tourists interested in visiting regions that remain unknown and can be considered “off the beaten track” places. This chapter aims to present and analyze both ideas and actions that guide the construction of the Puna as a new tourist destination in Argentina. Specifically, it examines how the place is presented as remote and unexplored as part of its attractiveness. It also considers which tourist activities are being promoted to enjoy this destination. In order to do that, official documents and promotional items were analyzed and in-depth interviews with public policy agents were conducted.

Keywords: Tourism, community-based tourism, adventure tourism.

TENDENCIAS TURÍSTICAS RECIENTES Y NUEVOS DESTINOS EN ARGENTINA: EL CASO DE LA PUNA

El turismo en la Argentina viene experimentando un crecimiento importante desde la década de 2000. Este crecimiento se expresa tanto en el número de turistas nacionales y extranjeros que visitan distintos destinos, como en el incremento de los servicios turísticos creados para satisfacer las distintas necesidades de los viajeros. Según los Anuarios Estadísticos de Turismo que publica el Ministerio de Turismo de la Nación, la llegada de turistas no residentes al país en el año 1992 fue de 1.703.910, mientras que para el año 2014 ha sido de 5.930.644.

Por otro lado, la cantidad de individuos (residentes y no residentes) que se movilizaron a algún destino nacional durante el año 2014 asciende a 46.983.000 (mientras que en el año 2000 había sido de 22.257.485; Ministerio de Turismo de la Nación, 2014). Desde la esfera pública también el turismo se ha reconocido como una actividad relevante a distintos niveles de gobierno y se ha buscado su promoción apelando a la idea de que puede ser una actividad esencial para el desarrollo del país. Esto se manifiesta en la promulgación de la Ley Nacional de Turismo N° 25.997 en 2005, la formulación e implementación del Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable (PFETS) en el mismo

año, y en el paso de Secretaría a Ministerio de la dependencia que se ocupa del turismo (Decreto N° 920 de 2010).

Estos cambios del turismo argentino están acompañados de transformaciones en los propios destinos: muchos centros de visita tradicionales crecen en infraestructura, equipamiento y servicios, al tiempo que otros lugares que no constituían destinos turísticos ahora comienzan a ser valorizados como tales. Esta diversificación, en parte, busca atender a las demandas y gustos del turista actual ofreciendo una multiplicidad de opciones al presentar destinos y atractivos novedosos y exóticos, así como experiencias fuera de lo común.

En efecto, una de las tendencias del turismo actual se orienta a visitar destinos “inaccesibles” y poco concurridos en busca de experiencias que se alejan del tradicional viaje turístico a destinos de alta concurrencia que ha caracterizado el turismo masivo. Asociado a las formas de producción y consumo predominantes en la segunda mitad del siglo XX, el turismo masivo o fordista, ha sido caracterizado, en términos generales, como un turismo de tipo estandarizado, con una oferta homogénea cuya expresión paradigmática es el paquete turístico. En contraposición con esto, y asociado a las nuevas formas de producción y consumo vinculadas a lo que se conoce como postfordismo, en las últimas décadas el turismo ha tomado nuevas características entre las cuales se destaca la conformación de una oferta variada atenta a las necesidades diversas de distintos consumidores/turistas (Urry, 2002). Esta diversificación pone en juego atractivos, modalidades y destinos novedosos orientados a turistas con intereses específicos.

Dentro de los destinos novedosos aparecen aquellos que, desde el punto de vista de las sociedades que realizan viajes turísticos, son considerados como lugares alejados e “inaccesibles”, a los cuales ni el turismo ni la sociedad moderna ha llegado aún de manera masiva. La particularidad de estos lugares, aquello en lo que se basa su atractivo turístico, es su condición de lugar que parece escapar de las fuerzas dominantes

(y homogeneizantes) de la modernización, inclusive aquella que trae aparejada la industria turística (Cohen, 2005). Su especificidad radica precisamente en parecer aislados de estas fuerzas dominantes pero a la vez, amenazados por ellas, en el sentido de ser susceptibles a una eventual e inevitable transformación. Así, visitarlos se vuelve una urgencia ante un cambio que frecuentemente se asume como irremediable.

La aparición de nuevos lugares turísticos, además de contemplar este interés por parte de los turistas por visitar lugares remotos, poco accesibles y fuera de los procesos más generales de la sociedad actual, se comprende teniendo en cuenta la dinámica propia de la esfera económica. En efecto, estos nuevos lugares constituyen la posibilidad de multiplicar opciones turísticas y por ende, de multiplicar los negocios asociados al turismo (Britton, 1991; Lash y Urry, 1998; Meethan, 2001).

Las formas específicas de disfrutar de estos lugares, por lo general, reclaman un rol activo y comprometido por parte de los turistas (y en este sentido también se diferencian de las actitudes más pasivas y contemplativas asociadas al turismo tradicional). Asimismo, buena parte de las propuestas novedosas de llevar adelante la práctica turística están fuertemente atravesadas por las ideas de sustentabilidad en turismo. Diferentes denominaciones han surgido para hacer referencia a estas nuevas formas de hacer turismo que resuenan profusamente en la actualidad: turismo aventura, turismo extremo, ecoturismo, turismo responsable, etc. Más allá de las formas de definirlas y diferenciarlas entre sí (sobre lo cual hay poco consenso en el ámbito académico y en el de la gestión) lo cierto es que responden a las exigencias, demandas e intereses del turismo actual y, como se señalara más arriba, abren un nuevo frente de posibles negocios turísticos orientado a consumidores específicos. Estas opciones se muestran, promocionan y comercializan como opciones alternativas, especiales y exclusivas. Así, este tipo de servicios turísticos adquieren nuevo valor y prestigio por presentarse como sustentables,

“eco”, verdes, respetuosos con el ambiente y las culturas, etc. (Ramírez, 2008).

En la Argentina, la Puna (Figura 1) constituye una de las áreas que más intensamente se está promocionando y visitando como un “nuevo destino turístico”. Un área alejada, poco frecuentada que se presenta como una opción novedosa para el turista actual, entre otras como las yungas, los esteros del Iberá, las mesetas patagónicas, etc. (véase Troncoso y Bertoncello, 2014). Si se considera el panorama turístico del noroeste argentino, la Puna no tiene una tradición turística como la quebrada de Humahuaca (Jujuy), los valles Calchaquíes (especialmente Cafayate, en Salta), la ciudad de Salta, o Tafí del Valle (Tucumán): los servicios para permitir la permanencia de visitantes son escasos y la llegada a sus distintas localidades es difícil (esto se reconoce desde las mismas dependencias provinciales vinculadas al turismo; véase Gobierno de la provincia de Catamarca, 2013). Este carácter incipiente del turismo en el lugar se evidencia, en parte, en la escasa información que existe; no solo se cuenta con pocos estudios referidos a este tema sino que la información suministrada por los organismos provinciales también es reciente y escasa. En cuanto a los servicios de alojamiento, la Puna presenta una oferta reducida. Esto se relaciona no solo con el carácter de lugar poco frecuentado sino con la dinámica que toma el turismo en la zona: en muchos casos la Puna es visitada mediante excursiones en el día desde otros puntos donde los turistas realizan el pernocte. La localidad de La Quiaca es una excepción en este sentido por su historia particular de localización fronteriza: allí se ubican 18 establecimientos de alojamiento (2014), mientras que en el resto de las localidades de la Puna los establecimientos no superan el número de cinco. Los datos para la Puna jujenense señalan que las plazas de alojamiento en esta área han aumentado de 401 a 833 desde 2003 a 2014 (para este último año representan el 8,3% del total de plazas de la provincia) (Ministerio de Cultura y Turismo de Jujuy y Dirección Provincial de Estadísticas y Censos, 2017). Las visitas en el día

a las localidades puneñas también dificulta la generación de información acerca de la cantidad de turistas arribados a cada una de ellas. Sobre este aspecto se cuenta con datos para la localidad de San Antonio de los Cobres (Salta), donde llegaron en 2014 11.283 turistas (0,7% de los turistas registrados a nivel provincial) evidenciando un importante aumento respecto a años anteriores (en 2011 se registraron 4.443 arribos) (Ministerio de Cultura y Turismo de Salta, 2014). Todos estos elementos dan cuenta de la Puna como un destino poco visitado.

Sin embargo, estas condiciones no son impedimento para su promoción y efectiva visita turística. En efecto, justamente por estas cualidades la Puna está siendo presentada, visitada y disfrutada como un destino desconocido en los “márgenes” de la sociedad moderna (véase, por ejemplo, cómo una revista de divulgación sobre turismo incluye a las localidades puneñas de Tolar Grande y Cusi Cusi —en Salta y Jujuy, respectivamente— como “destinos ocultos de la Argentina”: Lugares de viaje, 2014).

Este capítulo tiene como objetivo presentar y analizar las ideas y acciones a través de las cuales la Puna está siendo valorizada como un destino turístico “novedoso” en el contexto turístico nacional. En particular se explora cómo la idea de lugar aislado e inexplorado se pone en juego para definir la atractividad turística de esta zona y qué modalidades asociadas a experiencias inusuales o extremas proponen y difunden los distintos actores. En relación con esto, se busca ver cómo su condición de lugar “marginal” es valorizada como atractivo y cómo el turismo es presentado como una opción renovada para orientar un nuevo dinamismo en la zona. Para ello se analizan materiales de promoción vinculados al turismo en la Puna elaborados por los sectores público y privado, especialmente los generados como parte de la política turística a nivel nacional y provincial. Estos materiales de promoción incluyen folletos, posters y piezas audiovisuales, páginas de Internet, etc. También se sumaron artículos en periódicos y publicaciones específicas sobre turismo y guías turísticas. Los materiales



Figura 1. Principales lugares y actividades turísticas de la Puna argentina.

de promoción son producto de la recopilación a lo largo de los últimos 15 años de la producción vinculada al *marketing* turístico elaborada por el Ministerio de Turismo de la Nación, las dependencias turísticas provinciales de Jujuy, Salta y Catamarca y algunos municipios puñenos. También se recopilaron distintos materiales de difusión a través de los cuales el sector privado ofrece sus servicios de alojamiento, excursiones, actividades, etc. Estos se complementan con documentos promocionales históricos que permitieron la comparación de la forma de presentar a la Puna como destino turístico.

Este tipo de materiales de promoción fue objeto de dos tipos de análisis (poniendo atención tanto a los textos como a las imágenes que los componen): por un lado, se analizaron teniendo en cuenta la manera en que producían y reproducían una imagen de la Puna como destino turístico (actualmente y en el pasado). En este sentido, se tomaron en cuenta las descripciones de la Puna y aquellos rasgos señalados como elementos de interés para una visita turística. Interesaba conocer cómo se expresaban estos materiales en relación con la presentación de los aspectos naturales y culturales del área y las distintas posibilidades para su visita. El análisis implicó la comparación de descripciones en diferentes momentos históricos para dar cuenta del carácter histórico y sociocultural de las selecciones implicadas en la definición de la atractividad turística del lugar. Por otro lado, el análisis giró en torno a conocer las particularidades que adquiere la visita turística en la zona.

También se analizaron documentos vinculados a la política pública turística a nivel nacional y provincial. Este tipo de documentos da cuenta de la voz oficial respecto de la política turística que busca organizar el turismo en la Puna en el contexto nacional y provincial. En este caso, los ejes de análisis buscaron establecer los lineamientos y justificaciones que caracterizan a la política sectorial vigente para el caso de la Puna. La información de esta documentación oficial fue complementada con aquella provista por entrevistas.

La generación de información empírica se completó con la realización de entrevistas con funcionarios y personal técnico vinculados con la gestión turística a nivel provincial (en Jujuy, Salta y Catamarca). Estas entrevistas de tipo semiestructuradas estuvieron organizadas a partir de una guía que reunía determinadas cuestiones de interés para ser abordadas durante la misma. Así, ellas se organizaron en función de una serie de temas que buscaron conocer: características de las actividades turísticas en la Puna, atractivos turísticos promovidos, aspectos de la política provincial para esta área (planificación y legislación), experiencias de turismo comunitario, actuación de agencias de viajes y otros prestadores de servicios, momento de inicio de actividades turísticas en la zona, actores e instituciones involucradas y vínculos que establecen las localidades puneñas con otros destinos turísticos (lugares de pernoche, circuitos turísticos). Como se mencionara, la información generada a partir de las entrevistas permitió el cotejamiento y la complementación con aquella contenida en los documentos analizados.

LA VALORIZACIÓN TURÍSTICA DE LA PUNA

¿Cuáles son las formas que toma el turismo en la Puna? ¿Cuáles son los atractivos de esta área que se valorizan? ¿Qué particularidades toma la práctica turística en este destino? Hasta la década de 2000 la Puna argentina era raramente recorrida por turistas. A ella se llegaba a partir de la excursión del Tren a las Nubes que parte desde la ciudad de Salta utilizando la infraestructura y los servicios del ferrocarril con fines comerciales que llegara originalmente hasta el paso fronterizo de Socompa (Salta). La visita a las localidades de La Quiaca y Yavi y a Salinas Grandes (en la provincia de Jujuy) también solía formar parte de recorridos más amplios (durante viajes a la Quebrada de Humahuaca). Los textos turísticos que, a través de la historia han hecho referencia al noroeste con frecuencia no mencionan la Puna (véase, por ejemplo, el folleto elaborado por la Dirección

de Turismo de Jujuy en la década de 1950 donde se afirma que “la provincia entera es zona de turismo” pero no se menciona en él ningún lugar o atractivo de la Puna), o hacen hincapié en su condición de lugar inhóspito donde reina el silencio, la inmensidad, la ariedad y la presencia esporádica de población; así, la Puna ha sido caracterizada desde el punto de vista turístico, como “hostil y reseca” (diario La Nación, 10/06/1971: 10), con un clima “áspido e inclemente” (ACA, 1954: 11) y con “panoramas yermos, de escasa vegetación” (Guías Regionales Argentinas, 1980: 61) que ofrecen “un espectáculo de solitaria grandiosidad” (Guías Regionales Argentinas, 1980: 62). Por ese motivo, en ocasiones, su visita no era recomendable para todo tipo de turistas (por ejemplo, una guía turística de la década de 1960, refiriéndose a Casabindo advertía: “Para el turista de corte común, Casabindo no es recomendable, pero sí lo es para el estudioso y el catador de paisajes poco comunes”: ACA, 1964).

Es recién a partir de las últimas décadas que la Puna, sumándose a un proceso más amplio de valorización de las altiplanicies del oeste sudamericano comienza a perfilarse como un lugar para recorrer y no ya para visitarlo de pasada. En efecto, la Puna argentina acompaña la tendencia de fuerte presencia del turismo en esta gran área desértica, donde se destaca la consolidación de San Pedro de Atacama (Chile) como el destino paradigmático de importante crecimiento del turismo (especialmente internacional) desde fines de la década de 1990 (Bustos, 2005), acompañado del salar de Uyuni, también consolidado en las últimas décadas como un atractivo central del Altiplano boliviano (Amilhat-Szary y Guyot, 2007).

En la actualidad ciertas formas históricas de visitar la Puna han cambiado su modalidad. Hoy el Tren a las Nubes es un servicio netamente turístico que ofrece la excursión desde la ciudad de Salta hasta el punto final del recorrido en el viaducto de La Polvorilla y el regreso. Por su parte, las excursiones hacia las Salinas Grandes (Jujuy) aumentaron su frecuencia desde mediados de la década de 2000 cuando se pavimentó e inauguró

en 2005 la ruta nacional N° 52 hasta el paso internacional de Jama. A esto se sumó la multiplicación de servicios de excursiones a las salinas que confluyeron para hacer más asidua la visita a esta área. Pero estos no son los únicos destinos turísticos de la Puna hoy en día. Los turistas ascienden a las cumbres de volcanes como el Llullaillaco (Salta) y el Antofalla (Catamarca) o visitan áreas protegidas como la laguna de Pozuelos (Jujuy) y la laguna Blanca (Catamarca). También se suman a propuestas de turismo histórico en Yavi (Jujuy) y turismo arqueológico en Santa Rosa de Tastil (Salta), Sapagua, Inca Cueva (Jujuy) y Antofagasta (Catamarca) (sobre este último lugar, véase la propuesta realizada por Aschero *et al.* s/f). Pero, ¿cuáles son los rasgos del lugar que son valorizados por el turismo? ¿Cómo se presenta turísticamente la Puna?

LOS ATRACTIVOS TURÍSTICOS

A pesar de las diferentes actividades productivas y científicas que tuvieron lugar en la Puna a lo largo del tiempo y de la población que la habita, esta área continúa asociada a un imaginario geográfico vinculado con la idea de lugar remoto, inaccesible, despoblado y “vacío”. Siguiendo esta idea, una guía turística describe a la Puna catamarqueña de la siguiente manera: *“This is staggeringly unspoilt country, with out-of-this-world landscapes, and a constantly surreal atmosphere, accentuated by the sheer remoteness and emptiness of it all”* (Aeberhard *et al.*, 2010: 369). Varias de estas cualidades que históricamente han sido consideradas negativas —la Puna ha sido descrita como “desolada y triste”, con un paisaje “austero y frío”, semejante a “un cuadro de mundos ignorados (Montagne, 1944) y con una “desolación que apaga al más esforzado” (Casanova, 1936, citado en Sánchez de Bustamante, 1937: 14)— son en la actualidad retomadas de manera positiva por el turismo. En relación con esto, la Puna se muestra hoy como un ámbito geográfico con características totalmente fuera de lo común: suele destacarse su condición de desierto de altura, presentarse

como un espacio de extensión infinita caracterizado por una topografía contrastante que combina relieves abruptos (cadenas montañosas, volcanes) con planicies (ocupadas por salares), haciendo hincapié en su extrema aridez, señalando sus especies animales silvestres distintivas, todo esto asociado a la inmensidad, el silencio, la tranquilidad. Estas son las ideas que predominan en el retrato turístico de la Puna que presentan algunos materiales de promoción oficiales como los siguientes:

“El infinito horizonte de la Puna cabe en tres palabras: tierra, salar y cielo. En la abrumadora inmensidad de este altiplano, ubicado a más de 4.000 metros, se encuentran picos con nieves eternas, negros volcanes, extensos mares de sal, lagunas repletas de flamencos y vicuñas que se mimetizan en el paisaje desértico, imposible de abarcar con la mirada” (Ministerio de Cultura y Turismo de Salta, 2010: 28)

A estas características se le suma la idea de la Puna como un lugar “intacto”, prístino, libre de contaminación; en definitiva, libre de todas las transformaciones negativas asociadas a la sociedad moderna. Esto es especialmente destacado al presentar turísticamente las áreas protegidas. Por ejemplo, la Reserva de la Biosfera Laguna Blanca (Catamarca), es presentada en un folleto turístico provincial como “uno de los pocos lugares prístinos y libres de contaminación del mundo” (Secretaría de Estado de Turismo de Catamarca, 2014).

Aquellos rasgos físico-naturales se ven acompañados de las referencias a la población local. El vínculo de la sociedad puñeña actual con los grupos prehispánicos que poblaron la zona es recurrente y en ocasiones los actuales habitantes suelen presentarse como portadores de una “herencia inalterada”, minimizando o evitando aspectos más modernos u occidentales de estas sociedades. Así, se presentan como comunidades fuera del alcance de la modernidad:

“Las antiguas poblaciones puneñas poseen mitos y creencias religiosas que son el fruto de las raíces originarias, criollas y españolas y que permiten descubrir viejas

tradiciones y en él los rastros intactos de poblaciones milenarias” (folleto turístico de la Secretaría de Estado de Turismo de Catamarca, 2015)

Asimismo, suele hacerse referencia a otra idea de larga data asociada a este lugar (Castro, 2007) que señala la adaptación de su población al medio hostil:

“Uno de los aspectos más interesantes de esta remota región es la cultura de sus habitantes, quienes, desde tiempos prehispánicos, lograron adaptarse a las duras condiciones climáticas. Localidades como San Antonio de los Cobres y Tolar Grande, conservan costumbres ancestrales que se reflejan en manifestaciones culturales como la Pachamama, los Misachicos, la Apacheta y la Señalada, entre otros” (folleto “Mapa ciudad de Salta y alrededores. Circuitos turísticos”, del Ministerio de Cultura y Turismo, 2010)

¿Cómo llega el turista a conocer estos lugares recónditos? La visita turística a la Puna es presentada con frecuencia como una experiencia irreal que pone en juego y cuestiona los sentidos y que da pie a sensaciones de ensueño que parecen pertenecer al reino de la fantasía, al de la ciencia ficción, o que son de otro mundo, abonando el carácter extraordinario de este tipo de viaje a lugares remotos (Laing y Crouch, 2009). Así, por ejemplo, se presentan las Salinas Grandes y el Campo de Piedra Pómez (Catamarca):

“Las Salinas Grandes, vasta extensión blanca al norte de San Antonio, forman un interminable y brumoso horizonte blanco teñido de diferentes matices por el sol, donde, cual alucinación, la línea que divide cielo y tierra se desdibuja y desafía nuestra esforzada mirada” (Ministerio de Cultura y Turismo de Salta, 2010: 31).

“Testigo de la intensa actividad volcánica de la región desde tiempos inmemoriales, el Campo de Piedra Pómez es un paisaje inigualable, como de otro planeta” (Secretaría de Estado de Turismo de Catamarca, 2015).

Como en la cita precedente, también suele presentarse a la Puna como escenario del origen del mundo, como un ámbito en el cual pueden leerse las huellas de un momento primigenio en la historia de la Tierra:

“Fabulosos cataclismos dieron paso a una intensa y prolongada actividad volcánica que modeló el paisaje en una sucesión de cordones montañosos, intercalados por planicies [...] Aún quedan en la provincia vestigios de aquellas épocas remotas: fabulosos conos volcánicos, extensas coladas de lava, campos de roca volcánica y depresiones tectónicas que con el paso del tiempo fueron cubriendose por extensos mantos de sal, solo interrumpidos por coloridas lagunas, por el aletear de miles de flamencos rosados y por el paso de místicas vicuñas, celosos custodios de la Pachamama...” (folleto turístico elaborado por el gobierno de la provincia de Catamarca, 2015).

Estas particulares condiciones del lugar sirven de base para la invitación al descubrimiento, a la exploración, al adentrarse en lo desconocido. Tal como lo hicieron los exploradores y científicos (arqueólogos, biólogos, geólogos, etc.) que recorrieron la zona buscando conocer su pasado, su actualidad y sus riquezas. Esto claramente es explotado por la industria turística que refuerza la idea de aventurarse a lo desconocido. Así, por ejemplo, presenta su servicio de excursión a Tolar Grande un prestador turístico:

“Esta es una expedición increíble hacia el territorio de lo ‘desconocido’, de la ‘Puna’, que sorprende por su inmensidad y la belleza y rareza de sus paisajes que son únicos como son también su flora y fauna y por supuesto sus habitantes que guardan secretos y costumbres ancestrales” (*Nordic Travel*, 2014).

La visita a este lugar “ignoto” se realiza a través de ciertas modalidades turísticas específicas. En el caso de la Puna, dos de las modalidades más frecuentes en la actualidad son aquellas que ampliamente se denominan turismo comunitario y turismo aventura.

EXPERIENCIAS DE TURISMO COMUNITARIO

Los habitantes de la Puna, tal cual se mencionara más arriba, son objeto de interés desde el punto de vista turístico. Esto no pasa desapercibido para diversos actores interesados en fomentar el crecimiento del

turismo. Una de las propuestas más tradicionales de acercarse a ellos implica una actitud pasiva, contemplativa que transforma a los residentes en objetos de observación e incluso de propuestas de safaris fotográficos (véase la invitación a encarar safaris fotográficos retratando “personas de rostros enigmáticos y coloridas vestimentas” que se realiza en una publicación del Ministerio de Cultura y Turismo de Salta) (Ministerio de Cultura y Turismo de Salta, 2010: 30). Sin embargo, en la actualidad, y siguiendo las tendencias más recientes del turismo postfordista, otra de las formas de acercarse a la población local propone una actitud más activa de los turistas, implicando importantes niveles de interacción con los residentes. Sobre estas ideas se construyen las propuestas de turismo comunitario.

En efecto, en los últimos años en la Puna (y en otras áreas del país) se desarrollaron algunas experiencias con vistas a organizar un turismo manejado de manera colectiva por las sociedades locales que genere recursos sujetos a una redistribución, orientado a dar a conocer los aspectos tradicionales de la población del lugar (costumbres, tradiciones, rituales, etc. vinculados al mundo andino). Los aspectos tradicionales y la forma de organización comunitaria definen una especificidad desde el punto de vista turístico que la distingue de otras propuestas turísticas y que marca una diferencia con otros atractivos del noroeste (producción vitivinícola, herencia colonial, etc.).

El turismo comunitario procesa la idea de “descubrimiento” a través de propiciar un contacto directo entre turista y residente, donde el primero participa en actividades productivas y artesanales, eventos culturales y rituales que marcan la vida cotidiana de la población local.

La experiencia de adentrarse en la Puna también remite a acercarse y compartir cierta experticia del habitante del lugar. Esto se evidencia, por ejemplo, en las propuestas turísticas que implican recrear ascensos rituales a los cerros o las prácticas de intercambio de productos variados que implicaban desplazamientos estacionales desde las sierras

orientales a la Puna. El ascenso turístico a los cerros con fines rituales fue estimulado por el hallazgo arqueológico de los niños de Llullaillaco en 1999 en lo que se considera un santuario de altura ubicado en el volcán del mismo nombre (se trata de los cuerpos de tres niños del período incaico acompañados de diferentes objetos que se conservan y exhiben en el Museo de Arqueología de Alta Montaña en la ciudad de Salta). Algunas de estas actividades que recrean prácticas de movilidad se ofrecen a modo de excursiones de turismo alternativo en un viaje acompañado de los animales de carga tradicionales de la zona: las llamas (véase, por ejemplo, la propuesta de la empresa Caravana de Llamas en su página web donde se invita al turista a realizar diferentes recorridos con distintas duraciones y grados de dificultad; Caravana de Llamas, 2013).

Algunas de estas modalidades turísticas, además, proponen un compromiso del turista y su adhesión a las ideas del turismo responsable (en general los emprendimientos suelen buscar que los turistas se sumen a las propuestas del Código Ético Mundial para el Turismo adoptado por la Organización Mundial del Turismo en 1999). Como sucede con cualquier otra forma de consumo responsable, los empresarios turísticos también intentan mostrar sus propuestas como diferenciadoras y atractivas para ciertos consumidores. Quienes prestan servicios en estos destinos también dan cuenta de su involucramiento con estas formas novedosas y comprometidas de pensar el desarrollo del turismo, tal como lo expresa uno de los operadores turísticos que realiza excursiones a la Puna: “un viaje responsable que conserva el ambiente y sustenta el bienestar de la población local” (folleto elaborado por la empresa Turismo Responsable, 2012).

Las experiencias de turismo comunitario llevadas adelante en Tolar Grande (Salta) y las que conforman la red Espejo de Sal (que reúne experiencias de Salta y Jujuy) se encuentran entre las primeras que surgieron y se mantienen vigentes. La iniciativa de impulso al turismo en Tolar Grande comenzó en 2005 desde el gobierno local. A partir de

allí se creó un plan de gestión turística para el municipio como parte de una estrategia de hacer de la localidad un destino turístico vinculado al turismo aventura. La idea inicial fue encarar un proyecto de desarrollo del turismo que fuese gestado por la misma comunidad local. El municipio participa en la prestación de servicios vinculados al turismo, entre ellos transporte (en vinculación con algunas agencias de viaje) y alojamiento (con la administración de dos establecimientos para este fin). Asimismo, la localidad cuenta con un refugio construido con asistencia de la Embajada de Francia, como parte de un convenio con el gobierno de la provincia de Salta. La población local ofrece servicios de guiado en las excursiones que realizan los turistas o trabajan en los comedores locales. El ascenso al volcán Llulaillaco o al Cerro Macón y la visita a los ojos de mar (donde se encuentran organismos asociados con las primeras formas de vida en el planeta) se cuentan entre las actividades más realizadas por los turistas (Bertoncello *et al.*, 2016). Espejo de Sal está compuesta por un conjunto de comunidades aborígenes que llevan adelante un proyecto de turismo comunitario desde 2009 en las cercanías de la laguna de Gayatayoc. Reúne comunidades de Susques y otras localidades jujeñas (Rinconadillas, San Francisco de Alfarcito, Santa Ana, Sauzalito, Barrancas y Susques) y una salteña (Cerro Negro). Está compuesta por alrededor de 30 familias. En cada localidad se ofrecen servicios de guía para la realización de excursiones (para realizar caminatas o actividades de reconocimiento de flora y avistaje de fauna) y además se brinda a los turistas la posibilidad de participar en tareas cotidianas de la población local (actividades rurales y confección de artesanías). El proyecto contó con apoyo de la organización de tejedoras puñenas (Asociación Warmi Sayajunqo) y con asistencia financiera del BID. Estas experiencias luego fueron seguidas de otros emprendimientos similares (como los de Quebrada del Toro y San Antonio de los Cobres) (entrevista Ministerio de Cultura y Turismo de la provincia de Salta, Dirección de Planificación, febrero de 2016). Sin em-

bargo, estas experiencias de desarrollo del turismo comunitario son incipientes y en la mayoría de los casos no se ha logrado uno de los objetivos primordiales de este tipo de emprendimientos: la creación de ingresos y su distribución equitativa para amplios sectores de la sociedad local. Las estrategias de generación de recursos comunes muchas veces se realiza a través de la gestión bajo la órbita estatal de algún emprendimiento que brinde servicios turísticos (este es el caso de los albergues construidos en Tolar Grande).

AVVENTURA, DEPORTES Y DESAFÍOS EN LA PUNA

En la Puna también se consolidaron actividades de turismo aventura, especialmente el montañismo, que exploran esta área fuertemente apoyadas en la idea de la visita turística como una “expedición” que penetra en lo desconocido y que en cierta medida emula aventuras pretéritas de científicos, expertos y pioneros de todo tipo (Cohen, 2005; Laing y Crouch, 2009). Y esto claramente incluye a aquellos que dieron a conocer los atractivos arqueológicos y científicos que disfruta el turista hoy (a quienes incluso menciona la literatura turística). Estas propuestas involucran experiencias específicas que requieren cierto conocimiento, preparación y entrenamiento especial. Lo que las hace distintivas es que no son para todos, sino solo para quienes reúnen ciertas condiciones y están dispuestos a enfrentarse a situaciones exigentes; en una palabra, quienes están dispuestos al “desafío”:

“[Tolar Grande es un] lugar exótico en el desierto puneño, donde los expertos desafían a montañas de más de 5000 metros” (folleto “Circuitos turísticos de Salta”, del Ministerio de Cultura y Turismo, 2011).

Las especificidades y los requerimientos de estas modalidades turísticas se evidencian en la información minuciosa de tipo práctica que brindan desde los organismos estatales vinculados con el turismo y los prestadores de servicios turísticos. Ella suele incluir advertencias y recomendaciones como las que se brindan para el ascenso al volcán Antofalla:

“Volcán Antofalla: tiene una altura de 6.409 msnm. No posee dificultades técnicas pero sí se está propenso a las bajas temperaturas y a los fuertes vientos. El acercamiento hasta el campamento base se puede realizar en un vehículo convencional en 3 hs y luego partir a un campamento de altura a 4.200 msnm (1° día). Luego se asciende a los 5.000 m. por una suave pendiente sin dificultades (2° día). Desde este campamento se puede conquistar la cumbre y regresar hasta el mismo en casi 7 hs (3° día). El descenso transcurre por una quebrada hasta la base de la montaña, de donde se regresa a Antofagasta de la Sierra (4° día). También se puede ascender por la ladera Norte en 2 o 3 días, pero el acercamiento transita por una huella apta únicamente para vehículos de doble tracción. Se encuentra distante a unos 35 km del poblado, es un importante desafío para los montañistas. Su cima posee un altar ceremonial con una pirámide de piedra en su parte central. En la zona hay baqueanos que prestan apoyo a las expediciones que se realizan para conquistar la cumbre” (Secretaría de Estado de Turismo de Catamarca, 2015).

La incorporación de recomendaciones y advertencias que apuntan a asegurar cuestiones básicas de sobrevivencia refuerza el carácter de lugar recóndito (y en cierta medida peligroso) donde la falta de oxígeno y el apunamiento son las condiciones más frecuentemente mencionadas. Las recomendaciones generales para la visita a la Puna se suman a medidas de seguridad más específicas como los registros de expediciones de montañistas que deben ser completados y entregados a las autoridades locales cuando se inicia el ascenso a cerros y volcanes. Sin embargo, en el caso de estas modalidades turísticas se trata de desafíos que implican sacrificios, la puesta a prueba de la capacidad física pero que a su vez comportan la satisfacción de haber alcanzado una meta (Laing y Crouch, 2009). Las dificultades y riesgos forman parte de los atractivos de la experiencia que combina viaje turístico con actividad deportiva donde se ponen a prueba el espíritu competitivo, la capacidad atlética y mental y la reafirmación personal (Arellano, 2004).

El reciente turismo aventura en la Puna agrega una opción más al panorama de destinos turísticos del país en los que se desarrolla esta modalidad. En el caso específico del montañismo, la Puna se suma a aquellos destinos de la Cordillera de los Andes en el centro y sur del país históricamente consagrados a la práctica. El ascenso a los volcanes Llullaillaco, Socompa y Quewar (en Salta) y Antofalla (Catamarca) y al Nevado de Chañi (Jujuy) son ya prácticas consolidadas entre los montañistas avezados. Más recientemente se están promocionando con mayor intensidad el ascenso al conjunto de picos conocidos como los “Seismiles” que incluye a los cerros Pissis, Ojos del Salado y Tres Cruces, localizados en la provincia de Catamarca. Otras actividades asociadas al turismo aventura son la práctica del *sandboard* (popularizada en las cercanías del cerro Huánchar, Jujuy) y los paseos en vehículos 4x4 (ya plenamente incorporados en excursiones a destinos clásicos de la Puna, como las Salinas Grandes).

A pesar de la intensa promoción (pública y privada) que se realiza de la Puna como destino turístico y de las modalidades que se proponen, la presencia efectiva del turismo muestra un panorama diverso según las localidades. Posiblemente Tolar Grande sea uno de los centros más activos desde el punto de vista turístico. La conjugación de desierto, sitios sagrados, “curiosidades” científicas y geológicas (estromatolitos, ojos de agua, cono de arita, volcanes, etc.), una serie de actividades deportivas y culturales que componen su calendario turístico y nuevas experiencias de turismo comunitario la han perfilado como la estrella de la Puna. A esto contribuyó fuertemente la expedición arqueológica al volcán Llullaillaco (y sus hallazgos) antes mencionada y la intensa promoción que en los últimos años se ha hecho de la localidad desde el gobierno provincial. Más allá de los atractivos y su promoción en los últimos años también se crearon distintos servicios turísticos: aquellos que ofrecen el traslado turístico hasta la zona (con base en San Antonio de los Cobres y Salta), los servicios de guiado turístico ofrecidos en el

lugar, las incipientes opciones de servicios gastronómicos y emprendimientos de alojamiento gestionados por el gobierno local que permiten la permanencia de los turistas en la localidad desde donde parten varias excursiones (Bertoncello *et al.*, 2016).

LA POLÍTICA TURÍSTICA PARA INCENTIVAR LA VISITA A LA PUNA

Desde varios ámbitos de la política pública se ha pensado en el turismo como una actividad que podría dinamizar la Puna. En el Plan Estratégico Territorial a nivel nacional, la Puna se identifica como un área de escasa población y actividades económicas y se propone que el turismo puede ser una actividad para diversificar la economía:

“La promoción de emprendimientos que estimulen las organizaciones asociativas, basados en el reconocimiento de nichos de mercado a nivel nacional e internacional, o de actividades asociadas al sector turístico, como la hotelería o la valorización de las artesanías u otras actividades locales, entre otros” (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2008: 91).

En consonancia con esta idea desde el ámbito de la política sectorial nacional y específicamente en el marco del Plan Estratégico Federal de Turismo Sustentable de 2005 (ratificado en sus actualizaciones en 2011 y 2014), se ha pensado a la Puna como un “corredor turístico a potenciar” articulado a lo largo de la ruta nacional 40 (Secretaría de Turismo de la Nación, 2007). Señalar su condición de área sujeta a potenciar da cuenta de que desde el Ministerio de Turismo nacional se reconoce el carácter incipiente del turismo en la zona. De hecho, desde el organismo surgieron iniciativas específicas para estimular el turismo comunitario de la mano del Programa de Fortalecimiento y Estímulo a Destinos Emergentes (PROFODE). Este programa se implementó desde 2009 en Salta en las localidades de San Antonio de los Cobres, Santa Rosa de Tastil y Tolar Grande. Algunos de los aspectos en los que se centró el programa fueron: la creación de una red de gestores turísticos municipales,

el fortalecimiento de gestión y la información turística de los municipios, el apoyo a artesanos y emprendedores turísticos locales, la puesta en valor del sitio arqueológico de Santa Rosa de Tastil, el mejoramiento de los servicios básicos de las comunidades, etc.

Desde el ámbito provincial y local, siguiendo estas mismas ideas, se han iniciado en los últimos años acciones para incentivar el surgimiento de emprendimientos turísticos en estos lugares menos frecuentados (además de la intensa promoción que de ellos se realiza). Específicamente las herramientas de planificación turística diseñadas en las últimas décadas explícitamente se orientan al desarrollo de modalidades específicas como ecoturismo, turismo aventura, turismo comunitario, etc. En el caso de Jujuy, por ejemplo, se propone estimular el turismo fuera de la Quebrada de Humahuaca (de intenso crecimiento en las últimas décadas) incluidos aquellos localizados en la Puna (Secretaría de Turismo y Cultura de la provincia de Jujuy-CAF- Howarth Consulting, 2006: 42). Por su parte, la provincia de Salta plantea el desarrollo de siete polos turísticos para organizar una descentralización del turismo en el territorio provincial y uno de esos polos tiene como centro a la localidad puneña de San Antonio de los Cobres y además ofrece créditos para incentivar específicamente el turismo aventura (Ministerio de Cultura y Turismo de Salta, 2012; Ministerio de Cultura y Turismo de Salta, 2013; entrevista Dirección de Planificación del Ministerio de Cultura y Turismo, diciembre de 2010). En el caso de la provincia de Catamarca también se definen polos turísticos (uno de ellos el Polo Puna) para encarar un desarrollo geográficamente desconcentrado del turismo provincial (Gobierno de la provincia de Catamarca, 2013). Vale la pena mencionar las iniciativas para promover el turismo arqueológico en la Puna de Jujuy (Rinconada, Santa Catalina, Barrancas y Laguna Colorada) planteado por el Plan Estratégico Territorial para la zona (Gobierno de la provincia de Jujuy, 2014). También resulta novedosa la decisión de la provincia de Salta de reglamentar los emprendimientos de turismo co-

munitario que se desarrollan en el territorio provincial. En el 2013 desde el Ministerio de Cultura y Turismo provincial se crea una normativa especial para esta modalidad. Se trata de la Reglamentación de Turismo Rural Comunitario (Resolución N°195/2013) que precisa cómo se entiende el turismo comunitario en la provincia y se disponen normativas respecto al funcionamiento de los prestadores en esta modalidad. En la misma provincia se han llevado adelante iniciativas de creación de áreas protegidas (Refugios Provinciales de Vida Silvestre) en los lugares de creciente presencia del turismo de la laguna de Socompa y Tolar Grande en un proceso de ampliación de las áreas protegidas en la Puna (sobre este tema, véase Reid Rata *et al.* en este volumen).

Otro de los aspectos que también ha formado parte de la promoción turística y el paulatino crecimiento del turismo en estas áreas es el proyecto que impulsó la declaración en 2014 como Patrimonio de la Humanidad al sistema vial andino (*Qhapaq Ñan*), parte del cual se despliega en la Puna. En efecto, este sistema vial abarca Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú y a nivel nacional, diversos tramos se encuentran presentes en Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza. Este proyecto coloca algunos lugares puneños como Santa Rosa de Tastil y Tolar Grande en el centro de interés por su calidad patrimonial. A pesar de no tratarse de una iniciativa turística, la asociación con el turismo se espera como algo inevitable. Desde la política pública provincial se ha promovido intensamente y además se ha dado inicio a la construcción de infraestructura y servicios de orientación al turista en algunos de los puntos del área patrimonial (esto incluye, por ejemplo, las mejoras implementadas en el museo y sitio arqueológico de Tastil).

CONSIDERACIONES FINALES

La Puna viene cobrando relevancia en el contexto del turismo nacional. Este proceso se da de la mano de ciertas ideas asociadas al lugar que son valorizadas positivamente

para la realización de la práctica turística. En particular su condición de lugar remoto y “marginal” respecto de los procesos de consolidación de la sociedad moderna ha servido de base para la definición de su atractividad turística. Esta última es reforzada a través de tareas de promoción pública y privada que buscan atraer a consumidores específicos de nuevas modalidades turísticas que se diferencian de las formas tradicionales del turismo masivo. En este contexto se seleccionan para la Puna ciertos atributos que la muestran como un espacio puro, inaccesible y liminal (Cosgrove *et al.*, 2009) que en tanto tal, demanda una especial atención, preparación y predisposición (física, moral) por parte los turistas que a ella se aventuran. Asimismo, al estar escasamente alcanzada por procesos de transformación masiva de los clásicos destinos turísticos de sol y playa (por ejemplo) estos lugares se vuelven atractivos también para el desarrollo de negocios turísticos interesados en generar una novedad constante en materia de opciones turísticas. Por su parte, las tareas de promoción que desde hace pocos años se vienen realizando de este destino son acompañadas por acciones desde la política pública a diferentes niveles que intenta incentivar la presencia del turismo como una actividad que puede otorgar dinamismo económico a la zona. Sin embargo, la presencia de emprendimientos turísticos de todo tipo (alojamiento, gastronomía, trasladados, servicios de guía, etc.) es aún escasa. Con el tiempo podrán estudiarse con mayor detalle los resultados de las propuestas de desarrollo del turismo para la Puna que actualmente se encuentran en curso y las nuevas la iniciativas como aquella orientada a estimular el turismo científico en los ojos de mar (véase Conicet, 2015).

El conocimiento desde el mundo académico acerca del proceso de valorización turística de la Puna es incipiente y en parte esto se vincula con el carácter embrionario de este proceso. Sin embargo, es posible plantear algunos interrogantes para continuar indagando sobre el tema. Por un lado, sería interesante ahondar la investigación acerca de las herramientas de la política sec-

torial existentes y su incidencia en la efectiva presencia del turismo en el lugar; por otro, constituiría un tema de interés conocer las estrategias a través de las cuales los actores económicos buscan consolidar su presencia en el lugar; asimismo, se podría indagar cómo los viajes turísticos articulan diferentes destinos de la Puna entre sí o con otros destinos (del noroeste, del resto del país o de los países vecinos). Otro eje de trabajo ineludible se vincula con el análisis de las transformaciones que el turismo genera en diferentes lugares de la Puna (es decir los “impactos” asociados a su presencia) y cómo esto se vincula con otras actividades realizadas en la zona como conservación de áreas protegidas, trabajo de investigación científica (arqueológico, antropológico, etc.) y explotación de recursos naturales teniendo en cuenta los resultados y advertencias de estudios previos que han abordado esta temática en otras áreas de los Andes (por ejemplo, Barros *et al.*, 2015 y Gascón, 2011).

Por último, resultaría interesante el conocimiento en detalle acerca de las formas en que se desarrollan las experiencias de turismo comunitario en la zona, abordando las redes que se generan entre distintas comunidades, las estrategias diseñadas para atraer turistas, los vínculos que establecen con otros actores (estado, agencias de viaje, prestadores de servicios) y la efectiva capacidad para acceder a los beneficios que genera el turismo, así como también las formas concretas que toma la dimensión participativa y redistributiva de estas propuestas de gestión turística.

LITERATURA CITADA

- Aeberhard D., Benson A., O'Brien R., Phillips L. 2010. *The Rough Guide to Argentina*, Rough Guides Ltd., Londres, 663 pp.
- Amilhat-Szary A. L., Guyot S. 2007. El turismo transfronterizo en los Andes Centrales: prolegómenos sobre una geopolítica del turismo. *Si Somos Americanos. Revista de Estudios Transfronterizos*, 2: 58-93.
- Arellano A. 2004. Spirits, bodies and Incas: Performing Machu Picchu. En: Urry, J. y Sheller, M. (Eds.) *Tourism mobilities*:

- Places in play, places to play. Routledge, Londres, pp. 67-77.
- Aschero C., Haedo R., Martínez J., Babot M. P., Hocsmann S., López Campeny S., Ataliva V., Martel A., Cohen M. (s/f). Turismo Arqueológico en Antofagasta de la Sierra (Catamarca, Argentina): Una Propuesta en Curso. http://www.equiponaya.com.ar/turismo/articulos/carlos_aschero.htm (Accedido: 10/08/2016).
- Automóvil Club Argentino (ACA). 1954. Guía de viaje de la Argentina. Zona norte, Buenos Aires.
- Automóvil Club Argentino (ACA). 1964. Guía turística de la Argentina, Buenos Aires.
- Barros A., Monz C., Pickering, C. 2015. Is tourism damaging ecosystems in the Andes? Current knowledge and an agenda for future research. *Ambio*, 44: 82-98.
- Bertoncello R., Cáceres, C., Troncoso C., Vanevic, P. 2016. Una Argentina turística diversificada. Nuevas propuestas de la mano del turismo comunitario en el Noroeste argentino. En: S. Lencioni y J. Blanco. (eds.), Argentina e Brasil: Territórios em redefinição. Consequência, Rio de Janeiro, pp. 233-257.
- Britton S. 1991. Tourism, capital, and place: towards a critical geography of tourism. *Environment and planning, D Society and space*, 9: 451-478.
- Bustos A. 2005. Hacia un turismo intercultural: el caso atacameño. *Líder*, 10: 133-150.
- Caravana de Llamas. <http://www.caravanadellamas.com.ar>. Accedido: 21/12/2013.
- Castro H. 2007. Otras miradas, otros lugares. Los relatos de viajeros en la construcción de la Puna argentina. En: P. Zusman, C. Lois y H. Castro (eds.), *Viajes y geografías*. Prometeo, Buenos Aires, pp. 93-113.
- Cohen E. 2005. Principales tendencias en el turismo contemporáneo. *Política y Sociedad*, 1: 11-24.
- Conicet. "Turismo científico en la Puna: un viaje a los orígenes de la tierra". <http://www.tucuman-conicet.gov.ar/VerNoticia.php?IdNoticia=303> (Accedido: 10/11/2015).
- Cosgrove D., della Dora V. 2009. High places. Cultural geographies of mountains, ice and science. I. B. Tauris, Nueva York, 273pp.
- Gascón J. 2011. Turismo rural comunitario y diferenciación campesina. Consideracio- nes a partir de un caso andino. *Mundo Agrario*, 11 (22).
- Gobierno de la provincia de Catamarca. 2013. Plan Estratégico de Turismo de Catamarca. Construyendo juntos una provincia turística. 2014-2024.
- Gobierno de la provincia de Jujuy. 2014. Plan Estratégico Territorial de la Puna Jujeña - Informe Final. San Salvador de Jujuy.
- Guías Regionales Argentinas. El Noroeste. Temporada 1980. Buenos Aires.
- La Nación: "El noroeste, la cautivante tierra de piedra, sol y color", 10/06/1971.
- Laing J., Crouch G. 2009. Myth, adventure and fantasy at the frontier: Metaphors and imagery behind an extraordinary travel experience. *International Journal of Tourism Research*, 11: 127-141.
- Lash S., Urry J. 1998. Economías de signos y espacio. Sobre el capitalismo de la postorganización. Amorrortu, Buenos Aires, 465 pp.
- Lugares de viaje, "25 destinos ocultos de la Argentina". <http://www.lugaresdeviaje.com/nota/25-destinos-ocultos-de-la-argentina-parte-i> (Accedido: 14/02/2014).
- Meethan K. 2001. Tourism in global society. Place, culture, consumption. Palgrave, Nueva York, 226 pp.
- Ministerio de Turismo de la Nación. 2014. Anuario estadístico 2014.
- Ministerio de Cultura y Turismo de Jujuy y Dirección Provincial de Estadísticas y Censos. 2017. Cuadros sobre turismo, http://www.dipec.jujuy.gov.ar/ie_turismo.html (Accedido el 18/04/2017).
- Ministerio de Cultura y Turismo de Salta. 2010. Salta. Salta, 122 pp.
- Ministerio de Cultura y Turismo de Salta. 2012. Plan Estratégico de Turismo Salta Sí + (2010-2020). Salta.
- Ministerio de Cultura y Turismo de Salta. 2013. Financiamiento provincial aplicable a proyectos de inversión turística. Salta.
- Ministerio de Cultura y Turismo de Salta. 2014. Informe Estadístico Turismo 2014. Salta.
- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. 2008. Plan Estratégico Territorial. Avance 2008, Bs. As.
- Montagne V. 1944. La encantadora Quebrada de Humahuaca. *Revista Geográfica Americana*, 125: 61-67.
- Nordic Travel. 2014. <http://www.nordic-travel.com.ar/expedicion2.html> (Accedido el 13/01/2014).
- Ramírez L. 2008. Desarrollo, sustentabilidad y turismo. Balance y armonía o conflicto

- y pragmatismo. X Jornadas Cuyanas de Geografía. Actas, 32-50. Mendoza.
- Reid Rata Y., Malizia L., Brown A., Buzzo K. 2018. Áreas protegidas de la Puna. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 465-481.
- Sánchez de Bustamante T. 1937. El camino a Bolivia por la Quebrada de Humahuaca. Contribución a su estudio, Buenos Aires, 63 pp.
- Secretaría de Estado de Turismo de Catamarca, <http://www.turismocatamarca.gob.ar>. Accedido: 3/12/2015.
- Secretaría de Turismo de la Nación. 2007. Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable. Anexo 1. Buenos Aires.
- Secretaría de Turismo y Cultura de la provincia de Jujuy-CAF- Howarth Consulting. 2006. Plan de Desarrollo Turístico Sustentable para la provincia de Jujuy. San Salvador de Jujuy.
- Troncoso C., Bertoncello R. 2014. Turismo extremo en Argentina. Nuevas formas de valorización del patrimonio natural y cultural. VI Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales. Actas 1: 25-49. San Pablo.
- Urry J. 2002. *The tourist gaze*. Sage Publications, Londres, 183 pp.

Box ▶ Los seismiles de la Puna

Bravo, Claudio F.

Ing. Civil. Consultor Hidráulico. Email: ingclaudiobravo@gmail.com

La cordillera de los Andes es el resultado de un impresionante «encuentro» de placas, donde la de Nazca se «sumerge» y la sud-americana se «eleva» sobre la primera. La baja velocidad con que se mueven, casi imperceptible, apenas duplica en promedio el crecimiento anual de las uñas del hombre (4cm/año). En el sector oeste de la Puna riojana y catamarqueña, esta conjunción geológica se puso de manifiesto a través de la mayor concentración de volcanes superiores a 6000 m de toda América. Es una región agreste de clima extremo con un piso promedio de 4000 msnm, donde se destaca el Ojos del Salado con sus 6900 msnm, como la segunda cumbre de América y el volcán

activo más alto del mundo. Las fumarolas sobre la dorsal oeste que se pueden observar desde su cumbre y el fuerte olor a azufre así lo indican. El Ojos tiene dos cumbres de la misma altura distanciadas 50 m y separadas por una gran fisura.

Además, se distinguen dos grandes grupos andinos circunscriptos sobre la cota de 5000 msnm, uno dominado por el Ojos del Salado y otro por el Pissis. Entre ambos suman 20 macizos montañosos con cumbres superiores a los 6000 msnm, que sumadas entre principales y secundarias superan las 100 y de ellas, 25 superan los 6500 msnm. Se destacan, además, el cerro Tres Cruces con su imponente glaciar sur, el Incahuasi,



Figura 1. Cuenca de la salina de la laguna Verde desde la cumbre del Pabellón de Laguna Verde. Cerros de izquierda a derecha: Los Patos, Tres Cruces, Solo, Walther Penck, Ojos del Salado y Nacimientos. Foto: Francesco Mantelli.

el Whalter Penck o Cazadero, el Nacimientos con cuatro cumbres, El Muerto, el Bonete Chico y el Veladero.

Las primeras ascensiones «modernas» fueron realizadas por el geólogo alemán Walther Penck entre los años 1912-13 cuando logra el San Francisco y el Incahuasi. Recién 24 años más tarde incursiona una famosa expedición polaca que logra las primeras ascensiones de los macizos Tres Cruces, Nacimientos, Ojos del Salado, Pissis, Los Patos y el volcán del Viento (Figura 1).

A partir de la década de 1950 empiezan a incursionar los argentinos. La Asociación Tucumana de Andinismo lo hace con objetivos deportivos y científicos en 1951. En la segunda expedición del ATA en 1955 se logra, por equivocación en la ruta de ascenso, la primera ascensión del cerro ATA (un macizo de 6490 msnm que se ubica inmediatamente al sur del Ojos del Salado) y del Cordón de los Arrieros. Hoy estos dos cerros conforman el límite internacional entre Argentina y Chile. Fue también esta expedición la que consignó equivocadamente al Ojos del Salado una altura superior a 7000 msnm, con lo que se armó una gran polémica mundial, porque idestronaba al Aconcagua! Un dato similar es arrojado en 1956 por una expedición chilena dirigida por el Capitán Gajardo

que logra la primera ascensión de la cumbre oeste del Ojos del Salado. Posteriormente lo siguen Mathias Rebitsch que logra la segunda ascensión de la cumbre este. Mientras que Wilfredo Coppens y Alfredo Bolsi en la cuarta expedición de la ATA (1957) logran la primera ascensión argentina de la cumbre este del Ojos y tercera a nivel mundial.

Entre estas imponentes cumbres se conforman extensos valles y altiplanicies con relieves ondulados, surcados por líneas de desagües generalmente secas que se activan durante los deshielos que terminan aportando en lagos de singulares colores y belleza. La salinidad medida de muchos de ellos es diez veces superior a la del agua de mar. También existen algunos pocos espejos de agua dulce. En otros casos alimentan el río Cazadero, que termina conformando el Abaucan, que con su gran contenido de boro le termina dando ese rico y característico sabor «áspero» a los vinos de los valles de Fiambalá y Tinogasta.

El área de los Seismiles es una región que por su inmensidad a escala humana resulta desmesurada, tanto como angustiosamente bella, que merece ser visitada. Hoy se puede acceder con vehículos adecuados por huellas mineras, presagiando el aumento de la actividad de turismo y montañismo en la zona.

21 ▶ Camélidos de la Puna argentina: aspectos sobre su conservación y uso

Vilá, Bibiana^{1,2,3}; Gisela Marcoppido^{1,2,4}; Hugo Lamas^{5,6}

¹ CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas).

² VICAM (Vicuñas, Camélidos y Ambiente).

³ Universidad Nacional de Luján. Ruta 5 y ruta 7, (6700) Luján, Buenos Aires. E-mail: bibianavila@gmail.com

⁴ Instituto de Patobiología, CICVyA, INTA Nicolás Repetto y las Cabañas, S/N, (17112) Castelar, Buenos Aires. E-mail: marcoppido.gisela@inta.gob.ar

⁵ Estación Experimental Agropecuaria de Abra Pampa. Ruta Provincial 11 km 18 (4640) Cochínoca Abra Pampa, Jujuy. E-mail: lamas.hugo@inta.gob.ar

⁶ Instituto de Biología de Altura, Universidad Nacional de Jujuy. Av. Bolivia 1669, (4600) San Salvador de Jujuy.

► **Resumen** — En este capítulo se presentan temas relativos a la abundancia, conservación, manejo, producción y aspectos sanitarios de los camélidos sudamericanos que habitan en la Puna argentina, principalmente vicuñas y llamas. Las provincias que más camélidos poseen son Jujuy (43% de las vicuñas y 70% de las llamas) y Catamarca (31% de las vicuñas y 17% de las llamas). Las vicuñas son silvestres, mientras que las llamas son domésticas y esto implica notables diferencias para el manejo. Las vicuñas se puedan capturar y esquilar en vivo mediante una técnica denominada *chaku*. En la actualidad se producen aproximadamente 1.200 kilos de fibra de vicuña anual obtenida por esquila. Las llamas argentinas tienen características propias y se utilizan por su fibra y su carne. La producción anual de fibra de llama es de 30.000 kilos aproximadamente. Ambas especies tienen una cría anual en el verano, con una gestación de casi un año y son principalmente pastoreadoras. Los riesgos de conservación de la vicuña incluyen el furtivismo, la falta de técnicas de bienestar animal en los manejos, y el incumplimiento del artículo 1 del Convenio de la Vicuña. Los riesgos de manejo de las llamas están relacionados con las condiciones de inequidad y falta de apoyo al productor puneño y las malas condiciones de comercialización.

Palabras clave: Vicuñas, llamas, sanidad, producción, manejo.

► **Abstract** — Camelids from the Argentine Puna: Conservation and uses. In this chapter we present issues related to the abundance, conservation, management, production and sanitary aspects of the South American camelids that live in the Argentine Puna, mainly vicuñas and llamas. The provinces that have more camelids are Jujuy (43% of vicunas and 70% of llamas) and Catamarca (31% of vicunas and 17% of llamas). Vicunas are wild while the llamas are domestic, involving great management differences. Vicunas can be live captured and shorn through a technique called *chaku*. Currently, 1,200 kilograms of vicuña fiber are obtained annually from live shorn animals. Argentine llamas have their own characteristics and are used for their fiber and meat. The annual production of llama fiber is approximately 30.000 kilograms. Both species have an annual breeding in the summer with a gestation period of almost a year, and are mainly grazers. The risks for vicuna conservation include poaching, lack of animal welfare techniques in handling, and break of Article 1 of the Vicuna Convention. The risk management for llamas is related to the conditions of inequality and lack of marketing strategies and support for the Puna local producers.

Keywords: Vicuna, llamas, health, production, management.

INTRODUCCIÓN

La familia Camelidae ha sido revisada en profundidad por Franklin (2011) y muchos de los aspectos de los camélidos sudamericanos han sido compilados por Vilá (2012); ambos textos dan cuenta de la historia natural, ecología y relación con los humanos del grupo y por lo tanto son la referencia del siguiente capítulo. Actualmente la familia comprende seis especies, dos del Viejo Mundo en África y Asia (Camelini), los camellos dromedarios *Camelus dromedarius* y bactriano *Camelus bactrianus* con una y dos jorobas, respectivamente. En América del Sur habitan las cuatro especies restantes (Lamini), dos de ellas silvestres, los guanacos *Lama guanicoe* y las vicuñas *Vicugna vicugna* y las especies domésticas, llamas *Lama glama* (derivados de los guanacos de distribución más septentrional o sea los *L. g. cacsilensis*) y alpacas *Vicugna pacos* (derivadas de las vicuñas de los Andes del Norte *V. v. mensalis*) (Figura 1).

Los camélidos sudamericanos (SACs: South American Camelids) al igual que los Camelini están adaptados a vivir en ambientes secos y áridos siendo un recurso fundamental para muchas poblaciones humanas de esos ambientes. Muestran además la particularidad, rara en los ungulados, de la existencia del ancestro silvestre contemporáneo, el cual muchas veces habita en simpatría con la especie derivada doméstica.

Los SACs son animales de cuello fino y patas largas con una inserción muy ventral de las patas delanteras que les permite el “paso de ambladura” que es la forma típica de trotar de estos animales con los miembros laterales tocando el suelo al unísono. Son animales diurnos y sociales; sin dimorfismo sexual (machos y hembras son de tamaño y forma similar) en la observación a la distancia.

Las vicuñas están representadas por dos subespecies: una de ellas, *V. V. mensalis*, habita al norte de la “diagonal árida” (en los países tropicales); es más corpulenta, tiene



Figura 1. Distribución y morfología de las cuatro especies de camélidos sudamericanos. Tomada de Vilá, 2015.

mechón pectoral y es la subespecie que se sugiere antecesora de las alpacas. Al sur de la diagonal árida, se encuentra la vicuña sureña *V. v. vicugna* (única subespecie que habita Argentina), sin mechón pectoral y con coloración más clara (Marin *et al.*, 2006). Los guanacos inicialmente fueron descriptos en cuatro subespecies; sin embargo, los estudios moleculares reconocen en la actualidad sólo dos: el guanaco de Patagonia y de Cuyo (*L. g. guanicoe*), y el guanaco del Altiplano o Puna, *L. g. cacsilensis*, ancestro de la llama (Marin *et al.*, 2006).

Las llamas también poseen dos fenotipos que son “razas” (no subespecies); la llama *Q’ara* o pelada y la llama *Ch’aku* o llampulli o peluda. En las alpacas se diferencian el tipo suri de largos mechones de fibra lacia y las huacayas de fibra rizada similar al ovino.

En la Puna argentina no hay alpacas ya que requieren de mayor humedad, atributo de los bofedales típicos del altiplano peruano y del norte de Bolivia y Chile. En relación al guanaco, el estado de las poblaciones de los grupos altoandinos tiene gran variabilidad; existen poblaciones abundantes como en las áreas protegidas de los parques nacionales Los Cardones en Salta y San Guillermo en San Juan (Cajal, 1998; Wurstten *et al.*, 2013) y otras poblaciones relictuales de guanaco norteño (*Lama guanicoe cacsilensis*) en valles interandinos, en bajas densidades, como en la provincia de Jujuy (Baigún *et al.*, 2008; SADyS, 2008; Perovic *et al.*, en este volumen. Como se mencionó en párrafos anteriores, los camélidos sudamericanos poseen especies que forman parte de la fauna silvestre y representantes domésticos que son componentes del ganado autóctono. Diferenciar las especies silvestres y domésticas que habitan en la Puna es clave para el desarrollo de planes de conservación y manejo. Por ejemplo, el uso de corrales, vacunas, baños y mejoramiento de planteles son medidas de manejo excelentes y muchas veces imprescindibles para las llamas (domésticas) pero adversas y contraproducentes para las vicuñas (silvestres). El objetivo de este capítulo es presentar a las dos especies más abundantes en la Puna argentina, las vicuñas

y las llamas, en sus aspectos descriptivos y productivos y establecer algunas diferencias de manejo en función de su cualidad de animal silvestre o doméstico.

VICUÑAS

La vicuña (Figura 2A) es la más pequeña (aproximadamente 45 kilogramos) y grácil de los camélidos. Emblemática del altiplano tiene un alto valor ecológico, cultural y simbólico. Es uno de los escasos ejemplos de una especie recuperada del riesgo de extinción a un grado tal que es nuevamente utilizada por las poblaciones locales luego de la recuperación numérica de sus poblaciones.

La vicuña es poligínica, con grupos familiares (reproductivos) compuestos por un macho, hembras y crías y grupos de solteros (tropas). La ecología alimentaria y el uso del hábitat de la especie tiene variaciones locales con poblaciones en distintos escenarios, desde aquellos naturales con muy poca intervención antrópica en la distribución más austral de la especie (Donadio y Buskik, 2016), a poblaciones donde las vicuñas viven en ambientes pastoriles e interactúan con pastores, con sus rebaños de llamas y/o ovejas y son indisolubles del escenario biocultural andino (Borgnia *et al.*, 2008; Arzamendia y Vilá, 2012; Rojo *et al.*, 2012). Las crías nacen en verano. En Jujuy, el máximo de nacimientos ocurre en febrero (Vilá, 1990), mientras que en San Guillermo (San Juan) la mayoría de las crías nacen a fines de enero (Ruiz Blanco *et al.*, 2011). Las hembras entran en estro postparto y quedan preñadas a la semana de parir por lo que amamantan mientras gestan, por seis a ocho meses.

Las tropas de solteros están formadas por machos jóvenes y machos adultos no familiares; y son fundamentales para seleccionar la fortaleza de los machos reproductores, ya que estos con sus agresiones y su capacidad para expulsar a los solteros, mantendrán a las hembras en sus territorios (Vilá, 1992).

LLAMAS

La llama (Figura 2B-D) es la más grande de los camélidos sudamericanos (aproximada-

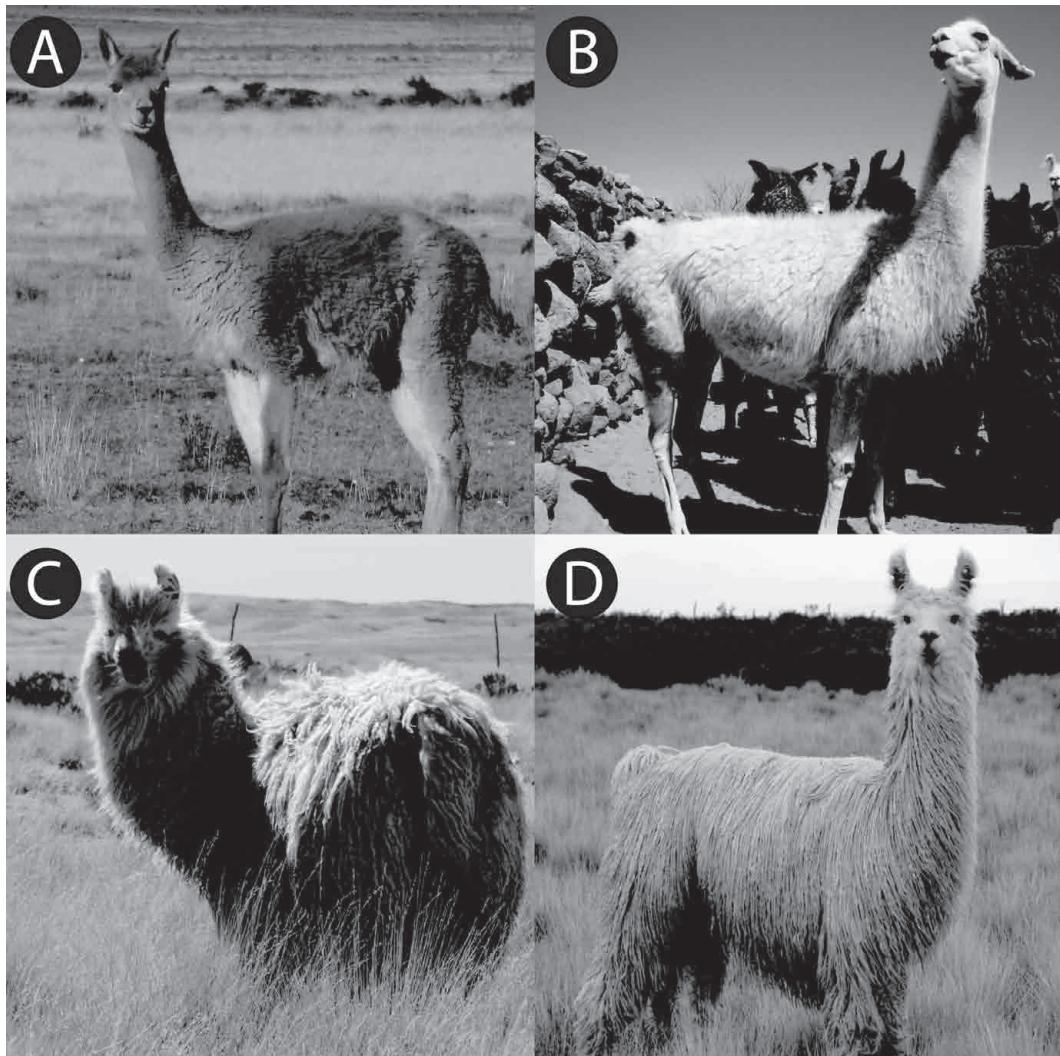


Figura 2. Distintos camélidos de la Puna argentina. A. Vicuña en Santa Catalina (foto B. Vilá); B. Llama *C'ara*, carguera de la zona de Tambillos (foto H. Lamas); C. Llama *Ch'aku* o *lanera* de la zona de Santa Catalina (foto B. Vilá); D. Llama argentina de biotipo Pozuelos. Se observan características “suris”, probablemente por hibridación con alpacas de ese tipo (foto H. Lamas).

mente 130 kilogramos). Los pueblos andinos la han utilizado como animal productor de fibra, carne y cuero, siendo además un animal de carga y transporte desde hace miles de años (Yacobaccio, 2012; Olivera, 2018).

Como es común a todos los SACs, es un herbívoro poligástrico. Las hembras alcanzan su madurez sexual alrededor de los 12 meses. Similar a las vicuñas, el período de la gestación es de 348 a 368 días y tienen una sola cría por año. La parición se concentra

en los meses de noviembre a marzo con un pico de nacimientos en diciembre-enero. Las llamas son muy resistentes a las condiciones ambientales extremas, pastorean pastos secos amarillos y puede estar durante varios días sin comer ni beber (Cardozo, 1954).

Desde hace décadas la bibliografía principalmente boliviana (Cardozo, 1954) diferencia dos tipos de llama: la *Ch'aku* o lanuda y la *Q'ara* (*K'ara*) o pelada (Figuras 2B, C). En Argentina, las llamas muestran un morfotipo

intermedio (Lamas, 1998); inclusive existe una línea de animales que podría manifestar caracteres de la alpaca, por cruzas no muy lejanas en el tiempo (Figura 2D). La descendencia de estas cruzas resulta en el morfotípico que puede verse en la mayor parte de la Puna de Jujuy; se caracteriza por un robusto desarrollo corporal apto para carne con una producción de fibra de excelente calidad. En efecto, el doble propósito (fibra y carne) ha sido el objetivo de la producción de estos animales del norte argentino (Lamas, 1998). La coloración del pelaje de la llama varía del blanco al negro y marrón, con toda la gama de colores intermedios. A veces se encuentran “llamas puras” con coloración del pelaje idéntico al guanaco.

POBLACIONES DE CAMÉLIDOS EN LA PUNA ARGENTINA

Vicuñas.— En el año 2006 se realizó un censo nacional de camélidos silvestres al norte del río Colorado, el cual estimó una población de vicuñas de entre 73.000 y 127.000 según el método de análisis utilizado (Braigun *et al.*, 2008; SAyDS, 2008). La provincia con mayor cantidad de vicuñas es Jujuy (43%) seguida por Catamarca (31%), Salta (18%), San Juan (7%) y La Rioja (1%).

Para conocer en forma actualizada los datos oficiales referentes a la situación poblacional de la vicuña, el documento indicado es el Informe país que presenta el punto focal Dirección de Fauna Silvestre (DFS) del Ministerio de Ambiente de la Nación (MINAMB) en las reuniones ordinarias del Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña. Este Convenio reúne en forma anual a los países con poblaciones de vicuñas: Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Ecuador. En Argentina, las provincias deben enviar datos oficiales sobre sus poblaciones de vicuñas, los que compila la DFS.

El análisis del denominado “Informe-país” del año 2017 que compila información de los años 2015 y 2016, denota la falta de datos precisos de la cantidad de vicuñas por provincia dado que la información es fragmentaria e incompleta. Por ejemplo, de Jujuy sólo

se presentan los datos referidos a las áreas donde se llevan a cabo investigaciones en Santa Catalina (868 vicuñas en 37 km²) y en Catamarca los datos de localidades donde se maneja la especie: Laguna Blanca (1.300 individuos), Pasto Ventura (1.128 individuos) y Tinogasta (1.731 individuos). Salta y La Rioja no informan y San Juan informa sobre el Parque Nacional San Guillermo con datos de densidades. La falta de datos no permite evaluar con certeza la cantidad de vicuñas en el país ni las tendencias locales que sus poblaciones han tenido en los últimos años. En una prospección amplia, nuestra apreciación es que hay poblaciones en aumento, otras ya estabilizadas y otras con serios problemas de furtivismo.

Llamas.— Existen aproximadamente 200.000 llamas en nuestro país según el Censo Nacional Agropecuario (CNA) de 2008, de las cuales 140.000 (70%) habitan la Puna de Jujuy; Catamarca posee unas 35.000 (17%) y Salta 25.000 (13%). Respecto de existencias ganaderas (aproximadas) en la Puna de Jujuy, el primer lugar es ocupado por los ovinos con 285.000 cabezas (55,04%), lo siguen las llamas con 140.000 cabezas (26,61%), caprinos con 80.000 cabezas (15,30%) y en último lugar los bovinos con 13.000 cabezas (2,53%) (Lamas, 2012).

Las 200.000 llamas de la Puna argentina pastorean en 87.036 km², en unas 2.800 unidades productivas distribuidas en Jujuy, Salta y Catamarca. La zona que más llamas posee es Cochinoca (Jujuy) con 36.000 animales, debido a que tiene un mayor número de habitantes, una gran extensión de Puna húmeda (7.837 km²) y buen acceso a los mercados de la provincia (Lamas, 2012b). En Jujuy la cría de llamas se desarrolla además, en los departamentos de Susques, Yavi, Santa Catalina y Rinconada. En Salta las llamas se crían principalmente en los departamentos de Los Andes, San Carlos y La Poma; mientras que en Catamarca se destacan los departamentos de Santa María, Belén y Antofagasta de la Sierra.

La producción de llamas ha aumentado en las últimas tres décadas (Quiroga Men-

diola y Cladera, en este volumen). Si bien el último CNA corresponde al 2008, comparando los tres últimos de Jujuy (1988, 2002 y 2008), se observa que las llamas han aumentado de 97.000 a 140.000 (45% de incremento). Este resultado es alentador ya que cualquier comparación entre estos años para otras producciones ganaderas demuestra una caída, notable en los ovinos que casi disminuyen a la mitad (Lamas, 2012).

MANEJO Y CONSERVACIÓN

Vicuñas.— Como recurso, las vicuñas tienen una histórica relación con las poblaciones humanas que habitaron y habitan la Puna argentina (Laker *et al.*, 2005; Yacobaccio, 2009; Olivera, en este volumen). Es así que las vicuñas fueron inicialmente cazadas por cazadores-recolectores (hace 10.000 años), luego manejadas sustentablemente por técnicas prehispánicas de *chaku* y restricción de matanza (épocas prehistóricas y protohistóricas), finalmente valoradas y demandadas en el mercado europeo y en consecuencia con esto, cazadas desde épocas coloniales (1500-1800) hasta épocas republicanas recientes (desde siglo XIX). Declaradas en la década de los 60 “en peligro de extinción”, las vicuñas le deben su existencia actual a una “sinergia salvadora” entre legislación internacional, nacional y regional, creación de zonas de protección y especialmente el compromiso por la conservación y cuidado por parte de comunidades puneñas. El instrumento fundamental para la recuperación y conservación de esta especie, fue y sigue siendo, el Convenio para la Conservación y el Manejo de la Vicuña (Ley Nacional 23.582) al que Argentina adhirió en 1979. Se inició en función de la gravedad de la situación y su énfasis fue exclusivamente protección. Diez años después, y con la recuperación de muchas poblaciones, el Convenio incluye la posibilidad de manejo sustentable y establece claramente los beneficiarios del mismo:

“Los Gobiernos de las Repúblicas de Bolivia, Chile, Ecuador y Perú, animados del propósito de continuar fomentando la

conservación y el manejo de la vicuña y en consideración a la experiencia recogida en la ejecución del Convenio para la Conservación de la Vicuña suscrito en La Paz el 16 de agosto de 1969, resuelven celebrar un nuevo Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña en los términos siguientes:

Artículo 1º.— Los gobiernos signatarios convienen en que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica en beneficio del poblador andino y se comprometen a su aprovechamiento gradual bajo estricto control del Estado, aplicando las técnicas para el manejo de la fauna silvestre que determinen sus organismos oficiales competentes”.

La única fibra legal (autorizada) para el comercio es la proveniente de animal esquilado vivo. En la década de los 90 se generó el dilema entre uso en silvestría (con animales que viven libres y retornan a esa condición luego de la captura y esquila) y uso en cautiverio (con animales que viven cercados en módulos de distinto tamaño e intensidad de producción). Un análisis comparativo (Lichtenstein y Vilá, 2003; Vilá y Lichtenstein, 2006) y un detallado estudio de los costos económicos y beneficios para la conservación (Lichtenstein, 2006) demostraron que el manejo en cautiverio no cumplía con las metas de generar desarrollo económico para las comunidades locales, ni era un instrumento apropiado para la conservación de la especie. En la actualidad el manejo en silvestría es el modo principal de manejo. El mismo se realiza mediante *chakus* que han sido detalladamente descriptos en la bibliografía (Arzamendia *et al.*, 2010, 2012, 2014) y que consisten en un arreo de los animales realizado por personas con sogas con cintas de colores hacia un corral de esquila (Vilá, 2006; Arzamendia *et al.*, 2012). Algunos *chakus* utilizan vehículos, pero se ha demostrado el efecto negativo de los mismos (Arzamendia *et al.*, 2010).

Llamas.— La cría de llamas se realiza en el contexto de fuertes valores culturales y cosmovisión andina, donde el respeto por las

tradiciones, costumbres y la valorización del ambiente conducen las decisiones del pastor o llamero. En tal sentido existen rituales de tributo a la tierra mediante el pago de la Pachamama, el *challaco* en agosto (ofrenda a la tierra), la *chimpeada* y floreada en “la señalada” (marcado de los animales con pompones en las orejas) y la distinción de los *jañachos* (machos reproductores) con el uso del *puiso* (collar de lana de colores; Figura 3).

El sistema de cría de llamas es anual, estacional, cíclico y trashumante. El pastor se traslada junto con su rebaño a diferentes pisos altitudinales según las distintas estaciones cumpliendo un ciclo de pastoreo a lo largo del año. La finalidad es obtener el mayor aprovechamiento de la escasa oferta forrajera a través de tres sectores: una zona de “bajo” (comunidades vegetales de ríos o torrentes de agua “chillagual” o “ciénago”), otra zona “media” o “de campo” (“tolares”) y una zona de “alto” o de “serranías” de ve-

getación rala y pobre (añagua, canjlia, etc. y típica de la época de verano). En la zona del oeste o de Puna seca toman primordial importancia las zonas de vegas, que representan verdaderos oasis para el ganado. La vegetación y la disponibilidad de agua fuera de estos reducidos lugares son prácticamente nulas (Lamas, 2015). Las principales actividades del manejo de las llamas se concentran desde fines de la primavera hasta fines del verano. En este tiempo se practica el servicio, la esquila y ocurre la parición.

ASPECTOS SANITARIOS

Las vicuñas y las llamas cohabitan la Puna en gran parte de su extensión. Las modernas nociones sobre sanidad animal se pueden conceptualizar como “una única salud” (*one health*), una convergencia de múltiples disciplinas para alcanzar una salud óptima ambiental que incluye a seres



Figura 3. Llamo floreado y con puiso, de tipo *Ch'aku* de la zona de Cusi-cusi. Es un animal sin esquilar por varios años (foto H. Lamas).

humanos y animales domésticos y silvestres, e incorpora múltiples variables sanitarias en un sistema complejo integrado de producción y naturaleza; y no analizando cada enfermedad como una situación aislada de determinada especie.

En las poblaciones silvestres de vicuñas las enfermedades forman parte de una serie de factores físicos y biológicos que actúan como presiones de selección natural (Darwin, 1859). En general, en poblaciones silvestres sin introducción de agentes infecciosos exógenos las enfermedades funcionan como una presión de selección que genera fortaleza y mejora el sistema inmune. Sin embargo, en ambientes donde se introducen vectores o agentes exógenos a través de —por ejemplo— la introducción de ganado exótico, las poblaciones silvestres pueden ser más susceptibles a estos agentes previamente desconocidos, o pueden funcionar como presiones nuevas del ambiente modificado. Los camélidos silvestres y domésticos son susceptibles a infecciones virales, bacterianas y parasitarias causadas por agentes comunes, telúricos y muchas veces parte de la biota digestiva del animal, que en situaciones desfavorables (lesiones, desbalances nutricionales, estrés) se multiplican en forma desproporcionada generando la enfermedad clínica. Estas enfermedades son de carácter ambiental, es decir que dependen de factores como clima, presencia y densidad de vectores, huéspedes e intermediarios, disponibilidad de pasturas, estado nutricional e inmunológico de los camélidos, hábitos de pastoreo y carga microbiológica. Estos factores conforman una intrincada red de variables que interactúan y que deben ser estudiadas en forma conjunta para cada región en particular y que son elementos de diagnóstico de la envergadura del riesgo sanitario (Marcoppido y Vilá, 2014).

Los camélidos son susceptibles de enfermarse con patógenos de otras especies y es común encontrar anticuerpos (serología positiva) o huevos de parásitos en materia fecal, aun en animales sin ningún signo clínico (Tabla 1).

Dado que los camélidos en la Puna tie-

nen su componente silvestre (las vicuñas) y doméstico (las llamas) y cohabitan con el ganado doméstico introducido, un factor primordial es el salto de un agente infeccioso de una especie a otra. O sea, entre camélidos silvestres y domésticos y entre camélidos y ganado introducido (Ramírez, 1991). Es importante destacar que los camélidos también podrían actuar como reservorios de agentes asociados a enfermedades consideradas zoonóticas por lo cual urge la realización de monitoreos para determinar la presencia de agentes zoonóticos (Ramírez, 1991). Asimismo, el uso de herramientas biotecnológicas aplicadas a la detección de agentes infecciosos en camélidos y ganado doméstico, permitiría estudiar la dinámica y comportamiento de los mismos.

Una observación habitual en la Puna es la presencia de animales con signos de infestación por sarna sarcóptica (*Sarcoptes scabiei*) que genera costras en las zonas con poco pelo e infecciones bacterianas secundarias (Figura 4). La sarna es una causa de mortalidad importante en vicuñas (Bujaico, 2015) y debe prevenirse, evitarse y tratarse en su par doméstico, las llamas, con planes sanitarios acordes. Como se conceptualiza en este capítulo, la diferencia de esencia silvestre y doméstica entre vicuñas y llamas determina que las estrategias de manejo sean diferentes. En el caso de las vicuñas se hipotetiza que la sarna sería un componente a través del cual operan los mecanismos densodependientes de limitación poblacional asociados a las temporadas de escasez alimentaria. Si la infestación con sarna fuera un factor de regulación la indicación sería “dejarlo funcionar” con una vigilancia atenta con supervisión a campo, de modo de evaluar el riesgo de que se convierta en un problema sanitario grave. En el caso de las llamas la indicación es la contraria: se deben tratar los animales afectados por sarna y prevenir el contagio con medidas profilácticas, especialmente si hay vicuñas en la zona.

Un correcto control sanitario de un hato de llamas incluye la aplicación de la vacuna anual contra las enfermedades clostridiales (mancha, gangrena, enterotoxemia y téta-

Tabla 1. Principales enfermedades que afectan a los camélidos en el noroeste argentino. La ausencia de datos sobre signos clínicos significa que los mismos no están descriptos para los camélidos sudamericanos. Referencias: LL: llama. V: vicuña. 1. Marcoppido *et al.*, 2010; 2. Marin, 2009; 3. Barbieri *et al.*, 2014; 4. Parreño y Marcoppido, 2006; 5. Puntel *et al.*, 1999; 6. Leoni *et al.*, 2000; 7. Bentancor *et al.*, 2006; 8. Marin *et al.*, 2005; 9. Brihuega *et al.*, 1996; 10. Llorente *et al.*, 2002; 11. Carletti *et al.*, 2013; 12. Cafrune *et al.*, 2001; 13. Cafrune *et al.*, 2006a; 14. Cafrune *et al.*, 2006b; 15. Cafrune *et al.*, 2014; 16. Marcoppido *et al.*, 2013; 17. Arce de Hamity y Ortiz, 2004. 18. Arzamendia *et al.*, 2012b.

Agente	Enfermedad	Grupo, género o especie	Signos clínicos	Referencias
Virus	Diarrea neonatal	Rotavirus	Diarrea. Principal causa de muerte en crías.	LL: 1, 2, 3, 4, 5 V: 1, 4
	Respiratoria	Para-influenza-3 (PI-3)	Neumonía leve o aguda, a veces asintomática	LL: 1, 2, 3, 4 V: 1, 4
	Respiratoria y reproductiva	Herpesvirus bovino (BHV-1)	Bronco neumonía	LL: 1, 2, 4, 6 V: 1, 6
		Diarrea viral bovina (BVDV)	Diarrea, descarga nasal, aborto, muerte súbita	LL: 1, 2, 4, 6 V: 1, 6
		Herpesvirus equino (EHV-1)	Ceguera, encefalitis	6
Bacterias	Enterotoxemia	<i>Clostridium perfringens</i> (A, C y D)	Diarrea, muerte súbita. Alta susceptibilidad en crías	LL: 6
	Paratuberculosis	<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	Diarrea incorcible	LL: 8
	Leptospirosis	<i>Leptospira</i> spp.	Abortos, disnea, postración	LL: 2, 8, 9, 10
Parásitos	Endoparasitosis	<i>Toxoplasma gondii</i>		LL: 2
		<i>Neospora caninum</i>		LL: 2
		<i>Sarcocystis</i>	Quistes "grano de arroz". macroscópicos localizados en músculos	LL: 2, 11
		<i>Fasciola</i> (unca o sanguaypé)	Hepatitis, anemia, anorexia	LL: 2
		<i>Lamanema</i>	Trastornos respiratorios y falla hepática	LL: 2, 13
		<i>Trichuris</i>	Anemia, emaciación	LL: 2 V: 14
		<i>Capillaria</i>	Pérdida de peso, diarrea	LL: 2 V: 14
		<i>Nematodirus</i>	Enteritis	LL: 2, 12
	Ectoparasitosis	<i>Strongyloides</i>	Diarrea	LL: 2
		<i>Cestodes</i>	Pérdida de peso	LL: 2
		<i>Eimeria</i> spp.	Anorexia, pérdida de peso, diarrea, muerte súbita	LL: 2 V: 14, 15
		<i>Trichostrongylus</i>	Anorexia, pérdida de peso, diarrea	LL: 2
		<i>Cooperia</i>		LL: 12
		<i>Haemonchus</i>	Anemia, pérdida de peso, emaciación y muerte	LL: 16
		<i>Amblyomma parvitarsum</i> (garrapata)	Anemia (infestaciones masivas)	LL: 2, 17
	<i>Microthoracius</i> (piojo)			LL: 2, 17 V: 18
			Anemia (infestaciones masivas)	LL: 2, 17 V: 18
		<i>Sarcopetes scabiei</i> (sarna)	Lesiones costrosas en zonas con poco pelo, infecciones secundarias, debilitamiento, en algunos casos muerte.	LL: 17 V: 18



Figura 4. Vicuña infestada con sarna (foto B. Vilá).

nos) en hembras preñadas en el último tercio de gestación, crías de 15 días de vida y adultos en épocas previas a la esquila (Ramírez, 1991). En caso de que el veterinario zonal lo indique, se deberá vacunar contra rabia y leptospirosis. En Argentina no existen vacunas formuladas para camélidos y deben usarse las vacunas utilizadas en pequeños rumiantes.

INTERACCIONES ALIMENTARIAS ENTRE LLAMAS, GANADO Y VICUÑAS

Las vicuñas son principalmente pastoreadoras con preferencias alimentarias determinadas por la disponibilidad, la época del año, la predación y el acceso a fuentes de agua (Cajal, 1989; Arzamendia *et al.* 2006, 2015;

Mosca y Puig 2010; Borgnia *et al.*, 2010; Franklin, 2011; Rojo *et al.*, 2012; Donadio y Buskirk, 2016). Al menos 74% de las vicuñas argentinas habitan las provincias más septentrionales y especialmente las poblaciones de Jujuy y Catamarca comparten en mayor o menor medida el hábitat con llamas y ovejas. La superposición alimentaria entre herbívoros silvestres y domésticos es un típico tema a analizar en escenarios de conservación (Gordon, 2000; du Toit, 2011; Odadi *et al.*, 2011). Habitualmente, los pastores llevan su ganado a las vegas y las vicuñas suelen ser desplazadas a ambientes subóptimos, lo que puede malinterpretarse como el “hábitat natural” (u “original”) de esta especie y no la consecuencia del desplazamiento. Un es-

tudio en Laguna Blanca, Catamarca (Borgnia *et al.*, 2006, 2008, 2010) mostró que distintas especies de herbívoros (vicuñas, llamas, ovejas, burros y vacas) se superpusieron en el consumo de algunas plantas y unas pocas de éstas, particularmente gramíneas, fueron ampliamente consumidas por todos. Aunque las vicuñas prefirieron forrajar en las vegas, su ocupación por el ganado desplazó a las vicuñas a ambientes menos preferidos en los cuales funcionó como una especie más generalista, incluso como ramoneadora facultativa (Borgnia *et al.*, 2006, 2008, 2010). En Jujuy se encontró una relación inversa entre la cantidad de ganado y el número de vicuñas, en Cieneguillas (Arzamendia *et al.*, 2006) y en Suripugio (Rojo *et al.*, 2012). En estudios en Bolivia (Muñoz *et al.*, 2015) se determinó que el pastoreo de las alpacas en altas densidades (al menos 100 animales por km^2) tiene un efecto negativo en la vegetación generando una sustitución de especies vegetales hacia las no palatables, mientras que el pastoreo de las vicuñas no generó ningún efecto negativo. En Santa Catalina se confirmó el patrón de segregación entre vicuñas y ganado, excepto con un único tipo de asociación vicuña-llama, en el cual vicuñas y llamas (estas últimas en densidades aproximadas, entre 10 y 40 animales por km^2) pueden pastorear sin interacciones agresivas ni exclusión, lo que permitiría un interesante potencial de desarrollo integrado con ambas especies de camélidos (Arzamendia y Vilá, 2015). Cuando el ganado desplaza a las vicuñas, éstas pueden aprovechar la vegetación más pobre de las zonas marginales, dada su coevolución con plantas de la estepa puneña.

ASPECTOS PRODUCTIVOS

Vicuñas.— La vicuña es susceptible de esquila en vivo motivo por el cual se han desarrollado técnicas de captura y manipulación que minimizan el estrés y la mortalidad (Bonacic *et al.*, 2006; Gimpel y Bonacic, 2006; Arzamendia *et al.*, 2010). Para planificar una captura local se deben cumplir ciertas condiciones (Baldo *et al.*, 2013), in-

cluyendo una densidad mínima de animales (de aproximadamente 8-9 vicuñas por km^2) habituados a la presencia humana, una organización comunal que se comprometa y realice las tramitaciones correspondientes ante las autoridades de aplicación provinciales y un grupo científico técnico que avale la iniciativa mediante estudios demográficos y de uso de hábitat.

En la Tabla 2 se presentan datos del último Informe-país presentado (2017) de la fibra obtenida en las esquilas de Jujuy y Catamarca. La producción de fibra derivada de manejo en cautiverio es del 7,7% y casi el 70% de la fibra es obtenida por empresas privadas en Catamarca, siendo algunas de capitales extranjeros. En el Informe-país se omite la razón social de las mismas. La empresa italiana Loro Piana, productora de prendas finas ingresó a la provincia en 2013 obteniendo el permiso de esquila y comercialización.

Llamas.— La ganadería llamería conserva sus aspectos pastoriles tradicionales observándose áreas de mayor desarrollo. En la actualidad se producen en el país aproximadamente 30 toneladas de fibra anuales (Lamas, datos no publicados). En la Puna argentina, es habitual la definición de dos grandes zonas con un gradiente decreciente de precipitaciones y productividad desde el noreste hacia el sudoeste. Son éstas la Puna húmeda (Yavi-Santa Catalina-Cochinoca-La Quiaca) y la Puna seca (Susques hacia el suroeste, incluyendo Salta y Catamarca). Los mayores recursos económicos se ubican en la Puna húmeda, con un sistema de producción de más ovinos y menos camélidos (ovinos/camélidos, de acuerdo al mayor número de cabezas) y con buena capacidad de generar excedentes comercializables. La Puna seca presenta un sistema de producción camélidos/ovinos y poca capacidad de generar excedentes comercializables (Lamas, 2015b). Las llamas se suelen criar en “hatos múltiples”, formados por varias especies incluyendo ovejas y cabras.

En la Puna de Jujuy, a partir del estudio de 209 explotaciones agropecuarias (el

Tabla 2. Capturas de vicuñas en las provincias de Jujuy y Catamarca en los años 2015 y 2016. Se describe la institución que realiza el manejo, la cantidad de capturas, la cantidad de vicuñas esquiladas sobre las capturadas (E/C), la cantidad de fibra obtenida, el subtotal por tipo de institución (comunidad, cooperativa o empresa) y el total del año de fibra de vicuñas silvestres por provincia. En la provincia de Jujuy, el año 2015 la CAMVDY (Comunidades Aborigenes Manejadoras de Vicuñas del Departamento Yavi) y la Comunidad Aborigen de Lagunillas del Farallón, capturaron en: Límite Escobar-Cholacor, Baylomita, Ciénego Grande, Abra Colorada y Lagunillas del Farallón. En el año 2016, las capturas fueron en: Inticancha, Cholacor, Collajo, Achicorial, Escalera, Escobar, La Aguada, Pijuni, Ciénego Grande, Ciénego. En la provincia de Catamarca, la Cooperativa A capturó en: Laguna Blanca, Las Retamas y Salinas Grandes; Cooperativa B capturó en: La Lagunita; Cooperativa C capturó en: vega de Calalaste. La empresa D capturó en: Laguna Pasto Ventura, Laguna Colorada, Las Quebradas, Vega de Pasto Ventura, Laguna El Morado y en 2016 se agrega La Cieneguita; y la empresa E capturó en: Las Peladas, Las Grutas y Chucula. Las empresas catamarqueñas decidieron asociarse en 2015 y continúan en la actualidad (Contrato Asociativo Rural). (*) Sólo hembras. (**) Solo primera esquila de las nacidas en 2015. Fuente: Informe País de Argentina a la XXXIII Reunión Ordinaria del Convenio de la Vicuña realizada en Cusco, Perú.

Provincia	Año	Institución	Capturas	EC	Fibra (kg)	Subtotal	Total (kg/año)
Jujuy	2015	Comunidad	5	488/745	116,31	116,31	194,1
		Cautiverio INTA	3	349*/976	77,79	77,79	
	2016	Comunidad	11	576/810	136,59	136,59	259,39
		Cautiverio INTA	6	554**/1.175	122,88	122,88	
Catamarca	2015	Cooperativa A	3	507/588	112,435		
		Cooperativa B	1	70/70	30,33	221,263	
		Cooperativa C	1	40/56	31,545		
		Empresa D	5	1.229/1.255	489,03	842,03	1.063,308
		Empresa E	3	856/889	353,00		
	2016	Cooperativa A	3	323/564	82,81		
		Cooperativa B	1	41/41	16,325	108,32	
		Cooperativa C	1	36/38	9,185		
		Empresa D	6	1.657/1.730	683,46	980,09	1.088,41
		Empresa E	3	697/735	296,63		

7% del total de esta área) pertenecientes a los cinco departamentos de esta provincia (Yavi, Santa Catalina, Rinconada, Cochinoca y Susques), se encontró un valor medio de composición del “hato múltiple” de 61% de ovinos, 26% de llamas y 11% de caprinos (Paz *et al.*, 2011).

La esquila de llamas se realiza a partir de mediados de octubre en zonas de la Puna húmeda, posteriormente a la esquila de ovinos. En la Puna seca la esquila es estacionalmente más tardía y se realiza en verano. Nunca se esquila luego de marzo dado que los animales corren el riesgo de morir por hipotermia (debido a golpes de frío invernales tempranos, lluvias, granizo y nevadas). El período entre esquilas (inter-esquilas) suele ser de dos o tres años. Es fundamental

que el largo de mecha sea mayor a los 7 centímetros para hilarlo sin problemas. En general la esquila se realiza en condiciones básicas sin tomar los recaudos necesarios para obtener un producto de buena calidad. Se realiza sobre el piso, con tijera manual o hasta con “rutuna” (chapa de hojalata o latón afilado).

En 1995 surgió en Jujuy un sistema de acopios comunales (colección de la fibra posterior a la esquila), a partir de la organización de los productores. De acuerdo a la implementación del acondicionamiento, clasificación y tipificación de la fibra, se reconocen 28 tipos de fibra con valor comercial. La asociación Acopios de Comunidades Andinas (ACA) es la unión de las Cooperativas Agroganaderas de Río Grande de San Juan,

El Toro, Pumahuasi y Cangrejillos a los que se sumó en 2008 la Asociación Cooperadora CEA INTA de Abra Pampa. ACA busca incluir al productor ganadero en forma directa en las transacciones comerciales de la fibra de llama —y por ende en sus beneficios— relacionando el sector de la oferta (ganaderos) con el sector de la demanda (industria textil), y favoreciendo también las posibilidades de sumar valor agregado (Lamas, 2015a). Este mecanismo asegura calidad, cantidad y continuidad en la provisión de fibra y enfrenta la desigualdad social de posibilidades de negociación implícita en el sistema de intermediación, debido a que la fibra es obtenida en numerosas, pequeñas y dispersas explotaciones pecuarias resultando en una producción atomizada. En otras palabras, busca normalizar y socializar el precio del producto mediante la distribución equitativa de su renta. Además, los productores asociados han comenzado procesos de agregado de valor de la fibra, no sólo a nivel artesanal (lo cual siempre sucedió en mayor o menor grado) sino también a nivel industrial, articulándose con la industria de transformación de vellón en hilo y telas. En los últimos años un 10-20% de la fibra acopiada se ha destinado a experiencias de transformación, produciendo hilo que se vende a grupos artesanales de Ruta 11 y Abra Pampa (Jujuy) y San Antonio de los Cobres y Seclantás (Salta). En 2011 se elaboraron *tops* (se somete a la fibra a la acción de las máquinas peinadoras y estiradoras, produciendo bobinas de fibra uniforme). A partir del *top*, con un mayor estirado, torsión y plegado se obtienen los hilos. Se requiere desarrollar nuevas combinaciones de fibra de llama con lanas finas y superfina, así como nuevas combinaciones de colores, orientado a diferentes usos, destinos comerciales y niveles de calidad, tanto artesanales como industriales. Este trabajo iniciado en Jujuy se ha extendido a Salta con la finalidad de llegar al desarrollo de un sistema oficializado tal como el programa PROLANA (Programa para el mejoramiento de la calidad de la lana).

En cuando a las artesanías de lana de llama se ha observado una mejora sustancial

de calidad, ya que se obtuvo mayor reconocimiento en el mercado textil de consumo turístico. Estos logros son liderados por la Cooperativa Punha de Abra Pampa, la Red Puna de Jujuy, los artesanos de San Antonio de los Cobres, la Asociación de Artesanos San Pedro Nolasco de Molinos, el Proyecto Artesanal CUM de Salta y las artesanas de Belén, Antofagasta de la Sierra y Laguna Blanca de Catamarca, por citar algunos ejemplos de emprendimientos destacados. Estas organizaciones promueven mayores estándares de calidad, con un sistema de catálogos y con comercialización directa en los mercados nacionales e internacionales.

La llama no sólo se utiliza como productora de fibra, sino también de carne. La faena es una actividad de la familia campesina. Es ejecutada por el hombre de la casa si está presente, pero es la mujer, responsable y conocedora de los animales, la que decide el animal a faenar. Existen dos tipos de faenas durante el año: la faena mayor y la faena forzada. La faena mayor se efectúa entre los meses de marzo a julio, que coincide con el final de la época lluviosa (verano) y el inicio de la escasez de pastos. Los animales suelen presentar su mejor condición. Los mejores animales generalmente se venden en pie, ya sea como vientres (hembras) o como reproductores (machos), mientras que el resto se faena y su carne se destina a la venta como carne fresca o para la elaboración de charqui (carne seca salada). La faena forzada es aquella que se realiza durante crisis climáticas extremas y además para hacer frente a las necesidades de la familia o a los compromisos sociales, de la comunidad y comedores municipales e infantiles de la localidad.

En la estrategia de vida puneña se puede señalar que mientras la carne del ovino es el recurso con el que la familia afronta los gastos diarios, la carne de llama es el recurso con el cual se afrontan las emergencias, las crisis, algún largo viaje, la curación, tratamiento u operación que demanda una gran inversión de dinero. Tal es la relación económica y financiera de los distintos ganados criados en la zona. En general la faena y la venta de la carne de llama se realizan

en condiciones deficientes de higiene y sin control sanitario, lo que limita su consumo y determina su menor precio.

El pequeño productor participa en tres procesos económicos en relación con la carne de llama: el autoconsumo, el trueque y la compra-venta. La cadena de comercialización está fuertemente afectada por la intermediación. Los cueros se venden por unidad, esquilados o sin esquilar, o por kilo en atados.

En la provincia de Jujuy pueden reconocerse diferentes zonas de producción, con “excedentes comercializables” en la Puna húmeda principalmente en la zona de Pozuelos, el sector de la cuenca de la Intermedia, la cuenca de Miraflores. Sin bien otros sectores producen carne, no lo hacen con la cantidad de los lugares citados. En estos sectores operan estratégicamente los intermediarios cuyo número ha aumentado considerablemente en los últimos años debido al aumento de la demanda. La carne de llama es conocida por tener un mayor contenido de proteínas y menor contenido de grasa en relación con la carne vacuna. Con un 24,82% de proteína la carne de llama supera al pollo, vaca y conejo (con aproximadamente 21%) y al cerdo y oveja (con aproximadamente 19%). La carne de llama argentina muestra un bajo contenido de grasa (3,51%) y de colesterol (52,0 mg/100 g) (Coates y Ayerza, 2004). En relación a los ácidos grasos esta carne contiene el 50,34% de ácidos saturados, 42,48% de monoinsaturados y 7,2% de poliinsaturados, lo que la convierte en una alternativa saludable dentro de las carnes rojas (Polidori *et al.*, 2007). La tendencia hacia una “carne sana” tiene crecientes adeptos que brindan un lugar de privilegio a la llama en la gastronomía *gourmet* de los circuitos turísticos del NOA con un nicho de mercado nacional e internacional. Se destaca la utilización de herramientas tales como las “Denominaciones de Origen” y los “Certificados de Calidad”. Sin embargo hay que ser cuidadoso y tener especial atención en mantener un equilibrio entre la producción y la demanda de carne, ya que si la tasa de saca o faena de animales supera la tasa de reproducción,

la población de llamas de la zona iría en un continuo descenso.

RIESGOS Y DESAFÍOS PARA LA CONSERVACIÓN DE CAMÉLIDOS EN LA PUNA

Vicuñas.— Como se desprende del relevamiento de fuentes oficiales del informe país al Convenio de la Vicuña, se desconoce el número de vicuñas que habitan en Argentina. El último censo se realizó en 2006. Esto implica el riesgo de tomar decisiones basadas en datos inciertos y el desafío de realizar un censo actualizado y comparable entre provincias.

En la actualidad la vicuña sigue necesitando acciones de conservación, ya que el recrudecimiento de la caza furtiva es una realidad andina, especialmente en Bolivia (Montaño y Huallata Ibarra, 2014) donde el mercado de El Alto, en La Paz, tracciona fibra ilegal desde el norte de Argentina. Observaciones realizadas por Montaño y Huallata Ibarra (2014) indicaron la presencia en El Alto de fibra clara de la subespecie *V. v. vicugna* que es poco abundante en Bolivia y la única presente en Argentina. A esta situación se le suman las dificultades de comercialización de pequeños volúmenes de fibra por parte de las comunidades y cooperativas y los trámites engorrosos que incluyen, entre otras obligaciones, tener que viajar a Buenos Aires a realizar trámites en oficinas nacionales.

Es fundamental además, que los manejos se realicen bajo estrictas normas de bienestar animal (Arzamendia *et al.*, 2014), tal como las señaladas en el documento sobre criterios de bienestar animal para el manejo de la vicuña (*Vicugna vicugna*) publicado por el Grupo de Especialistas en Camélidos Silvestres de la IUCN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Bonacic *et al.*, 2009) y evitar las consecuencias negativas de mortalidad de animales (casi nunca reportadas o subreportadas) o de disgregación de los grupos familiares (Sarno *et al.*, 2009). Los manejos improvisados y la falta de acciones para el bienestar animal en las

capturas pueden ocasionar mortalidad de las vicuñas, animales con alta susceptibilidad al estrés (Bonacic *et al.*, 2006; Gimpel y Bonacic, 2006). A pesar de que hay disponibilidad de documentos con técnicas sobre criterios de manejo especialmente diseñados para las comunidades (Baldo *et al.*, 2013), estas técnicas no siempre se llevan a cabo, ni son exigidas.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la necesidad de independencia de los organismos de control y autoridades de aplicación respecto al manejo de las vicuñas. Su rol de promotores y observadores imparciales e independientes de la actividad, muchas veces se confunde cuando están a cargo de planes de manejo y de capturas que la misma institución debe supervisar, convirtiéndose así en “juez y parte”.

Además, existe preocupación de observadores internacionales, como se señala en la resolución 355/2013 del Convenio de la Vicuña que propone “solicitar a los países signatarios del Convenio que se pronuncien tan pronto como sea posible sobre casos de autorizaciones de aprovechamiento de la fibra de vicuña otorgadas a empresas o personas particulares extraandinas y, si corresponde, amplíen la información sobre estas autorizaciones”. Asimismo, el convenio solicita “pedir a la Comisión Técnico-Administradora del Convenio de la Vicuña explicar los criterios técnicos, sociales y legales para la definición de los beneficiarios del aprovechamiento de la vicuña”. Estos observadores señalan que, al brindarle a una empresa extranjera el usufructo de las vicuñas en Catamarca, el gobierno provincial ha transgredido el artículo 1 del Convenio de la Vicuña que establece que los beneficios del manejo deben ser para el poblador local.

Estas ideas han sido discutidas por Sahley (2004, 2007) en relación a las tradiciones precolombinas y al neoliberalismo, donde la autora señala que las condiciones de manejo con animales silvestres que pueden ser esquilados en vivo, asociadas con el desarrollo de comunidades indígenas, es una gran oportunidad y una base sumamente atractiva para el estilo de los nuevos mercados ecoamiga-

bles. La autora en sus trabajos contrasta esta potencialidad con la realidad expresada en las múltiples dificultades para el manejo y la venta de la fibra por parte de las comunidades. Esta dificultad de comercialización y la alta polaridad social entre los productores y consumidores de la fibra que genera intensas dificultades es también señalada por Lichtenstein (2010) con un análisis de los inconvenientes de la comercialización.

A modo de conclusión, el desafío en relación con el manejo de las vicuñas pasa por un control estricto del furtivismo, la utilización de técnicas de bienestar animal en los manejos, la independencia de roles institucionales entre los hacedores de los manejos y los supervisores de los mismos, el establecimiento de pautas claras para la comercialización de la fibra por parte de comunidades y cooperativas y el cumplimiento del artículo 1 del Convenio de la Vicuña. Todas estas cuestiones abarcadas desde un campo con numerosos actores y un fecundo diálogo de saberes locales y científicos.

Llamas.— Como se mencionó anteriormente, las aproximadamente 200.000 llamas de la Puna argentina corresponden a unas 2.800 unidades productivas que pastorean en 87.036 km². A este escenario se suman las grandes distancias entre los pequeños productores (dispersos y aislados) y los principales centros urbanos, la deficiente infraestructura de caminos y comunicaciones y otras condiciones que afectan a la región. Estas condiciones han gestado y sostenido históricamente una estructura comercial marcada por una fuerte intermediación que concentra los numerosos y pequeños lotes de productos obtenidos a bajo precio, ya que el histórico de la fibra de llama no supera los 2 US\$/kilogramo para la fibra sin clasificar (Lamas, 2015b). Este es un rasgo común para los mercados de fibra, carne y cuero de la llama, como lo es también para otros productos de la Puna (lana, carne y cuero de ovinos, carne y cuero de vaca) (Lamas, 2015b). Además del empobrecimiento que esto implica, genera falta de motivación en los pequeños productores para realizar un

manejo y producción que mejore la calidad de sus planteles. Esta situación puede remediararse desde el trabajo comunal cooperativista, como el realizado por los productores de la cuenca del río Grande de San Juan, en Jujuy, quienes hace más de 20 años iniciaron la mejora genética de sus tropas de llamas a fin de obtener una mejor calidad de sus productos, con comercialización conjunta y clasificación, lo cual llevó a triplicar el precio de su fibra. De esta manera los productores han asegurado calidad (por los criterios de acondicionamiento, clasificación y tipificación), cantidad y continuidad (por el aporte conjunto de todos los socios). Estos aspectos han interesado al sector de la demanda por iniciar tratativas más equitativas y justas. La concientización y adopción de estos procesos organizativos son lentas y difíciles de sostener en el tiempo. Este sería el único camino que permite compensar la producción atomizada, el aislamiento y la dispersión. Cada uno aporta su pequeña producción, la que al sumarse logra reunir lotes significativos e interesantes para el sector de la demanda. Si además se desarrolla un sistema de tipificación, se cumplen las tres condiciones de los mercados: disponer de calidad, cantidad y continuidad. El proyecto mencionado anteriormente, Acopios Andinos, funciona en este sentido y algunos de sus resultados se reflejan en que: a) a la fecha se han realizado al menos 15 acopios comunales, b) entre 1996 y 2007 se han concretado 10 acopios con la comercialización de 42.608 kg de fibra de llama debidamente acondicionados, clasificados y tipificados, c) bajo estos estándares de calidad se ha triplicado el precio en relación con el ofrecido por los intermediarios, d) se han logrado acuerdos comerciales con 10 empresas textiles de Argentina, e) a partir de 2008 se han procesado y comercializado al menos 5.000 kg de hilos de diversos títulos y colores, f) al comercializar hilos se ha logrado mejorar el ingreso hasta en seis veces sobre el precio de las barracas de la fibra de la Puna de Jujuy, g) actualmente artesanos de las provincias de Jujuy y Salta son los principales clientes en hilos de Acopios de Comunidades Andinas, h) son cinco

organizaciones que trabajan actualmente en forma conjunta y asociativa entre ellas a fin de apoyarse mutuamente fortaleciéndose en el mercado (Lamas, 2015b).

Existen avances en la cría y producción de llamas pero aún existen numerosos desafíos, como la mejora de la producción de la fibra, carne y cuero, prácticas innovadoras de manejo, introducción de tecnología, mejora genética e inversión en infraestructura. Los puntos clave respecto de la producción de fibra son la transformación y comercialización. La llama además de ser la base del sustento y del autoconsumo de los pobladores puneños es hoy altamente valorada en el comercio de fibras especiales extra-andinas y como un producto *gourmet* para el sector gastronómico. Las instituciones provinciales y nacionales de apoyo técnico y de financiamiento deben respaldar a los productores en el acceso al crédito, capacitación e información, pilares básicos para poder realizar la cría, la transformación y comercialización de productos de llama.

Dentro de los aspectos generales que influyen en la conservación y sustentabilidad de los camélidos (tanto domésticos como silvestres) existen algunos riesgos comunes, como los efectos directos (contaminación de fuentes de agua, disturbios acústicos y del hábitat) e indirectos de la minería, por su inmensa capacidad de absorber personal. La actividad minera promovida desde los gobiernos, ha quitado a las unidades productivas de otros sectores mano de obra especializada, generando una migración todavía no estudiada ni cuantificada. No hay territorio de la Puna argentina que quede fuera de este problema. No sólo se han perdido pastores, sino personas capacitadas en esquila, clasificación, elaboración de productos artesanales, gestión y liderazgo de las organizaciones campesinas.

Según estudios comparativos realizados (González, 2014) si bien la minería tiene un aporte al fisco por regalías que es muy superior a otras actividades, ocupa poca mano de obra y no garantiza el manejo sustentable de los recursos naturales (como la agroganadería). Además, el Estado dirige esfuerzos

y otorga incentivos cuando las ganancias de estas empresas son remitidas al exterior; mientras que la agroganadería no cuenta con una comercialización ni planes de capitalización regulados o asistidos por el Estado que permitan el crecimiento de las familias y grupos dedicados a estas actividades. Mientras que la minería se encuentra regulada desde el ámbito nacional e internacional, con un marco de estabilidad importantísimo, la ganadería cuenta con programas de asistencia técnica y promoción de instituciones nacionales o provinciales irregulares por su duración y recursos disponibles, muy ligados a la dedicación personal de quienes los llevan adelante. Una de las claves sería que las empresas mineras eligen dónde invertir, y los campesinos simplemente desarrollan su actividad donde viven y con los recursos (naturales, financieros, políticos) que tienen al alcance.

La diversificación ha sido una de las estrategias de sobrevivencia de las comunidades andinas y la ganadería provee esta diversificación con una producción de fibra, carne, cuero y sus derivados. El apoyar solamente al sector minero y no hacerlo en forma semejante con el sector agroganadero, que ha sido el sustento milenario de las comunidades andinas es una visión estrecha y lineal que no ayuda a un desarrollo integral del ambiente puneño.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto PICT 0479-13 de la Agencia de Promoción Científica del MINCyT. B. Vilá y G. Marcoppido agradecen la colaboración institucional de CONICET y VICAM. H. Lamas agradece la colaboración institucional del Instituto de Biología de la Altura e INTA. Agradecemos a los colegas miembros de VICAM: Y. Arzamendia, J. Baldo, V. Rojo por sus aportes a la investigación del equipo en vicuñas.

LITERATURA CITADA

Arce De Hamity M., Ortiz F. 2004. Morfología de los estados inmaduros de *Microthoracioides mazzai* (Phthiraptera: Anoplura:

- Microthoraciidae*). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 63: 1-2.
- Arzamendia Y., Vilá B. 2015. *Vicugna* habitat use and interactions with domestic ungulates in Jujuy, Northwest Argentina. Mammalia, 79: 267-278.
- Arzamendia Y., Baldo J., Vilá B. 2012a. Lineamientos para un Plan de Conservación y Uso Sustentable de Vicuñas, en Jujuy, Argentina. EDIUNJU, San Salvador de Jujuy, Jujuy, 165 pp.
- Arzamendia Y., Bonacic C., Vilá B. 2010. Behavioral and physiological consequences of capture for shearing vicuñas in Argentina. Applied Animal Behaviour Science, 125: 163-170.
- Arzamendia Y., Cassini M., Vilá B. 2006. Habitat use by vicuñas, *Vicugna vicugna*, in Laguna Pozuelos Reserve (Jujuy, Argentina). Oryx, 40: 198-203.
- Arzamendia Y., Baldo J., Rojo V., Samec C., Vilá B. 2014. Manejo de vicuñas silvestres en Santa Catalina, Jujuy: Investigadores y pobladores en búsqueda de la sustentabilidad y el buen vivir. Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Series Especiales, 2: 8-23.
- Arzamendia Y., Neder L. E., Marcoppido G., Ortiz F., Arce M., Lamas H., Vilá B. 2012b. Effect of the prevalence of ectoparasites in the behavioral patterns of wild vicuñas (*Vicugna vicugna*). Journal of Camelid Science, 5: 105-117.
- Baigún R. J., Bolkovic M. L., Aued M. B., Li Puma M. C., Scandalo R. C. 2008. Manejo de fauna Silvestre en la Argentina: primer Censo Nacional de Camélidos Silvestres al norte del Río Colorado. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires, 62 pp.
- Barbieri E., Rodríguez D., Marin R., Setti W., Romero S., Barrandeguy M., Parreño V. 2014. Relevamiento serológico de anticuerpos contra enfermedades virales de interés sanitario en llamas (*Lama glama*) de la provincia de Jujuy, Argentina. Revista Argentina de Microbiología, 46: 53-57.
- Baldo J., Arzamendia Y., Vilá B. 2013. La vicuña: manual para su conservación y uso sustentable. Edición CONICET, Buenos Aires, 77 pp.
- Betancor A., Blanco C., Degregorio O. 2006. Evaluación de enterotoxina en tipos de *Clostridium perfringens* aislados de materia fecal de llamas. IV Congreso Mundial sobre Camélidos. Actas: 38, Santa María, Catamarca.

- Bonacic C., Arzamendia Y., Marcoppido G. 2009. Criterios de bienestar animal para el manejo de la vicuña (*Vicugna vicugna*). http://camelid.org/wp-content/uploads/2016/04/ba_vicunias_2012.pdf. Accedido 2/12/2016
- Bonacic C., Feber R. E., Macdonald D. W. 2006. Capture of the vicuña (*Vicugna vicugna*) for sustainable use: animal welfare implications. *Biological Conservation*, 129: 543-550.
- Borgnia M., Vilá B., Cassini M. 2008. Interaction between wild camelids and livestock in an Andean semidesert. *Journal of Arid Environments*, 72: 2150-2158.
- Borgnia M., Vilá B., Cassini M. 2010. Foraging ecology of vicuñas (*Vicugna vicugna*) in dry Argentinean Puna. *Small Ruminant Research*, 88: 44-53.
- Borgnia M., Maggi A., Arriaga M., Aued B., Vilá B., Cassini M. 2006. Caracterización de la vegetación en la Reserva de Biosfera Laguna Blanca (Catamarca, Argentina). *Ecología Austral*, 16: 29-45.
- Brihuega B., Leoni L., Martínez Vivot M. 1996. Leptospirosis en llamas (*Lama glama*): estudio serológico. *Revista Argentina de Producción Animal*, 16: 393-396.
- Bujaico M. 2015. Control y tratamiento de sarna en vicuñas de la Comunidad Campesina de Lucanas Reserva Nacional de Pampa Galeras. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 17: 417-420.
- Cajal J. L. 1998. Uso de hábitat por vicuñas y guanacos en la Reserva de Biosfera de San Guillermo. En: J. L. Cajal, J. C. 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 Biosfera*. FUCEMA, UNESCO, Montevideo, Uruguay, pp. 153-165.
- Cafrune M. M., Aguirre D. H., Rickard L. G. 2001. First report of *Lamanema chavezii* (Nematoda: Trichostrongyloidea) in llamas (*Lama glama*) from Argentina. *Veterinary Parasitology*, 97: 165-168.
- Cafrune M. M., Marin R. E., Aued G. T., Aguirre D. H. 2006a. Coprología parasitaria en llamas (*Lama glama*) de la Puna de Jujuy, Argentina. IV Congreso Mundial sobre Camélidos. Actas. 43, Santa María, Catamarca, Argentina.
- Cafrune M. M., Salatin A. O., Pivotto R.A., Rigalt F., Vera R. E., Ruiz H. M., Aguirre D.H. 2006b. Coprología parasitaria en vicuñas (*Vicugna vicugna*) de la Reserva Laguna Blanca, Catamarca, Argentina. IV Congreso Mundial sobre Camélidos. Actas: 44. Santa María, Catamarca, Argentina.
- Cardozo A. 1954. Auquénidos. Editorial Centenario. La Paz, Bolivia, 284 pp.
- Carletti T., Martín M., Romero S., Morrison D. A., Marcoppido G., Florin-Christensen M., Schnittger, L. 2013. Molecular identification of *Sarcocystis aucheniae* as the macrocyst-forming parasite of llamas. *Veterinary Parasitology*, 198: 396-400.
- Coates W., Ayerza R. 2004. Fatty acid composition of llama muscle and internal fat in two Argentinian herds. *Small Ruminant Research*, 52: 231-238.
- Darwin Ch. 1859. *The origins of species by mean of natural selection*. Murray. London, 490 pp.
- 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.
- du Toit J. T. 2011. Coexisting with cattle. *Science*, 333: 1710-1711.
- Franklin W. 2011. Orden Artiodactyla. Family Camelidae (camels). En: D. E. Wilson y R. A. Mittermeier (eds.), *Handbook of the mammals of the world. 2. Hoofed Mammals*. Lynx Editions, Barcelona, España, pp. 206-246.
- Gimpel J., Bonacic C. 2006. Manejo sostenible de la vicuña bajo estándares de bienestar animal. En: B. Vilá (ed.), *Investigación, Conservación y Manejo de Vicuñas*. Proyecto MACS, Buenos Aires, Argentina, pp. 113-132.
- González N. 2014. Niveles de articulación territorial. El caso de la Cooperativa Cuenca de Río Grande de San Juan (Jujuy, Argentina). En: A. Benedetti y J. Tomasi (eds.), *Espacialidades andinas*. Instituto Interdisciplinario Tilcara, UBA, Buenos Aires, pp. 279-308.
- Gordon C. E. 2000. The coexistence of species. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73: 175-198.
- Informe-país: Argentina. 2017 para la XXXIII Reunión ordinaria del Convenio de la Vicuña. Cusco, Perú. Buenos Aires, 70 pp.
- Koford C. B. 1957. The vicuña and the Puna. *Ecological Monographs*, 27: 153-219.
- Laker J., Baldo J., Arzamendia Y., Yacobaccio H. 2006. La Vicuña en los Andes. En: B. Vilá (ed.), *Investigación, Conservación y Manejo de Vicuñas*. Proyecto MACS, Buenos Aires, Argentina, pp. 37-50.
- Lamas H. E. 1998. Una propuesta de innovación metodológica en la determinación

- de los caracteres morfológicos y morfométricos en la población de camélidos sudamericanos domésticos en la cuenca de la laguna de Pozuelos. En: J. L. Cajal, J. C. Fernández y R. Techchi (eds.), *Bases para la Conservación y Manejo de la Puna y Cordillera Frontal de Argentina. El Rol de las Reservas de Biosfera*. FUCEMA, UNESCO, Montevideo, Uruguay, pp. 2-11.
- Lamas H. 2011. Importancia actual e histórica de la ganadería de altura. En: D. Roisinblit (ed.), *Mapa del dDesarrollo de Jujuy. Programa de Fortalecimiento de la Dirección Provincial de Planeamiento, Estadística y Censos*. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación, DIPPEC-BID-PROFIP, Buenos Aires, pp. 355-416.
- Lamas H. 2015a. Experiencias de acopio comunal de fibra de llama acondicionada, clasificada y tipificada en la Puna de Jujuy. Periodo 1995-2006. En: F. Sossa Valdez (ed.), *Desarrollo y Extensión Rural en la Región Andina*, Ediciones INTA, Abrapampa, Jujuy, pp. 233-263.
- Lamas H. 2015b. Sistemas de producción de camélidos en la Puna. Simposio Proceso de formación de agua de la Puna. Ministerio de la Producción de Jujuy – INTA – IPAF INTA. San Salvador de Jujuy, 6 pp.
- Leoni L., Cheetham S., Lager I., Parreño V., Fondevila N., Rutter B., Martínez V., Fernández F., Schudel A. 2000. Prevalencia serológica de anticuerpos contra enfermedades virales del ganado en llama (*Lama glama*), guanaco (*Lama guanicoe*) y vicuña (*Vicugna vicugna*). II Latinoamerican Congress of especialist in small ruminant and South American camelids. Mérida, México.
- Lichtenstein G. 2006. Manejo de Vicuñas en Cautiverio: El modelo de criaderos del CEA INTA Abra Pampa (Argentina). En: B. Vilá (ed.), *Investigación, Conservación y Manejo de Vicuñas*. Proyecto MACS, Buenos Aires, Argentina, pp. 133-146.
- Lichtenstein G. 2010. Vicuña conservation and poverty alleviation? Andean communities and international fibre markets. *International Journal of the Commons*, 4: 100-121.
- Lichtenstein G., Vilá B. 2003. Vicuna use by Andean communities: an overview. *Mountain Research and Development*, 23: 198-202.
- Marcoppido G., Vilá B. 2014. Manejo de llamas extraandinas. Observaciones que contribuyen a su bienestar en un contexto no originario. *Revista Argentina de Producción Animal*, 33: 139-154.
- Marcoppido G., Parreño V., Vilá B. 2010. First serological survey of antibodies against pathogenic viruses in a wild vicuña (*Vicugna vicugna*) population in the Argentinean Andean altiplano. *Journal of Wildlife Diseases*, 46: 608-614.
- Marcoppido G., Venzano A., Schapiro J., Funes D., Rossetti C. 2013. *Haemonchus-induced anemia in llamas (Lama glama)* from Argentina. *International Journal of Veterinary Science*, 2: 111-114.
- Marin, R. E. 2009. Prevalencia sanitaria en llamas (*Lama glama*) de la provincia de Jujuy, Argentina. Proyecto FAO N° 2552/07. Sitio Argentino de Producción Animal, San Salvador de Jujuy, 12 pp.
- Marin R. E., Romero G., Bribuega B., Auad G. T. 2005. Seroprevalencia de enfermedades infecciosas en llamas (*Lama glama*) de la provincia de Jujuy, Argentina. Sitio Argentino de Producción Animal, San Salvador de Jujuy, 4 pp.
- Marin J. C., Spotorno A. E., Wheeler J. C. 2006. Sistemática molecular y filogeografía de camélidos sudamericanos. En: B. Vilá (ed.), *Investigación, conservación y manejo de vicuñas*. Proyecto MACS, Buenos Aires, Argentina, pp. 85-100.
- Montaño R. B., Huallata Ibarra C., Velasco Coronel A. 2014. Caza furtiva de la vicuña y comercio ilegal de fibra y prendas de vestir. Proyecto VALE. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. La Paz, Bolivia, 100 pp.
- Mosca Torres M. E., Puig S. 2010. Seasonal diet of vicuñas in the Los Andes protected area (Salta, Argentina): are they optimal foragers? *Journal of Arid Environments*, 74: 450-457.
- Muñoz M., Faz A., Acosta J. A., Martínez S., Zornoza R. 2015. Effect of South American grazing camelids on soil fertility and vegetation at the Bolivian Andean grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207: 203-210.
- Odadi W. O., Karachi M. K., Abdulrazak S. A., Young T. P. 2011. African wild ungulates compete with or facilitate cattle depending on season. *Science*, 333: 1753-1755.
- Olivera D. E. 2018. Arqueología del Formativo: los inicios de la agricultura y la ganadería. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie de Conservación de la Naturaleza, 24: 297-318.

- Parreño V., Marcoppido G. 2006. Estudio de la sanidad en camélidos: avances a partir de la obtención de muestras de camélidos silvestres. En: B. Vilá (ed.), Investigación, conservación y manejo de vicuñas. Proyecto MACS, Buenos Aires, Argentina, pp. 147-164.
- Paz R., Sossa Valdez F., Lamas H., Echazu F., Califano L. 2011. Diversidad, mercantilización y potencial productivo de la Puna jujeña (Argentina). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, 82 pp.
- Perovic P. G., Trucco C. E., Tellaeché C., Bracamonte C., Cuello P., Novillo A., Lizárraga L. 2018. Mamíferos puneños y altoandinos. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 182-206.
- Polidori P., Renieri C., Antonini M., Passamonti P., Pucciarelli F. 2007. Meat fatty acid composition of llama (*Lama glama*) reared in the Andean highlands. Meat Science, 75: 356-358.
- Puntel M., Fondevila N. A., Blanco Viera J., O'Donnell V. K., Marcovecchio J. F., Carrillo B. J., Schudel A. A. 1999. Serological survey of viral antibodies in llamas (*Lama glama*) in Argentina. Zentralbl Veterinarmed B, 46: 157-61.
- Quiroga Mendiola M., Cladera J. L. 2018. Ganadería en la Puna argentina. En: H. R. Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 387-402.
- Ramírez A. 1991. Enfermedades infecciosas. En: S. Fernandez-Baca (ed.), Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. FAO, Santiago, Chile, pp. 9-10.
- Rojo V., Arzamendia Y., Vilá B. 2012. Uso del hábitat por vicuñas (*Vicugna vicugna*) en un sistema agropastoril en Suripujio, Jujuy. Mastozoología Neotropical, 19: 127-138.
- Ruiz Blanco M., Donadio D., Perrig P., Crego R., Kantor J., Buskirk S., Novaro A. 2011. Ecología reproductiva de la población más austral de vicuñas *Vicugna vicugna*. XXIV Jornadas Argentinas de Mastozoología. Actas: 148, La Plata, Buenos Aires.
- SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2008. Primer Censo Nacional de camélidos silvestres al norte del Río Colorado. Dirección de Fauna Silvestre, SAyDS, Buenos Aires, Argentina, 62 pp.
- Sahley C. T., Sanchez J., Torres J. A. 2007. Biological sustainability of live-shearing of vicuña in Peru. Conservation Biology, 21: 98-105.
- Sahley C. T., Sanchez J., Torres J. A. 2004. Neoliberalism meets Pre-Columbian tradition: Campesino communities and vicuña management in Andean Peru. Culture and Agriculture, 26: 60-68.
- Sarno R., González B., Bonacic C., Zapata B., O'Brien B., Johnson W. 2009. Molecular genetic evidence for social group disruption of wild vicuñas, *Vicugna vicugna* captured for wool harvest in Chile. Small Ruminant Research, 84: 28-34.
- Vilá B. L. 1990. Comportamiento de la vicuña durante la temporada reproductiva. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 141 pp.
- Vilá B. L. 1992. Vicuñas (*Vicugna vicugna*) agonistic behaviour during the reproductive season. En: F. Spitz, G. Janeau, G. Gonzalez y S. Aulagnier (eds.), Ongules/Ungulates/91. Proceedings of the International Symposium. Toulouse, France, pp. 475-482.
- Vilá B. 2006. Investigación, conservación y manejo de vicuñas. Proyecto MACS, Buenos Aires, Argentina, 205 pp.
- Vilá B. L. 2013. Camélidos sudamericanos. Editorial Eudeba, Buenos Aires, 165 pp.
- Vilá B., Lichtenstein G. 2006. Manejo de vicuñas en la Argentina: Experiencias en las provincias de Salta y Jujuy. En: M. L. Bolkovic y D. E. Ramadori (eds.), Manejo de fauna silvestre en Argentina, Dirección de Fauna Silvestre, Buenos Aires, Argentina, pp. 121-135.
- Wurstten A., Novaro A. J., Walker S. 2014. Habitat use and preference by guanacos, vicuñas, and livestock in an altitudinal gradient in northwest Argentina. European Journal of Wildlife Research, 60: 35-43.
- Yacobaccio H. D. 2009. The historical relationship between people and the vicuña. En: I. Gordon (ed.), The vicuña. The theory and practice of community-based wildlife management, Springer, New York, pp. 7-20.
- Yacobaccio H. D. 2012. Intercambio y caravanas de llamas en el sur andino. Comechingonia. Revista de Arqueología, 16: 13-33.
- Loro Piana. www.loropiana.com/en/our-world-LoroPiana/Vicuna_la_regina_delle_Ande/Una_nuova esperienza_Argentina. Accedido 5/12/2016.

Box ▶

¿La esquila de vicuñas silvestres conserva el formidable rol ecológico de esta especie?

Donadio, Emiliano

Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente, CONICET-UnComa.
emiliano9donadio@gmail.com

Casi extintas en la década del '60, las vicuñas se han recuperado sostenidamente durante los últimos 40 años. Este incremento resultó en conflictos con pastores, quienes perciben a las vicuñas como competidoras por el forraje con su ganado. Para disminuir este conflicto, se ha propuesto como herramienta la esquila de poblaciones silvestres de vicuñas. La esquila es un método invasivo, pero preferible a la cosecha de individuos, y el manejo adecuado resulta en tasas de mortalidad menores al 13% (Gimpel y Bonacic, 2006). El alto precio de la fibra debería

complementar el ingreso de los productores, aumentando la tolerancia de estos hacia la vicuña y fomentando su conservación.

La información demográfica, sanitaria, de comportamiento y bienestar animal de poblaciones sujeto de esquila sugieren que la actividad sea sustentable; sin embargo, poco se sabe sobre la conservación de la funcionalidad ecológica de estas poblaciones. Las vicuñas bajo este régimen de manejo en general solapan su distribución con áreas de alto uso humano, y los escasos estudios disponibles indican que el ganado afecta el uso



Figura 1. Las vicuñas representan la principal presa del puma en áreas con baja presencia humana de la Puna. Parque Nacional San Guillermo, enero 2016. Crédito: Proyecto San Guillermo.

de hábitat de las vicuñas, las cuales además no cumplen sus roles como presas (Figura 1) y fuentes de carroña.

Esto contrasta con información proveniente de áreas con baja presencia humana donde la interacción depredador-presa entre pumas y vicuñas es intensa, con fuertes efectos directos e indirectos sobre la estructura y función de comunidades vegetales (Donadio y Buskirk, 2016) y la ecología trófica de carroñeros, como el cóndor y el matamico andino (Perrig *et al.*, 2016). Asimismo, cambios inducidos por el ganado en el uso de hábitat de las vicuñas podrían modificar la distribución espacial de letrinas y por lo tanto de nutrientes.

La esquila en silvestría aparece como una herramienta válida para la conservación de ciertas poblaciones de vicuñas. Sin embargo, la práctica entra en conflicto con manejos típicos de sistemas pastoriles, como la erradicación de depredadores y carroñeros nativos, la presencia de perros cimarrones, y la falta

de manejo de rebaños. Lograr preservar el rol ecológico de la vicuña, el principal herbívoro de la Puna, en localidades donde se implemente su uso sustentable, se vislumbra como el próximo desafío en el esfuerzo por conservar esta especie y los procesos ecológicos que de ella dependen.

LITERATURA CITADA

- 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.
- Gimpel J. R., Bonacic C. S. 2006. Manejo sostenible de la vicuña bajo estándares de bienestar animal. En: B. Vilá (ed.), *Investigación, conservación y manejo de vicuñas*, Proyecto MACS-Argentina, Buenos Aires, pp. 113-132.
- Perrig P. L., Donadio E., Middleton A. D., Pauli J. N. 2016. Puma predation subsidizes an obligate scavenger in the high Andes. *Journal of Applied Ecology*, 54: 846-853.

22 ▶ Áreas protegidas de la Puna

Reid Rata, Yaiza¹; Lucio R. Malizia²; Alejandro D. Brown³

¹ Fundación ProYungas. Víctor Hugo 45, Barrio Alto la Viña, San Salvador de Jujuy.
yaizareid@proyungas.org.ar

² Centro de Estudios Territoriales Ambientales y Sociales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47, San Salvador de Jujuy.

³ Fundación ProYungas. Perú 1180, Yerba Buena, Tucumán.

► **Resumen** — Este trabajo analiza las Áreas Protegidas (APs) de la región de la Puna y reflexiona sobre el papel que las mismas cumplen para la protección de los valores territoriales ambientales y sociales, y su interacción con la esfera socioeconómica. La región de la Puna argentina cuenta con 14 áreas protegidas, que suman una superficie superior a los 5.000.000 de hectáreas, representando el 32,4% del total de la región de la Puna. El proceso de creación de áreas protegidas comenzó en 1972, y en 2012 se realizó la declaración más reciente. Jujuy es la provincia con más cantidad de áreas protegidas en la Puna (siete, 1.388.159 ha), mientras que Salta es la que protege mayor superficie (1, 1.444.000 ha). Los Estados provinciales son los responsables de la gestión de la mayoría del territorio protegido (96,4% de la superficie). La situación respecto a la gestión es heterogénea, pero por lo general la implementación en el territorio de las figuras de protección es baja, con carencias básicas en cuanto a catastros formalmente asentados, planes de manejo y personal, tanto de control como técnico. Así, a pesar de su gran superficie y de su potencial complementariedad con otras iniciativas de conservación, las áreas protegidas de la Puna argentina presentan dificultades para encarar los retos que el siglo XXI trae para la región, como la inclusión efectiva de las comunidades locales y sus actividades productivas, la expansión de la actividad minera y la adaptación al cambio climático. Finalmente, proponemos puntos claves a revisar en la gestión regional de las APs.

Palabras clave: Áreas protegidas, Puna, conservación, territorio, gestión, efectividad.

► **Abstract** — “Protected areas of the Puna”. This work analyses the characteristics of the Puna Protected Areas and explores the role they play for environmental protection and social strengthening, and how they interact with the socioeconomic sphere. There are 14 protected areas in the Puna of Argentina, covering more than 5,000,000 hectares, or 32.4% of the region. Creation of protected areas started in 1972, and the latest one created dates from 2012. The Jujuy Province presents the highest number of PA (7, 1.388.159 hectares), while Salta Province protects the largest surface (1, 1.444,000 hectares). Most of the protected territory corresponds to provincial administrations (96.4%). The implementation of protected areas is heterogeneous but generally low, with important weaknesses, including lack or limited legal land delimitation, management plans, and human resources (both technicians and rangers). Thus, despite its large area and its potential complementarity with other conservation initiatives, Argentinean Puna protected areas are not fully prepared to meet XXI-century challenges of the region, such as effective inclusion of local communities and their productive activities, mining expansion, and adaptation to climate change. Finally, we propose a review of key aspects that may contribute to a better regional management of PA.

Keywords: Protected areas, Puna, conservation, territory, management, effectiveness.

INTRODUCCIÓN

Las áreas protegidas (APs) surgieron, hace más de un siglo, como una herramienta clave para la conservación de la naturaleza. En la actualidad, a escala planetaria, las APs se crean no sólo para conservar paisajes emblemáticos o el hábitat de especies amenazadas, sino también para contribuir a la calidad de vida de las comunidades locales, reforzar las economías regionales a través de los beneficios del turismo, y por el papel clave que juegan en las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático (Watson *et al.*, 2014). Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, los ecosistemas ofrecen a la sociedad servicios de abastecimiento (alimento, agua, madera, recursos genéticos, etc.), de regulación (composición de gases atmosféricos, clima, ciclo hidrológico, inundaciones, erosión, polinización, entre otros) y culturales (estéticos, espirituales, simbólicos, educativos y recreativos). Es decir, las APs al contribuir a mantener el buen funcionamiento de los ecosistemas proveen una multitud de beneficios económicos, sociales y culturales al ser humano de forma directa e indirecta (Mengarelli, 2010).

En 2010, la Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica adoptó las Metas de Aichi, como parte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. La Meta 11 aspira a que “al menos el 17 por ciento de las zonas terrestres y de aguas continentales y el 10 por ciento de las zonas marinas y costeras” se conserven por medio de “sistemas de APs bien conectados y otras medidas de conservación eficaces basadas en áreas” (UNEP, 2010). Entre 1950 y 2010, la superficie planetaria de APs pasó de 4 millones de km² a cerca de 21 millones de km² (Bertzky *et al.*, 2012; Juffe-Bignoli *et al.*, 2014), mostrando en el presente una tendencia creciente. Sin embargo, es importante señalar que este incremento de superficie protegida avanza en paralelo, y en mucha menor medida, que la trasformación de los sistemas silvestres por agroecosistemas. Este avance en paralelo tiende a incrementar el contraste entre los sistemas silvestres inclui-

dos en APs y el entorno productivo, algo que como veremos es aún incipiente en la Puna, mayormente ocupada aún por espacios silvestres con distintos niveles de intervención humana.

En Argentina, las APs tienen una larga trayectoria. La primera AP de carácter nacional, fue el Parque Nacional del Sur (1922, aunque el proceso comenzó en 1902), luego ampliado y llamado Parque Nacional Nahuel Huapi (1934; APN, 2016), a la que siguieron una importante cantidad de reservas tanto nacionales como provinciales. En la actualidad el país cuenta con un total de 440 APs formalmente reconocidas por el Sistema Federal de APs, que en total suman 33.653.504 hectáreas (12,1% del territorio nacional; SIFAP, 2015). De éstas, 53 están bajo jurisdicción nacional (4.175.322 ha, 1,5% del territorio nacional) y 386 bajo jurisdicción provincial (29.478.182 ha, 10,6% del territorio nacional). Así, un 87,6% del total de la superficie protegida del país está bajo administración provincial y un 12,4% bajo administración nacional, relación que se hace más extrema en la Puna.

A nivel nacional, existe legislación específica para la creación y administración de los Parques Nacionales. Adicionalmente, Argentina ha ratificado el Convenio para la Diversidad Biológica, que apoya la creación de sistemas de APs. En 2003 se creó el Sistema Federal de APs (SIFAP), mediante un acuerdo marco firmado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, la Administración de Parques Nacionales (APN) y el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA). El SIFAP establece en su Marco Estatutario, que las APs son “zonas de ecosistemas continentales (terrestres o acuáticos), costeros/marinos o marinos, o una combinación de los mismos, con límites definidos y bajo un marco normativo acorde con sus objetivos de conservación” (SIFAP 2013). A nivel provincial, es responsabilidad de cada jurisdicción dictar las normas que regulan la creación y administración de sus APs. En este contexto, y al no existir una ley de presupuestos mínimos que regule a nivel nacional los estándares y protocolos mínimos

de creación y administración de las APs, se genera una gran heterogeneidad en cuanto a las políticas y normas provinciales y al nivel de implementación en terreno.

En este trabajo se analizan las APs de la Puna argentina (Puna en sentido amplio, abarca las ecorregiones de Puna y parte de Altos Andes; *sensu* Brown y Pacheco, 2006) incluyendo las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, La Rioja y extremo norte de San Juan. A efectos del presente estudio, sólo se consideran APs aquellas que tienen un reconocimiento normativo formal y además incluyen en su herramienta de declaración referencias a la conservación de la naturaleza y/o servicios ecosistémicos. Más allá de los beneficios teóricos de las APs, se persigue en este análisis reflexionar sobre el papel que las APs existentes cumplen para la protección de valores territoriales (ambientales y culturales), y su interacción con la esfera socioeconómica. Asimismo, buscamos identificar puntos débiles y oportunidades de mejora en el diseño, planificación y gestión de estos territorios. Finalmente, queremos recalcar la consideración de las APs como parte de una estrategia de conservación que incluye temas asociados con el mantenimiento de sistemas productivos amigables con la naturaleza y los resguardos necesarios de reducción de los impactos ambientales y sociales de los emprendimientos productivos y de infraestructura, máxime en una ecorregión como la Puna que detenta una alta sensibilidad a las intervenciones.

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y ADMINISTRATIVAS

La región de estudio abarca un total de 15.640.000 hectáreas, distribuidas en la porción más occidental de las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, La Rioja y San Juan. Es una zona caracterizada por su altitud, superior a los 3.000 metros sobre el nivel del mar y las consecuentes condiciones ambientales extremas y/o restrictivas (baja temperatura media, fuerte oscilación térmica diaria que puede superar los 25 °C, temperaturas mínimas frecuentes por debajo de 0 °C,

escasas precipitaciones, intensa radiación y viento), lo que a su vez determina una baja densidad de población humana y de infraestructuras. Este contexto ha permitido la declaración de APs de grandes superficies. A marzo de 2016, la superficie total protegida en el ámbito de estudio es de 5.230.108 ha, lo cual supone que un 32,4% de la superficie total de la Puna está bajo alguna figura de protección (Figura 1 y Tablas 1-3).

El proceso de declaración de estas APs comenzó en 1972 en la provincia de San Juan, con la creación de la Reserva Provincial de San Guillermo de casi 1.000.000 de hectáreas. En menos de una década, con la declaración del Monumento Natural Laguna Blanca de la Reserva Provincial Los Andes y del Refugio Provincial Laguna Brava, se alcanzó el 71% del total de la superficie que hoy en día está declarada como área protegida. En la década de los 90 se concentró la mayor cantidad de nuevas APs (cinco), aunque de tamaños relativamente menores (Figura 2). Desde entonces, el proceso de declaración de APs se ha desacelerado, con sólo una en la década del 2000 y otra en 2012 (Figura 2). Este patrón es consistente con lo ocurrido a nivel nacional (Marinaro *et al.*, 2012).

En general, las APs de la Puna cubren grandes superficies. De las 14 APs en la región, nueve tienen una superficie mayor a 100.000 hectáreas (en algunos casos, mucho mayor), lo que probablemente esté vinculado a las bajas densidades de población, actividades humanas e infraestructura que caracterizan a esta región.

En cuanto a la distribución de estas APs por provincia, Jujuy se sitúa a la cabeza con siete APs en su territorio, teniendo el resto de provincias sólo una o dos APs en su territorio. Sin embargo, del total de la superficie protegida en la región, casi un tercio (28%) se encuentra en la provincia de Salta, por la gran superficie de la Reserva Provincial de los Andes. Respecto a los esfuerzos provinciales de protección de la ecorregión, todas exceptuando Catamarca, se encuentran en torno al 40% de la superficie protegida (Tabla 2).

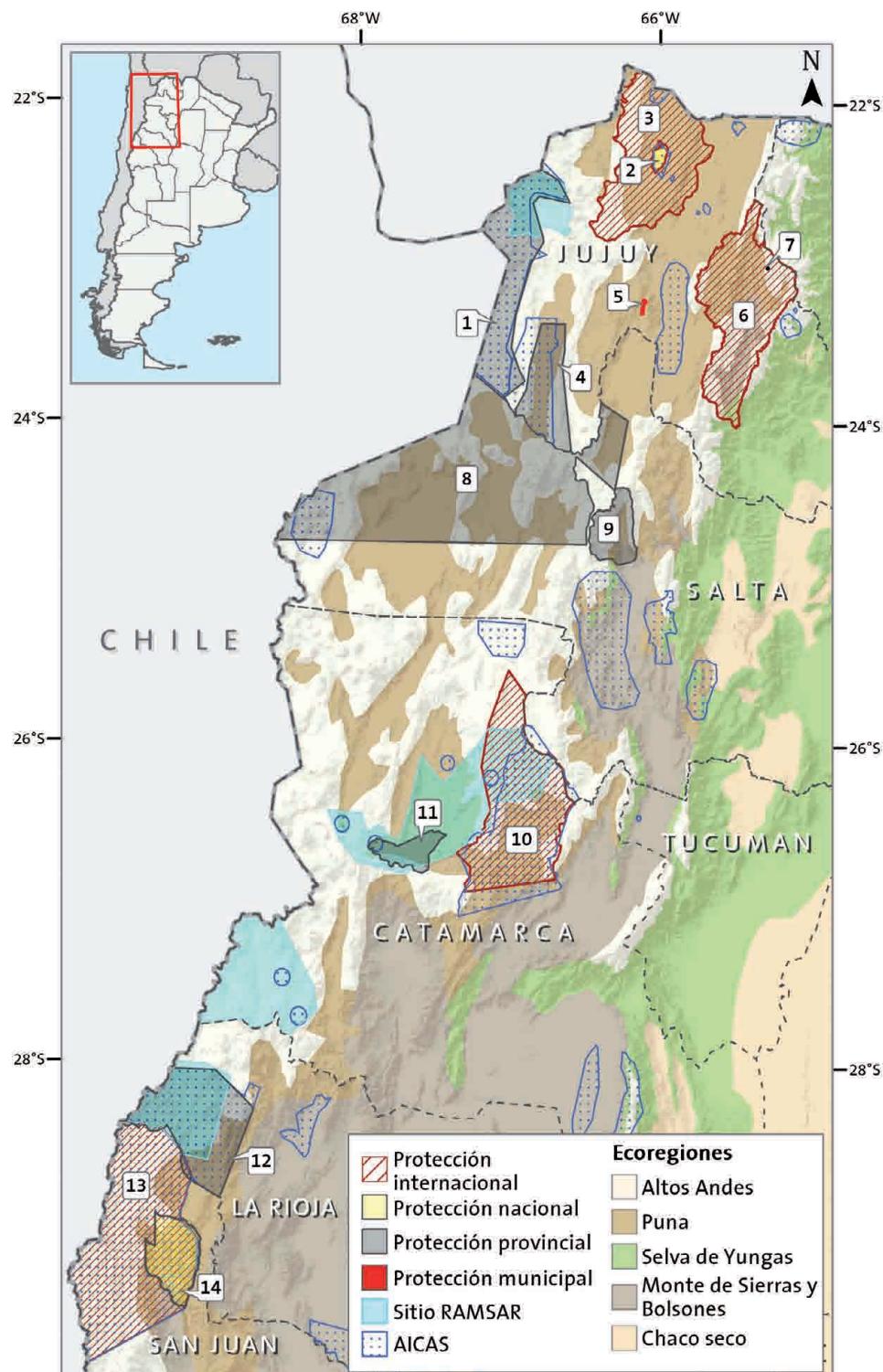


Figura 1. APs de la región e iniciativas complementarias. La numeración de las áreas protegidas sigue el orden de la Tabla 1. Fuente: Brown y Pacheco (2006), SIGA ProYungas / Karina Buzzo.

Tabla 1. Áreas protegidas de la Puna argentina. Jurisdicción, fecha de creación, superficie y ecorregiones que incluye. *No se incluye el Sitio Ramsar Lagunas de Vilama, de 157.000 ha y reconocido en el año 2000 ya que el mismo se encuentra parcialmente superpuesto con la Reserva Provincial Altoandina de la Chinchilla. **No se contabiliza en esta suma la superficie del Monumento Natural Laguna de los Pozuelos ya que el mismo está completamente incluido en la Reserva de Biosfera homónima.

Provincia	Nombre	Declaración	Año	Superficie (ha)	Ecorregiones
1 Jujuy	Reserva Provincial Altoandina de la Chinchilla (parcialmente Ramsar)*	Provincial	1992	369.000	Altos Andes
2	Monumento Natural Laguna de los Pozuelos	Nacional	1985	16.040	Puna
3	Reserva de Biosfera Laguna de los Pozuelos	Internacional	1990	541.420	Altos Andes
4	Reserva Provincial Olaroz Cauchari	Provincial	1981	206.000	Puna y Altos Andes
5	Reserva Natural y Cultural de Barrancas	Municipal (ratificada en 2004)		525	Puna
6	Paisaje Protegido Provincial (Patrimonio Mundial) Quebrada de Humahuaca	Provincial/ Internacional	2000 (provincial) 2003 (UNESCO)	271.152 dentro del área de estudio (541.765 en total)	Puna, Altos Andes, Monte de Sierras y Bolsones
7	Monumento Natural Provincial Laguna de Leandro	Provincial	1985	62	Altos Andes
8 Salta	Reserva Provincial Los Andes	Provincial	1980	1.444.000	Puna y Altos Andes
9	Monumento Natural Abra del Acay	Provincial	1995	Sin datos	Altos Andes
10 Catamarca	Monumento Natural – Reserva de Biosfera Laguna Blanca	Provincial/ Internacional	MN 1979 RB 1982	770.000	Puna y Altos Andes
11	Área Natural Protegida Campo de Piedra Pómez	Provincial	2012	75.489	Puna y Altos Andes
12 La Rioja	Refugio Provincial Laguna Brava (Ramsar)	Provincial	1980 RP (2003 Ramsar)	405.000	Puna y Altos Andes
13 San Juan	Reserva Provincial y Reserva de Biosfera San Guillermo	Provincial/ Internacional	Reserva Provincial en 1972 RB en 1980	981.460	Puna, Altos Andes, Monte de Sierras y Bolsones
14	Parque Nacional San Guillermo y Reserva de Biosfera San Guillermo	Nacional	1999	166.000	Puna y Altos Andes
Total de superficie protegida (ha)				5.230.108**	
Superficie del ámbito de estudio (ha)				15.640.000	
% del ámbito de estudio protegida				32,4%	

De las cinco provincias analizadas, todas excepto Jujuy tienen una ley provincial de creación del sistema de APs. Todas estas leyes fueron promulgadas entre 1998 y 2002, por lo que ya cuentan con más de 10 años de implementación. El caso de Jujuy es particular, puesto que es la provincia con más APs en la región de la Puna y la segunda con mayor superficie absoluta protegida (sólo superada levemente por Salta). Sin embargo, no se ha dictado una ley provincial que cree

y organice el Sistema de APs, ni normas que regulen el manejo de las mismas y las categorías de protección, según se solicita en los artículos 124 al 126 de la Ley General de Medio Ambiente 5063/1998 de la Provincia de Jujuy.

En cuanto a la jurisdicción responsable, 11 de las APs están bajo responsabilidad de los Estados provinciales, dos bajo administración nacional y sólo una es municipal. No existe ningún área protegida privada formal-

Tabla 2. Conformación de los Sistemas de Áreas Protegidas de las provincias puneñas argentinas.

Provincia	Legislación específica (Sistema de APs)	Establece y define categorías de protección	Nº de APs puneñas	Superficie puneña protegida (ha)	% del área puneña provincial
Jujuy	No	No	7	1.388.831	39,9%
Salta	Ley 7107/2000	Sí	2	1.444.000	39,3%
Catamarca	Ley 5070/2002	Sí	2	845.000	17,25%
La Rioja	Ley 7138/2001	Sí	1	405.000	39,0%
San Juan	Ley 6911/1998	Sí	2	2.544.1	45,1%

mente reconocida identificada en el área de estudio. En superficie, esto se traduce en que el 96,4% del territorio protegido de la Puna es gestionado por las provincias y el 3,6% por la Administración de Parques Nacionales; el área protegida municipal no llega a representar el 0,1% de este total.

EFFECTIVIDAD DE MANEJO Y RELACIÓN CON OTRAS INICIATIVAS DE CONSERVACIÓN

La superficie total declarada como protegida alcanza el 36,7% del ámbito de estudio, lo cual es más del doble de lo estipulado en la Meta 11 de Aichi. Sin embargo, la mera declaración de un área protegida no es garantía de que la misma cumpla con sus ob-

jetivos de creación y de que sea eficazmente gestionada. La proliferación de las llamadas “APs de papel” -computadas en las listas oficiales pero sin protección ni gestión real- ha generado toda una línea de trabajo de especialistas encaminada a identificar aspectos clave para la mejora del estado de conservación de las APs.

En este sentido, la situación de las APs de la región de la Puna es en general desalentadora, ya que muchas no cuentan siquiera con los instrumentos formales (plan de manejo, catastro regularizado, infraestructura, equipamiento) y recursos (financieros y humanos) básicos para la gestión.

Se observa una mejor situación en las APs dependientes de la Administración de

Superficie protegida acumulada

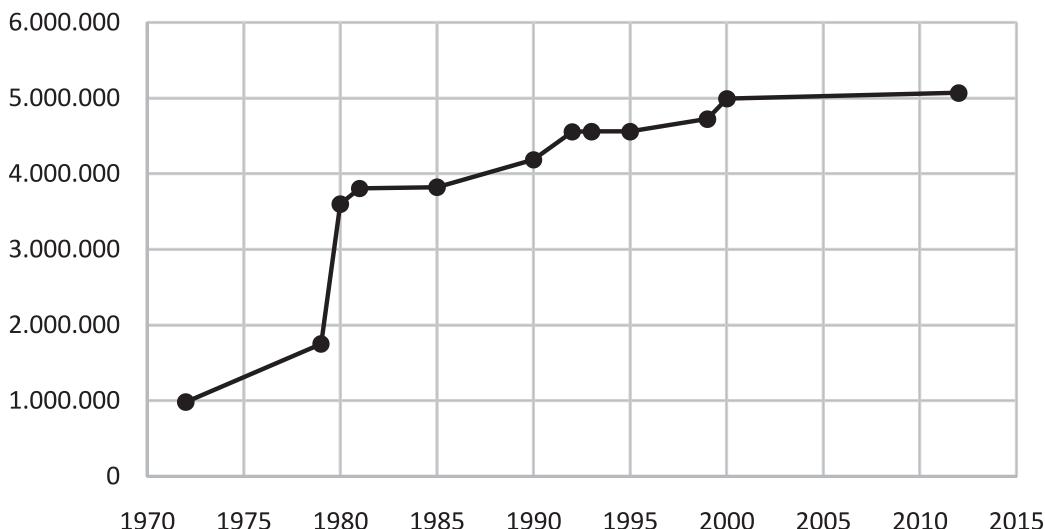


Figura 2. Evolución de la superficie protegida (en hectáreas) en la región de la Puna.

Tabla 3. Situación respecto a la gestión de las áreas protegidas de la región. Fuentes: SIPAP Salta, encuestas a referentes provinciales de APs de Jujuy, La Rioja, Catamarca y San Juan, Unidad de Coordinación del Programa MaB, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

Nombre	Catastro	Plan de Manejo	Personal de control	Personal técnico	Infraestructura para la gestión	Equipamiento de uso público
Reserva Provincial Altoandina de la Chinchilla	No	No	Sí	No	No	No
Monumento Natural Laguna de los Pozuelos	No	En elaboración	Sí	Sí	Sí	Sí
Reserva de Biosfera Laguna de los Pozuelos	No	No	Sí, parcial	No	No	No
Reserva Provincial Olaroz Cauchari	No	No	Sí	No	No	No
Reserva Natural y Cultural de Barrancas	Sí	No	Ad honorem	No	No	No
Paisaje Protegido Provincial (Patrimonio Mundial) Quebrada de Humahuaca	No	No	No	Sí	No	No
Monumento Natural Provincial Laguna de Leandro	No	No	No	No	No	No
Reserva Provincial Los Andes	Sí	En elaboración	Sí	Sí	Planificado	Sí
Monumento Natural Abra del Acay	No	No	Recorridas esporádicas	Sí	Planificado	Sí
Monumento Natural - Reserva de Biosfera Laguna Blanca	No	No	Sí	No	En refacción	Sí
Área Natural Protegida Campo de Piedra Pómez	Sí	No	Sí	No	Sí, limitada	Sí
Refugio Provincial Laguna Brava (Ramsar)	No	En elaboración	Sí	Sí	Sí	Sí
Reserva Provincial y Reserva de Biosfera San Guillermo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Parque Nacional San Guillermo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Parques Nacionales y de las provinciales de San Juan, La Rioja y Salta ya que todas ellas cuentan con personal (de control y técnico), infraestructura para la gestión, equipamiento de uso público, plan de manejo aprobado o en elaboración y catastro formalmente asentado (exceptuando de este punto al Monumento Natural Laguna de los Pozuelos y Monumento Natural Abra del Acay).

Una mención especial merecen las reservas de biosfera que suman tres en la Puna argentina (Tabla 1). Una reserva de biosfera es un territorio que a petición de los estados nacionales recibe un reconocimiento internacional (UNESCO) por su valor ambiental y cultural destacado. La figura de reserva de biosfera persigue implementar modelos de gestión del territorio que buscan explícitamente integrar el desarrollo humano

con la conservación ambiental a través de la zonificación espacial de las actividades. La declaración de una reserva de biosfera, sin embargo, no supone recursos técnicos o financieros *per se* por lo que están sujetas a la asignación de los mismos por parte de las autoridades responsables de su gestión. De este modo, la implementación práctica de estos modelos presenta dificultades relacionadas a la coordinación interinstitucional entre autoridades nacionales y provinciales (tal es el caso de Pozuelos), a la falta de recursos específicos de las administraciones provinciales (Pozuelos, Laguna Blanca) y al seguimiento y control del desempeño ambiental y social de las actividades de uso de dichos territorios (Pozuelos, San Guillermo).

Por otra parte, a nivel internacional, es cada vez es más reconocido y valorado el

papel complementario que para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que tienen otras iniciativas. Así, la propia Meta 11 de Aichi no habla sólo de sistemas de APs para alcanzar la cifra del 17% de superficie terrestre conservada, sino que incluye “otras medidas de conservación eficaces basadas en áreas”. No existe aún un desarrollo conceptual exhaustivo sobre lo que debe ser considerado como tal, a pesar de lo cual realizamos un repaso de otras iniciativas de conservación complementarias a las APs que podrían ser incluidas en el “espíritu” de dicha meta: humedales de importancia internacional, áreas importantes para la conservación de las aves y sitios de la red hemisférica de reservas de aves playeras.

Los humedales (como las lagunas y vegas puneñas) se definen como sitios importantes para la conservación de la diversidad biológica mundial y para el sustento de la vida humana, debido a los componentes, procesos y beneficios/servicios de sus ecosistemas (Izquierdo *et al.*, en este volumen). Estos humedales están incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, elaborada por la Convención sobre los Humedales, que es un tratado intergubernamental aprobado en el año 1971 en la ciudad iraní de Ramsar (por lo que también se la conoce como Convención Ramsar). La República Argentina aprobó la Convención sobre los Humedales en 1991 a través de la Ley Nacional N° 23919, que entró en vigor en septiembre de 1992 luego de depositado el instrumento de ratificación. El texto ordenado del Convenio se aprueba por Ley Nacional N° 25335. La inclusión de sitios en esta lista constituye un reconocimiento internacional, así como el compromiso de promover su conservación y uso racional. Dentro del área de estudio hay cuatro Sitios Ramsar, todos ellos incluidos total o parcialmente en APs formales: Laguna de los Pozuelos (Jujuy), Lagunas de Vilama (parcialmente incluido en la Reserva Provincial Altoandina de la Chinchilla, Jujuy), Refugio Provincial Laguna Brava (La Rioja) y Lagunas Altoandinas y Puneñas de Catamarca (parcialmente incluido en la Reserva de Biosfera Laguna Blanca y en Área

Natural Protegida Campo de Piedra Pómez, Catamarca).

Por otra parte, las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAs) son lugares reconocidos por una iniciativa global de Birdlife International enfocada a la identificación, documentación y conservación de una red de sitios críticos para las aves del mundo. La ONG Aves Argentinas es el socio nacional encargado de implementar esta iniciativa. Las AICAs de Argentina se identificaron en base a criterios como presencia de poblaciones de aves globalmente amenazadas, especies de distribución restringida, especies confinadas a biomas sudamericanos y especies congregatorias. En el área de estudio existen 24 AICAs reconocidas, de las cuales nueve se encuentran incluidas total o parcialmente en APs formales (Tabla 4).

La Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras es una estrategia de conservación internacional que trabaja a escala del continente americano para establecer reconocimiento regional e internacional para los sitios internacionales utilizados por las aves playeras a lo largo de sus zonas de migración, y elaborar herramientas científicas y de gestión que sirvan para expandir el alcance y el ritmo de la conservación de los hábitats en cada sitio de la Red. En la zona de estudio, el Monumento Natural Laguna de los Pozuelos fue incluido en 2014 dentro de esta Red como Sitio de Importancia Internacional por albergar más de 100.000 aves playeras al año y más del 10% de la población biogeográfica de *Calidris bairdii* y *Phalaropus tricolor* (RHRAP, 2016).

LAS APs Y SU PAPEL EN EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO

El concepto de AP como islas de conservación fue ampliamente cuestionado durante el siglo XX. En la actualidad, y a nivel internacional, los objetivos de las APs combinan la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con el bienestar y el desarrollo socioeconómico de las poblaciones que viven en su interior o en sus áreas de influencia.

Tabla 4. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y superposición con áreas protegidas (APs). Fuente: elaboración propia a partir de Di Giacomo (2005).

Provincia	Código AICA	Nombre	Superficie (ha)	Incluida en APs
Jujuy	JU05	Laguna Los Enamorados	10	No
	JU06	Laguna Guayatayoc	100.000	No
	JU08	Lagunillas	60.000	No
	JU13	RP Olaroz-Cauchari	200.000	Totalmente
	JU15	MN Laguna de Pozuelos	14.500	Totalmente
	JU17	Laguna Runtuyoc	2.000	Totalmente
	JU19	Queñoales de Santa Catalina	10.000	No
	JU22	Lagunas de Vilama - Pululos	150.000	Parcialmente
	JU24	Yavi - Yavi Chico	5.000	No
Salta	SA09	Quebrada del Toro	60.000	No
	SA23	Sierra de Santa Victoria	35.000	No
	SA26	Socompa - Llullaillaco	80.000	Parcialmente
	SA28	Luracatao y Valles Calchaquíes	260.000	Parcialmente
Catamarca	CA02	RP Laguna Blanca	929.270	Totalmente
	CA03	Salar del Hombre Muerto	100.000	No
	CA08	Laguna Grande	448	No
	CA09	Laguna La Alumbrera	97	No
	CA10	Laguna Purulla	120	No
	CA11	Laguna El Peinado	214	No
	CA12	Laguna Los Aparejos	139	No
La Rioja	CA13	Laguna Azul	54	No
	LR02	RP Laguna Brava	205.000	Totalmente
San Juan	LR03	Llanos de Jague	50.000	No
	SJ02	Reserva de la Biosfera San Guillermo	986.460	Totalmente

Las APs de la región de la Puna argentina casi sin excepción albergan población rural en su interior que desarrolla en su mayoría actividades productivas de subsistencia o de pequeña escala económica destinadas a autoconsumo y venta (Quiroga Mendiola y Cladera, este volumen). La población de la Puna asciende actualmente a poco más de 50.000 habitantes, con un crecimiento medio anual de casi 7 por mil en la primera década del siglo XXI (Longhi y Krapovickas, en este volumen). Las densidades de población humana son muy bajas, por debajo de 1 habitante por km^2 , exceptuando los departamentos de Yavi, Cochinooca, Humahuaca y Belén, de los cuales ninguno llega a los 10 hab/ km^2 (INDEC, 2010). Esta población no está homogéneamente distribuida en el territorio, sino que ha experimentado en las últimas décadas un marcado proceso de concentración, con un incremento de la población urbana y un sutil descenso de la población rural (Izquierdo y Grau, 2009; Longhi y Krapovickas, en este

volumen). Esto da como resultado una región en la que pocas ciudades (La Quiaca, Abra Pampa y San Antonio de los Cobres) concentran la mayor parte de la población, las infraestructuras y los servicios, mientras que grandes extensiones se encuentran salpicadas por pequeñas localidades (menos de 2000 habitantes) y caseríos dispersos (Longhi y Krapovickas, en este volumen).

Un aspecto destacable que caracteriza a la población de la región es la importante presencia de comunidades de pueblos originarios, pertenecientes a diferentes etnias (kolla, omaguaca, atacama, diaguita y toara) con más de 180 comunidades con personería jurídica aprobada (SIGA ProYungas y García Moritán, 2016) (Figura 3). Muchas de estas comunidades llevan adelante procesos de reclamo de tierras comunitarias que en algunos casos están concluyendo con la escrituración de estas tierras y el reconocimiento de sus derechos. Esto supone un desafío y una oportunidad para la articulación de políticas

públicas que incentiven a las comunidades de pueblos originarios a promover la implementación de modelos de cogestión de APs en sus territorios.

Entre los servicios ecosistémicos que podemos destacar para la Puna está la provisión de agua para consumo, tanto humano como animal y para el sustento de activi-

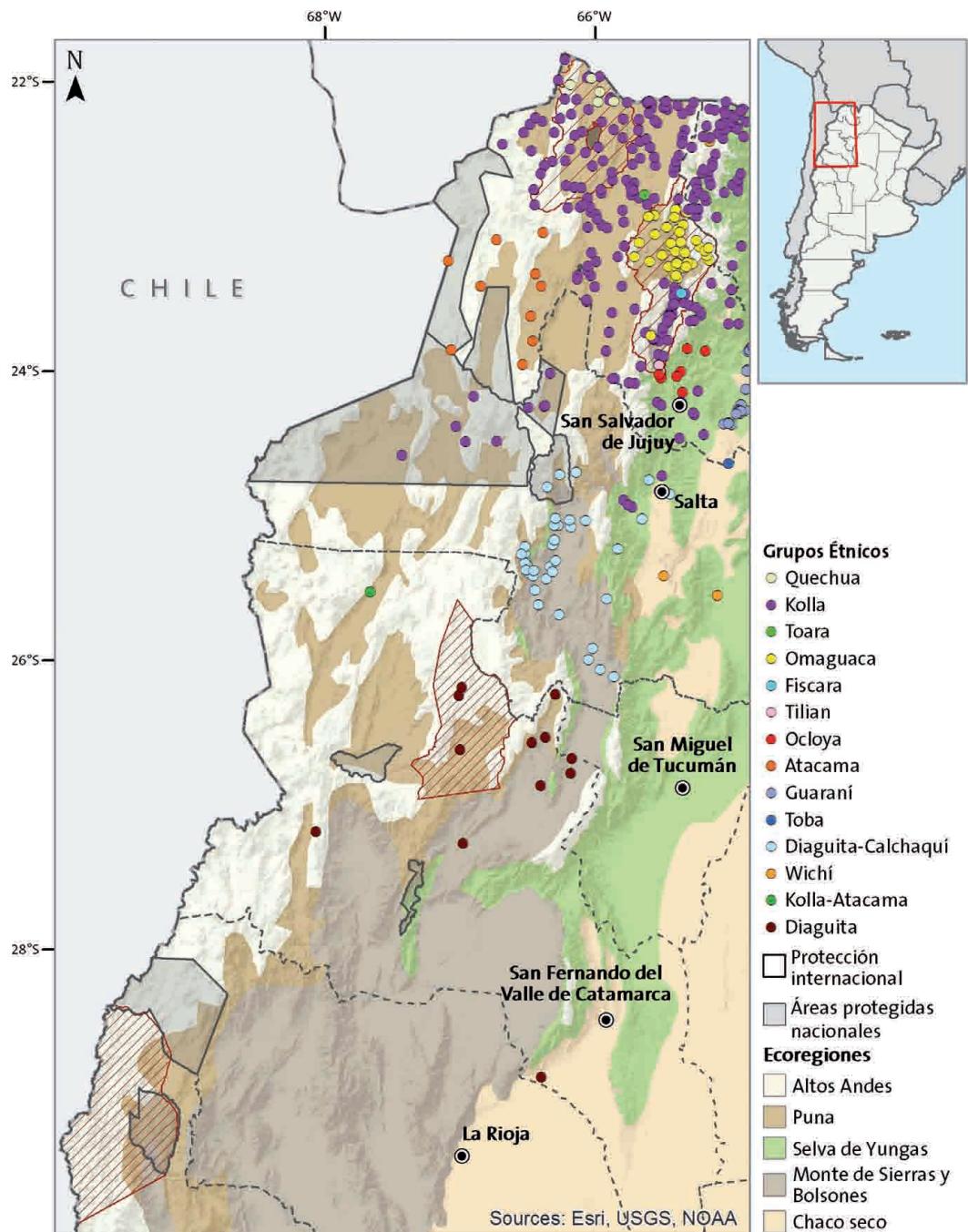


Figura 3. Comunidades de pueblos originarios y APs. Fuente: SIGA ProYungas / Karina Buzzo.

dades productivas. Este servicio adquiere especial relevancia dada la escasez del agua en la región que además es afectada en su disponibilidad y calidad tanto por cuestiones naturales (clima, salinidad del suelo) como antrópicas (minería, ganadería).

Otro servicio ecosistémico a destacar es la provisión de forraje para consumo animal. Entre las actividades económicas principales de los pobladores de esta región se encuentra la ganadería (de camélidos —llama—, ovinos y caprinos, principalmente) la cual se desarrolla de manera extensiva (Quiroga Mendiola y Cladera, en este volumen). Las APs no escapan a esta realidad y uno de sus servicios ecosistémicos de impacto más tangible para las poblaciones locales es el de producción de alimento para el ganado. Como contracara de esta situación, es preciso mencionar los efectos que la sobrecarga ganadera produce en los frágiles ambientes puneños. Entre estos efectos, podemos mencionar la pérdida de cobertura vegetal, la compactación del suelo y el incremento de la erosión que a su vez generan un deterioro en el servicio de producción de pastaje del que depende esta actividad. En este sentido, uno de los retos para la región es desarrollar experiencias exitosas en la mejora del manejo ganadero y la adecuación de la carga a la capacidad de los ambientes. Por otro lado, los efectos indirectos de la ganadería incluyen la matanza de depredadores naturales (puma, gato andino) y la quema de la vegetación para incentivar el rebrote o mantener alejados a los depredadores. Es vital abordar también estos aspectos para compatibilizar la ganadería extensiva con el manejo y la conservación de los ambientes silvestres, tal vez con distintos parámetros de uso y carga ganadera adentro y afuera de las APs.

Otra actividad económica de importancia en la región y cuyas inversiones han crecido significativamente en la última década es la minería (Lencina *et al.*, en este volumen). La Secretaría de Minería de la Nación calcula que la minería argentina superó en 2013 los U\$S 2.550 millones en inversiones directas, una cifra que muestra un crecimiento acumulado desde el 2000 de 843% en dólares

corrientes. Para 2014, una encuesta realizada a empresas que representan cerca del 80% de las exportaciones mineras indicó que las mismas habían realizado inversiones ese año por un total de U\$S 1.316 millones, alcanzando las inversiones acumuladas en el sector los U\$S 38.500 millones en 2015 y una estimación de U\$S 43.000 millones en 2029 (CAEM, 2015). Estas inversiones provienen de más de 30 países de los cinco continentes, entre los que se destacan Canadá, Estados Unidos, Suiza, Japón, Sudáfrica, Italia y Corea. En la región, esta minería a gran escala convive con las explotaciones desarrolladas de manera tradicional por la población local, por ejemplo, asociada a la producción de sal en las salinas o a la obtención de metales. Un ejemplo es la producción de carbonato de litio en la Reserva Provincial de Flora y Fauna Olaroz Cauchari (Jujuy). En este sentido, un desafío para las APs de la Puna es desarrollar instrumentos de regulación y planificación que permitan implementar una zonificación en las mismas. También es importante que se incorporen protocolos y estándares que garanticen que estas actividades, en caso de poder desarrollarse, se hagan de manera compatible con los objetivos de conservación de sus designaciones y más aún, que contribuyan eficazmente a la puesta en valor y protección de estas APs incluidas en su contexto (paisaje) productivo. A esto debe sumarse la remediación de los impactos ambientales negativos que se derivan de la implementación de dichos proyectos, que en muchos casos no fue adecuadamente incorporada en proyectos pasados y ha generado la existencia de pasivos ambientales que son un grave problema en la actualidad.

Por último, una actividad económica complementaria que en la actualidad se desarrolla en algunos lugares es el turismo (Troncoso, en este volumen). Algunas comunidades y emprendedores individuales se han organizado para ofrecer diversos productos y servicios, como caravanas de llamas, turismo agroganadero, turismo de alta montaña, turismo cultural (asociado a festividades tradicionales destacadas) o venta de artesanías locales (realizadas con cerámica, sal, lajas,

cardones, etc.). Datos del Observatorio Turístico de la Provincia de Jujuy muestran que, si bien la región de la Puna es la que menor cantidad de plazas empadronadas tiene (827 de las 10.001 provinciales), su número viene en aumento desde 2010 (cuando se registraban 579 plazas), aunque aún se sitúa lejos de los valores para otras regiones turísticas de la provincia, como la Quebrada de Humahuaca (4.181) y los Valles (3.973). No obstante, al comparar el crecimiento anual de plazas empadronadas por región en la última década, se observa que la Puna es la que muestra menor crecimiento. En términos de arribos a la provincia de Jujuy (835.021 personas registradas en todo tipo de alojamiento, año 2014). El 8% correspondió a la región Puna, bien por debajo del 46% para la región Quebrada y del 42% para la región Valles (Secretaría de Turismo de Jujuy, 2014). Sin embargo, relativizando estos números en términos de población por región, se constata que llega a la Puna 1,6 visitante por cada habitante de esta región (42.541 habitantes), frente a 11,2 visitantes por habitante en la Quebrada (34.373 habitantes) y 0,8 visitante por habitante en los Valles (419.385 habitantes). El 75% de los visitantes de la Puna se alojan en la localidad de La Quiaca, en gran medida vinculados a la actividad comercial de esta ciudad fronteriza. Para analizar con más detalle el impacto tanto positivo como negativo de la afluencia de visitantes a la Puna, sería necesario un análisis más profundo que incorpore variables como número de prestadores, duración de las estadías, gastos medio por persona, puestos de trabajos generados, etc.

A pesar de su potencial, el volumen de turismo que mueve la región de la Puna está lejos de la magnitud de otras regiones. En este sentido, las APs de la Puna y los valores territoriales que las mismas conservan pueden funcionar como atractivos turísticos regionales. Al respecto, merecen una mención especial las APs vinculadas a humedales, ya que concentran gran cantidad de avifauna de altura que sirve como atractivo tanto a público general como especializado (Izquierdo *et al.*, en este volumen). Por ejemplo, el

Monumento Natural Laguna de los Pozuelos, en la puna jujeña, recibe unos 2.500 visitantes por año, cifra importante para la región, aunque aún muy distante de la cantidad de visitantes de APs de otras zonas (el Parque Nacional Calilegua, en la región de Yungas de la misma provincia recibe unos 13.000 visitantes anuales). A modo de reflexión sobre la proyección de la actividad turística vinculada a APs cabe mencionar que, si bien existen ejemplos exitosos, en general esta actividad ha demostrado funcionar bien cuando se plantea en un esquema complementario de diversificación de las actividades económicas familiares. Es importante manejar el nivel de expectativas al respecto ya que el potencial desarrollo del turismo se ve limitado por cuestiones inherentes a la región. Las condiciones ambientales relativamente hostiles, junto con la austeridad de los servicios disponibles, suponen una restricción para la afluencia de público masivo. Esto no debe considerarse necesariamente como algo negativo. La afluencia limitada de visitantes puede ser un atractivo para ciertos segmentos de turistas (Troncoso, en este volumen), a la vez que permite que la actividad se desarrolle de forma más respetuosa con el entorno, tanto en los aspectos naturales como culturales.

ANÁLISIS CRÍTICO DEL FUNCIONAMIENTO Y EL FUTURO DE LAS APs EN LA PUNA

Las APs de la región de la Puna comparten el contexto caracterizado por su baja densidad de población e infraestructuras, situación socioeconómica relegada (respecto a otras regiones más pobladas) y por ende, elevado grado de ruralidad y dominancia geográfica de los espacios silvestres. Esto ha permitido que, a pesar del escaso grado de implementación de la mayoría de las APs, las mismas parezcan haber mantenido sus valores ambientales, como conectividad territorial, cobertura vegetal natural y distribución espacial de especies. Esto se ha dado no tanto por una gestión activa y eficaz de las mismas sino por su carácter remoto y la

concentración espacial limitada de las actividades de fuerte transformación. Sin embargo, consideramos que deben implementarse estrategias de monitoreo a largo plazo de los valores ambientales y la biodiversidad vinculada para poder establecer pautas de manejo efectivas para las APs de la Puna.

El grado de conectividad humana de la Puna se está incrementando como nunca antes con la mejora de algunas infraestructuras viales, la electrificación rural o la mejora de las comunicaciones asociada a la instalación de la red de fibra óptica. En paralelo, existe una actividad minera que por un lado impulsa el desarrollo de inversiones públicas y mejora sustancialmente (aunque de forma acotada en el tiempo) el nivel de ingresos de algunas poblaciones locales, y por otro compite con la biodiversidad y las comunidades locales por el uso de algunos recursos naturales estratégicos como agua y territorio, principalmente. En este sentido, es necesario replantear profundamente el funcionamiento de las APs de la Puna, de forma que puedan realmente constituir una herramienta para la conservación de la biodiversidad y de los valores culturales del territorio. Para ello, proponemos revisar los siguientes puntos.

OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN

La mayor parte de APs de la región se creó antes de 1995 en base a información disponible más escasa y bajo perspectivas y contextos diferentes a los actuales. Así, en algunos casos los instrumentos de declaración no explicitan objetivos y en otros se restringen a aspectos muy puntuales (conservación de una especie determinada, por ejemplo). Es por tanto necesario hacer una revisión de los objetivos de las APs para que las mismas puedan responder de manera integral al contexto presente incluyendo aspectos clave como conservación de cuencas y glaciares, adaptación al cambio climático, mantenimiento de formas de vida de comunidades locales, contribución al desarrollo económico local e implementación de modelos de gobernanza innovadores que incluyan efectivamente a los actores locales en la

toma de decisiones. Además, estas revisiones deberían ir acompañadas de programas de evaluación de la efectividad que permitan monitorear hasta qué punto las APs cumplen con los objetivos establecidos para cada una de ellas.

CAPACIDADES TÉCNICAS Y DE CONTROL

Como se planteó, más del 95% de la superficie protegida en la región de la Puna está en manos de los Estados provinciales los cuales disponen de recursos propios notablemente más limitados que los del Estado nacional (Administración de Parques Nacionales) para emplear en la gestión de estos espacios. Así, la presencia en las áreas, tanto de equipos técnicos como de cuerpos de vigilancia, ha sido y es muy restringida y se dificulta por el carácter remoto y la gran superficie de las mismas. Una vez actualizados y explicitados los objetivos, un primer paso para avanzar en su implementación real es garantizar recursos humanos específicos capaces por un lado, de diseñar planes, programas y proyectos de conservación y desarrollo y por el otro, de asegurar el cumplimiento en terreno de la normativa y de los planes diseñados. En este sentido, un aspecto clave es la obtención de recursos económicos específicos para las áreas, para lo cual se necesita generar nuevos esquemas de financiamiento que incluyan trabajo conjunto con el sector privado y las organizaciones civiles de la sociedad.

INCLUSIÓN DE COMUNIDADES DE PUEBLOS ORIGINARIOS

Las cuestiones vinculadas a derechos de pueblos indígenas tienen cada vez más fuerza tanto a escala internacional como nacional y regional. En la Puna, con la fuerte presencia de comunidades, las APs deben ser planteadas en esquemas de inclusión y respeto a los derechos de las mismas, como el de consulta previa reconocido en el convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo, ratificado por Argentina mediante Ley Nacional 24071. Así, un desafío ineludi-

dible para las APs de la región es generar modelos de gobernanza que respeten estos derechos y compatibilicen los usos del territorio que las comunidades realizan con esquemas de conservación efectiva de los valores ambientales y sociales. Una posibilidad a explorar es la creación de Reservas Comunitarias que sean gestionadas por las comunidades pero con apoyo técnico y aval de las respectivas autoridades ambientales u organismos técnicos.

INSERCIÓN EN OTRAS POLÍTICAS TERRITORIALES

A pesar de los reconocimientos internacionales y nacionales sobre la importancia de las APs en el desarrollo territorial, a nivel regional y en la práctica las APs siguen considerándose un elemento aislado de la política territorial (con un carácter bastante sectorial). Así, no son incorporadas en instrumentos de políticas más integrales, como el Plan Estratégico Territorial de Argentina (Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios 2015a), el Plan Estratégico Territorial de la Puna Jujeña (Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios 2015b) o en los planes de desarrollo estratégico provinciales. Es necesario, por tanto un mayor esfuerzo de las autoridades y/o organizaciones de la sociedad civil para incluir efectivamente las APs como herramientas de ordenamiento territorial en planes de mayor alcance. Paralelamente, las APs pueden generar sinergias con otras políticas territoriales sectoriales. Tal es el caso de la Ley de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglaciar (26639/2010) que promueve su preservación como reserva estratégica de recursos hídricos y establece una serie de actividades prohibidas en dichos ambientes, constituyendo una herramienta legal adicional para la gestión de las APs que los alberguen. Por otro lado, las leyes de protección de la fauna, tanto nacionales (por ejemplo, el Convenio para la Conservación y el Manejo de la Vicuña, Ley 23582/1988) como provinciales (por ejemplo, el Plan de

Conservación y Manejo Sustentable de la Vicuña en Silvestría, Ley 5634/2009 de Jujuy) pueden también promover la creación y el manejo de las APs.

REGULARIZACIÓN CATASTRAL Y DISEÑO ESPACIAL

A abril de 2016, algunas APs de la Puna declaradas hace 15 o 20 años (Tabla 3) aún no cuentan con un catastro formalmente asentado. Esto constituye un importante limitante de cara a zonificar y planificar actividades de gestión dentro de las mismas que debiera ser subsanado en la brevedad, aunque reconocemos que la base catastral es una limitante importante en gran parte del territorio puneño. La regularización catastral puede ser a su vez una oportunidad de mejora para el diseño de las APs. En este sentido, deberían tenerse en cuenta las iniciativas de conservación complementarias, las cuales presentan un elevado grado de superposición con las APs ya designadas. Por ejemplo, la inclusión total de aquellos Sitios Ramsar que se superponen parcialmente a APs formales. También merece atención la situación de las AICAs, puesto que si bien algunas ya están incluidas en APs, otras (15) identifican zonas de valor de conservación que actualmente no están en los sistemas de APs.

PLANIFICACIÓN

Otra carencia generalizada de las APs de la Puna (salvo excepciones) es la disposición de instrumentos de planificación basados en información de calidad que orienten la toma de decisiones de gestión. La elaboración de estos instrumentos, de manera participativa, común a gran parte de las APs provinciales, debería ser una prioridad en las agendas de las autoridades de aplicación de las APs.

COOPERACIÓN TRASFRONTERIZA

No hay una coordinación formal en la gestión de las APs ni entre provincias ni con los países vecinos (Chile y Bolivia) para la planificación y gestión integrada de las mismas, aunque existen algunas iniciativas que apuntan en este sentido. Entre ellas, cabe

destacar el “Acuerdo de Salta para el fortalecimiento Regional de los Sistemas de APs de la Zicosur” aprobado por el plenario de la Zona de Integración del Centro Oeste Sudamericano el 5 de diciembre de 2014, pero con escaso impacto en el territorio hasta la fecha. Otra iniciativa de integración regional es la impulsada por el Grupo de Conservación Flamencos Altoandinos a través de su Red de Humedales de Importancia para la Conservación de los Flamencos (Red Flamencos) centrada en acciones de monitoreo y difusión de información. Es importante reforzar estas iniciativas y ampliar su alcance práctico en el territorio.

AGENDA DE INVESTIGACIÓN DE LAS APS PUNEÑAS

La toma de decisiones de gestión en las APs está limitada por la disponibilidad de información de calidad sobre la cual basarse. Un punto de partida debiera ser la creación de una plataforma de investigadores de la región en la que se comparta información sobre los estudios ya realizados y se sistematice y modernice su puesta a disposición. La adecuada superación de los retos mencionados a lo largo del texto (inclusión de comunidades y sus actividades productivas, compatibilización de actividades mineras con conservación de la biodiversidad y formas de vida tradicionales, adaptación al cambio climático) requiere un esfuerzo de investigación en temas cruciales como:

a) Impactos de la actividad minera. Las evaluaciones de impacto ambiental y social se realizan siempre de manera previa al desarrollo de la actividad, y por tanto, con carácter potencial. Sin embargo, la región cuenta con algunos emprendimientos concluidos hace décadas o próximos a su fin de ciclo (por ejemplo, Mina Pirquitas y Mina Aguilar en Jujuy) sobre los que se puede realizar un análisis exhaustivo y en base a datos reales de los impactos tanto negativos como positivos de la actividad. Esto permitiría tener un panorama más certero sobre el significado de la actividad minera para el territorio y realizar un balance propositivo de la actividad. Estos

estudios podrían a su vez integrarse en una evaluación ambiental estratégica que analice integralmente los emprendimientos concluidos, los actuales y los futuros.

b) Actividad ganadera y sus impactos. Dada la extensión de esta actividad, es importante realizar y compartir estudios regionales sobre aspectos tales como la capacidad de carga del territorio, técnicas de restauración para zonas sobrepastoreadas, impacto socioeconómico de la actividad para las comunidades locales o interacción de la actividad y animales domésticos con fauna silvestre.

c) Proyecciones de efectos del cambio climático en los ambientes puneños.

d) Investigación de base: mapa de vegetación de detalle a escala regional, inventarios de fauna, determinación del estado de situación de las poblaciones de especies amenazadas, monitoreo de glaciares, dinámica hidrológica y uso del agua en las principales cuencas.

En síntesis, la Puna ofrece un laboratorio para experimentar a escala regional la vinculación entre las APs y el desarrollo del territorio. Las condiciones de referencia son la baja densidad poblacional y el carácter de actividades productivas, de tipo extensivas sobre casi todo el territorio (como las agropecuarias) y de tipo intensivas sobre espacios acotados (como las mineras).

Un tema pendiente de vital importancia es la implementación de mecanismos para involucrar activamente las inversiones públicas y privadas en acciones directas de fortalecimiento de las APs de la Puna, propiciando la inclusión social y la participación en la gestión de las comunidades locales aledañas a las mismas.

La clave para la conservación a largo plazo, tanto de la biodiversidad y de los ambientes puneños, como de los servicios ecosistémicos asociados, trasciende la mera declaración de AP y requiere una acertada planificación integral del territorio con su correspondiente implementación, donde las AP son una herramienta de gestión valiosa pero insuficiente si son contempladas de forma aislada.

LITERATURA CITADA

- APN. 2016. Historia institucional. www.parquesnacionales.gob.ar/institucional/historia-institucional. Accedido el 16-03-2016.
- Brown A. D., Pacheco S. 2006. Propuesta de actualización del mapa ecorregional de la Argentina. En: A. D Brown, U. Martínez Ortiz, M. Ascerbi y J. Corcuera (eds.), *La Situación Ambiental Argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, pp. 28-31.
- Bertzky B., Corrigan C., Kemsey J., Kenney S., Ravilious C., Besançon C., Burgess N. 2012. *Protected Planet Report 2012: Tracking progress towards global targets for protected areas*. IUCN, Gland, Switzerland and UNEP-WCMC, Cambridge, UK, 60 pp.
- CAEM. 2015. Minería Argentina, todas las respuestas. Aspectos económicos. www.caem.com.ar/wp-content/uploads/2013/10/Mineria-Argentina-Aspectos-Economicos1.pdf. Accedido el 30/04/2016.
- Di Giacomo A. S. (ed.). 2005. *Áreas Importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Temas de naturaleza y conservación volumen 5. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata*, Buenos Aires, 514 pp.
- INDEC. 2016. Censo Nacional de Hogares, Poblaciones y Vivienda 2010. http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135. Accedido el 15/03/2016.
- Izquierdo A. E., Grau, H. R. 2009. Agriculture adjustment, land-use transition and protected areas in Northwestern Argentina. *Journal of Environmental Management*, 90: 858-865.
- Izquierdo A. E., Aragón R., Navarro C. J., Casagrande E. 2018. Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 96-111.
- Juffe-Bignoli D., Burgess N. D., Bingham H., Belle E. M. S., De Lima M. G., Deguignet M., Bertzky B., Milam A. N., Martínez-López J., Lewis E., Eassom A., Wicander S., Geldmann J., Van Soesbergen A., Arnell A. P., O'connor B., Park, S., Shi Y. N., Danks F. S., Macsharry B., Kingston, N. 2014. *Protected Planet Report 2014*. UNEP-WCMC, Cambridge, Reino Unido, 69 pp.
- Lencina R., Peralta E., Sosa Gómez J. 2018. *La Minería en la Puna Argentina*. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 406-421.
- Longhi F., Krapovickas J. 2018. *Población y pobreza en la Puna argentina en los inicios del siglo XXI*. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 364-379.
- Marinaro S., Grau H. R., Aráoz E. 2012. *Extensión y originalidad en la creación de los parques nacionales en relación a cambios gubernamentales y económicos de la Argentina*. *Ecología Austral*, 22: 1-10.
- Mengarelli, M. (ed.). 2010. *Sostenibilidad financiera para APs en América Latina*. FAO, Roma, Italia, 156 pp.
- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2015a. *Plan Estratégico territorial*. <http://www.planificacion.gob.ar/documentos-y-publicaciones/292/plan-estrategico-territorial/13376>. Accedido el 25/02/2016.
- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2015b. *Plan Estratégico territorial de la Puna Jujeña*. <http://scripts.minplan.gob.ar/octopus/archivos.php?file=5505>. Accedido el 25/02/2016.
- Quiroga Mendiola M., Cladera J. 2018. *Ganadería en la Puna argentina*. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 387-402.
- RHRAP. 2016. *Monumento Natural Laguna de los Pozuelos*. <http://www.whsrn.org/es/perfil-de-sitio/monumento-natural-laguna-de-los-pozuelos>. Accedido 20/03/2016
- Secretaría de Turismo de Jujuy. 2014. *Anuario Estadístico. Indicadores Provinciales 2014*. Informe digital.
- SIFAP. 2013. *Marco Estatutario del SIFAP, modificación del año 2013*. <http://www.ambiente.gob.ar/default.asp?IdArticulo=12567> Accedido el 23/03/2016.
- SIFAP 2015. *Resumen de datos de las APs del SIFAP*. <http://www.ambiente.gov.ar/?IdArticulo=12195>. Accedido el 12/03/2016.

- SIGA PROYUNGAS y García Moritán, M. 2016. Mapa de etnias. http://visor-proyungas.dyndns.tv/visorsiga/_Accedido el 27/03/2016.
- Troncoso C. 2018. Valoración turística en la Puna Argentina: tendencias recientes. En: H. R Grau, M. J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza, 24: 426-440.
- UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. 2010. Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2010 y las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica. <https://www.cbd.int/doc/decisions/COP-10/cop-10-dec-02-es.pdf> Accedido el 20/01/2016.
- Watson J. E. M., Dudley N., Segan D. B., Hockings M. 2014. The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515: 67-73.

Box ▶ Novedoso proceso de planificación territorial integral aplicado en la Reserva Provincial Los Andes (Salta)

Musalem, Sebastián¹; Mariela Alveira¹; Stanley Arguedas Mora²; Elisa Cozzi³

¹ Programa SIPAP, Sec. Ambiente Salta. Email: sebastianmusalem@salta.gov.ar; marialveira@hotmail.com

² Consultor en planificación y gestión de AP. Email: stanleyam@gmail.com

³ Ec y Asociados Consultora Jurídico Ambiental SRL. Email: ec.consultora@gmail.com

En el año 2016 la Secretaría de Ambiente de Salta en alianza con la Escuela Latinoamericana de Áreas Protegidas y Ec y Asociados Consultora Jurídico Ambiental SRL, abordaron la elaboración del Plan Integral de Manejo y Desarrollo de la Reserva Provincial Natural de Fauna Silvestre Los Andes (Figura 1). La Reserva, creada en 1980, tiene una extensión de 14.450 km² que incluyen las ecorregiones de Puna y Altos Andes en el departamento Los Andes de la provincia de Salta. Esta área protegida presenta una alta complejidad no solo por su gran extensión sino también por la presencia de múltiples actores que interactúan con diferentes intereses, a veces en conflicto. El proceso de elaboración del plan contó con tres niveles

de participación: la mesa intersectorial (nivel político), el grupo técnico de planificación (GTP) y el nivel de consulta y participación abierta. La conformación del grupo técnico de planificación fue un elemento innovador ya que participaron trece instituciones públicas y dos privadas, las cuales se reunieron durante un año para planificar la gestión del territorio dentro del área protegida, alcanzando un alto nivel de concertación. Esto representó uno de los grandes desafíos para gestionar eficazmente la conservación del patrimonio natural y cultural, integrando los componentes social, económico e institucional del territorio. Se logró trabajar en seis ejes estratégicos: 1) patrimonio natural, 2) gobernanza y calidad de vida, 3) mine-



Figura 1. **A)** Antiguo Pueblo “Casas cuevas”, Tolar Grande. **B)** Camino al Cerro Aracar, remarcando la inmensidad del paisaje puneño. **C)** Taller participativo del Plan de Manejo de la Reserva Los Andes. **D)** *Phoenicoparrus andinus* “flamenco andino”. **E)** Actividad productiva, manejo del rodeo. **F)** Control y vigilancia del cuerpo de guardaparques de la Provincia.

ría, 4) patrimonio cultural, 5) turismo y 6) ganadería y agricultura, para los cuales se definieron aspectos como visión, objetivos y metas. A partir de esto, las instituciones participantes que conforman el GTP diseñaron y se comprometieron con la implementación de 60 proyectos, contándose ya con fuentes identificadas para el 42,36% de los recursos requeridos. Además, estas instituciones, avanzaron en un primer esfuerzo de zonificación para el uso del territorio, que aún requiere mayor revisión pero representa un gran paso para lograr la gestión integrada. Hay tres grandes desafíos, el primero es avanzar en la oficialización del plan, el se-

gundo es implementar de manera efectiva todos los proyectos, y el tercero es fortalecer el proceso de integración y coordinación intersectorial conformando el Comité de Gestión de la Reserva.

LITERATURA CITADA

Secretaría de Ambiente. 2017. Plan Integral de Manejo y Desarrollo, Reserva Natural de Fauna Silvestre Los Andes, Refugio Provincial de Vida Silvestre Laguna Socompa y Refugio Provincial de Vida Silvestre Ojos de Mar de Tolar Grande. Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable de Salta, Argentina, 108 pp.

23 ▶ Los socioecosistemas de la Puna en contexto nacional y global

Grau, H. Ricardo; N. Ignacio Gasparri

Instituto de Ecología Regional, Universidad Nacional de Tucumán – CONICET.

chilograu@gmail.com, ignacio.gasparri@gmail.com

► **Resumen** — El funcionamiento socioecológico de la Puna argentina está fuertemente condicionado por sus interacciones con otras regiones. El principal motor de esas interacciones son los humanos, que llegaron a la Puna hace aproximadamente 11.000 años. Hace 4.000 años los ecosistemas puneños comenzaron a experimentar transformaciones derivadas de la adopción de la agricultura y la ganadería originadas en los altiplanos más tropicales. Con la expansión del imperio incaico se intensificó la minería, y con la llegada de los europeos se introdujeron especies ganaderas (ovinos, equinos, caprinos, bovinos) que cambiaron los ecosistemas. La modernización socioeconómica de los últimos dos siglos trajo aparejado importantes cambios culturales, demográficos y tecnológicos. Por ejemplo, los cambios en la tecnología del transporte implicaron que no hiciera falta dedicar gran parte de la vegetación para alimentar animales de carga, reemplazados por transporte en tren o automóviles. Los cambios en las comunicaciones han hecho que las comunidades puneñas estén mucho menos aisladas. El funcionamiento socioecológico actual de la Puna argentina puede caracterizarse en base a distintos tipos de "teleacoples" con las sociedades extra-puneñas. (1) La migración implica la exportación de personas y el ingreso de dinero, que también llega como (2) pago a servicios (turismo, viajantes), o como (3) pago a productos primarios exportados desde la Puna (minerales, lana, artesanías). (4) El principal ingreso de recursos a la Puna son los subsidios (infraestructura, empleo público, educación, salud, mantención de estructuras "indígenas") que la Puna "paga" transfiriendo soberanía. La venta de productos y servicios resulta en cambios socioecológicos hacia una menor dependencia de la agricultura y la ganadería. En conjunto, estas teleconexiones han resultado en una tendencia al despoblamiento rural, transformaciones culturales hacia patrones más occidentales "modernos", intensificación del impacto antrópico en sitios puntuales (minas, ciudades) pero desintensificación de la ganadería y recuperación de ecosistemas y especies silvestres en áreas extensas. Los futuros desafíos incluyen entender mejor estas interacciones en el contexto del cambio climático, la integración de la Puna argentina con los países limítrofes (Chile, Bolivia), y el fuerte rol que juega el Estado nacional y los Estados provinciales.

Palabras claves: Historia ambiental, teleacoples, transición ecológica.

► **Abstract** — "Puna socioecosystems in national and global context". The socioecological functioning of the Argentine Puna is strongly controlled by its interactions with other regions. A key agent in such interactions are humans, which arrived at the Puna approximately 11000 years ago. Four thousand years before the present, Puna ecosystems started to experience transformations resulting from the adoption of agriculture and livestock incoming from the tropical *altiplanos*. With the expansion of the Inca empire, mining activities intensified, and with the arrival of the Europeans, the most important livestock species were introduced (sheep, cattle, horses, donkeys, goats), thus changing the ecosystems. Socioecological modernization occurring during the past two centuries brought important cultural, demographic and technological changes. For example, changes in transport technologies implied that there was no longer needed to use vegetation biomass to feed horses, donkeys and mules, that were replaced by railroads and cars. Changes in communication technology made Puna communities much less isolated. Currently, Puna socioecological functioning can be characterized by four types of "telecoupled" systems: (1) Migration implies human population loss and money input in the form of remittances, but also as (2) payment for services (tourism, travelers) and for (3) primary products that are exported from the region (minerals, wool, handcrafts). (4) The main input of resources is subsidies (infrastructure, public employment, education, health, support for indigenous communities) that the Puna "pays" as a sovereignty transfer to Argentina central power. The economy based on products, services, and subsidies, results

in socioecological changes towards a lesser dependence on agriculture and livestock. As a consequence of these teleconnections, the region has experienced rural depopulation, cultural changes towards a more "modern" type of life, intensification of focal processes (urban areas, mining operations) but dis-intensification of domestic herbivory and recovery of wildlife in extensive areas. Future challenges include to better understand these interactions in the context of climate change, the integration with other Puna countries (Chile, Bolivia), and the role of national and provincial states.

Keywords: Environmental history, telecouplings, ecological transition.

INTRODUCCIÓN

En buena medida, la Puna se expresa en sus rocas, salares, volcanes, cumbres y planicies; que revelan una historia geológica de millones de años (Hongn *et al.*, Grosse y Guzmán y Babot *et al.* en este volumen) expuesta por el clima árido y poco productivo (Lupo *et al.*, Morales *et al.* y Navarro, en este volumen). Este paisaje da a quien lo transita una fuerte sensación de aislamiento; de habitar un planeta, pero no uno dominado por la tecnología, la urbanización, las comunicaciones a larga distancia, la economía global, las mega-instituciones de gobierno. Aún sus pobladores, en una vista superficial, pueden sugerirnos un mundo aislado. Sin embargo, a poco de indagar en la estructura y el funcionamiento de los socioecosistemas puneños comenzamos a percibir que todo se conecta con el mundo extra-puneño por mecanismos y caminos diversos.

En verdad no hay región del planeta ajena a estos procesos. Los climatólogos han propuesto hace décadas el concepto de «teleconexiones» para enfatizar efectos distantes en patrones climáticos y meteorológicos locales (Wallace *et al.*, 1981). Economistas y politólogos destacaron la creciente influencia de la «globalización» sobre las finanzas, los gobiernos y la cultura (Albrow y King, 1990). Más recientemente, los geógrafos del territorio (*land scientists*) enfatizaron la importancia de los «teleacoplos», vínculos funcionales en los cuales una región o localidad geográfica es tanto receptora de influencias externas como emisora de impulsos y señales que afectan a otras (Liu *et al.*, 2015). Las conexiones distantes entre socioecosistemas son hoy reconocidas como un componente central del funcionamiento del planeta en el «Antropoceno», la era actual caracterizada

por el dominio del funcionamiento planetario por el *Homo sapiens* (Crutzen y Stroemer, 2000).

Si bien estas asociaciones entre geografías distantes han sido resaltadas por diversas disciplinas teóricas durante las últimas décadas, no son nuevas: han operado por siglos o milenios con variable intensidad. La Puna no es una excepción. El objetivo de este capítulo, que toma por referencia los otros de este volumen, es (1) describir las generalidades de historia ambiental de la Puna en relación a sus conexiones distantes con otros socioecosistemas, (2) tipificar los principales teleacoplos que determinan los patrones socioecológicos actuales, (3) describir las principales tendencias actuales de cambios socioecológico en ese contexto y (4) especular sobre sus principales consecuencias para el funcionamiento y manejo de la Puna argentina.

HISTORIA DE LOS EFECTOS GLOBALES SOBRE LOS SOCIOECOSISTEMAS PUNEÑOS

El Holoceno, los últimos 11-12.000 años, puede considerarse el período en el que el clima actual se estableció en la Puna, luego del pasado período glaciar (Lupo *et al.*, en este volumen). Los primeros humanos que habitaron la Puna datan de esos tiempos, aunque posiblemente varios milenios antes (Martínez, en este volumen). Es decir que la Puna, con las características climáticas del presente, siempre ha tenido poblaciones humanas: ha sido un «socioecosistema». Dado los hábitos móviles de los humanos, desde etapas tempranas estas poblaciones han jugado el rol de conectar a la Puna con otros socioecosistemas más o menos distantes (Tabla 1). Los primeros pobladores probablemente

Tabla 1. Cambios de contexto social “global” afectando los ecosistemas puneños durante el Holoceno.

Proceso global de contexto (“global”)	Procesos socioecológicos
Llegada de los primeros humanos	Extinciones y cambios poblacionales en grandes mamíferos. Posibles alteraciones en la vegetación resultantes de cambios en la herbivoría.
Agriculturización	Introducción de ganado doméstico (camélidos) y sembradíos en sectores localizados. Posible alteración de humedales. Aumento de la población humana, posiblemente incrementando la presión de caza.
Dominación inca	Crecimiento poblacional. Expansión de la explotación minera. Expansión de la red de caminos y su uso por caravanas de llamas (expansión del pastoreo por animales de transporte).
Dominación europea	Introducción de nuevos cultivos, introducción de ganado doméstico ovino, vacuno y caprino. Incorporación del transporte por equinos. Cambios en la población humana asociados a la reconfiguración de nuevas redes de comunicación. Dependencia de la corona española e inicio de vínculos con el Río de La Plata.
Independencia nacional	Establecimiento de nuevos límites: aparición del estado benefactor. Establecimiento de ferrocarril y apertura de las redes de caminos para vehículos a motor que impulsan redistribución de la población. Incremento de la dependencia de los centros poblados del oriente.
Cambios tecnológicos (transporte, comunicaciones)	Disminución del transporte a sangre, reducción del pastoreo por equinos. Mayor comunicación con el mundo extra-puneño.
Modernización socioeconómica: economía urbana y globalizada	Migración rural y abandono de zonas marginales. Turismo y exportación de commodities. Transición del autoabastecimiento a la importación de energía (que podría revertirse a exportación en el futuro). Creación de áreas protegidas.

no recibían mayores influencias externas, sin embargo, «importaban» algunos recursos. Por ejemplo, las herramientas de caza datadas en el Holoceno temprano (e.g. lanzas de bambúes del género *Chusquea*, espinas de palmas del género *Acrocomia*) eran elaboradas con materiales vegetales provenientes de las yungas, cientos de kilómetros al este (Martínez, en este volumen). Dado que su principal fuente de alimentos era la caza, es posible que hayan tenido, como en otros lugares, un cierto impacto promoviendo la extinción de componentes de la megafauna y alterando las poblaciones de grandes mamíferos. También estos pobladores tempranos tenían vínculos con las costas del Pacífico, de donde importaban conchas para fabricación de utensilios y ornamentos. Estos hallazgos,

sugieren también que los habitantes puneños tenían alguna influencia, aunque seguramente menor, sobre ecosistemas vecinos.

Las actividades humanas más intensas emergen a partir de la configuración geopolítica del continente sudamericano resultante de la aparición de las civilizaciones agrícolas, hace aproximadamente 4000 años AD (Olivera, en este volumen). El hecho de que el principal núcleo de poder en Sudamérica se asentara en los Andes tropicales (actuales Perú y Bolivia) resultó en un impacto importante para la Puna argentina, que se transformó en un área periférica de aquellos. Sus propiedades agroecológicas similares (aunque marginales; Grau A., este volumen) permitieron localmente la adopción de animales domésticos como la llama y cultivos como

quínoa, papa y otros tubérculos andinos, con lo cual aparece la civilización agrícola ganadera en la Puna. Antes de la existencia del imperio incaico, la región de la Puna argentina comenzó a recibir influencia de los Andes tropicales. Con la expansión del imperio incaico y la integración de la Puna argentina a él sobre el sector austral se consolida y formaliza la dependencia política, y el establecimiento de los núcleos agrícolas. También se intensifica una actividad que marcará intensamente el futuro de la Puna: la minería (Albeck *et al.*, este volumen). Este periodo también incorpora un factor clave en la socioecología de las teleconexiones: la construcción de caminos con postas planificadas (tambos) y el transporte en animales, en este periodo limitado a las caravanas de llamas.

Las primeras incursiones europeas en el noroeste de Argentina (expediciones de Diego de Almagro y Diego de Rojas) provienen del Perú; y no es casual que este ingreso se realizara por la Puna (Piossek Prebisch, 1986). La Puna era por ese entonces un sector con población relativamente alta, que albergaba núcleos poblacionales y caminos que los conectaban con los mayores centros de poder. El grueso de la población sudamericana se asentaba en las tierras altas de los Andes tropicales; lo que actualmente es Perú, Bolivia y Ecuador. También aquí se encontraba la agricultura más avanzada, los centros urbanos y los campos de pastoreo. Si bien la Puna Argentina constituía un territorio marginal del imperio incaico y de sus antecesores; al momento de la llegada de los españoles lo que hoy es la Puna Jujeña (Cochinoca, Casabindo, Rachaite) concentraba junto a los valles Calchaquíes y la quebrada de Humahuaca, la mayor población de la actual Argentina (Gil Montero, este volumen).

Hasta principios del siglo XVI, el «mundo» se limitaba a Sudamérica y en gran medida a los Andes tropicales y subtropicales. Con la llegada de los europeos, sin embargo, este orden de cosas estaba destinado a cambiar drásticamente en los siglos siguientes. Los nuevos y poderosos habitantes

de la región tenían vínculos con habitantes de otras regiones del planeta, y la Puna ve acrecentada la relación de dependencia de estos nuevos centros de poder. Esos vínculos, que en esta etapa siguieron usando buena parte de la red caminera incaica, se hacen mucho más activos con la incorporación de los equinos como animales de carga. Burros, caballos y mulas, se suman a vacas, ovejas y cabras para alterar la población de herbívoros de la Puna. Inclusive, la Puna comienza a producir animales de carga para ser usados en las minas de Potosí, en la actual Bolivia (Gil Montero, este volumen).

Con el proceso de globalización, la población humana de la Puna creció menos que las de valles bajos, llanuras y zonas pedemontanas. La agricultura americana no solo alimentaba a los pobladores locales, sino que gradualmente fue contribuyendo más a la alimentación de europeos, asiáticos y africanos. Esto hizo crecer radicalmente el poder político y económico de puertos y llanuras. De ser el centro del mundo, los Andes tropicales y subtropicales pasaron a ser una zona periférica. En las últimas décadas, su población no solo creció menos que la del «bajo», sino que decrece (Longhi y Krapoviccas, este volumen). Buena parte de las decisiones actuales sobre los recursos naturales y humanos de la Puna hoy se toman fuera de ella, en los centros urbanos de pedemonte, llanuras y costas. Para la Puna, la independencia Argentina resultó en un aumento de la dependencia de las tierras bajas del sureste.

Acoplado a los cambios socioeconómicos de los últimos dos siglos, han ocurrido grandes cambios tecnológicos. Entre los más destacados del siglo XX se encuentra el cambio en la tecnología del transporte. Al extenderse las redes de caminos y ferrocarriles, con transporte alimentado a combustible fósil, disminuyó drásticamente la necesidad de transporte «a sangre», lo que implicó un gradual descenso en la intensidad de pastoreo para animales de carga (principalmente equinos). La apertura de nuevas vías de comunicación como el ferrocarril y las rutas internacionales a Chile y Bolivia,

hicieron que las poblaciones situadas en estas (La Quiaca, Abra Pampa, San Antonio de los Cobres), se convirtieran en las más prósperas, mientras que las situadas en vías de transporte de importancia decreciente (Casasabindo, Cochinoca, Rinconada, Santa Rosa de los Pastos Grandes) decayeran.

En tiempos más recientes, la llegada de telefonía convencional y celular, resulta en niveles de comunicación muchos más altos, con posibles consecuencias para el manejo de los ecosistemas. Otro cambio relevante para el paisaje de la Puna y los valles altos lo constituyen las fuentes de energía. La fuente original de energía han sido las plantas leñosas locales, y la Puna esencialmente se autoabastecía de energía. En la actualidad los centros urbanos se proveen energía con generadores a combustibles fósiles y se ha desarrollado un extenso programa de provisión de energía solar (González, este volumen). En algunos casos se utiliza también gas natural (e.g. a partir de los gasoductos que cruzan la Puna hacia Chile) y se ha llegado a «importar» leña desde las zonas bajas, dadas las dificultades locales para cosecha de leña de calidad. En conjunto, estas distintas iniciativas convierten a la Puna en un importador neto de energía; aunque el potencial de generación de energía eólica, solar y geotermal podría revertir este balance (Coira, González, este volumen).

LOS TELEACOPLES EN EL FUNCIONAMIENTO SOCIOECOLÓGICO DE LA PUNA

En la actualidad el funcionamiento de la Puna ha quedado fuertemente relacionado con la economía y política Argentina, y el grado de conexión de esta con el resto del Mundo. Siendo un país medianamente desarrollado con un alto grado de urbanización, gran parte del poder y las decisiones se concentran en las capitales y centros urbanos, que en el caso de Argentina se distribuyen en las tierras bajas. Las interacciones entre la Puna y el mundo extra-Puna, puede describirse en base a cuatro tipologías de teleacoples: migración, subsidios gubernamenta-

les, venta de productos y venta de servicios (Tabla 2).

MIGRACIÓN

Una característica sobresaliente de las poblaciones puneñas es su fuerte emigración (Longhi y Krapovickas, este volumen). El patrón cuantitativamente más importante es el movimiento permanente o temporario hacia zonas urbanas o agrícolas del bajo, principalmente en Argentina. En menor medida, ocurre cierta migración de retorno y la inmigración de habitantes del bajo que se trasladan a vivir en la Puna con fines laborales específicos. Por ejemplo, la inmigración de maestros a las escuelas rurales de la Puna suele tener un fuerte impacto cultural. Este aspecto destaca uno de los flujos típicos asociados a los movimientos migratorios: el flujo de patrones culturales. Si bien la emigración de puneños puede implicar la «exportación» de ciertas pautas culturales al bajo (por ejemplo, consumo de carne de llama o cultivos andinos), la inmigración y la migración de retorno probablemente sean muy importantes en incorporar usos y costumbres «occidentales» a las poblaciones de la Puna. Por supuesto, uno de los flujos más significativos asociados a la migración es el de dinero, tanto aquel que migrantes temporarios ingresan a la Puna luego de haberlo obtenido mediante empleos en el bajo, como las remesas que familiares emigrados envían, ayudados con los nuevos sistemas de comunicación.

Los efectos ecológicos de la emigración de zonas de montaña han sido estudiados en otras regiones (Grau y Aide, 2007, 2008). Típicamente la reducción de la población rural, en particular de los grupos etarios con más capacidad laboral, suele redundar en una desintensificación de usos ganaderos y agrícolas marginales como los que caracterizan a la Puna (Izquierdo y Grau, 2009). También implica una reducción de la cosecha de biomasa para leña, que en las ciudades es parcialmente reemplazada por combustibles fósiles, lo que adicionalmente resulta en menores daños para la salud. Por

Tabla 2. Tipología de tele-acoplos de la Puna y sus consecuencias socioecológicas.

Tipo de teleacople	Flujos desde la Puna	Flujos hacia la Puna	Consecuencias socioambientales
MIGRACIÓN	GENTE	DINERO	Reducción de la población y cambios en la estructura etaria. Cambio cultural de la población remanente. Reducción de la cocina a leña (mejor calidad ambiental intramuros).
	Pautas culturales.	PAUTAS CULTURALES (vestimenta, comunicaciones, valores de sociedad de consumo).	
		Gente influyente; (e.g. maestros y operarios temporarios en emprendimientos mineros o turísticos.	Recuperación de ecosistemas y poblaciones silvestres. Pérdida de conocimiento y sistemas etno-biológicos.
SUBSIDIOS	Soberanía, Poder de decisión.	Empleo público	Recursos fuertemente controlados por el poder político centralizado externo; políticas de conservación, de desarrollo minero o de desarrollo turístico.
	Algo de influencia de las poblaciones puneñas sobre decisiones nacionales y provinciales.	Infraestructura de transporte, comunicaciones, educación, salud.	
		Mantenimiento de organizaciones indígenas.	Reducción de la emigración, pero movimiento hacia centros quasi-urbano con formas de vida menos rurales y menos dependiente de recursos naturales.
EXPORTACION DE PRODUCTOS	Commodities y productos especializados.	Dinero. Decisiones de mercado.	Desarrollo productivo, a veces con fuerte impacto local sobre los ecosistemas (principalmente en el caso de la minería).
	Información sobre origen y formas de producción.	Valoraciones de formas de producción y de la región.	Desarrollo productivo, en ocasiones con impactos positivos sobre población dedicada a producciones tradicionales pero con riesgo de no poder cubrir demandas lejanas generando arribo de nuevos actores y formas de producción que compiten con lo tradicional.
VENTA DE SERVICIOS	Servicios hoteleros y comerciales a viajeros y turistas.	Dinero. Decisiones de mercado.	Cambio cultural, pero también mantención de patrones culturales y ambientales funcionales a la demanda turística.
	Información sobre pautas culturales y valoración de la región.	Personas en el caso del turismo y su carga de valoraciones.	

otra parte, la reducción de las poblaciones locales y su menor capacidad operativa debido a la emigración de los jóvenes puede resultar en la desestructuración de sistemas productivos que han sido sustentables duran-

te años. Por ejemplo, en los Andes tropicales se ha documentado que la emigración rural produjo el deterioro de sofisticados sistemas de riego y cultivos en terrazas asociados a este proceso (Harden, 1996). Es posible que

en alguna medida estos procesos en la Puna argentina hayan contribuido a un deterioro en el manejo agrícola (Grau, este volumen) y ganadero, por ejemplo, al perderse capacidad de mantenimiento de pircas, terrazas de cultivos o regadío de vegas. También es posible que la emigración rural resulte en la pérdida de conocimientos etno-biológicos y agronómicos de especies andinas.

SUBSIDIOS

En términos de flujos monetarios, la Puna argentina es una región fuertemente subsidiada. Una fracción importante de la población tiene salarios como empleados públicos (Longhi y Krapovickas, este volumen) financiados mayormente con impuestos generados fuera de la región. Estos impuestos también pagan por el grueso de la infraestructura de transporte, comunicaciones, salud, educación, investigación agropecuaria y conservacionista, y gobierno local. Aún las comunidades indígenas, cuyo registro y formalización han proliferado en las últimas décadas (Reíd Rata *et al.*, este volumen) basan su funcionamiento en aportes del Estado argentino. Estos subsidios posiblemente contribuyen a reducir la emigración, aunque no evitan que la población se concentre en los centros urbanos o rurales agregados; favoreciendo una des-ruralización de la población.

Puede interpretarse que a cambio de estos ingresos monetarios y de recursos la Puna cede soberanía hacia la Argentina en forma de poder territorial a los gobiernos provinciales y nacionales. Por otra parte, estos procesos dan visibilidad a las poblaciones puneñas en el contexto nacional, aumentando su poder de influencia.

Mientras actividades como la minería o incluso el turismo son percibidas como potencialmente impactantes en aspectos ambientales, y en consecuencia son sujetas a controles; el empleo estatal y las obras de infraestructura ejecutadas por el Estado y las comunidades indígenas son poco estudiadas y controladas (Lencina *et al.*, este volumen). Por ejemplo, sus actividades no suelen ser objeto de evaluaciones de impacto ambien-

tal. Dado que potencialmente tienen tanto o mayor impacto socioecológico, esta situación debería revertirse.

EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS (COMMODITIES Y PRODUCTOS DIFERENCIADOS)

Se define como «commodity» a los recursos naturales que se comercializan en el mercado global donde sin características distintivas de procedencia; las distintas regiones productoras compiten, y el precio se establece por la totalidad del mercado. La Puna exporta *commodities* minerales (metálicos y no metálicos, Lencina *et al.*, este volumen), que son retribuidos principalmente con dinero hacia trabajadores locales relativamente poco calificados, dado que tanto las operaciones comerciales de productos primarios como el manejo especializado de la minería es realizado por operarios externos o habitantes temporarios de la Puna. Si bien es probable que la mayor parte de los ingresos por venta de *commodities* no quede en la Puna, la proporción que ingresa sí es significativa para la economía local.

Los usos productivos pueden resultar en fuertes impactos ambientales, entre los que se destacan los de la minería. Por ejemplo, las poblaciones de mamíferos (Perovicket *et al.*, este volumen), aves (Osinaga y Martín, este volumen) o macroinvertebrados acuáticos (Nieto *et al.*, este volumen) podrían ser sensibles a la actividad minera. Sin embargo, en la mayoría de los casos de la Puna, la producción primaria intensiva (minería, agricultura, manejo ganadero intensivo) está muy restringida espacialmente; por lo que posiblemente no representan un impacto regional significativo. Una excepción a este patrón podrían ser los organismos de humedales potencialmente muy afectados por la producción de litio en los salares, como las valiosas y diversas comunidades de microrganismos (Farias, este volumen). Entre el año 2000 y 2015 Argentina pasó de cubrir el 17% al 21 % de las exportaciones de litio mundiales en un mercado creciente. El destino de las exportaciones se concentra en gran medida en Estados Unidos y países asiáticos

con fuerte industria tecnológica como China, Corea del Sur y Japón (Casagrande e Izquierdo, este volumen). En este sentido, la evolución de los teleacoplos entre la Puna y los países de fuerte industria tecnológica se presenta como determinante para el desarrollo y la problemática de la región.

Otros productos, más allá de sus características físicas, pueden definirse por la información implícita en ellos en cuanto a su procedencia y formas de obtención (por ejemplo, denominación de origen o etiquetados de formas de producción). En el caso de los productos agroindustriales característicos de la Puna como lana o artesanías (Quiroga Mendiola y Cladera; Vilá *et al.*, este volumen) la tendencia parecería orientarse a esta tipología de productos. La apertura de grandes mercados para productos agrícola ganaderos específicos de la Puna puede terminar en una demanda de magnitudes difíciles de satisfacer con métodos tradicionales de producción y fomentar el arribo de nuevos actores que producen de maneras no tradicionales (producción de base más industrial vs tradicional artesanal) o incluso la puesta en producción por actores extra puneños en otras regiones. En este sentido, un crecimiento gradual del teleacople representado por el mercado de productos puneños puede ser más favorable a los impactos positivos en las poblaciones de la región. Por otro lado, la identificación (*labelling*) vinculando el producto al lugar de origen y las prácticas desde etapas tempranas de desarrollo de mercados puede ser una manera de prevenir impactos negativos de explosiones de demanda, si van acoplados con mecanismos eficaces y transparentes de certificación.

VENTA DE SERVICIOS

Otra fuente de ingresos monetarios a la región es la venta de servicios a habitantes no-puneños. Una forma extendida es el turismo (Troncoso, este volumen), que, si bien es una actividad localizada, tiende a expandirse y desarrollarse en distintos sectores de las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, La Rioja y el norte de San Juan (Izquierdo *et*

al., este volumen). En las zonas de tránsito internacional como la ruta 9 hacia Bolivia (Abra Pampa, La Quiaca), ruta a Jama (Susques), y en mucho menor medida los otros pasos fronterizos, los puneños también venden servicios a comerciantes y viajantes internacionales que no tienen interés específico en la Puna.

Si bien el consumo y concentración poblacional resultante de estos procesos puede causar impactos ambientales negativos localmente, promueven una economía menor basada en recursos naturales (liberando presión sobre estos) y en particular en el caso del turismo (Troncoso, Ceruti, Bravo, este volumen) pueden promover prácticas de conservación o uso de los recursos «amigables» con el ambiente, que son funcionales a la demanda turística especializada en estas características de la Puna.

LA PUNA ARGENTINA Y EN RELACIÓN CON SUS VECINOS

Un aspecto poco explorado del funcionamiento socioecológico de la Puna argentina es su continuidad por fuera de los límites internacionales: Bolivia, Chile, e inclusive el sur de Perú. Una visión global de estas conexiones es importante. Estas conexiones pueden inducir fructíferos cambios para iniciativas de manejos conjuntos (por ejemplo, corredores turísticos internacionales, manejo de áreas protegidas coordinado). La cooperación internacional en leyes de manejo y conservación de la vicuña a través de convenios muestra que estas iniciativas pueden ser exitosas para recuperación y conservación de especies altamente móviles. En el caso de emprendimientos comerciales (turismo, minería) es interesante que las relaciones internacionales pueden ser tanto competitivas como sinérgicas. Un aspecto que merece especial atención por lo desatendido (y muy relevante para este libro) es el de cooperación científica y el desarrollo de estudios comparativos. En todo caso, si el mundo continúa la tendencia de las décadas pasadas hacia mayor globalización e integración transnacional, es importante considerar

rar que la Puna es parte de una ecoregión claramente internacional. Y también que es afectada por procesos ecológicos globales. Como todas las zonas montañosas del mundo, está siendo crecientemente afectada por el calentamiento climático, y en este caso particular por una tendencia a la aridización (Morales *et al.*, este volumen). Por otra parte, la globalización biológica también la afecta severamente, de manera similar a la de otras regiones, con expansión de herbívoros domésticos y especies introducidas (burros, truchas, liebres, pastos africanos; Grau H.R, Barrionuevo y Abdala, en este volumen).

SINTESIS DE LAS INTERACCIONES TERRITORIALES EN LA PUNA Y SUS CONSECUENCIAS SOCIO-ECOLÓGICAS

Las interacciones entre factores exógenos y endógenos en la Puna forman un sistema complejo (Fig. 1; Izquierdo *et al.*, en revisión). La emigración y el resultante decrecimiento de la población rural es el principal patrón demográfico (Fig. 2A). Adicionalmente a la migración fuera de la región, dentro

de la misma está principalmente asociada al crecimiento de los dos principales núcleos urbanos (La Quiaca y Abra Pampa, en la carretera internacional a Bolivia), y al empleo estatal en otros centros urbanos y conglomerados quasi urbano. La reducción de la población rural seguramente ha promovido la abrupta caída en el pastoreo por herbívoros domésticos (Fig. 2 B). Esto, junto a la implementación de medidas legales de protección, seguramente ha facilitado la recuperación de las poblaciones de vicuña, y probablemente (aunque no documentado) de otros componentes del ecosistema nativo.

Es así que nos encontramos ante una «transición de la herbivoría», que involucra cambios en la composición y distribución de la comunidad de vertebrados con mayor biomasa. El ganado doméstico es principalmente distribuido alrededor de las áreas más pobladas o en zonas de vegas relativamente accesibles donde se establecen puestos permanentes o temporarios (Quiroga Mendiola y Cladera, este volumen). En contraste, los herbívoros nativos se concentran en los secto-

PRINCIPALES TRANSICIONES forzantes de cambio

Mecanismos

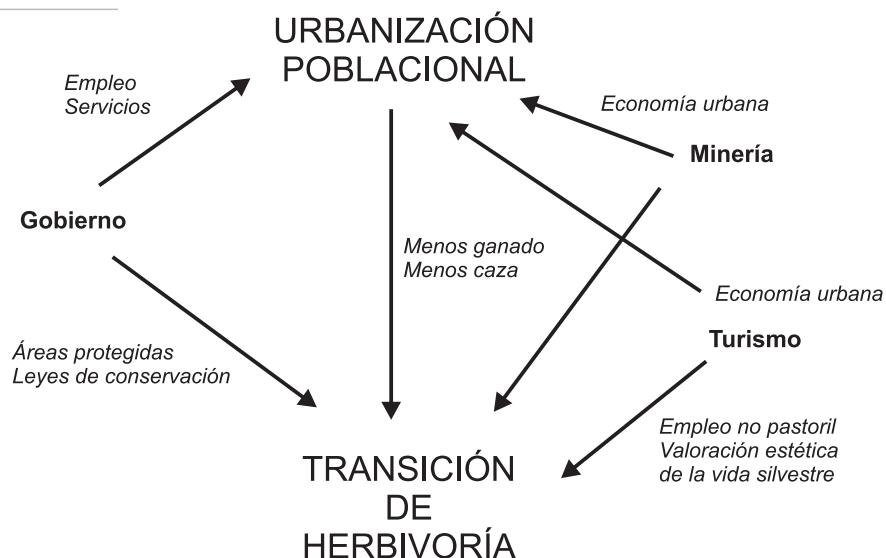


Fig. 1. Principales transiciones, forzantes de cambio y mecanismos hipotéticos.

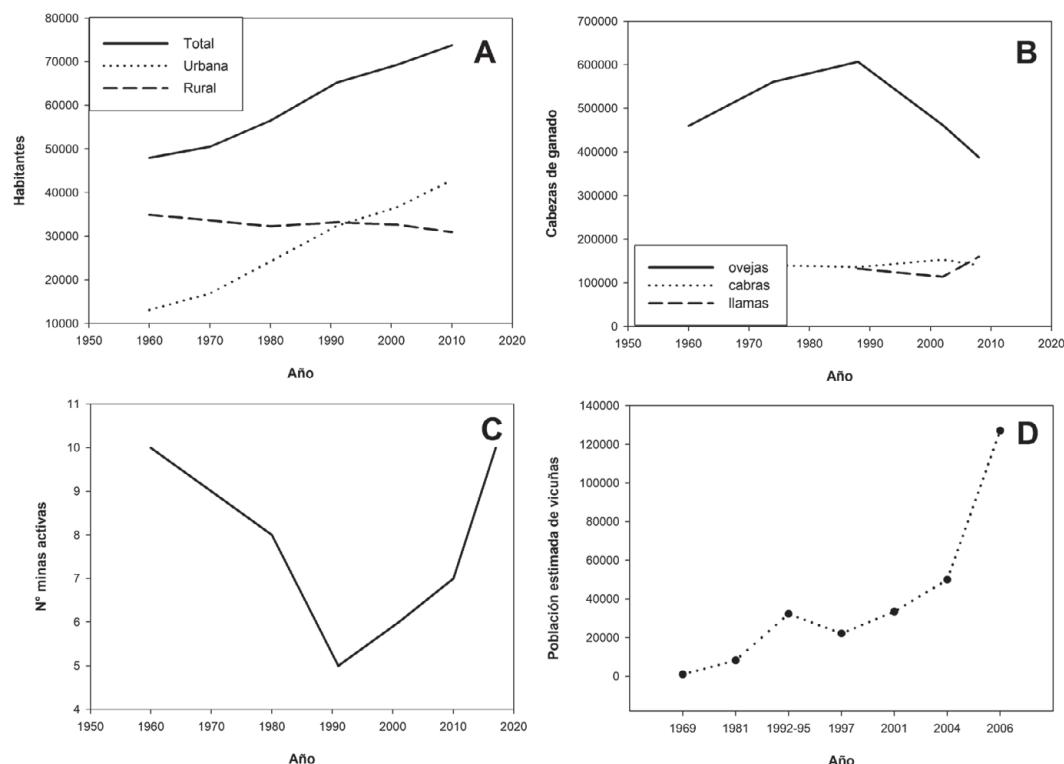


Fig. 2. Cambios en demografía y uso del territorio en los últimos 60 años en la Puna argentina. (A) Población rural y urbana, (B) Ganado, (C) Minas activas, (D) Población estimada de vicuñas.

res más remotos y menos accesibles (e.g. Donadío, este volumen). Estos cambios también podrían asociarse a otros cambios ecológicos mayores, por ejemplo, aumento de las poblaciones de carnívoros o cambios asociados a distintas preferencias o efectos ecológicos de los herbívoros nativos o exóticos (Salvador *et al.*, 2005; Genin y Alzérreca, 2006).

Aunque la cantidad de emprendimientos mineros activos tiene valores similares a los de hace décadas (Fig. 2C), es posible que los actualmente activos involucren mayor intensidad en el uso de recursos, particularmente, agua, una limitante ecológica central en la región (Izquierdo *et al.*, Carilla *et al.*, Grau A., este volumen). La reducción en la actividad minera en la década del 80 al 90 fue causada por el cierre de minas agotadas (Barbarán y Arias, 2009), pérdida de capacidad operativa del Estado Nacional (TolónEstarelles, 2011) y bajos precios in-

ternacionales (Wanger, 2011). Desde los 90, esta tendencia se revirtió, alimentada por el aumento del precio de minerales metálicos y no metalíferos (litio, potasio, boratos), a lo que se sumó el desarrollo de infraestructura como los gasoductos, y políticas de estado más amigables para la actividad en términos impositivos (Moori Koenig y Bianco, 2003). No hay una asociación clara entre la minería y los cambios poblacionales de la Puna. Es posible que el número real de puestos de trabajo en minería sea comparativamente menor al del comercio y el empleo público, y en consecuencia no es evidente en las estadísticas; o que la naturaleza estacional del trabajo minero implique que estos pobladores no son registrados en los censos. Alternativamente, puede pensarse que en parte la minería provee trabajo a pobladores locales que cambian de modo de vida (e.g. de pastores a mineros, Abeledo, este

volumen) sin implicar un cambio demográfico. En el pasado, la minería y el aumento en recursos, vías de acceso y población derivado de ella puede haber resultado en aumentos en la caza. En el presente, la caza es controlada de manera bastante estricta en los emprendimientos mineros más grandes; que son sujetos a Evaluaciones de Impacto Ambiental y una fuerte presión social sobre su comportamiento y responsabilidad empresarial (Lencina *et al.*, este volumen).

Otra actividad ampliamente distribuida y en expansión es el turismo (Izquierdo *et al.*, Troncoso *et al.*, este volumen). La vicuña, una especie carismática asociada a valores naturales y culturales de la región, constituye en sí un valor positivo para el turismo (Garrido Patrel, 2016), lo que puede retroalimentar positivamente una transición ecológica hacia la recuperación de sistemas naturales. Adicionalmente, el manejo en semicautiverio de la vicuña, para explotación legal de fibras, puede contribuir a su recuperación (Castilla, 2014).

En síntesis, la combinación de cambios demográficos, económicos y tecnológicos asociados a las teleconexiones e incremento de la dependencia de la Puna de otras regiones, ha resultado en un escenario promisorio para la conservación de la naturaleza; sin que esto implique descuidar el manejo ambiental en zonas de alto impacto como las explotaciones mineras.

CONCLUSIONES

A lo largo del Holoceno, la Puna ha experimentado un proceso de creciente dependencia de socioecosistemas cada vez más distantes. Hasta el siglo XX, esto implicó un progresivo aumento de la población humana y de la intensidad del uso de los recursos naturales. En las últimas décadas, este proceso ha comenzado a revertirse. Por ejemplo, el aumento de las poblaciones de vertebrados silvestres (principalmente documentado en las vicuñas) refleja una recuperación de los ecosistemas naturales en áreas no cercanas a los centros poblados, zonas que en la Puna ocupan millones de hectáreas.

En la actualidad, la economía de la Puna es poco dependiente de la producción agropecuaria y dependiente, en forma creciente, del turismo, la minería y el empleo estatal, todas actividades con fuentes de recursos fuera de la Puna, y con fuerte impacto cultural. El turismo es posiblemente la actividad más compatible con la conservación de la naturaleza e incluso algunos recursos etnobiológicos y formas de producción tradicionales. La minería puede tener fuerte impacto ambiental local, pero en general es bastante restringida geográficamente y bien manejada puede aportar recursos a la conservación y el manejo sustentable. El empleo estatal y las inversiones en infraestructura tienen un fuerte impacto en la región, lo que puede incrementarse y debe estudiarse de manera más rigurosa para optimizar sus consecuencias socioecológicas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por subsidios PICT de FONCYT (Ministerio de Ciencia y Tecnología, Argentina) y PIUNT de la SCAYT (Secretaría de Ciencia, Arte y Tecnología, de la Universidad Nacional de Tucumán). Andrea Izquierdo realizó valiosos aportes al texto y contenido de datos (principalmente Figura 2).

LITERATURA CITADA

- Abeledo S. H. 2018. La minería y su incidencia en el modo de vida pastoril de Santa Rosa de los Pastos Grandes. En H. R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24:* 403.
- Albeck M. E., Zaburlín M. A., Basso D. M. 2018. Las sociedades puneñas desde el inicio del segundo milenio hasta el fin del dominio incaico. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24:* 321-340.
- Albrow M., King E. (eds.). *Globalization, Knowledge and Society.* Sage, Londres, Reino Unido.
- Babot M. J., Aceñolaza G., Carrizo H. A., García López D. A. 2018. El registro fó-

- sil de la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 117-140.
- Barbarán F, Arias H. 2009. Migraciones en la Puna: su relación con el uso de los recursos naturales del departamento Los Andes (Provincia de Salta, Argentina). Período 1947-2001. *Espacio y Desarrollo* 21: 35-57.
- Barriónuevo S, Abdala C. 2018. Herpetofauna de la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 209-228.
- Bravo C. 2018. Los seismiles de la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 441-442.
- Carilla J., Grau A., Cuello S. 2019. Vegetación de la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 143-156.
- Casagrande E., Izquierdo, A. E. 2018. Téleacoples del litio. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 498-499.
- Castilla C. 2014. Informe provincial de conservación y uso sustentable de la vicuña (*Vicugna vicugna*). Secretaría de Estado de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Gobierno de Catamarca. Catamarca, Argentina.
- Ceruti M. C. 2018. El volcán Llullaiyacu y los santuarios de altura de la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 341-342.
- Coira B. 2018. El volcán Tuzgle. Un proyecto para la obtención de energía geotérmica. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 52-53.
- Crutzen P., Stoermer E. 2000. The "Anthropocene", *Global Change Newsletter*, 41: 17-18.
- Donadio E. 2018. ¿La esquila de vicuñas silvestres conserva el formidable rol ecológico de esta especie? En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 463-464.
- Farías M. E. 2018. Ecosistemas microbianos de la Puna. El inmenso valor de lo diminuto. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 246-268.
- Garrido Patrel A. M. 2016. Propuesta de líneas de acción de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en el Ecuador para el aprovechamiento turístico del patrimonio cultural Tesis de Maestría] Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Genin D., Alzérreca H. 2006. Campos nativos de pastoreo y producción animal en la puna semiárida y árida andina. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 17: 265-274.
- Gil Montero R. 2018. Historia socioambiental: entre la conquista y el siglo XX. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 343-361.
- González J. 2018. Aprovechando la energía solar en la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 93-95.
- Grau A. 2018. Las plantas y el hombre en la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 404-405.
- Grau H. R., Aide T. M. 2007. Are rural-urban migration and sustainable development compatible in mountain systems? *Mountain Research and Development* 27: 119-123.
- Grau H. R., Aide T. M. 2008. Globalization and land-use transitions in Latin America. *Ecology and Society* 13: 16.
- Grau H. R. 2018. El burro en la Puna. ¿Invasor o restaurador? En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 207-208.
- Grosse P., Guzmán S. 2018. Volcanismo. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). *La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24*: 32-51.
- Harden C. 1996. Relationship between land abandonment and land degradation: a case from the Ecuadorian Andes. *Mountain Research and Development*, 16: 274-280.

- Hongn F., Montero-López C., Guzmán S., Aramayo A. 2018. Geología. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 13-29.
- Izquierdo A. E., Aragón, R., Navarro C., Casagranda E. 2018. Humedales: principales proveedores de servicios ecosistémicos en la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 96-111.
- Izquierdo A. E., Grau H. R. 2009. Agriculture adjustment, ecological transition and protected areas in Northwestern Argentina. *Journal of Environmental and Management*, 90: 858-865.
- Izquierdo A. E., Grau H. R., Navarro C.J., Casagranda E., Castilla C, Grau A. Highlands in transition: urbanization, pastoralism, mining, tourism and wildlife in Argentine Puna region. En revisión en *Mountain Research and Development*.
- Lencina R., Peralta E., Sosa-Gómez J. 2018. La actividad minera en la Puna argentina. Caracterización sociohistórica, presente y perspectivas. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 406-421.
- Liu J., Hull V., Luo J., Yang W., Liu W., Viña A., Vogt C., Xu Z., Yang H., Zhang Z., An L., Chen X., Li S., Ouyang Z., Xu W., Zhang A. 2015. Multiple telecouplings and their complex interrelationships. *Ecology and Society*, 20 (3): 44.
- Longhi F., Krapovickas J. 2018. Población y pobreza en la Puna argentina en los inicios del siglo XXI. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 364-379.
- Lupo L., Kulemeyer J., Torres G., Oxman B., Schittek K. 2018. Paleoecología del cuaternario tardío en la Puna del noroeste de Argentina. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 54-72.
- Martínez J. G. 2018. Sociedades prehispánicas de la Puna argentina: desde el poblamiento temprano hasta los inicios de la producción pastoril y agrícola. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 273-294.
- Moore Koenig V., Bianco C. 2003. Industria Minera. CEPAL y Secretaría de Política Económica, Ministerio de Economía de la Nación, Buenos Aires. http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_AR- GENTINA/ARG_97.pdf. Acceso 18 July 2017
- Morales M. S., Christie D., Neukom R., Rojas F., Villalba R. 2018. Variabilidad hidroclimática en el sur del altiplano: pasado, presente y futuro. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 75-91.
- Navarro C. J 2018. Estacionalidad climática e hidrológica: las vegas puneñas. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 92.
- Nieto C., Romero F., Reynaga C., Manso V. 2018. Macroinvertebrados acuáticos de las vegas de la Puna argentina. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 231-243.
- Olivera D. E. 2018. Arqueología del formativo: los inicios de la agricultura y la ganadería. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 297-318.
- Osinaga O., Martín E. 2018. Estado actual de conocimientos de las aves de la Puna argentina. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 161-179.
- Perovich P. G., Trucco C. E., Tellaeche C. E., Bracamonte C., Cuello P., Novillo A., Lizarra L. 2018. Mamíferos puneños y altoandinos. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 182-206.
- Piossek Prebisch, T. 1986. Los Hombres de la Entrada. Edición del Autor. 322 pp.
- Quiroga Mendiola M., Cladera J. 2018. Ganadería en la Puna argentina. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 387-402.

- Reid-Rata Y., Malizia L. R., Brown A. D. 2018. Áreas protegidas de la Puna. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 465-481.
- Salvador F. M., Alonso M. A., Ríos S. 2005. Avances sobre los pastos de turberas en los Andes centrales peruanos (Lauricocha, Huánuco). Producciones Agroganaderas: Gestión Eficiente y Conservación del Medio Natural, 84: 947-953.
- Tolón Estarelles G. 2011. *Situación actual de la minería en la Argentina*. Serie Aportes N° 13. Fundación Friedrich Ebert, Buenos Aires, Argentina.
- Troncoso C. A. 2018. Valorización turística: tendencias recientes. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 426-440.
- Vilá B., Marcoppido G., Lamas H. 2018. Camélidos. En H.R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo, A. Grau (eds.). La Puna Argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 443-462.
- Wallace J., Gutzler D. S. 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. Monthly Weather Review, 109: 784-794.
- Wanger T. C. 2011. The Lithium future—resources, recycling, and the environment. Conservation Letters, 4: 202–206.

Box ▶

Teleacoplos del litio

Casagrande, Elvira; Andrea Izquierdo

Instituto de Ecología Regional, CONICET-UNT. E-mail: elvira.casagrande@gmail.com

La exportación de carbonato de litio (Li_2CO_3) desde la Puna hacia países distantes es un buen ejemplo de socioecosistemas teleacoplados. Recientemente la demanda mundial de litio aumentó por ser un elemento clave en la fabricación de baterías de celulares, laptops y vehículos. Durante 2016 el valor promedio de la tonelada de Li_2CO_3 alcanzó los US\$7.475 (Ministerio Energía y Minería de la Nación), con cuatro países liderando las importaciones: EEUU (10,2k tn/76,2 M US\$ año), China (4,6k tn/34,4 M US\$ año), Japón (4,1k tn/30,7 M US\$ año) y Corea de Sur (1,6k tn/12 M US\$ año).

El marco teórico «teleacoplos» se usa para analizar sistemas distantes conectados por flujos que inciden sobre sus componentes humano y natural (Liu, 2011). Estos componentes son agentes, causas y efectos e incluyen múltiples elementos o dimensiones. De acuerdo a la dirección del flujo, existen sistemas emisores, que emiten un flujo; receptores, los que lo reciben y *spillovers*, los que afectan o son afectados por las interacciones entre emisor y receptor. Los componentes internos de cada sistema tienen distintas funciones: los agentes facilitan el flujo entre y dentro de los sistemas, las causas conducen estos flujos y los efectos son los resultados de los mismos (Liu *et al.*, 2013). Los atributos de los flujos pueden caracterizar al sistema dependiendo del acople de

los componentes; *e.g.* flujos de información, materia o energía.

Un análisis simple sobre la comercialización de Li_2CO_3 entre Argentina y EEUU explora las posibles implicancias de esta actividad sobre los socioecosistemas (Tabla 1) desde el marco conceptual de teleacoplos, considerando interacciones socioeconómicas y ambientales entre sistemas distantes. El análisis incluye flujos en ambas direcciones (emisor-receptor y viceversa), agentes involucrados, causas y efectos de la interacción sobre los sistemas. Algunos efectos socioeconómicos sobre la población, *spillovers*, actividades productivas y aspectos socioculturales, son ejemplificados.

LITERATURA CITADA

- Liu J., McConnell W., Baerwald T. 2011. Telecoupling of Human and Natural Systems. Symposium at the meeting of the American Association for the Advancement of Science. <http://aaas.confex.com/aaas/2011/webprogram/Session2889.html>
- Liu J., Hull V., Batistella M., DeFries R., Dietz T., Fu F., Hertel T. W., *et al.* 2013. Framing sustainability in a telecoupled world. *Ecology and Society* 18 (2): 26.
- Ministerio de Energía y Minería Presidencia de la Nación, Marzo 2017. Informe especial Mercado de Litio. <http://scripts.minem.gob.ar/octopus/archivos.php?file=7252>

Tabla 1. Principales componentes del teleacople “Argentina–EEUU” a través del comercio de Li₂CO₃ y sus implicancias en sistemas ecológicos y humanos.

Comercialización de carbonato de litio			
Sistemas	Emisor (E)	Argentina	
	Receptor (R)	EEUU	
	Spillovers (S)	Chile	
Flujos	Materia/Energía	Dirección del flujo	
		E → R	E ← R
	– Li ₂ CO ₃ – Combustibles fósiles para transporte		– Dinero – Insumos para producción
	Información	– Transacciones financieras – Técnicas de extracción	– Acuerdos de comercialización – Normativas ambientales
Agentes		– Agentes de gobierno – Inversores – Comunidades locales	– Compañías mineras – Mano de obra
Causas	Económicas	– Demanda de Li ₂ CO ₃ para fabricación de baterías principalmente – Bajo costo de producción de Li ₂ CO ₃ a partir de salmueras	
	Políticas	– Políticas nacionales estimulan la actividad minera – Políticas globales a favor de las energías no convencionales	
	Tecnológicas	– Mejoramientos en técnicas de extracción	
Efectos	Ambientales	– Condiciones ambientales propician la deposición de litio en salmueras	
	Culturales	– Aumento en el consumo de artículos electrónicos – Auge en el consumo de “energías verdes”	
	Ambientales	– Potencial impacto en niveles de agua en las cuencas de la Puna – Uso intensivo y potencial degradación de salares – Posible pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos – Emisiones de CO ₂ por transporte de productos – Reducción global de emisiones por uso de automotores tipo híbridos – Control territorial de las mineras con posibles beneficios para la biodiversidad	
	Socioeconómicos	– Potencial movimiento de poblaciones locales en caso de degradación ambiental – Impacto en la economía de otros productores regionales – Mayor oferta de empleos en minería lleva a menor la carga ganadera – Mejoras en accesibilidad, mayores ingresos y capacidad de consumo, acceso a mejor educación y sistemas de salud, etc.	

