

# Nuevos análisis paleoambientales y sus implicancias arqueológicas durante la Pequeña Edad de Hielo en la Puna



**Brenda Oxman**

Conicet-Universidad de Buenos Aires  
oxmanbrenda@yahoo.com.ar

**Paul Tchilinguirian**

Conicet-Universidad de Buenos Aires  
pabloguirian@gmail.com

**Hugo D. Yacobaccio**

Conicet-Universidad de Buenos Aires  
hdyacobaccio@gmail.com

**Liliana C. Lupo**

Conicet-Universidad de Jujuy  
lupolc@yahoo.com.ar

Fecha de recepción: 23/10/2015. Fecha de aceptación: 11/03/2016

## Resumen

Este trabajo completa los estudios paleoambientales en la quebrada de Lapao, Puna Seca de Jujuy, Argentina, para el período de la Pequeña Edad de Hielo. Las líneas de evidencias principales que se utilizaron fueron los análisis polínicos y sedimentológicos. Sobre esta base de datos y a partir de los estudios etnográficos sobre sociedades pastoriles en ambientes desérticos, se evalúan las estrategias que podrían haber generado el registro arqueológico correspondiente a dicho período. Los resultados paleoambientales obtenidos son coherentes con los antecedentes detectados en otras localidades del área andina, señalando un primer momento (1538-1665 cal. d. C.) de presencia de una vega impactada, en el marco de una estepa mixta herbácea-arbustiva. Un segundo momento, (1681-1744 cal. d. C.), de expansión de la vega en el marco de una estepa arbustiva que indicaría condiciones de mayor aridez regional. Y un tercer momento, (1760-1966 cal. d. C.), de retracción de la vega, en el marco de una estepa mixta. Las expectativas arqueológicas para el momento de aridez detectado proponen el desarrollo de una estrategia de manejo de camélidos, a partir de una matanza selectiva de individuos de edad adulta.

## Palabras clave

Pequeña Edad de Hielo  
Arqueología  
Polen  
Sedimentología  
Puna Seca argentina

## Abstract

### New paleoenvironmental analysis and its archaeological implications during the Little Ice Age in the Puna

#### Key words

Little Ice Age  
Archeology  
Pollen  
Sedimentology  
Dry Puna of Jujuy

This paper completes paleoenvironmental studies in the Lapao ravine, the dry puna of Jujuy, Argentina, for the period of the Little Ice Age. Sedimentology and pollen analyses were the principle data proxies used. Drawing on these analyses and on ethnographic data on pastoral societies in desert environments, we evaluated the strategies that could have generated the archaeological record for this period. The results are coherent with those detected in other Andean localities and indicate a first moment marked by the presence of a wetland (1538-1665 cal. AD), in the context of mixed steppe vegetation (shrub-herbaceous); and then a second moment (1681-1744 cal. AD) of expansion of the wetland under conditions of greater regional dryness. Finally, a third moment (1760-1966 cal. AD), marked by a retraction of the wetland and the development of mixed steppe vegetation was recorded. The archaeological expectations for this dry period are the development of a camelid management strategy consisting of the selective slaughter of adult individuals.

## Résumé

#### Mots clés

Petit Âge glaciaire  
Archéologie  
Pollen  
Sédimentologie  
Puna Seca argentine

Ce travail vient compléter les études paléo-environnementales dans la *Quebrada de Lapao, Puna Seca*, à Jujuy, Argentine, pour la période du petit Âge glaciaire. Les analyses polliniques et sédimentologiques sont les principales lignes d'évidence utilisées. C'est sur cette base de données et à partir des études ethnographiques concernant des sociétés pastorales dans des environnements désertiques qu'ont été évaluées les stratégies qui auraient pu être à l'origine du registre archéologique concernant cette période. Les résultats paléo-environnementaux ainsi obtenus s'accordent avec les antécédents dépistés dans d'autres localités de la région andine, et ils indiquent l'existence d'une première étape (1538-1665 cal. apr. J.-C.) de présence d'une vallée fertile touchée, dans le cadre d'une steppe mixte herbacée-arbustive; d'une deuxième étape (1681-1744 apr. J.-C.), d'expansion de la vallée fertile sous des conditions d'une plus grande aridité régionale. Et d'une troisième étape (1760-1966 apr. J.-C.), de rétraction de la vallée fertile, dans le cadre d'une steppe mixte. Les perspectives archéologiques pour la période d'aridité détectée proposent le développement d'une stratégie de manipulation des camélidés, à partir d'un abattage sélectif d'individus adultes.

## Introducción al problema de investigación

Los cambios climáticos en general, y la disponibilidad de agua en particular, son algunas de las principales limitaciones para el desarrollo socioeconómico de muchas regiones en el mundo (Viviroli *et al.*, 2003; Messerli *et al.*, 2004). Estas afirmaciones son ciertamente válidas para las tierras altas en general y para el Altiplano Sudamericano en particular (Messerli *et al.*, 1997). Históricamente, las actividades humanas en el Altiplano han sido fuertemente influenciadas por las variaciones en el clima, específicamente en la disponibilidad de agua (Tandeter, 1991; Binford *et al.*, 1997; Núñez *et al.*, 2002).

Una de las más recientes variaciones climáticas ha sido la Pequeña Edad de Hielo (PEH). Esta fue caracterizada por una disminución de la temperatura y aumento de las precipitaciones, principalmente en el Hemisferio Norte entre ca. 1350 a 1850 d. C. En tanto, su reconocimiento en el Hemisferio Sur es incipiente (Vimeux *et al.*, 2009). Algunas de las causas propuestas se asocian a los cíclicos mínimos en la radiación solar, los cambios en la circulación oceánica y la variabilidad inherente en el clima global. En tanto que sus consecuencias se relacionan con la disminución de la población, la reubicación y los cambios en la dieta humana (Bradley y Jones, 1993; Jones *et al.*, 1998; Mann *et al.*, 1998, 1999).

El presente artículo aborda el estudio paleoambiental de la quebrada de Lapao ubicada en el departamento de Susques, provincia de Jujuy, Argentina, donde se han hallado evidencias de ocupaciones humanas durante el período comprendido de la PEH (1400-1800 cal. d. C.). El objetivo principal consiste en presentar los resultados de nuevos análisis polínicos realizados sobre el perfil sedimentario de Lapao 2, que contiene evidencias de las variaciones climáticas producidas por los sedimentos, los suelos y la vegetación durante dicho período. De esta manera, se busca precisar las variaciones producidas en la vegetación e inferir las condiciones de humedad bajo las cuales se desarrollaron las especies vegetales. Los datos generados permitirán contextualizar las evidencias arqueológicas en el escenario paleoambiental en el que vivieron los grupos humanos.

## Presentación del área de estudio

El área de estudio corresponde a la región de la Puna Seca de Jujuy, Argentina, situada entre los 22° y los 24° S y entre los 3.000 y 4.500 msnm. Este área se define como un bioma de desierto de altura. Se caracteriza por la alta radiación solar debido a su gran altitud, gran amplitud térmica diaria, marcada estacionalidad de las precipitaciones y una baja presión atmosférica. La vegetación de la Puna se distribuye en un gradiente altitudinal, pudiéndose discriminar dos composiciones florísticas principales. Por un lado, se encuentra la vegetación de tolar (estepa arbustiva), conformada mayormente por especies de la familia *Asteraceae*; y por el otro, la de pajonal (estepa herbácea), representada mayormente por la familia *Poaceae*. Así también, se hallan las vegas (humedales) cuya distribución es azonal (Cabrera, 1976), y están representadas mayormente por las familias *Cyperaceae*, *Juncaceae* y *Poaceae* (Figura 1).

Hay escasos cursos de agua y manantiales de régimen permanente, que son las principales fuentes de agua dulce, un recurso crítico para las poblaciones humanas en esta zona semiárida. Las precipitaciones de verano en el norte de la Argentina se deben en gran medida al llamado monzón de América del Sur (Garreaud *et al.*, 2009). Este sistema produce aproximadamente el 80% de las precipitaciones anuales de las tierras altas de los Andes (ca. 200 mm/año en la región de Susques) entre diciembre y febrero (Vuille y Keimig, 2004). Estas condiciones determinan una distribución heterogénea de los recursos vegetales y animales. Algunos parches (vegas) que han sido definidos como “zonas de concentración de nutrientes” (Yacobaccio, 1994) contienen la mayor parte de la biomasa regional disponible. Las fuentes animales de alimentos más importantes para los seres humanos en la Puna incluyen varios mamíferos (por ejemplo, la vicuña, *Vicugna vicugna*, y el guanaco, *Lama guanicoe*), roedores (por ejemplo, vizcachas y chinchillas, *Lagidium viscacia* y *Chinchilla brevicaudata* respectivamente), y un cérvido (Taruca, *Hippocamelus antisensis*) (Yacobaccio, 1994; Morales *et al.*, 2010).

Eventos de escala hemisférica como El Niño –Oscilación del Sur (ENSO)– pueden alterar los regímenes de lluvias en todo el mundo, con importantes efectos sobre la

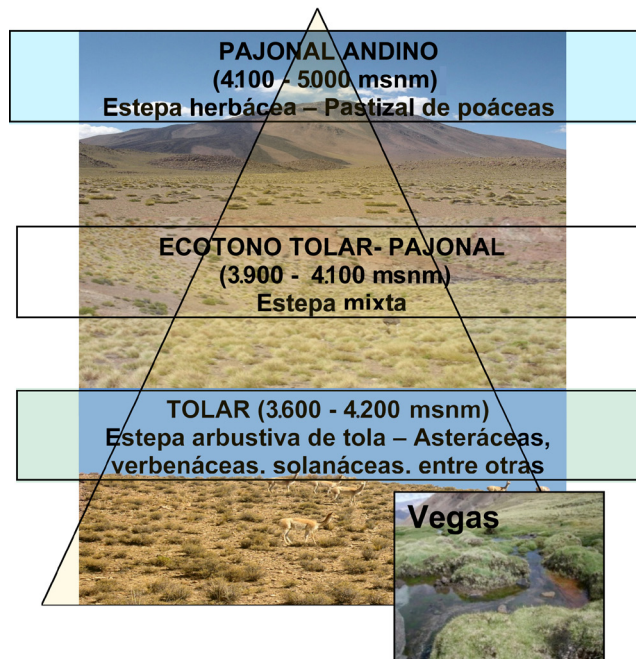


Figura 1. Esquema de las principales formaciones vegetacionales del área y su distribución en un gradiente altitudinal.

abundancia y distribución de las especies. El fenómeno del ENSO ocurre de manera irregular, pero típicamente entre 3 y 6 años. Mientras que en algunas regiones produce lluvias torrenciales, en otras causa duras sequías. El fenómeno de La Niña produce lo opuesto (Holmgren *et al.*, 2001). En los Andes, el fenómeno del ENSO desempeña un papel importante en la distribución de las precipitaciones, causando una fuerte variabilidad interanual en las mismas. Esta variabilidad está relacionada en mayor medida con los cambios en el transporte de la humedad. Esto significa que las variaciones tienen que ver más directamente con la cantidad de eventos de lluvia que con los altibajos en el volumen de las precipitaciones (Garreaud y Aceituno, 2007). Hasta el momento, los estudios disponibles sugieren que en el Altiplano las fases cálidas de ENSO (eventos El Niño) tienden a reducir las precipitaciones en el área, presentando condiciones más secas, mientras que las fases frías de ENSO (eventos La Niña) favorecen las precipitaciones, produciendo condiciones de mayor humedad (Garreaud *et al.*, 2003; Morales, 2011).

La localidad de estudio corresponde a la quebrada de Lapao, de 110 km<sup>2</sup> de área captación, y que se encuentra a ca. 3.600 msnm. Actualmente, la principal fuente acuífera de la localidad de Susques es el agua subterránea freática que alimenta la vega y que se sitúa en esta misma quebrada. La vega se halla parcialmente degradada y se reconocen cárcavas y pedestales de erosión formados por suelos y pequeñas láminas de materia orgánica. La vega situada en el asentamiento cubría, antiguamente, unas 0,41 ha de superficie (Morales, 2004) (Figura 2).

El registro de la vegetación observada en la cabecera es la de una típica estepa arbustiva, compuesta por especies como *Parastrephia* sp., *Fabiana* sp., *Nardophyllum* sp., *Baccharis boliviensis*, *Baccharis incarum*, *Adesmia* sp., *Senecio* sp., *Junellia* sp., *Acantholippia* sp., *Fabiana densa*, *Opuntia* spp., *Chuquiraga* sp., *Azorella compacta*, *Gutierrezia* spp., *Festuca* sp. En tanto que la vegetación de la vega corresponde a diferentes taxa como Ranunculaceae, *Scirpus* sp., *Eleocharis* sp. e *Hypsella* sp., entre otras. En cuanto a la vegetación actual del área, resalta en el paisaje el único árbol de la quebrada, del género *Ulmus*, así como también llama la atención la gran cantidad de *Malvaceae* spp., *Nicotiana undulada* y *Hoffmannseggia falcaria*, entre otras especies que se instalaron como resultado del impacto antrópico.

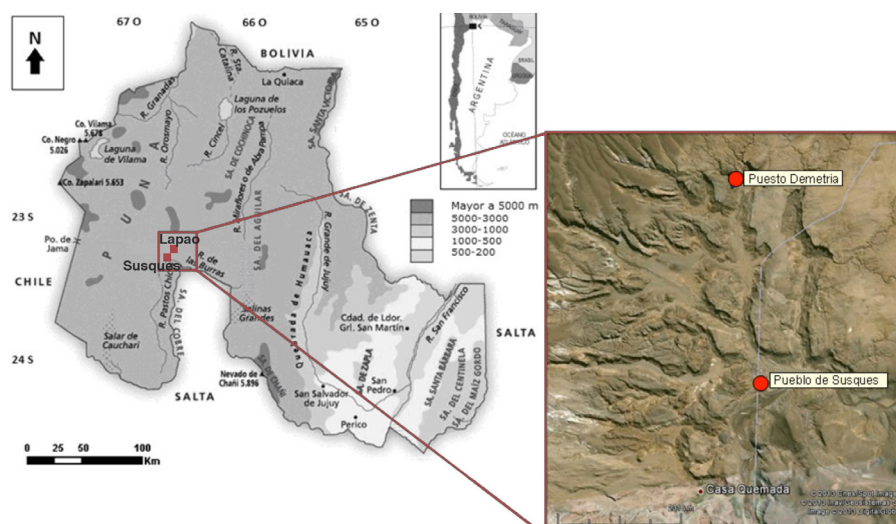


Figura 2. Ubicación de la quebrada de Lapao en la provincia de Jujuy, Argentina.

El perfil Lapao 2 (L2) se encuentra emplazado en la cuenca inferior de la quebrada homónima ( $23^{\circ}21'57''$  S,  $66^{\circ}21'54''$  O, a 3.650 msnm), en el sector donde se ubica el actual asentamiento de Puesto Demetria (Figura 3). En este punto la quebrada tiene 20 m de profundidad formando un valle encajonado con laderas empinadas. El valle se halla excavado en las resistentes ignimbritas y tobas del Mioceno superior (Formación Zapaleri) y en las arcilitas rojizas subyacentes del Mioceno inferior (Formación Log Log, Nullo, 1988). Los laterales del valle tienen deslizamientos rotacionales y taludes de derrubio compuestos por bloques (Tchilinguirian *et al.*, 2014b). En el fondo de la quebrada y en ambos márgenes del curso de agua se presentan niveles de terraza fluvial compuestos de sedimentos arenosos, paleoturbas y capas de diatomitas del Holoceno medio y tardío (Figura 3).

En la cabecera de la quebrada se halla un depósito sedimentario de escasa extensión, que ocupa 80 m<sup>2</sup>. Este forma parte de una pequeña terraza fluvial de acumulación (Terraza III, Figura 3) que tiene un desnivel de 1 a 1,5 m respecto del lecho (Morales, 2011; Tchilinguirian *et al.*, 2014b).

## Marco teórico

Las evidencias arqueológicas señalan que la economía predominante de las sociedades que habitaron la Puna post 2500 años AP fue pastoril (Yacobaccio *et al.*, 1997-1998). A grandes rasgos, el sistema pastoril puede ser definido por la propiedad común de los pastos y aguas naturales, que normalmente ocupan tierras áridas con menos de 400 mm de lluvia anual; la movilidad es administrada por los pastores y existe una dependencia con respecto a los animales que integran el rebaño que no se encuentra desarrollada en las etapas previas de caza generalizada, protección de manada y domesticación (Yacobaccio *et al.*, 1997-1998; Horwitz, 1989, en Yacobaccio y Vilá, 2013). La movilidad pastoril resulta muy apropiada en ambientes de recursos heterogéneos, variables e impredecibles, ya que los pastores pueden trasladarse a zonas con pastos para su ganado. Estos traslados permiten paliar el efecto de acontecimientos imprevistos, como variaciones en las precipitaciones, sequías y enfermedades del ganado. Así también debe tenerse en cuenta la movilidad como medio para el desarrollo de



Figura 3. Esquema geomorfológico-estratigráfico de la quebrada de Lapao. La terraza III tiene los depósitos aluviales históricos de la PEH (tomado de Morales, 2011 y modificado por Patricia Solá).

relaciones sociales y como estrategia para hacer frente a estos imprevistos. Por último, la migración entre diferentes zonas ecológicas significa que se pueden mantener más animales en cada una de las áreas (Niamir-Fuller, 1998).

Como ya ha sido mencionado, el factor principal de incertidumbre en este tipo de sociedades son las precipitaciones, ya que estas determinan de manera directa la disponibilidad y calidad de las pasturas para los animales. Por lo tanto, una sequía implica insuficiente agua para mantener el forraje natural que sostiene la estructura y composición regular de los rebaños. Una sequía severa limita la habilidad de las hembras para producir la leche necesaria para sus crías, provocando la inanición. Pastores locales, en el departamento de Moquegua, en Perú, señalaron que un mal año de sequía puede resultar en la pérdida de toda una generación de crías y hasta del 60% del rebaño de adultos. Para mitigar estos efectos, los pastores utilizan tres estrategias: cambios en la composición de los rebaños y/o en los patrones de movilidad, y la matanza especializada para ajustarse a la biomasa vegetal disponible (Kuznar, 1991).

Desde la perspectiva de la Arqueología Evolutiva se ha utilizado el modelo de minimización del riesgo para el estudio del desarrollo del pastoralismo en la Puna, lo que ha sido caracterizado como una estrategia de intensificación de los recursos de más alto *ranking* (los camélidos) y como opción óptima para hacer frente a condiciones ambientales adversas (Yacobaccio, 2006; Olivera, 2012). Asimismo, una estrategia de diversificación en la explotación de recursos también colaboraría con la minimización del riesgo.

En la Puna se han desarrollado trabajos que evalúan las estrategias de manejo de riesgo (Göbel, 1994), el control del ganado dentro del ciclo anual (Göbel, 2001) y el uso del espacio (Göbel, 2002) para la zona de Huancar en la Puna de Jujuy. Asimismo, se ha observado que los períodos de secas pueden tener un gran impacto en el tamaño y composición de los rebaños, tanto por efectos naturales como por intervención humana. Los pastores en general sacrifican llamas adultas (65-80%). Lo que se detectó es que bajo estas situaciones muere gran parte de las crías nacidas en esa temporada, así como un número elevado de adultos (mayor al 65-80%).

En términos de la Ecología del Comportamiento Humano, desde el modelo de amplitud de dieta se puede teorizar sobre las diferencias en los costos (búsqueda y manejo) y el

retorno energético (kilocalorías/horas) de los camélidos silvestres y domesticados, ya que estos son el recurso principal de la región. Al respecto, se ha señalado que en el caso de los animales domesticados, si bien los costos de búsqueda son suprimidos, aumentan los costos de manejo (costos de producción, manejo primario, secundario y final).

### Antecedentes etnoarqueológicos y arqueológicos del área

Se cuenta con estudios etnográficos y etnoarqueológicos realizados en el área que han permitido precisar algunos aspectos de las sociedades pastoriles andinas. Estos trabajos han señalado a la unidad doméstica como la base productiva de las sociedades pastoriles de los Andes. Ella está típicamente compuesta por una “familia” que abarca dos o tres generaciones (Flores Ochoa, 1982), aunque esta estructura general se ha visto alterada en las últimas décadas debido al abandono que los jóvenes hacen de estas zonas rurales en búsqueda de oportunidades laborales en las grandes ciudades (Göbel, 2002). Yacobaccio y Madero (2001) sostienen que la familia es una unidad económica autosuficiente que puede ser estudiada como un pequeño sistema abierto. En esta esfera tiene lugar la producción, la distribución y el consumo de aquellos recursos vinculados a la subsistencia, como también la reproducción social, en términos materiales e ideológicos. Las unidades domésticas comúnmente se articulan dentro de comunidades más amplias, definidas en general por lazos de parentesco y alguna forma de delimitación geográfica y territorial. Los límites territoriales, tanto comunales como domésticos, son producto de contingencias históricas y también de la productividad del ambiente (disponibilidad de tierras de cultivo y pastoreo, por ejemplo) (Capriles, 2011). Si bien se destaca la presencia de varios tipos de sitios, el ciclo anual se organiza principalmente alrededor de una casa permanente y uno o más puestos temporarios (Yacobaccio *et al.*, 1997-1998). Esta combinación de una base central con puestos temporarios y eventualmente una casa en el centro administrativo y comercial más cercano es bastante común en los sistemas pastoriles andinos (Göbel, 2002).

En estudios arqueológicos llevados a cabo en la Puna, particularmente en Susques, se han hallado evidencias de puestos pastoriles temporarios y bases residenciales durante el período de la PEH, así como también otro tipo de sitios, como es el caso de las inhumaciones (ver Tabla 1).

Sitio	Sigla	Fechas (años AP)	Fechas calibradas DC (2 sigmas)	Material
Hornillos 3 (culpa)	GX-20847	475 ± 75	1380-1530	Carbón
Lapao Chico 2	Uga 7425	460 ± 170	1380-1640	Carbón
Puesto Demetria C1RG (capa 3)	LP- 1991	430 ± 60	1400-1640	Carbón
Cueva Chayal (capa 3)	LP- 398	410 ± 50	1420-1530	Carbón
Puesto Demetria C1SG (capa 3)	Beta 111394	350 ± 80	1400-1700	Carbón
Chulpa Chayal	Beta 56227	260 ± 70	1490-1680	Carbón
Lapao Chico 1	UGA 7832	225 ± 40	1720-1820	Carbón

Tabla 1. Sitios arqueológicos y sus dataciones para el período de la PEH en la Puna.

### Antecedentes paleoambientales de la Pequeña Edad de Hielo

Durante la segunda mitad del siglo XX, los Andes Centrales han experimentado cambios significativos climáticos y ambientales que se caracterizan por una tendencia al

calentamiento persistente (Morales *et al.*, 2012), lo que a su vez ha impulsado el desarrollo de los estudios paleoambientales de las últimas décadas (ver Tabla 2 y Figura 4).

Ubicación de los registros	Archivo ambiental	Proxy	Más frío y húmedo (años DC)	Más frío y seco (años DC)	Referencia bibliográfica
Huascarán, Perú	Núcleo de hielo	Isótopos de oxígeno, partículas de polvo y concentración de NO <sub>3</sub>	1430-1730	1730-1870	Thompson <i>et al.</i> , 1995
Quelccaya, Perú	Núcleo de hielo	Isótopos de oxígeno y concentración de partículas de polvo	1500-1720	1720-1860	Thompson <i>et al.</i> , 1985, 1998
Marcacocha, sur de Perú	Testigo sedimentario	Polen	-	900-1800	Chepstow-Lusty <i>et al.</i> , 2003
Sajama, Bolivia	Núcleo de hielo	Isótopos de oxígeno y polen	1500-1700	1700-1880	Liu <i>et al.</i> , 2005
Cordillera Real, Bolivia	Morena	Geomorfología glaciaria	1650-1750	-	Rabatel <i>et al.</i> , 2008
Lago Milluni grande, Bolivia	Testigo sedimentario	Mineralogía y geoquímica	-	1570-1894	Salvaderry-Aranguren <i>et al.</i> , 2009
Bolivia-Chile	Anillos de árboles	Dendrocronología	1818-1887	1750-1818	Morales <i>et al.</i> , 2012
Chungara y Miscanti, Chile	Testigo sedimentario	Geomorfología, polen e isótopos	1750-1950	-	Valero Garcés <i>et al.</i> , 2003
Laguna Polulos, Argentina	Testigo sedimentario	Polen y diatomeas	1500-1700	1700-1870	Lupo <i>et al.</i> , 2007
Puna sur, Catamarca, Argentina	Paleovegas	Sedimentología	1350-1650	-	Tchilinguirian <i>et al.</i> , 2008, Tchilinguirian, 2009

Tabla 2. Ubicación, tipo de registro, línea de evidencia analizada e interpretación ambiental de los trabajos paleoambientales citados en el texto para la PEH en el área andina.

En las últimas décadas se ha avanzado en el estudio de la variabilidad climática en los Andes Centrales durante el Holoceno, pero poco se sabe sobre los cambios climáticos y las modificaciones producidas en la vegetación durante el período de la PEH. Los estudios realizados por Liu *et al.* (2005) a partir de análisis polínicos e isótopos del oxígeno en un testigo de hielo del nevado de Sajama (18° S, 6.542 msnm) en Bolivia, que registra los últimos 400 años, muestran dos fases: una más húmeda entre 1500-1700 d. C. y otra más seca entre 1700-1880 d. C. Estos datos se asemejan a los señalados por Thompson *et al.* (1985) en el nevado de Quelccaya (14° S, 5.760 msnm) en Perú, donde a partir del análisis de isótopos de oxígeno y de la concentración de partículas de polvo (atmosférico) se han detectado fases paleoclimáticas con escasas precipitaciones entre 1040-1490 y 1720-1860 cal. d. C., y una fase húmeda entre 1500-1720 cal. d. C. (Thompson *et al.*, 1998). También en el nevado de Huascarán (9° S, 6.048 msnm) en Perú, se ha detectado un período árido para la fase 1730-1870 d. C. (Thompson *et al.*, 1995). Asimismo, al sur de Perú, en la cuenca de Marcacocha (13°13' S, 72°12' W, 3.355 msnm), los datos de polen sugieren un prolongado período de aridez entre 900-1800 d. C. (Chepstow-Lusty *et al.*, 2003).



Por otro lado, al norte de Chile y sur de Bolivia, Morales *et al.* (2012) realizaron el estudio de los anillos de los árboles y detectaron una fase húmeda y fría entre 1818 y 1887 d. C., precedida por una más cálida entre 1750 y 1818 d. C. También en Bolivia, Cordillera Real (16° S, 5.700 msnm), Rabatel *et al.* (2008) reconocen expansiones glacia-rias relacionadas a la PEH, a partir de morenas datadas por liquenometría y turberas que indican su máxima expansión entre 1650-1750 d. C., que sería el resultado del incremento de las precipitaciones entre 20-30% y una disminución de la temperatura entre 1.1-1.2 °C. Al norte de la ciudad de La Paz, Bolivia, se realizaron estudios de sedimentología, mineralogía e indicadores geoquímicos, sobre un registro sedimentario de los últimos 450 años en el lago Milluni Grande (16° S, 4.530 msnm), los cuales indican una importante variación del clima, más frío y seco entre 1570-1894 d. C. (Salvarredy-Aranguren *et al.*, 2009).

En base a estas evidencias, se ha generado una tendencia que caracteriza a la PEH en dos fases: una más húmeda entre 1500-1720 d. C. y otra más seca entre 1720-1880 d. C.

Sin embargo, al norte de Chile, los análisis realizados en las lagunas Chungará y Miscanti, señalan, para los últimos 200 años, tendencias contrarias a las registradas en Sajama y Quelccaya, aunque se ha destacado que estos registros carecen de la resolución cronológica necesaria para discriminar las variaciones climáticas en una escala temporal de décadas (Valero-Garcés *et al.*, 2003).

Los antecedentes paleoambientales para el período de la PEH en la Puna argentina se limitan a los análisis de polen y diatomeas realizados por Lupo *et al.* (2007), sobre un testigo de la laguna Polulos (22° S, 4.400 msnm). Dichas investigaciones señalan fases de descensos del nivel del lago en los lapsos 1870-1700, 1500-1300 y 1050-650 cal. d. C., y un máximo incremento en el nivel del lago entre 1500-1700 d. C. En este sentido, los estudios realizados por Tchilinguirian *et al.* (2008) y Tchilinguirian (2009), en la Puna Sur de Catamarca, han hallado paleovegas datadas entre 1350 y 1650 d. C.

## Materiales y métodos de los estudios paleoambientales

### Muestreo

El perfil sedimentario de Lapao 2 (L2) (23° 21,290' S; 66° 21,932' O; 3.675 msnm) mide 1,60 m de espesor (litofacies B, ver en Figura 5), el muestreo consistió en la extracción de veintiocho muestras para análisis polínicos (cada 5 cm). Para la primera etapa de la investigación se trabajó con la mitad de las muestras (n = 13) (Oxman *et al.*, 2013), y en esta oportunidad se presentan los resultados completos (n = 28).

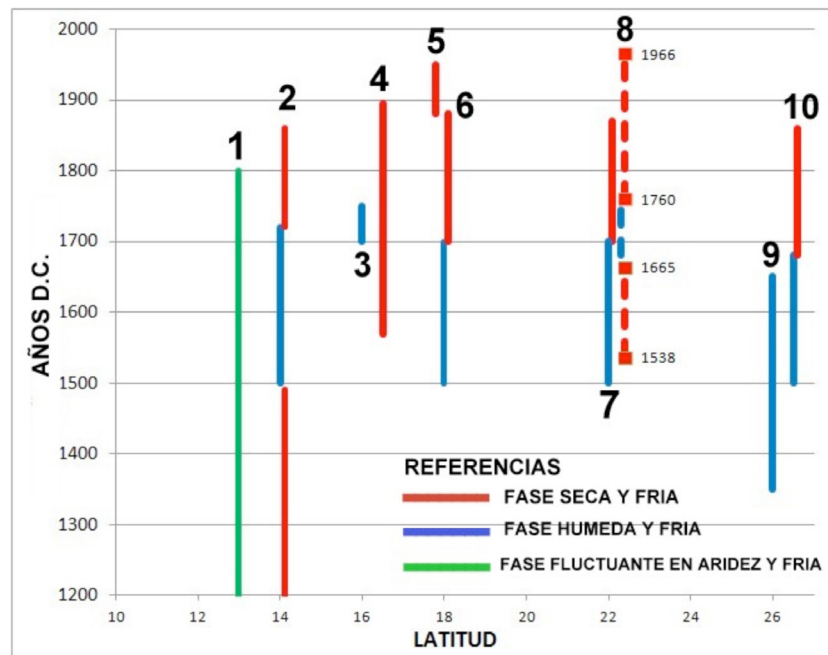
### Cronología

Se efectuaron dos dataciones sobre sedimentos orgánicos arenosos del perfil por el método de carbono 14. A partir del análisis sedimentario y de los fechados radiocarbónicos se realizó un modelo de edad profundidad, que será detallado en la sección de resultados

### Metodología de las tareas geológicas y geomorfológicas

Las tareas consistieron en el análisis geológico y geomorfológico de la cuenca de drenaje y en particular del área donde se sitúa el perfil L2. Se interpretó la geomorfología en imágenes satelitales de alta resolución provistas por *Google earth*<sup>™</sup> y se constataron las geoformas mapeadas durante el relevamiento de campo. Se puntualizó el mapeo de vertientes y de humedales activos e inactivos.

Figura 4. Fases relacionadas a la PEH. Se marcan los distintos estudios antecedentes: en línea roja las fases secas y cálidas, en línea azul las fases humedad y frías. Los resultados del presente estudio se marcan con líneas punteadas. Corresponden a: 1. Chepstowl-Lusty *et al.*, 2003; 2. Thompson *et al.*, 1985, 1998; 3. Rabatel *et al.*, 2008; 4. Salvaderry-Aranguren *et al.*, 2009; 5. Valero Garcés *et al.*, 2003, laguna Chungara; 6. Liu *et al.*, 2005; 7. Lupo *et al.*, 2007; 8. Este estudio; 9. Tchilinguirian *et al.*, 2008, Tchilinguirian, 2009, Valero Garcés *et al.*, 2003, laguna Peinado.



Se efectuaron estudios de campo y de detalle en L2, donde hay una exposición de 10 m de sedimentos en la ribera izquierda de la quebrada de Lapao. En el perfil se estudiaron las litofacies que se discriminaron según la textura, las estructuras sedimentarias, las evidencias pedogenéticas y la geometría según los procedimientos descriptos por Miall (1982, 1996).

### Metodología de los análisis polínicos

El trabajo de laboratorio y microscopía consistió en el procesamiento de las muestras mediante las técnicas estándar para sedimentos cuaternarios (Gray, 1965; Faegri e Iversen, 1989), que consisten en la determinación del volumen de la muestra, incorporación de dos tabletas de *Lycopodium* como marcador foráneo, tratamiento con KOH, eliminación de arena con HF, filtrado, acetólisis de Erdtman (1960), diversos lavados con agua destilada y montaje con agua glicerizada.

La etapa de microscopía consistió en la observación e identificación de los granos presentes en los preparados, bajo microscopio biológico (Zeiss - Axiolab a 400x). Para las observaciones, se utilizaron los microscopios ópticos Zeiss ISC KS2 y Leica DM 500, con una magnificación de 40X para el conteo y de 100X con aceite de inmersión para la medición y observación de las características morfológicas necesarias para la identificación y descripción de los granos de polen. La determinación sistemática de los tipos polínicos se realizó mediante la confrontación con la palinoteca de referencia para la zona y el apoyo de la Unidad de Análisis Palinológicos (PAL-JUA) y la bibliografía existente (Heusser, 1971; Markgraf y D'Antoni, 1978; Wingenroth y Heusser, 1984; Faegri e Iversen, 1989; Lupo, 1998). Las asociaciones polínicas de las muestras se presentan en diagramas polínicos expresados en porcentajes, realizados con el programa Tilia 2.0.4 (Grimm, 2004), que incluye el análisis cluster de agrupamiento realizado con el programa CONISS (Grimm, 1987). Así también se incorpora el cálculo de la concentración polínica total por muestra en granos/gramos (gr/g) realizado con el programa TGView 2.0.2 (Grimm, 2004). Las muestras de los diagramas polínicos fueron ordenadas de acuerdo con las comunidades vegetales y sus correspondientes *taxa* asociados: estepa herbácea, estepa arbustiva, humedad local, elementos de disturbio y árboles. Los *taxa* menores al 5% de representatividad fueron descartados para este análisis.

También se calculó la concentración polínica por muestra (C). La fórmula de este cálculo consiste en dividir los granos contados (P) sobre el *Lycopodium* contado multiplicado por la cantidad de *Lycopodium* agregado, y el resultado dividido por el volumen de la muestra (W)  $[C = (P/M \times E) / W]$ .

Se ha incorporado a los análisis un índice que se calcula a partir del logaritmo de la relación entre los dos principales tipos de vegetación dominante: la estepa herbácea y arbustiva (H/A en adelante). Esta ecuación ha sido utilizada por múltiples autores en el área andina como un índice de humedad (Liu *et al.*, 2005). Sobre la base de la ecología y la distribución geográfica de estas dos formaciones, se sostiene que la relación H/A puede ser utilizada como un *proxy* de la humedad en el ambiente altiplano. Las poáceas son típicamente plantas que tienden a proliferar en condiciones húmedas, mientras que los arbustos xerofíticos proliferan en ambientes más secos (Ruthzats y Movia, 1975; Lupo, 1998; Betancourt *et al.*, 2000; Latorre *et al.*, 2002). Por lo tanto, podemos utilizar el logaritmo de la relación H/A como un índice de humedad para el Altiplano. En consecuencia, esta relación comprende valores entre -1 y 1. Cuando la relación es 0 quiere decir que los porcentajes de polen de *Poaceae* y *Asteraceae* son iguales. Los números positivos indican el predominio de gramíneas y, por consiguiente, las condiciones más húmedas. Los valores negativos indican el predominio de las arbustivas sobre pastos y, en concordancia, las condiciones más secas (Liu *et al.*, 2005).

Asimismo, se decidió aplicar un índice de estabilidad polínica a partir del cálculo de los cambios registrados en la relación H/A, considerando los momentos de cambios a partir de la detección de sequías (valores negativos) y dividiendo este valor por el lapso que comprende la secuencia sedimentaria.

También, se debe mencionar que se han realizado estudios actuales en la localidad de Lapao para analizar la representatividad de la vegetación en el espectro polínico. Esta información es de fundamental importancia para la interpretación de los registros fósiles, ya que el polen contenido en estos registros está influenciado por múltiples factores depositacionales y posdepositacionales (Oxman, 2015).

## Resultados

### Modelo cronológico

Los fechados radiocarbónicos dataron los sedimentos entre  $360 \pm 40$  y  $75 \pm 40$  años AP (ver Tabla 3). También se calibraron las fechas con el programa calib Rev. 7.0.2., curva del hemisferio sur 2013. Cabe mencionar, que no se han observado discontinuidades entre las dos muestras de sedimentos datadas, lo que permite hacer una interpolación lineal entre ambas fechas. Sin embargo, se considera que el modelo de edad estimada se limita a las dos dataciones realizadas hasta el momento, aunque se espera poder avanzar en su perfeccionamiento en futuros trabajos. Se calculó una tasa de sedimentación constante de 2,85 años/cm ( $3,17$  años/cm) (ver Tabla 4).

LAPAO 2	AP	Error	Prof.	Cal. 2 Sigmas	Punto medio
UGA 7833	75	40	55	1799-1942	1870
UGA 7836	360	40	155	1464-1645	1554

Tabla 3. Fechados radiocarbónicos del perfil sedimentario Lapao 2 y edades calibradas según el programa Calib Rev. 7.0.2, curva del hemisferio sur 2013.

Profundidad/Muestra	Cronología años AP.	Modelo cronología años d. C. cal.
25	-10,5	1966,1
30	3,75	1950,25
35	18	1934,4
40	32,25	1918,55
45	46,5	1902,7
50	60,75	1886,85
55	75	1870
60	89,25	1855,15
65	103,5	1839,3
70	117,75	1823,45
75	132	1807,6
80	146,25	1791,75
85	160,5	1775,9
90	174,75	1760,05
95	189	1744,2
100	203,25	1728,35
105	217,5	1712,5
110	231,75	1696,65
115	246	1680,8
120	260,25	1664,95
125	274,5	1649,1
130	288,75	1633,25
135	303	1617,4
140	317,25	1601,55
145	331,5	1585,7
150	345,75	1569,85
155	360	1554
160	374,25	1538,15

Tabla 4. Modelo de edad profundidad de Lapao 2. En rojo las fechas que fueron datadas por el método de Carbono 14.

### Geología

La cuenca de Lapao tiene las nacientes en la ladera oriental de la Sierra del Taire a 4.300 msnm. No hay evidencias glaciarias y las geoformas son de origen fluvial.

La cuenca media se desarrolla en conglomerados de edad Pleistocena que se apoyan en las ignimbritas Zapalleri. Estos conglomerados forman un piedemonte integrado por abanicos aluviales que se hallan erosionados. En esta parte de la cuenca el diseño de drenaje es distributivo y los hábitos del río son entrelazados, con lechos de gravas y de régimen efímero. La cuenca inferior en que se sitúa la quebrada de Lapao es un profundo valle juvenil de 50 a 80 m de profundidad y de 200 a 300 m de ancho. En su parte deprimida se expone el contacto entre las ignimbritas y las arcillitas subyacentes de la Fm. Log Log. En la cabecera de la quebrada de Lapao aflora el agua subterránea en el contacto entre la ignimbrita y las

pelitas más impermeables. La vertiente tiene un curso escaso pero estable que alimenta a la red. Esta particularidad geológica hace que la quebrada de Lapao sea un lugar donde se desarrollan vegas y sea singular respecto a la matriz desértica de los alrededores. Se interpreta que las lluvias de la cuenca alta (más de 4.000 msnm) y los deshielos alimentarían un acuífero que tendría como base impermeable a las arcillitas.

El perfil L2 forma parte del cuerpo sedimentario de una terraza fluvial de 1 a 1,5 m de altura relativa con respecto al cauce actual. Corresponde al nivel de terraza con menor desnivel de la cuenca inferior y por ende es el de edad más joven. La terraza es de tipo impar y de acumulación. El relleno sedimentario de la terraza fluvial se apoya en una discontinuidad erosiva sobre los sedimentos aluviales del Holoceno medio (Tchilinguirian *et al.*, 2014b) y está erosionado por el cauce actual, el cual transporta bloques y gravas. Las crecientes inundaciones dejan restos de materiales (orgánicos, sedimentos arenosos) a 0,8 a 1 m de altura del cauce (se limitan al cauce actual).

El perfil de L2 se compone de una sucesión paralela de capas y láminas de sedimentos de colores rojizos, grises y negros que tienen entre 0,5 cm y 3 cm de espesor. Los planos de observación del afloramiento son paralelos, perpendiculares y oblicuos al cauce, lo que permitió observar la forma tridimensional de las capas y de las estructuras sedimentarias. Se identifican siete litofacies (Tabla 4 y Figuras 6 y 7).

Litofacies	Litofacies	Descripción	Espesor de capa	Geometría
Gmm	Grava masiva matriz sostén.	Gravas medianas a gruesas, matriz sostén compuesta por arenas gruesas. Estructura masiva. Color gris claro. Blanda.	0,2-0,5 m	Tabular, inclinada 10° al talweg
Gh	Grava con estratificación horizontal.	Gravas finas en matriz arenosa gruesa, con estratificación horizontal. Color gris claro. Blanda.	5-10 cm	Lenticular, horizontal
Slb	Arenas laminadas oscuras.	Arenas muy gruesas a gruesas con tenue laminación fina, algo bioturbadas y con humus. Color gris oscuro a negro. Medianamente compacta.	10-20 cm	Tabular, inclinada 10° al talweg
Sd	Arenas granodecrecientes, claras.	Arenas muy gruesas granodecrecientes con grava fina subordinada. Color rosado. Blanda.	5-15 cm	Lenticular, horizontal
Sl	Limos y arenas muy finas laminadas.	Arena muy fina con limo y arena mediana con laminación fina. Trazas de raíces, moteados. Presencia de limos de color gris claro. Medianamente compacta.	5-10 cm	Lenticular, horizontal
Sol	Arenas orgánicas laminadas.	Arena fina a medianas con limo. Laminación fina. Trazas de raíces. Color negro a gris oscuro. Medianamente compacta.	8-11 cm	Lenticular, horizontal
Fol	Limos y arenas muy finas laminadas con materia orgánica y diatomeas.	Arena muy fina con limo y arena mediana con laminación fina. Presencia de fibras vegetales, laminillas de materia orgánica negra y laminas de arenas con limos de color gris claro. Medianamente compacta.	1 a 5 cm	Lenticular, horizontal

Tabla 5. Litofacies presentes en el perfil de Lapao 2. G: gravas. S: arenas. F: finos. mm: estructura masiva y matriz sostén. l: estructura con laminación. d: estructura granodecreciente. b: estructura con paleosuelos y evidencias de bioturbación.

La litofacies Gmm se compone de gravas masivas matriz sostén. La matriz está formada por arenas muy gruesas. Las gravas ocupan un 20-30% y son finas a medianas. También hay bloques que ocupan un 5% del depósito. Tanto las gravas como los bloques evidencian poco transporte, y tienen forma irregular y subangular. El ambiente de depositación es de origen coluvial (ver Figuras 5 y 6).

La litofacies Gh se compone de gravas finas en una matriz de arena gruesa con estratificación horizontal. Las gravas ocupan entre 40%-50% y en ocasiones se forman lentes de 20 a 30 cm de largo, ocupando 50%-70%. Poseen formas subangulares. Tienen color rosado y en algunos sectores se concentran moteados de color naranja. Forma capas lenticulares de 2 m de largo y 3 a 5 cm de espesor. La base no es erosiva. Corresponde a sedimentos depositados en corrientes tractivas de moderada energía.

La litofacies Slb se compone de arenas gruesas a muy gruesas laminadas y bioturbadas. Son de color gris debido a la presencia de materia orgánica. Presenta una alternancia de capas de arenas gruesas con gravas finas y arenas muy finas algo más compactas. Estas últimas tienen de 1 a 3 mm de espesor. Los clastos de gravas finas ocupan 5%-10% del depósito y tienen formas subesféricas y subangulares. Forman capas tabulares de 10 a 30 cm de potencia y 5 a 8 m de largo, que inclinan entre 10° a 15° hacia el *tawleg* del valle. Estas facies son interpretadas como paleosuelos muy poco desarrollados y cuyo material originario corresponde a sedimentos coluviales acumulados con aporte eólico. Hay acumulaciones sectorizadas de bloques angulares que se interpretan como acumulaciones por caída de bloques desde los laterales del valle.

La litofacies Sd se compone de arenas muy gruesas a gravas finas granodecipientes. Tienen color rosado claro a rojizo. Forman capas lenticulares de 3 a 10 cm de espesor y de 20 cm a 2 m de largo, que se ubican en forma horizontal.

La litofacies Sl está formada por arenas finas a muy finas con laminación y colores gris claro a blanco. Presentan un escaso porcentaje de finos (limos) que le imprime la coloración blanquecina que la hace distinguible en el perfil. Posee moteados de color ocre claro que ocupan entre 20%-30% y trazas de raíces de 1 a 2 mm de diámetro. Corresponden a sedimentos depositados por crecientes efímeras donde la participación de finos fue mayor que en las restantes facies. Luego de sedimentadas fueron bioturbadas.

La litofacies Sol son arenas medianas a finas de color negro a gris oscuro con laminación fina. Poseen trazas de raíces. Son suelos de textura arenosa, donde el material originario fue depositado por corrientes efímeras. Posteriormente se formaron suelos donde el proceso de humificación fue mayor que en las restantes facies.

La litofacies Fol son arenas muy finas, algo de diatomeas con laminillas de 1 mm de color negro formadas por restos vegetales o materia orgánica. Estos restos son laminillas fragmentadas de fibras de 1 a 3 mm de longitud similares a la vegetación riparia de vega. Forman capas lenticulares de 3 a 5 cm de espesor y de 20 cm a 2 m de longitud, que se disponen en forma horizontal. El ambiente de sedimentación corresponde a pequeños cuerpos de agua, de 2 m<sup>2</sup> a 6 m<sup>2</sup> de extensión, y muy someros, donde se desarrolló vegetación riparia. Estos cuerpos de agua eran medianamente estables, ya que presentan bioturbación y trazas de raíces.

### *Análisis polínicos*

A partir del análisis de polen fósil, se identificaron en total 20 taxa. La secuencia sedimentaria está dominada por las familias *Poaceae*, *Cyperaceae* y *Fabaceae*.



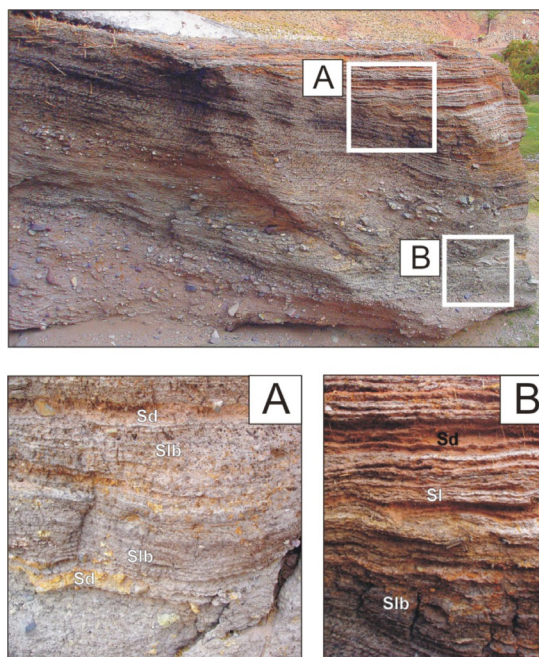


Figura 5. Litofacies en Lapao 2. Figura superior, esquema general del afloramiento de la terraza fluvial (nivel III) de edad histórica. Se detallan dos ampliaciones para visualizar las litofacies, B: litofacies Sd, Sl y Slb en la sección superior del perfil. C: litofacies Slb y Ghx en la sección inferior del perfil.

El análisis permite distinguir dos zonas principales y 5 subzonas polínicas que se detallan a continuación (Figura 7).

#### Zona 1 (1538-1744 cal. d. C.)

Está conformado por las familias *Poaceae* (20-80%), *Asteraceae* (20-40%), *Cyperaceae* (5-60%) y *Fabaceae* (0-70%).

#### Zona 1A (1538-1602 cal. d. C.)

Esta sección muestra valores altos de la familia *Poaceae* (30-80%), seguida de *Asteraceae* (menor al 20%), *Chenopodiaceae* (menor al 20%) y en menores porcentajes de *Cyperaceae* (menor al 10%).

#### Zona 1B (1617-1665 cal. d. C.)

Presenta un descenso de la familia *Cyperaceae* (5-25%) y un aumento de *Poaceae* (40-80%).

#### Zona 1C (1681-1744 cal. d. C.)

Se evidencia un decrecimiento de los valores de *Poaceae* (5-50%), *Asteraceae* entre 5-30% y aumento de *Cyperaceae* (50-60%). Se destaca que hacia 1681 cal. DC se observa un aumento de la familia *Fabaceae* (70%).

#### Zona 2 (1760-1966 cal. d. C.)

Está representada por *Poaceae* 40-80%, *Asteraceae* 5-30%, *Pteridophytas* y *Cyperaceae* menor al 10%. *Chenopodiaceae* y *Malvaceae* en bajas proporciones.

#### Zona 2 A (1760-1919 cal. d. C.)

Nuevamente domina la familia *Poaceae*, seguida de la *Asteraceae* y bajos valores de *Cyperaceae*.

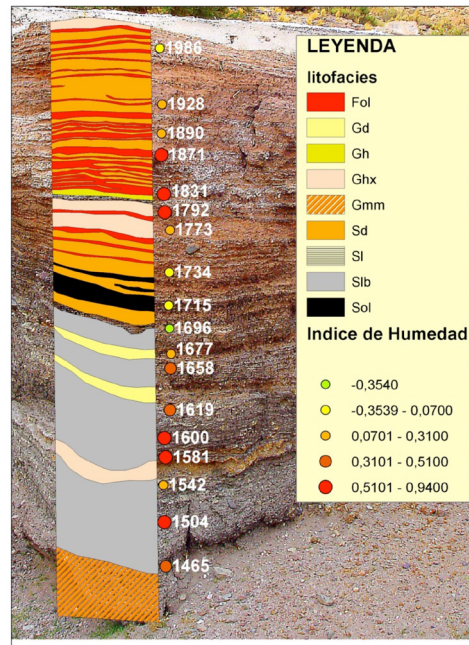


Figura 6. Perfil sedimentario Lapao 2, facies sedimentarias. El tamaño del punto indica el índice de humedad y la edad en cal. d. C.

Zona 2 B (1966 cal. d. C.)

Se diferencia por el descenso de especies de la familia *Poaceae* y aumento de *Cyperaceae*.

El cálculo de concentración polínica evidencia un aumento entre 1760-1966 cal. d. C., que se acentúa más entre 1887 y 1919 cal. d. C. Este período se corresponde con la zona 1, dominada por *Poaceae*, con la alta producción polínica. Se destaca el decrecimiento nuevamente de los valores de concentración polínica hacia ca. 1966 cal. d. C.

A partir del cálculo del logaritmo de la relación Herbáceas/Arbustivas (H/A), se detectaron en total cinco eventos de sequía, tres de ellos entre 1681 y 1744 cal. d. C., momentos en los que se registra un aumento en los valores indicadores de vega (Figura 8).

### Interpretación paleoambiental

A partir del análisis polínico, se observa un primer momento, entre 1538-1665 cal. d. C., de una vegetación dominada por *Poaceae*, seguido de *Asteraceae* y bajos porcentajes de *Cyperaceae* y *Chenopodiaceae*. Estos valores indicarían la presencia de una vega impactada, moderadamente vegetada, en el marco de una estepa mixta herbácea-arbustiva. Luego, entre 1681-1744 cal. d. C., se destaca un importante aumento de *Cyperaceae*, con menores porcentajes de *Poaceae*. Estos resultados marcarían la expansión de la vega. Dentro de este último bloque, se discrimina una muestra que se caracteriza por altos valores de *Fabaceae* hacia 1681 cal. d. C. En esta familia se encuentran, entre otros cultivos, las habas (*Vicia fava*, de origen europeo), muy difundidas en el área. Por último, entre 1760-1919 cal. d. C., se evidencia una recuperación de la estepa mixta herbácea-arbustiva con presencia de *Pteridophytas*, *Cyperaceae* y bajos valores de *Chenopodiaceae* y *Malvaceae*. También el cálculo de concentración polínica evidencia un claro aumento para este período, que es consistente con la alta productividad de la familia *Poaceae*. En 1966 cal. d. C., el cambio se evidencia en una disminución de las especies de la estepa herbácea, un aumento de los indicadores de humedad local y un descenso de los valores de concentración polínica.

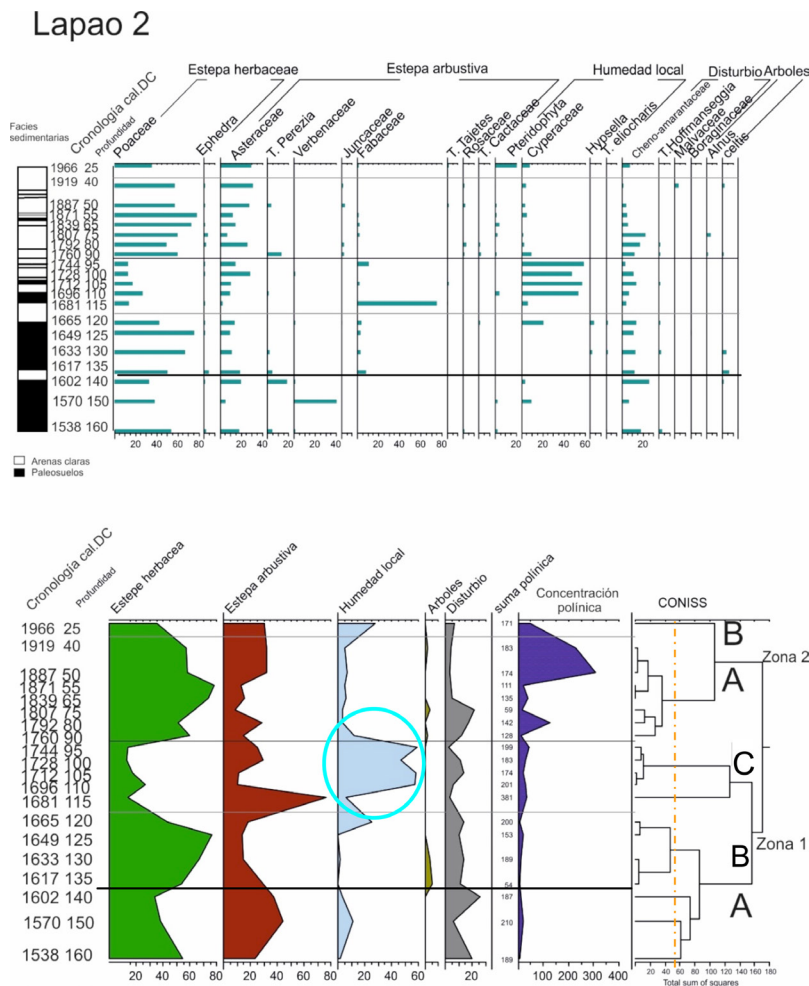
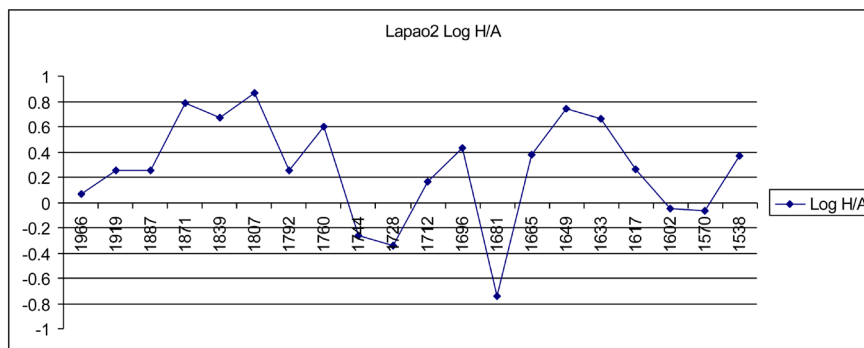


Figura 7. Diagrama polínico del perfil sedimentario Lapao 2.

La interpretación geológica del perfil indica que previo a 1465 cal d. C. hay sedimentos coluviales aportados por las pendientes laterales y que tienen escasa edafización. Entre 1465 y 1665 cal d. C. predominan capas gruesas de la litofacies Slb (arenas oscuras laminadas y bioturbadas) depositadas en el borde o la ribera de faja aluvial de escasa energía donde se preserva la materia orgánica. Desde 1542 cal d. C. comienzan a aparecer lentes de arenas muy gruesas y gravas finas que indican eventos de desborde por inundación y que son predominantes a partir de 1681 cal d. C. A partir de este año el perfil comienza a ser más estratificado y dominan las litofacies arenosas claras (Sd) y los finos con materia orgánica (Fol). Por ejemplo entre 1681 y 1744 cal d. C. las litofacies arenosas (litofacies Sd) son dominantes junto con un paleosuelo arenoso orgánico negro (litofacies Sol), lo que coincide con un aumento de las *Cyperaceae*. Entre 1744 y 1800 cal d. C. dominan las gravas (litofacies Ghx) indicando la existencia de mayor escurrimiento y energía de transporte. Luego, entre 1800 y 1900 cal d. C., al tope del perfil, aumenta la cantidad de finos bioturbados (litofacies Fol) dando idea de que el sistema fluvial disminuyó la energía y aumentaron los procesos de bioturbación y acumulación de materia orgánica. Finalmente entre 1900 cal d. C. al tope del perfil predominan las arenas (Sd) registrando un aumento de la energía del sistema. Finalmente se erosiona el depósito y la acumulación es enteramente arenosa, muy gruesa y con gravas limitadas al cauce.

A partir del índice de humedad calculado (Log H/A), se detectaron en total tres eventos de sequía entre 1681-1744 cal. d. C. Durante ese período se detecta, de todas formas, el desarrollo de una vega, ya sea a partir del registro del polen como de la estratigrafía, dado que se reconoce la litofacies arenosa orgánica (litofacies Sol). Los eventos

Figura 8. Gráfico del índice de humedad, calculado a partir del logaritmo Herbácea/ Arbustiva de la secuencia sedimentaria de Lapao 2..



de mayor humedad coinciden con la presencia de las capas gruesas bioturbadas de arenas oscuras y orgánicas (litofacies Slb) situadas en la sección inferior del perfil; como así también con la presencia de facies finas orgánicas (litofacies Fol) situadas en la sección media. Es decir, que el mayor valor del índice de humedad se asocia con las secciones estratigráficas donde hay mayor presencia de capas de sedimentos con materia orgánica y con bioturbación. Las capas con arenas y gravas, indicadoras de escurrimiento y bajos o medios valores del índice de humedad polínica, serían interpretadas como eventos aluvionales o de desborde asociados a precipitaciones de corta duración.

De esta forma, las litofacies con materia orgánica y bioturbación (litofacies Fol, Sol, Slb) indicarían condiciones de caudal estable. Caso contrario, predominaría la erosión, las discontinuidades en formas de canal, y la ausencia de pedogénesis. Por ende, se interpreta que los cursos de agua con caudal base, es decir alimentados por el agua subterránea son los ambientes propicios para la formación de estas litofacies.

## Discusión

En líneas generales los resultados obtenidos señalan el desarrollo de una vega en el marco de una estepa mixta, como producto de un clima regional más árido entre 1680-1750 cal d. C. Estos datos coinciden con los antecedentes paleoambientales de los testigos de hielo de Huascarán y Quelccaya situados en los Andes Tropicales, los cuales marcan un período de un clima más frío y húmedo entre 1500-1720 y seco entre 1720-1880 cal d. C. (Thompson *et al.*, 1995; Liu *et al.*, 2005). También se refuerza con los datos de Cordillera Real en Bolivia, donde los análisis de geomorfología glacial señalan la expansión de vegas entre 1650-1700 cal d. C. (Rabatell *et al.*, 2008).

Al comparar el índice de humedad de Lapao 2 (entre 1680-1750 cal d. C.) con los análisis de los testigos de hielo de Quelccaya y Sajama (entre 1725-1875 cal d. C.), se puede observar en ambos casos un período de sequía aunque con un leve defasaje cronológico.

Las discrepancias cronológicas detectadas podrían obedecer a la variabilidad en la ubicación geográfica, en la sensibilidad de los *proxies* analizados, a las particularidades de las localidades de estudio y al archivo ambiental seleccionado para el estudio. Esto pudo observarse en los estudios comparativos realizados previamente entre las localidades de Lapao (Tchilinguirian *et al.*, 2014b), Pastos Chicos (Tchilinguirian *et al.*, 2014a) y Barrancas (Oxman, 2015). En esos casos se pudo detectar la influencia de la ubicación geográfica y del tamaño y altitud del área de captación en la respuesta de cada uno de estos sistemas a los cambios climáticos de mega escala. De esta manera, se observa que los sistemas de área de captación más amplia y con aporte de agua de

deshielo responden más lentamente que los de área de captación más pequeña (como es el caso de Lapao) (Tchilinguirian y Morales, 2013). Asimismo, es interesante ver cómo recurrentemente las vegas se expanden bajo condiciones de aridez regional, lo que probablemente sea una característica del funcionamiento del sistema hídrico de esta localidad.

Para la discusión de las implicancias arqueológicas, es de gran utilidad el trabajo de Lupo *et al.* (2007) donde, a partir del análisis paleoambiental y siete sitios arqueológicos (1000 y 1500 cal. d. C.), se observa una relación prácticamente inversa entre los momentos de mayor humedad y la presencia de restos óseos fusionados de camélidos. Esto puede interpretarse como una mayor mortalidad por causas naturales y/o por sacrificio de machos adultos frente a períodos de sequía, como muestra el trabajo de Göbel (2002). Esto es interesante para profundizar en el estudio de la incidencia de estos eventos en escalas temporales más acotadas.

## Conclusiones

Los resultados presentados en este trabajo demuestran la potencialidad de los estudios de polen y sedimentos para reflejar los cambios en la vegetación y el ambiente en escalas temporales acotadas.

De esta manera, se ha logrado reforzar la hipótesis de la incidencia de la PEH en los Andes, generando una fase seca entre ca. 1700-1800 cal d. C..

A su vez, Lapao tiene un área de captación hídrica pequeña, lo que hace que responda a los cambios climáticos de mega escala de forma más sensible que otras localidades con áreas de captación más amplias como, por ejemplo, Pastos Chicos (Tchilinguirian y Morales, 2013; Tchilinguirian *et al.*, 2014a).

El desarrollo de vegas bajo condiciones de aridez regional hace de Lapao un lugar atractivo tanto para la fauna como para las poblaciones humanas. Probablemente, estas características ambientales hayan generado un contraste entre las diferentes zonas productivas, haciendo más atractivas aquellas que concentran mayor cantidad de recursos para la subsistencia de los grupos humanos. De esta manera, es posible pensar que Lapao haya funcionado durante el período 1680-1750 cal d. C. como un ambiente resiliente (aunque considerando que estas sociedades practicaban una movilidad reducida).

A modo de síntesis, se podría sostener que durante la PEH las condiciones regionales se tornaron más áridas, sin embargo la quebrada de Lapao presentó ocupaciones de grupos de pastores que optaron por este espacio por la disponibilidad de pasturas para las llamas y las condiciones adecuadas para la vida humana.

## Agradecimientos

Agradecemos especialmente las tareas de campo realizadas por el Dr. Marcelo Morales. Como siempre agradecemos la colaboración del equipo del Laboratorio de Palinología de la FCA-UNJu.

Esta investigación fue financiada con los proyectos PIP 0569 (CONICET) y UBACYT 230B.



## Bibliografía citada

- » Araneda, A., Cruces, F., Torres, L., Bertrand, S., Fagel, N., Treutler, H., Chirinos, L., Barra, R. y Urrutia, R. (2007). "Changes of sub-fossil chironomid assemblages associated with volcanic sediment deposition in an Andean lake (38° S), Chile". En *Revista Chilena de Historia Natural* 80 (2), 141-156. Santiago de Chile.
- » Bertrand, S., Castiaux, J., Boes, X., Charlet, F., Urrutia, R., Espinoza, C., Lepoint, G., Charlier, B. y Fagel, N. (2005). "Temporal evolution of sediment supply in Lago Puyehue (Southern Chile) during the last 600 years: climatic significance". En *Quaternary Research* 64 (2), 163-175. Washington.
- » Betancourt, J., Quade, C. y Rylander, K. (2000). "22 000 BP years record of monsoonal precipitation from northern Chile's Atacama desert". En *Science* 289, 1542-1546. Washington.
- » Binford, M., Kolata, A., Brenner, M., Janusek, J., Abbott, M. y Curtis, J. (1997). "Climate variation and the rise and fall of an Andean civilization". En *Quaternary Research* 47, 171-186. Washington.
- » Bradley, R. y Jones, P. (1993). "'Little Ice Age' summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends". En *The Holocene* 3, 367-376. Swansea.
- » Cabrera, L. (1976). "Regiones Fitogeográficas Argentinas". En *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* II, pp. 1-85. Buenos Aires, ACME.
- » Capriles, J. (2011). "The Economic Organization of Early Camelid Pastoralism in the Andean Highlands of Bolivia". Tesis doctoral. Department of Anthropology, Washington University. (Inédita).
- » Chepstow-Lusty, A., Frogley, M., Bauer, B., Bush, M. y Tupayachi Herrera, A. (2003). "A late Holocene record of arid events from the Cuzco region, Peru". En *Quaternary Science Reviews* 18, 491-502.
- » Erdtman, G. (1960). "The acetolysis method". En *Svensk Bot Tidsskr* 54 (4), 561-564.
- » Espizúa, K. (2005). "Holocene glacier chronology of Valenzuela Valley, Mendoza Andes, Argentina". En *The Holocene* 15(7), 1079-1085. Swansea.
- » Faegri, K. y Iversen, J. (1989). *Textbook of pollen analysis*, 4ta. ed. Copenhagen, John Wiley & Sons.
- » Flores Ochoa, J. (1982). "Causas que originaron la actual distribución espacial de las Alpacas y Llamas". En *Senri Thological Studies* 10, 63-92. Osaka.
- » Friend, P. F. (1983). "Towards the field classification of alluvial architecture or sequence". En Collinson, J. D., Lewin, J. (eds.). *Modern and Ancient Fluvial Systems. International Association of Sedimentologists*, Special Publication 6, 345-354.
- » Garreaud, R. y Aceituno, P. (2007). "Atmospheric circulation over South America: mean features and variability". En Veblen, T., Orme, A. y Young, K. (eds.). *Physical Geography of South America*, pp. 45-59. Oxford, Oxford University Press.
- » Garreaud, R., Vuille, M. y Clement, A. (2003). "The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes". En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 5-22.
- » Garreaud, R., Vuille, M., Compagnucci, R. y Marengo, J. (2009). "Present-day South American climate". En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281, 180-195.



- » Göbel, B. (1994). "El manejo del riesgo en la economía pastoril de Susques". En *Zoarqueología de camélidos*, 1, 43-56. Buenos Aires.
- » ———. (2001). "El ciclo anual de la producción pastoril en Huancar (Jujuy, Argentina)". En Mengoni Goñalons, G., Olivera, D. y Yacobaccio, H. (eds.). *El uso de los camélidos a través del tiempo*, pp. 91-115. Buenos Aires, Ediciones del Tridente.
- » ———. (2002). "La arquitectura del pastoreo: uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques)". En *Estudios Atacameños* 23, 53-76. San Pedro de Atacama.
- » Gray, J. (1965). "Extraction techniques". En Kummel, B. y Raup, D. (eds.). *Handbook of Paleontological techniques*, pp. 530-587. San Francisco, W. H. Freeman & Co.
- » Grimm, E. (1987). "CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares". En *Computers & Geosciences* 13, 13-35.
- » ———. (2004). "TGView 2.0.2 Software". Springfield, Illinois State Museum. Research and Collections Center.
- » Haug, G., Hughen, K., Sigman, D., Peterson, L. y Röhl, U. (2001). "Southward migration of the Intertropical Convergence Zone through the Holocene". En *Science* 293, 1304-1308.
- » Heusser, C. (1971). *Pollen et Spores of Chile. Modern types of Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae*. Tucson, The University of Arizona Press.
- » Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E., Gutiérrez, J. R. y Mohren, G. M. J. (2001). En *El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. Trends in Ecology and Evolution* 16, 89-94.
- » Holmgren, C., Rosello, E., Latorre, C. y Betancourt, J. (2008). "Late-Holocene fossil rodent middens from the Arica region of northernmost Chile". En *Journal of Arid Environments* 72, 677-686.
- » Horwitz Kolska, L. (1989). "A Reassessment of Caprovine Domestication in the Levantine Neolithic: Old Questions, New Answers". En HersHKovitz, I. (ed.). *People and Culture Change*, pp. 153-181. Oxford, BAR International Series 508(i).
- » Jones, P., Briffa, K., Barnett, T. y Tett, S. (1998). "High resolution palaeoclimatic records for the last millennium: integration, interpretation and comparison with General Circulation Model control run temperatures". En *The Holocene* 8, 455-471. Swansea.
- » Kuznar, L. (1991). "Herd composition in an Aymara community of the Peruvian Altiplano: a linear programming problem". En *Human Ecology* 19, 369-386.
- » Latorre, C., Betancourt, J., Rylander, K. y Quade, J. (2002). "Vegetation invasions into absolute desert: a 45 000 yr rodent midden record from the Calama-Salar de Atacama basins, northern Chile (lat. 22-24°S)". En *Geological Society of America Bulletin* 114, 349-366.
- » Liu, K., Carl, A. y Thompson, L. (2005). "Ice-core pollen record of climatic changes in the central Andes during the last 400 yr". En *Quaternary Research* 64, 272-278. Washington.
- » 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. Bamberg, Fakultät für Geschichts- und Geowissenschaften Universität Bamberg.
- » Lupo, L., Morales, M., Yacobaccio, H., Maldonado, A. y Grosjean, M. (2007). "Cambios ambientales en la Puna jujeña durante los últimos 1200 años: explorando su impacto en la economía pastoril". En *Revista Pacarina*. Nº especial "Resúmenes ampliados del XVI CNA", tomo III, 151-156. México D. F.

- » Mann, M., Bradley, R. y Hughes, M. (1998). "Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries". En *Nature* 392, 779-787.
- » Mann, M., Bradley, R. y Hughes, M. (1999). "Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties and limitations". En *Geophysical Research Letters* 26, 759-762.
- » Markgraf, V. y D'Antoni, H. (1978). *Pollen flora of Argentina. Modern spore and pollen types of Pteridophyta, Gimnospermae and Angiospermae*. Tucson, The University of Arizona Press.
- » Masiokas, M., Villalba, R., Trombotto, D., Delgado, S., Luckman, B., Ripalta, A. y Hernández, J. (2001). "Dendrogeomorphological Reconstruction of Glacier Variations in Northern Patagonia during the Past 1000 Years". En Kaennel Dobbertin, M. y Bräker, O. (eds.). *International Conference on Tree Rings and People. Abstracts*. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL.
- » Masiokas, M., Luckman, B., Villalba, R., Delgado, S., Skvarca, P. y Ripalta, A. (2009). "Little Ice Age fluctuations of small glaciers in the Monte Fitz Roy and Lago del Desierto areas, south Patagonian Andes, Argentina". En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281 (3-4), 351-362.
- » Messerli, B. e Ives, J. (eds.). (1997). *Mountains of the World. A Global Priority*. Nueva York/ Londres, Parthenon.
- » Messerli, B., Viviroli, D. y Weingartner, R. (2004). "Mountains of the World: Vulnerable Water Towers for the 21st Century". En *AMBIO* 13, 29-34. Estocolmo.
- » Miall, A. D. (1982). *Analysis of Fluvial Depositional Systems. Series Analysis of fluvial depositional systems*. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists.
- » ———. (1996). *The Geology of Fluvial Deposits*. Berlín, Springer.
- » Morales, M. (2004). "Casi Invisibles. Diatomeas, ambientes locales y estrategias cazadoras-recolectoras durante la primera mitad del Holoceno en la Puna desértica". Tesis de Licenciatura. Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- » ———. (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". En *British Archaeological Reports* S2295. South American Archaeology Series, 15. Oxford, Archaeopress.
- » Morales, M., Barberena, R., Belardi, J., Borrero, L., Cortegoso, V., Durán, V., Guerci, A., Goñi, R., Gil, A., Neme, G., Yacobaccio, H. y Zárate, M. (2010). "Reviewing human-environment interactions in arid regions of southern South America during the past 3000 years more". En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281, 283-295.
- » Morales, M. S., Christie, D. A., Villalba, R., Argollo, J., Pacajes, J., Silva, J. S., Álvarez, C. A., Llancabure, J. C. y Soliz Gamboa, C. C. (2012). "Precipitation changes in the South American Altiplano since 1300AD reconstructed by tree-rings". En *Climate of the Past* 8, 653-666.
- » Niamir-Fuller, M. (1998). "The resilience of pastoral herding in Sahelian Africa". En Berkes, F., Folke, C. y Colding, J. (eds.). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*, pp. 250-284. Cambridge, Cambridge University Press.
- » Nullo, F. (1988). *Descripción geológica de la Hoja 4 a-b, Susques, provincia de Jujuy*. Buenos Aires, SEGEMAR. Ms.
- » Núñez, L., Grosjean, M. y Cartagena, I. (2002). "Human Occupations and Climate Change in the Puna de Atacama, Chile". En *Science* 298, 821-824. Washington.

- » Olivera, D. (1997). "La importancia del recurso *Camelidae* en la Puna de Atacama entre los 10.000 y 500 años". En A. P. *Estudios Atacameños* 14, 29-41. San Pedro de Atacama.
- » ———. (2012). "El Formativo en los Andes del sur: la incorporación de la opción productiva". En Haro, M., Rocchietti, A., Runcio, M., Hernández de Lara, O. y Fernández, V. *Interculturalidad y ciencias: Experiencias desde América latina*, pp. 15-49. Buenos Aires, Centro de Investigaciones Precolombinas.
- » Oxman, B. (2015). "Paleoambiente y sociedad durante el Holoceno en la Puna Seca de Jujuy: un abordaje arqueopalínológico". Tesis doctoral. Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- » Oxman, B., Yacobaccio, H., Lupo, L. y Tchilinguirian, P. (2013). "Primeros estudios paleoambientales de Lapao 2 (Puna Seca) y la señal de la Pequeña Edad de Hielo". En *Anuario de Arqueología* 5, 375-390. Rosario.
- » Rabatel, A., Jomelli, V., Naveau, P., Francou, B. y Grancher, D. (2005). "Dating of Little Ice Age glacier fluctuations in the tropical Andes: Charquini glaciers, Bolivia, 16°S". En *Comptes Rendus Geosciences* 337 (15), 1311-1322. París.
- » Rabatel, A., Francou, B., Jomelli, V., Naveau, P. y Grancher, D. (2008). "A chronology of the Little Ice Age in the tropical Andes of Bolivia (16°S) and its implications for climate reconstruction". En *Quaternary Research* 70 (2), 198-212. Washington.
- » Ruthsatz, B. y Movia, C. (1975). *Relevamiento de las estepas andinas del noroeste de la provincia de Jujuy*. Buenos Aires, FECYT.
- » Salvarredy-Aranguren, M., Probst, A. y Roulet, M. (2009). "Evidencias sedimentarias y geoquímicas de la pequeña edad de hielo en el lago Milluni Grande del Altiplano boliviano". En *Revista Asociación Geológica Argentina* 65 (4), 660-673. Buenos Aires.
- » Tandeter, E. (1991). "Crisis in Upper Peru, 1800-1805". En *HAHR-Hisp. Am. Hist. R.* 71 35-71. Durham.
- » Tchilinguirian, P. (2009). "Paleoambientes holocenos en la Puna Austral, Provincia de Catamarca (27°S): implicancias geoarqueológicas". Tesis doctoral. Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- » Tchilinguirian, P., Olivera, D. y Grana, L. (2008). "Expansiones y retrocesos de humedales de altura durante el Holoceno, Puna Austral Argentina: Implicancias Ambientales". En *Actas del 17º Congreso Geológico Argentino*, 729-730. San Salvador de Jujuy.
- » Tchilinguirian, P., Morales, M. R., Oxman, B., Lupo, L., Olivera, D. y Yacobaccio, H. (2014a). "Early to Middle Holocene transition in the Pastos Chicos record, dry Puna of Argentina". En *Quaternary International*, vol. 330, 171-182.
- » Tchilinguirian P., Morales, M. R., Oxman, B. y Pirola, M. (2014b). *Paleoenvironmental studies of the Quebrada de Lapao, Jujuy Province, Argentina (23.36°S, 66.36°W, 3650 masl) for the 9400-7300 yrs BP span*. Publishers of British Archaeological Reports (B.A.R.).
- » Thompson, L. (2000). "Ice Core Evidence for Climate Change in the Tropics: Implications for Our Future". En *Quaternary Science Reviews* 19, 19-35.
- » Thompson, L., Davis, M., Mosley-Thompson, E., Sower, T., Henderson, K., Zagorodnov, V., Lin, P., Mikhalevko, V., Campen, R., Bolzan, J., Franou, B. y Cole-Dai, J. (1998). "A 25,000-year tropical climate history from bolivian ice cores". En *Science* 282, 1858-1864. Washington.
- » Thompson, L., Mosley-Thompson, E., Bolzan, J. y Koci, B. (1985). "A-1500 Year Record of Tropical Precipitation Recorded in Ice Cores from the Quelccaya Ice Cap, Peru". En *Science* 229, 971-973. Washington.
- » Thompson, L., Mosley-Thompson, E., Dansgaard, W. y Gootes, P. (1986). "The Little Ice Age as recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya Ice Cap". En *Science* 234, 361-364. Washington.

- » Thompson, L., Mosley-Thompson, E., Davis, M., Lin, P., Henderson, K., Cole-Dai, J., Bolzan, J. y Liu, K. (1995). "Late Glacial Stage and Holocene Tropical Ice Core Records from Huascarán, Peru". En *Science* 269, 46-50. Washington.
- » Valero-Garcés, B., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Edwards, L., Schwalb, A. y Ratto, N. (2003). "Patterns of regional hydrological variability in central-southern Altiplano (18°-26°S) lakes during the last 500 years. Late-quaternary palaeoclimates of the southern tropical Andes and adjacent regions". En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194 (1-3), 319-338.
- » Vimeux, F., Ginot, P., Schwikowski, M., Vuille, M., Hoffmann, G., Thompson, L. y Schotterer, U. (2009). "Climate variability during the last 1000 years inferred from Andean ice cores: A review of methodology and recent results". En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281, 229-241.
- » Viviroli, D., Weingartner, R. y Messerli, B. (2003). "Assessing the hydrological significance of the world's mountains". En *Mt. Res. Dev.* 23, 32-40.
- » Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. y Bradley, R. (2008). "Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future". En *Earth Science Reviews* 89 (3-4), 79-96.
- » Vuille, M. y Keimig, F. (2004). "Interannual variability of summertime convective cloudiness and precipitation in the Central Andes derived from ISCCP-B3 data", en *Journal of Climate* 17, 3334-3348. Boston.
- » Wingeroth, M. y Heusser, C. (1984). *Polen de la alta cordillera. Quebrada Benjamín Matienzo*. Mendoza, IANINGLA.
- » Yacobaccio, H. (1994). "Biomasa Animal y Consumo en el Pleistoceno - Holoceno Surandino". En *Arqueología* 4, 43-71. Buenos Aires.
- » ———. (2006). "Intensificación económica y complejidad social en cazadores-recolectores surandinos". En *Boletín de Arqueología PUCP* 10, 305-320. Lima.
- » Yacobaccio, H. y Madero, C. (2001). "Ethnoarchaeology of a Pastoral Settlement of the Andean Plateau: An Investigation of Archaeological Scale". En Kuznar, L. (ed.). *The Ethnoarchaeology of Andean South America: Contributions to Archaeological Method and Theory*, pp. 84-96. Ann Arbor, International Monographs in Prehistory.
- » Yacobaccio, H., Madero, C., Malmierca, M. y Reigadas, M. (1997-1998). "Caza, domesticación y pastoreo de camélidos en la Puna Argentina". En *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XII-XIII*, 389-418. Buenos Aires.
- » Yacobaccio, H. y Vilá, B. (2013). "La domesticación de los camélidos andinos como proceso de interacción humana y animal". En *Intersecciones en Antropología* 14, 227-238. Olavarría.

## Brenda Oxman

Egresada de la carrera de Ciencias Antropológicas, Facultad de Filosofía y Letras (UBA). Desde 2007 colabora con el equipo del Dr. Hugo Yacobaccio en diferentes proyectos orientados al estudio de sociedades cazadoras-recolectoras y pastoras en su contexto ambiental y social a través del tiempo en la Puna Seca de Jujuy. Desde 2008 ha comenzado a especializarse, junto a la Dra. Liliana Lupo de la UNJu, en la utilización de los análisis polínicos en casos arqueológicos específicos. Los resultados de su trabajo han sido plasmados en sus tesis de Licenciatura (2010) y de Doctorado (2015). Actualmente es becaria posdoctoral de Conicet y su tema de investigación corresponde al estudio de las modificaciones ambientales y sociales producidas en la Puna Seca

de Jujuy durante el Holoceno tardío, período que se caracterizó por importantes cambios en las estrategias económicas de los grupos humanos que habitaron el área.

### **Paul Tchilinguirian**

Egresado de la carrera de Ciencias Geológicas (UBA) y Geógrafo Matemático del Instituto Geográfico Militar. Se desempeña como investigador del Conicet y es profesor de la Facultad de Ciencias Exactas en las materias de Geología del Cuaternario y Geomorfología. Su campo de estudio es la geoarqueología de la Puna, con énfasis en el estudio de los paleoambientes de edad holocena asociados a los sitios arqueológicos y en la caracterización geológica de las fuentes de abastecimiento de materias primas.

### **Hugo D. Yacobaccio**

Egresado de la Universidad de Buenos Aires en la cual es Profesor titular de Teoría Arqueológica Contemporánea. Se desempeña, además como Investigador Principal del Conicet. Sus campos de interés están relacionados con la arqueología ambiental de cazadores y pastores andinos, etnoarqueología, zooarqueología de camélidos y la domesticación animal. Ha publicado numerosos trabajos sobre estos temas, los más recientes son: "Towards a Human Ecology for the Middle Holocene in the Southern Puna. Quaternary International (<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2012.08.2109>); y "The paleoindian and archaic of Central and South America", en *The Cambridge World Prehistory*, Vol. 2, pp. 933-944. Cambridge, Cambridge University Press.

### **Liliana C. Lupo**

Licenciada en Ciencias Biológicas Orientación Botánica, Universidad Nacional de Tucumán y Dra. en Filosofía Orientación Geografía Física, Otto-Friedrich-Universität Bamberg (Fakultäten Pädagogik, Philosophie, Sprach-und Literaturwissenc). Fue becaria de Conicet y becaria doctoral del DAAD-aleman. Investigadora Adjunta del Conicet. Desarrolla sus actividades de investigación en el CIT JUJUY/CONICET-Laboratorio de Palinología, Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu. Es Profesora Adjunta Ordinaria de la cátedra Ecología. Su línea de investigación es el análisis del registro polínico de contextos naturales y antrópico en ecosistemas regionales del NOA y palinología aplicada al origen geográfico y botánico de las mieles. Cuenta con numerosas publicaciones. Ha dirigido y dirige proyectos de investigación tanto nacionales como internacionales.