

Los archivos paleoambientales en el Borde Oriental de la Puna y sus respuestas a los cambios naturales y antrópicos durante el Holoceno. Noroeste argentino



Liliana Concepción Lupo

INECOA-Conicet - Universidad Nacional de Jujuy

Julio José Kulemeyer

INECOA-Conicet - Universidad Nacional de Jujuy

Ana Carina Sánchez

INECOA-Conicet - Universidad Nacional de Jujuy

Elizabeth Pereira

INECOA-Conicet - Universidad Nacional de Jujuy

Ricardo Gabriel Cortés

Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Jujuy

Fecha de recepción: 12/11/2015. Fecha de aceptación: 19/04/2016

Resumen

Se presentan resultados para el Holoceno de secuencias de acumulaciones de valles puneños en el Borde Oriental de la Puna jujeña. Los depósitos seleccionados ($22^{\circ} 06' S$; $65^{\circ} 28' N$) cubren el lapso temporal 9000-2350 años cal. a. C. Se realizaron análisis palinológicos de minerales pesados y texturales, complementados con dataciones radiocarbónicas, análogos modernos para polen y proveniencia de minerales. Los datos actuales muestran grupos polínicos de estepas arbustivas puneñas, indicadores locales de humedad y disturbio antrópico: las clases texturales dominantes de materiales superficiales más friables corresponden a arenas finas y medias, con mayor porcentaje de hornblenda verde. Se discute el paleoambiente del Holoceno del valle con cauces fluviales someros vegetados, bajo clima regional árido-semiárido y estepa arbustiva puneña. Se destaca la abundancia de hornblenda verde, correlacionada a las zonas polínicas de pastizales y humedad local. Los sedimentos finos con clorita condicen con incrementos de indicadores de humedad local. Los cambios en la morfodinámica en el Holoceno medio y tardío, con reducción de la tasa de sedimentación, la tendencia sostenida al

Palabras clave

Holocenopalinología
Mineralogía
Borde Oriental de la Puna de Jujuy

incremento del escurrimiento y las variaciones en los indicadores locales de humedad se produjeron por variaciones en el régimen de precipitación y/o aumento de la actividad humana.

The paleoenvironmental archives on the eastern edge of the Puna and their responses to natural and anthropogenic changes during the Holocene Epoch, Argentine Northwest

Abstract

Key words

Holocene Epoch
Palynology-mineratology
Eastern edge of the Puna de
Jujuy

In this paper, we present the results of sediment accumulations from the valleys of the eastern highlands in Jujuy, for the Holocene Epoch. The selected deposits (22° 06'S, 65° 28'N) cover the time span of 9000-2350 cal yr BP. Palynological, heavy mineral, and textural analyses, were carried out and complemented by studies of radiocarbon, modern pollen, and the origin of minerals. Current data show pollen groups from the shrub steppes (from the puna), local indicators of humidity and anthropogenic disturbance; the dominant textural classes of the more friable surface materials correspond to fine and medium grain sands, with green hornblende occurring in the highest percentage. We discuss the Holocene paleoenvironment of the valley, one characterized by shallow vegetated riverbeds, an arid-semiarid climate, and regional shrub steppes of the Puna. The abundance of green hornblende stands out and is correlated with the pollen zones of the grasslands and with local humidity. Fine sediments with chlorite correspond to increases in indicators of local moisture. The changes in morphodynamics in the middle and late Holocene Epoch, reduced sedimentation rates, the sustained trend of increased runoff, and the local variations in moisture indicators were produced by variations in precipitations and / or increased human activity.

Les archives paléo-environnementales sur la bordure orientale de la Puna et leurs réponses aux changements naturels et anthropiques au cours de l'Holocène dans le nord-ouest argentin

Résumé

Mots clés

Holocène
Palynologie
Minéralogie
Bord est de la Puna de Jujuy

Nous présentons ici les résultats relatifs, pour l'Holocène, aux séquences d'accumulation des vallées puneñas sur la bordure orientale de la Puna Jujeña. Les dépôts sélectionnés (22° 06'S, 65° 28'N) couvrent un espace temporel de 9000 à 2350 cal BP. Nous faisons l'analyse palynologique, des minéraux lourds et de texture, complétée par les datations au radiocarbone, méthode moderne pour la datation du pollen et la provenance des minéraux. Les dates actuelles montrent des groupes polliniques des steppes arbustives *puneñas*, indicateurs locaux de l'humidité et de la perturbation anthropique. Les classes structurales dominantes de matériaux de surface plus friables correspondent à des sables fins et moyens, avec le plus haut pourcentage de hornblende verte. Nous discutons du paléo-environnement de la vallée de l'Holocène avec des lits de rivières peu profonds de faible végétation avec un climat aride et semi-aride et une steppe arbustive puneña. L'abondance de hornblende verte en corrélation avec les zones polliniques des prairies et l'humidité locale se font remarquer. Les sédiments fins à chlorite correspondent avec le développement des indicateurs d'humidité locaux. Les changements dans la morphodynamique à l'Holocène moyen et tardif, avec réduction du taux de sédimentation, la tendance soutenue à l'accroissement du ruissellement et les variations des indicateurs locaux

d'humidité ont été produits par les variations de régime des précipitations et/ou l'augmentation de l'activité humaine.

Introducción

Uno de los retos en las investigaciones paleoecológicas es dilucidar en qué medida los cambios observados en los ecosistemas son el resultado del impacto humano, de la dinámica interna del ecosistema, de variaciones en los factores limitantes (fundamentalmente el clima) o de combinaciones de estos en el pasado (Lupo *et al.*, 2006). Por otra parte, surge la necesidad de comprender en qué grado las perturbaciones naturales y/o inducidas por el hombre alcanzan niveles que podrían afectar severamente el potencial aprovechamiento de los ecosistemas a largo plazo. En la mayoría de los casos de estudio, la evaluación de estos problemas es compleja y enfrenta dos condicionantes: la escasez de series de datos y la falta de conocimiento sobre la dinámica natural del ecosistema. A esto se suma que el período de observaciones directas de los cambios recientes es generalmente muy breve, los geoindicadores no están siempre definidos y existen solo algunos parámetros hidroclimáticos para períodos cortos. Para entender el significado de la situación actual en el contexto de la dinámica del ecosistema, es siempre importante la perspectiva de largo plazo. Por esta razón, el período de observación debe extenderse en el pasado con el apoyo de reconstrucciones de los archivos naturales. También es desconocida la dinámica de los ecosistemas en zonas con una larga historia de uso de la tierra y diferentes contextos culturales y sociales. En este marco, las investigaciones paleoecológicas e interdisciplinarias pueden ser la herramienta adecuada para responder al interrogante de cómo funcionaron los ecosistemas naturales con diversas modalidades de intervención humana (Daily, 1997; Smith y Smith, 2007).

Los archivos contenidos en los sedimentos límnicos, muy frecuentes en el noroeste argentino (lagunas, paleovegas y paleocauces), permiten la reconstrucción de los cambios ambientales ocurridos desde la transición Pleistoceno-Holoceno hasta la actualidad. Así, los depósitos de valle se han convertido en valiosos registros para la reconstrucción del paisaje y el clima del Holoceno a escalas espaciales y temporales (Bell y Walker, 2005). Este artículo tiene como objetivo aportar a la discusión sobre los cambios del paisaje durante el Holoceno en el Borde Oriental de la Puna, presentando la integración de datos de geoindicadores (textura y minerales pesados) y bioindicadores (polen) para entender cómo ha variado la dinámica del sistema ambiente con relación a la actualidad. En este contexto, es importante identificar los indicadores de disturbios naturales y antrópicos.

Antecedentes paleoambientales

Al presente, las investigaciones sobre los valles puneños del noroeste argentino presentan un excelente potencial para la reconstrucción de la historia del clima y el ambiente natural y cultural. Se trata de sedimentos finos, ricos en microfósiles, portadores en muchos casos de restos arqueológicos y numerosos estratos orgánicos susceptibles de ser fechados por radiocarbono. Estos fueron estudiados principalmente enfoques metodológicos específicos, ya sea desde las geociencias (Fernández, 1973, 1984; Fernández y Farías, 1985; Brunotte *et al.*, 1988; Sayago y Collantes, 1990; Garleff *et al.*, 1993; Kulemeyer, 2005), como bioestratigráficas (Markgraf, 1985; Lupo, 1990, 1998; Schäbitz, 2000; Garalla *et al.*, 2001) y también interdisciplinarios (Fernández *et al.*, 1991; Kulemeyer y Lupo, 1998; Kulemeyer *et al.*, 1999; Schäbitz *et al.*, 2001; Morales *et al.*, 2010; Tchilinguirian *et al.*, 2014a y b, Oxman *et al.*, 2014).

Actualmente, nuevos enfoques buscan profundizar las interpretaciones a diferentes escalas espaciales y temporales, mediante la integración con diversos *proxies* (Lupo *et al.*, 2006a). En esta línea, puede mencionarse en el suroeste de la Puna de Jujuy, trabajos con macrorrestos vegetales, carbón vegetal y geoquímica en turberas altoandinas (Schitteck, 2012) y en la Puna Seca (Lupo *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2009; Oxman, 2015) integran bioindicadores como polen y diatomeas con reconstrucciones de los ambientes sedimentarios y el paleoclima, vinculándolos al registro arqueológico. Para la Puna Seca, se discute el vínculo entre los desarrollos culturales y las variaciones del clima en los últimos tres mil años, a partir de la disponibilidad de recursos naturales, como disparadores de las estrategias de sedentarismo adoptadas por los antiguos pobladores de la región (Morales, 2011; Tchilinguirian *et al.*, 2014a y b, Tchilinguirian y Olivera, 2014). En El Bolsón, provincia de Catamarca, a partir de la integración de distintos *proxies*, se reconocen las variaciones ambientales ocurridas durante el Holoceno medio y tardío (Kulemeyer *et al.*, 2013, 2015).

Área de estudio

La cuenca del río Yavi, en el Borde Oriental de la Puna jujeña, está dominada por extensas altiplanicies limitadas por cordones montañosos, recortados por la erosión retrocedente del sistema del río Pilcomayo, que se manifiesta localmente en el valle del río Yavi. Las alturas varían entre 3.250 msnm en la frontera con Bolivia y 5.000 msnm en la sierra de Santa Victoria. El río Yavi y sus afluentes, las quebradas de San José, Casti y Cajas, constituyen verdaderos oasis que concentran gran parte de las actividades humanas y la diversidad biológica (Figura 1).

La red hídrica está constituida por tres arroyos o quebradas que recorren el área con rumbo SE-NO y que confluyen en el río Yavi, el que corre de sur a norte a lo largo de una fractura en el flanco oriental de un anticlinal, presentando las características de un cañón más o menos profundo, cuyos flancos casi verticales están constituidos por areniscas y calizas. La cuenca del río Yavi, al igual que otras en la Puna del norte de Jujuy –como la del río Grande de San Juan y la del río de La Quiaca– son afluentes del río Pilcomayo y forman parte de la cuenca del Río de la Plata. El drenaje es de régimen permanente, alimentado principalmente por precipitaciones estivales y, en menor medida, por el agua freática que se incorpora al escurrimiento superficial, al pie de la alta montaña.

Geología y geomorfología

Con excepción del sector sureste, donde a partir de los 4.000 msnm se encuentra la sierra de Santa Victoria, la cuenca se caracteriza por el desarrollo de un pedimento muy extendido, conocido localmente como Pampa de Yavi, del que sobresalen algunas pequeñas estribaciones, como la sierra de Cajas, la sierra de Quirquinchos y el cordón de Siete Hermanos. Dicha superficie suele presentar ligeras ondulaciones, con pedregosidad en superficie o desarrollo de una delgada cobertura arenosa y pendiente general en sentido SE-NO.

Tres cursos de agua drenan la cuenca: las quebradas de Cajas, Chalhualmayoc y Lecho. Las dos primeras tienen sus cabeceras en la sierra de Santa Victoria en tanto que la quebrada de Lecho nace a 3.900 msnm, en la parte alta de la superficie pedimentada. Esta diferencia es la causa de que en la actualidad, en ambientes similares, coexistan procesos indicadores de actividad e inactividad geomorfológica: en tanto en las quebradas de Cajas y Chalhualmayoc dominan procesos aluviales y la incisión del cauce, en la quebrada de Lecho se desarrolla la vegetación de vegas, lo que señala

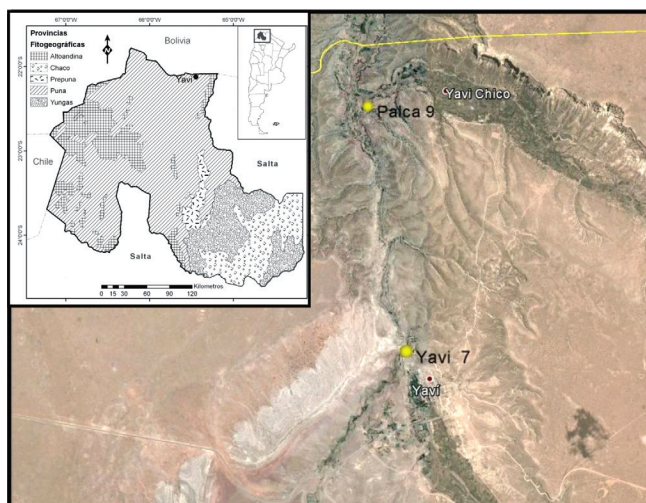


Figura 1. Ubicación de los casos estudiados. Perfil 7 ($22^{\circ} 8' S$; $65^{\circ} 28' W$; 3,440 msnm) y Palca 9 ($22^{\circ} 6' S$; $65^{\circ} 28' W$; 3,300 msnm).

el predominio del escurrimiento subsuperficial. Se observa, pues, que el tamaño y gradiente de cada uno de los cauces influye considerablemente sobre los procesos de erosión y sedimentación.

Puede observarse la presencia de un bloque elevado por fallamientos inversos de alto ángulo al oriente –la sierra de Santa Victoria donde afloran metasedimentitas eopaleozoicas del Grupo Mesón (formaciones Campanario y Chalhualmayoc, ortocuarcitas) y el Grupo Santa Victoria (formaciones Santa Rosita y Acoite, lutitas). Las serranías de Cajas y Quirquinchos, en el sector central, están constituidas por sedimentitas de las formaciones Chalhualmayoc y Santa Rosita, en tanto el cordón de Siete Hermanos es un anticlinal asimétrico, cuya nariz buza hacia el norte; allí afloran la formación Acoite y el Grupo Salta, del Cretácico Superior a Terciario Inferior, representados en la zona por las formaciones Los Blanquitos, Lecho, Yacoraita y Mealla, compuestas por conglomerados, areniscas y calizas (Turner, 1964).

La compresión tectónica en el plateau de la Puna culminó en el Mioceno Superior (Cladouhos *et al.*, 1994), dando origen a un paisaje de pilares y fosas. Estas últimas fueron rellenadas durante diversos ciclos de sedimentación. En los alrededores de Yavi y Yavi Chico se pueden observar los afloramientos del último episodio de acumulación; se trata de depósitos fluviolacustres subhorizontales, con buena estratificación. Un prologando período de predominio de la erosión se presenta a partir de la incorporación de la cuenca al drenaje exorreico, al ser capturada por el río Pilcomayo, posiblemente en el Pleistoceno Medio o Superior. La misma está mejor expresada en el sector occidental de la cuenca, en donde el fondo de los valles se encuentra hasta 250 m por debajo de la superficie pedimentada. Ha sido a partir de ese momento cuando se originó la red de drenaje actual.

Clima

Entre 20° y $45^{\circ} S$, predominan, según la clasificación efectiva de Lauer y Frankenberg (1984), los climas templados subtropicales y tropicales con sus diversas variantes. A estas latitudes se encuentra el límite, así como la transición, entre los vientos del oeste extratropicales, los anticiclones subtropicales y los sistemas monzónicos subtropicales-marginales de los trópicos. Debido a la existencia de las cadenas montañosas de los Andes, que superan normalmente los 5.000 msnm, la disposición de los climas se ve notablemente modificada en la zona.

El flanco oriental de los Andes argentinos se caracteriza por precipitaciones de verano de carácter convectivo, relacionadas a fuertes lluvias monzónicas que reducen su

influencia y frecuencia de NE a SW (Weischet, 1996, 1988). Una zona seca, la Diagonal Árida Sudamericana, con precipitaciones menores a 400 mm/año, se ubica en la transición entre estos dos regímenes pluviales. Las lluvias caen en el verano (diciembre a marzo) y son originadas por vientos húmedos provenientes del norte y el este. Con la altura hay una tendencia al aumento en el monto de las precipitaciones.

Vegetación

Entre los factores ecológicos más importantes que determinan la distribución de la vegetación en el área se cuentan el régimen térmico y la economía de agua. Los límites entre los pisos altitudinales son principalmente térmicos, acentuados además por las variaciones hídricas. La cuenca se inserta fitogeográficamente en el dominio Andino-Patagónico como parte de las provincias Puneña y Altoandina (Cabrera, 1976). Estudios de este sector del Noroeste argentino fueron realizados por Domínguez (1954), Ruthsatz y Movia (1975), Werner (1976) y Ruthsatz (1983).

Provincia Altoandina

La provincia Altoandina conocida como Puna Húmeda (Troll, 1950) se caracteriza por gramíneas fasciculadas (*Nassella*, *Jarava* y *Festuca*) y plantas en cojín (*Azorella*, *Adesmia*, *Pycnophyllum*). Esta ensambla con los pajonales orientales formando lo que algunos autores denominan "páramo empobrecido" (Halloy, 1982). Esta vegetación está representada en el sector oriental de la cuenca entre los 4.000 msnm y las elevaciones de la sierra de Santa Victoria. Pueden diferenciarse aquí dos pastizales, el altoandino puro y el altoandino con arbustos. El pastizal altoandino puro, ubicado entre los 4.300 y 4.900 msnm, es un pastizal abierto con una cobertura media de 25%. Está compuesto por matas redondas circulares y semicirculares de diversas gramíneas bajas con hojas duras y punzantes, entre las cuales aparecen numerosas herbáceas.

El pastizal altoandino con arbustos se presenta entre los 4.000 y los 4.450 msnm, con una cobertura de 20% a 40%. Está compuesto por matas de diversas gramíneas perennes, de hojas duras y punzantes, mezcladas con especies arbustivas. En su composición pueden nombrarse arbustos como *Baccharis boliviensis* (Wedd.) Cabrera, *B. tola* Phil., *Ephedra rupestris* Benth., *Tetraglochin cristatum* (Britton) Rothm., *Parastrephia lucida* (Meyen) Cabrera, *Adesmia spinosissima* Meyen, *Nassauvia axillaris* (Lag. ex Lindl.) D. Don, *Chersodoma argentina* Cabrera, *cactáceas* como *Tephrocactus* sp., herbáceas como *Plantago sericea* Ruiz y Pav., *Conyza deserticola* Phil., *Gamochoeta erythrae* (Wedd.) Cabrera, *Lucilicline subspicata* (Wedd.) Anderb. y S. E. Freire, *Gomphrena meyeniana* Walp., *Phacelia nana* Wedd., *Cardionema* sp., gramíneas como *Festuca* sp., *Nassella caespitosa* Griseb., *Deyeuxia* sp., *Koeleria kurtzii* Hack. ex Kurtz emend. A. M. Molina, etc. Las vegas altoandinas nacen en la región de los manantiales de altura y se diferencian de las puneñas por la presencia de algunas especies características como *Distichia muscoides* Nees y Meyen, *Zameioscirpus atacamensis* (Phil.) Dhooge y Goetgh., *Euphrasia antarctica* Benth., entre otras.

Provincia Puneña

La Puna se manifiesta en la Argentina al oeste de cadenas orientales y valles longitudinales, desde el límite con Bolivia, con alturas entre 3.400 y 4.500 msnm; se distinguen aquí dos zonas, una al sudoeste, correspondiente a la Puna Desértica de Troll (1950) con grandes salares y vegetación escasa separada por desiertos; y otra más húmeda al este, que corresponde a la Puna Seca o Puna Espinosa. En esta última se ubica la cuenca del río Yavi.

Desde los 3.400 hasta los 4.100 msnm se presentan como unidades principales, por su extensión, las estepas arbustivas de *Baccharis boliviensis* y de *B. boliviensis* y *Fabiana densa* J. Remy.

La estepa de *B. boliviensis* y *Fabiana densa*, ubicada entre 3.500 y 4.000 msnm, cubre las grandes llanuras de piedemonte en la parte noreste de la Puna. En la cuenca este terreno llano está recortado por dos serranías y los tramos superiores de los ríos Casti y Cajas. En la composición florística se destacan, entre los arbustos, *Fabiana densa*, *B. boliviensis*, *Tetraglochin cristatum*, *Ephedra* spp.; entre las herbáceas, *Portulaca perennis* R.E. Fr., *Wahlenbergia calycina* Schldl. ex Griseb., *Alternanthera microphylla* R.E. Fr., *Hypseochaeris tridentata* Griseb., *Mitracarpus brevis* K. Schum. y R.E. Fr., *Dalea boliviana* Britton, *Cardionema* spp., *Heterosperma nanum* (Nutt.) Sherff, *Hypochaeris meyeniana* (Walp.) Benth. y Hook. f. ex Griseb.; numerosas gramíneas perennes como *Microchloa indica* (L. f.) P. Beauv, *Aristida asplundii* Henrard, *Stipa arcuata* R.E. Fr., etc. y anuales como *Stipa humilis* Cav.

La estepa de *Baccharis boliviensis* se encuentra en la franja inferior de la Puna, entre 3.350 y 3.750 msnm, en contacto con los primeros elementos de Prepuna presentes, al norte de la cuenca de Yavi, en Bolivia y hacia el sur en la quebrada de Humahuaca.

En el sector bajo de la cuenca la estepa de *B. boliviensis* aparece actualmente en los alrededores de los caseríos Yavi y Yavi Chico. En la composición florística se destacan: *Baccharis boliviensis*, *Tetraglochin cristatum*, *Dichondra argentea* Humb. y Bonpl. ex Willd., *Cerastium* sp.; el estrato herbáceo y las gramíneas son similares a las de la estepa de *B. boliviensis* con *Fabiana densa*.

Evidencias culturales y sus relaciones con el ambiente

La historia de las ocupaciones humanas en el área de estudio presenta similitudes generales hasta el presente con el desarrollo regional. Los conocimientos derivados de la información arqueológica y paleoambiental permitieron interpretar e integrar las mutuas relaciones de adaptaciones e influencias entre el hombre y su entorno durante el Holoceno (Krapovickas, 1992; Kulemeyer y López, 1995; Kulemeyer y Lupo, 1998; Lupo, 1998; Kulemeyer *et al.*, 1999; Kiegel, 2001; Kulemeyer, 2005, 2013; Kulemeyer *et al.*, 2015; Lupo *et al.*, 2015).

El sitio más antiguo es La Cueva de Yavi, un abrigo rocoso ubicado a la vera del río Yavi y que fuera ocupado recurrentemente por cazadores recolectores entre ca. 12400 y 9200 cal. a. C. (Krapovickas, 1987-1988; Kulemeyer, 1998). Los recursos faunísticos que explotaron fueron amplios e incluyen, por ejemplo, camélidos y roedores, en las inmediaciones del sitio explotaron en forma intensiva afloramientos de calizas silicificadas y cuarcita para la confección de artefactos (Kulemeyer *et al.*, 1989; Kulemeyer, 1992; Kulemeyer y López 1995-1996; Laguna, 1996; Kulemeyer 1998; Kulemeyer *et al.*, 1999).

Se sucede un largo período para el cual no hay hasta el presente evidencias fehacientes de la presencia humana en este sector, coincidiendo con el predominio de condiciones de temperaturas más altas y secas en la región (Markgraf, 1985; Lupo, 1998; Schäbitz, 1998, 2000; Schäbitz *et al.*, 2001; Kulemeyer, 2005).

Las primeras evidencias posteriores, datadas, fueron documentadas en las inmediaciones de La Palca y Yavi Chico, formando lentes de tamaño y espesor variado, interestratificadas en los depósitos del valle. Estos últimos constituyen los niveles aterrazados de los distintos arroyos y se componen principalmente de potentes acumulaciones de sedimentos arenosos y limoarcillosos, con estratos de turba. En La Palca (Perfil Palca 8, en Kulemeyer, 2005), se contaron diversos hallazgos, que muestran el uso recurrente de los valles en la segunda

mitad del Holoceno. El perfil tiene 13,60 m de potencia, e incluye tres evidencias arqueológicas diferenciadas temporal y estratigráficamente. Los hallazgos más antiguos son del período Arcaico y se encuentran a 12 m por debajo de la superficie del suelo, en una capa de arena, con carbón vegetal asociado. Entre los materiales recuperados se verifican restos de huesos de camélidos y una punta de proyectil. Aquí se ha fechado humus de la capa, que arrojó una edad de 5529 ± 53 calAC. Entre 5,20 m y 4,80 m de profundidad del perfil, se encontraron los restos de un basurero arqueológico, ubicado en niveles de arena media, con rodados dispersos y abundante carbón. Además, se cuentan fragmentos de cerámica pintada con motivos geométricos, una pipa y huesos de camélidos; estas evidencias y la posición estratigráfica de los hallazgos permitieron asignarlos a la fase de La Quiaca Vieja de la cultura Yavi, del período Formativo, que cuenta con fechados de 1740 ± 159 calAC, 1705 ± 117 calAC, 1488 ± 112 calAC (Krapovickas, 1987-1988). Entre 3,30 m y 1,80 m de profundidad, se hallaron los restos de un muro, tiestos cerámicos, huesos de camélidos y palas (en piedra), que se vinculan a objetos similares hallados en el Antigal de Yavi Chico, sitio ubicado 800 m al este, y que corresponde al período Tardío (Kulemeyer, 2005).

En Portillo, 1 km al este del Antigal de Yavi Chico, en el perfil Chico 1, de 12 m de potencia, se registró en un estrato de arena entre 5,10 m y 3,50 m de profundidad, la presencia de materiales arqueológicos, que incluyen numerosas herramientas de piedra, piedras de moler y huesos de camélidos. Un fechado de carbón vegetal a 4,20 m de profundidad, arrojó una edad de 3863 ± 79 calAP, probablemente en la transición del Arcaico al período Agroalfarero. Una segunda datación de 2349 ± 111 calAP, a una profundidad de 2,00 m en el mismo perfil, representa la edad mínima para el final de la ocupación. Los restos hallados evidencian la existencia de actividad ganadera y agricultura (Kulemeyer, 2005).

Finalmente, el Antigal de Yavi Chico es un asentamiento ubicado sobre la terraza fluvial, en la margen derecha del arroyo homónimo. La parte más baja de la terraza, próxima a la barranca del río, estuvo ocupada por terrenos de cultivo y la parte más alta, al pie de una barranca más elevada aún, fue utilizada para la ubicación de las viviendas. Algunas presentan pequeñas cámaras que sirvieron como silos. En uno de estos silos, a 3,80 m de profundidad, se obtuvo un fechado de 985 ± 50 calAP, en tanto que en un basurero, con carbón y ceniza abundante y restos orgánicos, cerámica y huesos presentes, a una profundidad de 1 m, dio el siguiente resultado: 840 ± 55 calAP. Asimismo, otros fechados en el sitio arrojaron: 950 ± 13 calAP; 825 ± 60 calAP; 601 ± 38 calAP, y 542 ± 11 calAP; (Kulemeyer, 2013). Estos resultados confirman anteriores dataciones de Krapovickas en el mismo sitio: 528 ± 13 calAP; 712 ± 24 calAP y 944 ± 16 calAP (Vogel y Lerman, 1969; González y Lagiglia, 1973). El abandono del sitio, probablemente poco antes de la llegada de los españoles a la zona, habría ocurrido a consecuencia de la intensificación de los procesos de erosión, con la formación de cárcavas y barrancos, vinculados a la incisión del río Cajas, situación que dificultó el riego de terrazas agrícolas en el Antigal de Yavi Chico (Kiegel, 2001).

Si bien es discutible aún el grado del impacto sobre la vegetación natural, estas diversas ocupaciones tuvieron incidencia en el paisaje, tanto en el terreno como en la flora y la fauna, pero sus efectos parecen haber sido comparativamente menores a los producidos durante los siglos XVII, XVIII y parte del XIX, en los que la zona fue la sede del Marquesado de Yavi y Tojo, cuyos dominios abarcaban además Casabindo y Cochinoca (Jujuy), Santa Victoria (Salta) y algunos sectores del sur de Bolivia. Yavi fue una estación obligada en el tráfico de ganado desde diversas regiones del Río de la Plata al Alto Perú, constituyendo la localidad más importante de la época, en lo que hoy se conoce como la provincia de Jujuy.

Estos cambios, con destrucción de viejas tradiciones sociales y culturales de la población indígena y la sobreexplotación del ambiente, tuvieron importantes consecuencias sobre el equilibrio del sistema (Kulemeyer y Lupo, 1998). Los usos tradicionales de los recursos vegetales constituyen una práctica normal en la población; se relacionan a las actividades

domésticas, sociales y ceremoniales constituyendo una información importante frente al planteo de hipótesis, entre otros aspectos, sobre el rol que pudieron desempeñar diversos grupos vegetales en el sistema hombre-ambiente del pasado reciente (Lupo y Echenique, 2001).

El pastoreo en el área es muy intenso y es un factor ambiental importante en la composición de las comunidades vegetales. La amplia altiplanicie de la Puna es utilizada casi exclusivamente para el pastoreo de ovinos, caprinos y camélidos. Además, se crían burros, vacas, mulas y caballos. Los mejores campos, a orillas de ríos, en vegas y ciénagas, se reservan para vacunos; las llamas pastorean en los pastizales y ciénagas puneñas y altoandinas, los rebaños de ovejas y cabras en los lugares menos productivos, de vegetación arbustiva. La erosión de suelos es frecuente en toda el área, agravada por el sobrepastoreo. Al presente, la erosión de los depósitos del río Yavi se agrava, especialmente en el cauce, estimándose una tasa de incisión actual cercana a 30 mm/año en promedio. Este no es el único caso de procesos de desertificación en el sector árido y semiárido del noroeste; es un proceso regional con graves consecuencias ecológicas, económicas y sociales (Kulemeyer y Lupo, 1998).

Metodología de la investigación

Para ajustar la interpretación del registro fósil, se realizaron estudios de análogos modernos para el material mineral y el polen (Janssen, 1973; Overpeck, 1985; Jackson y Willians, 2004). Estos se integran a los datos palinológicos y sedimentológicos de secuencias de valles puneños seleccionadas, contextualizadas geomorfológicamente, con dataciones por radiocarbono y vinculación al registro arqueológico.

Sedimentos y minerales de superficie

Para la reconstrucción de la historia del paisaje, el origen de los sedimentos del Holoceno juega un papel importante. Por lo tanto, en el área de influencia de los valles, se obtuvieron y estudiaron muestras para reconocer las posibles rocas madre. Fueron tomadas aleatoriamente nueve muestras de superficie en dunas (OB1 a OB9) y cinco muestras de sedimentitas del Plio-Pleistoceno (PP1 a PP5), para caracterizar y posteriormente comparar la granulometría y los minerales pesados de estos sedimentos con las acumulaciones de los perfiles. Se realizó el análisis textural de 14 muestras de arena de acuerdo a DIN 19683, y se estudiaron los minerales pesados de la fracción 0,1-0,25 mm (Kulemeyer, 2005).

Vegetación y polen de superficie

En la tarea de reconstruir la vegetación y el paisaje bajo el método clásico de comparar los datos de perfiles fósiles con la vegetación actual, juegan un rol importante las especies indicadoras o características de la asociación, ligadas fuertemente a ciertas condiciones del ambiente (Roig, 1973; Braun-Blanquet, 1979). El muestreo polínico de superficie se efectuó por unidades representativas de vegetación, entre las provincias Puneña y Altoandina, ubicando las muestras en las principales unidades y se identificó el tipo fisonómico-florístico dominante y las muestras de sedimento se ubicaron con criterio aleatorio (Mateucci y Colma, 1982). La escala espacial consideró comunidades zonales (regionales) y azonales (locales) del área de estudio (Ruthsatz y Movia, 1975). Se muestreó siguiendo un gradiente altitudinal, con un total de 38 muestras y un mínimo de 3 por unidad de vegetación, entre 3.440 y 5.000 msnm. El muestreo a escala local se concentró en las unidades del valle del río Yavi y alrededores donde se encuentran las secuencias fósiles. Se efectuaron análisis de presencia-ausencia entre vegetación y polen actual en la cuenca, que aportó información para establecer un criterio ecológico en la selección de variables y agrupaciones polínicas en el análisis Cluster (Ruthsatz y Movia, 1975; Cabrera, 1976; Lupo, 1998). La actualización

de los nombres científicos se realizó de acuerdo con la base de datos de la Flora del Cono Sur (Zuloaga *et al.*, 2008).

Secuencias paleoambientales

Se efectuaron estudios que consistieron en relevamientos de perfiles en los rellenos de valle del Holoceno, mediante el levantamiento de detalle de 29 secuencias expuestas en terrazas de los ríos y arroyos del sistema fluvial del río Yavi, complementados por una perforación en el lecho del río Yavi (Kulemeyer, 2005). Se seleccionaron secuencias específicas para estudios de detalle, con el fin de precisar, a través de análisis palinológicos, minerales pesados y textura y con adecuado control de dataciones por radiocarbono, las interpretaciones sobre la historia del paisaje (Lupo, 1998; Kulemeyer, 2005).

Para establecer una base de cronología absoluta, se dataron 40 muestras por radiocarbono en los laboratorios Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung de Hannover y Beta Analytic de Miami y se consideraron fechados realizados en el área en el marco de tareas arqueológicas previas. Los fechados por radiocarbono se calibraron con el método presentado en <http://www.calpal-online.de/>, que utiliza la curva de calibración CalPal2007_HULU y con un sigma de probabilidad. La Tabla 1 presenta aquellos fechados correspondientes a las secuencias de detalle (Palca 9 y Yavi 7), seleccionadas para este trabajo por su contenido de polen. Se calculó la tasa de sedimentación en el área Yavi Chico, sobre la base de la integración de las distintas secuencias presentes, considerando las potencias expuestas y las dataciones radiocarbónicas.

Los pasos para el análisis polínico fueron los estándares para sedimentos cuaternarios (Gray, 1965; Faegri e Iversen, 1989). Tanto el conteo, como el cálculo de porcentajes, la concentración polínica por volumen de muestra y las gráficas se efectuaron bajo el programa Tilia (Grimm, 1992), especial para palinología. Los indicadores de humedad local como *Cyperaceae*, *Juncaceae*, *Bryophyta* y esporas de *Pteridophyta* (monoletes y triletes) fueron excluidos del conteo por sobrerrepresentación, pero no de la interpretación. La identificación de los tipos polínicos se realizó con la ayuda de la palinoteca de referencia de la zona (PAL JUA) y la literatura existente (Heusser, 1971; Markgraf y D'Antoni, 1978; Moore y Webb, 1983). Se emplearon métodos numéricos multivariados para interpretar los datos obtenidos. La técnica usada fue Cluster Analysis (modo q), el programa de computación empleado fue Coniss-Tilia (Grimm, 1992) y el criterio de selección de variables polínicas fue ecológico, tomando los grupos representativos de cada unidad de vegetación.

Resultados

Caracterización de los sedimentos superficiales

Un análisis geológico a escala de la cuenca del río Yavi permitió diferenciar los materiales superficiales más friables y difundidos, correspondientes al Plio-Pleistoceno de los depósitos eólicos superficiales (Kulemeyer, 2005). Los resultados de los estudios de minerales pesados y la textura de muestras en ambas unidades (Figuras 2, 3, 4 y 5) permitieron establecer relaciones de proveniencia de los sedimentos de valle. La Figura 2 muestra el predominio de arena fina y media y contenidos muy bajos (o ausencia) de arena gruesa y limo en las sedimentitas del Plio-Pleistoceno. La arcilla se presenta en cantidades moderadas en las muestras PP4 y PP5.

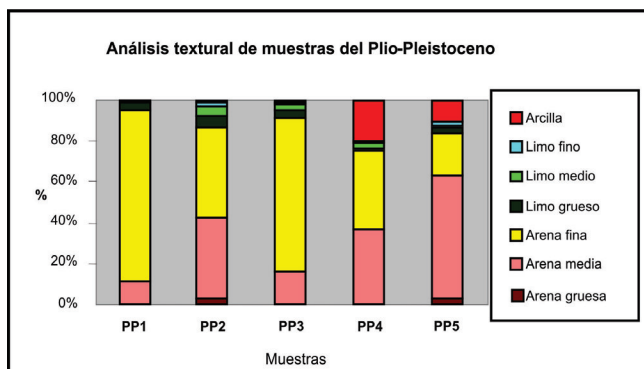


Figura 2. Composición textural de las muestras del Plio-Pleistoceno.

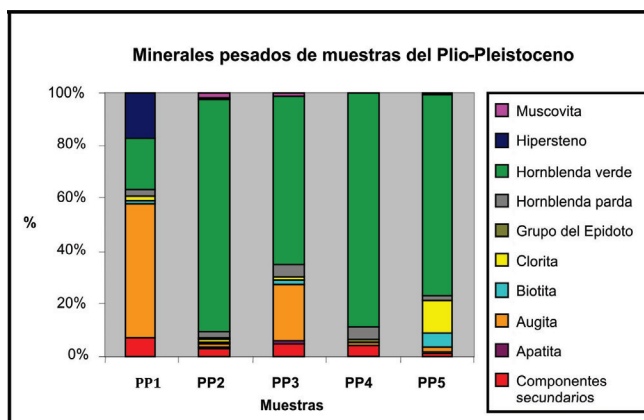


Figura 3. Composición de minerales pesados en las muestras del Plio-Pleistoceno.

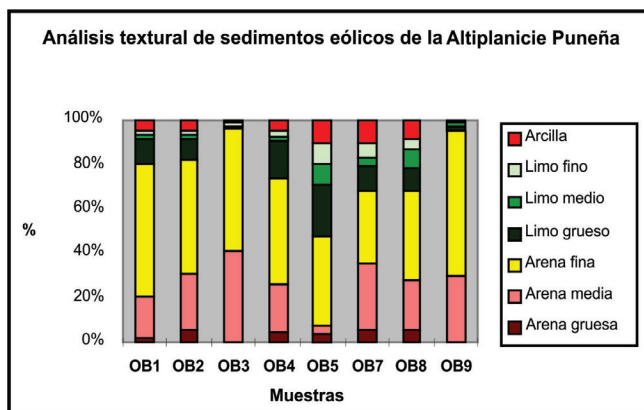


Figura 4. Composición textural de las muestras de eólicas de superficie.

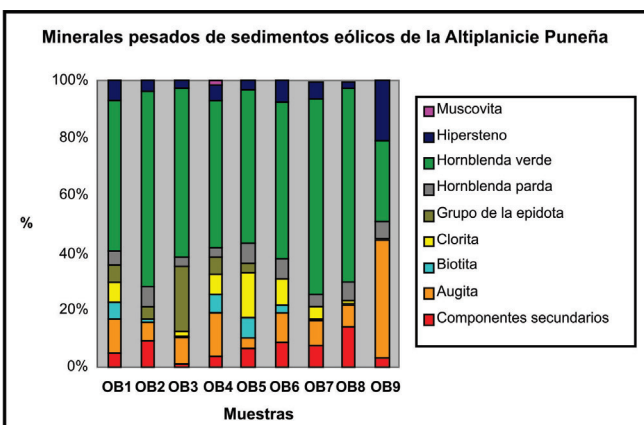


Figura 5. Composición de minerales pesados en las muestras eólicas de superficie.

La Figura 3 corresponde al análisis de minerales pesados de las muestras anteriores. Se destaca la presencia dominante de hornblenda verde, (con valores de 60 a 90% en PP2, PP3, PP4 y PP5) y augita (PP1). Otros minerales, como clorita, hornblenda parda e hipersteno, aparecen generalmente en cantidades inferiores a 3%.

La Figura 4 presenta los análisis texturales de los sedimentos eólicos superficiales, en los que, en general, predominan arenas finas y medias y es más frecuente encontrar porcentajes relevantes de las fracciones de limo y arcilla, como en OB1, OB2, OB7, OB8 y, especialmente, en OB5.

La Figura 5 corresponde al análisis de minerales pesados de las muestras precedentes; en ellas domina la hornblenda verde, con valores del orden de 60% (excepto en OB9, donde predomina la augita). Este último mineral, junto con clorita, hornblenda parda, biotita, hipersteno y grupo de la epidota, aparece generalmente en cantidades reducidas, que en su mayoría no superan el 10%.

Caracterización de la lluvia polínica de superficie

Los datos de la lluvia polínica en superficie proporcionan información sobre la sedimentación diferencial del polen de las asociaciones vegetales presentes en la cuenca. Numerosos son los factores que pueden intervenir en la dispersión-sedimentación polínica; entre los más destacables se mencionan la topografía del área, los factores climáticos, la forma, tamaño y peso de los granos de polen, la producción por año, entre otros (Moore y Webb, 1983).

Pudo constatarse que las principales familias y géneros característicos de cada unidad de vegetación se encuentran también en la lluvia polínica. Son pocas las familias ausentes en la sedimentación polínica y es común el aporte diferencial de tipos extralocales (Ruthsatz y Movia, 1975; Lupo, 1998).

Las muestras del gradiente altitudinal integran palinológicamente en la provincia Altoandina y la provincia Puneña. Estas provincias fitogeográficas con predominios de estepas (herbáceas y arbustivas) representan la vegetación zonal o regional del área. Las unidades azonales las constituyen los pastizales altoandinos puros y con arbustos y, en el sector bajo del valle, los pastizales de *Cenchrus chilensis* (E. Desv.) Morrone, vegetación de los cauces fluviales y vegas puneñas.

Se destacaron por su presencia, tanto en el polen como en la vegetación, y se tomaron como característicos de las unidades de estepas arbustivas familias y géneros como Asteraceae, *Chuquiraga* sp., *Proustia* sp., *Ephedra* sp., Solanaceae, *Fabiana* sp., Verbenaceae, Cactaceae, *Opuntia* sp., *Trichocereus*, *Prosopis* sp., *Adesmia* sp., Lamiaceae, *Salvia* sp., *Satureja* sp., *Ligaria* sp., Rubiaceae, *Acacia* sp. y Fabaceae subfam. Papilionoideae. La estepa arbustiva de *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis* muestra, además de las familias comunes con las restantes unidades, la presencia en el polen y la vegetación de *Fabiana* sp., *Trichocereus* sp., *Opuntia* sp., *Ephedra* sp. y Portulacaceae.

La estepa de *Baccharis boliviensis* puede considerarse la más variada en cuanto a la proveniencia de las muestras ya que hacia el sector más bajo de la cuenca el paisaje se modifica por la confluencia de diversos factores edáficos y antrópicos. Pueden mencionarse *Chuquiraga* sp., *Prosopis* sp. y *Dalea* sp. como importantes por su presencia en el polen y la flora.

En el valle del río Yavi se tomaron las muestras por unidades de vegetación representadas en los alrededores del área de las secuencias fósiles. Entre estas se encuentran: 1. las del pastizal de *Cenchrus chilensis* y las de la vegetación de los cauces de los ríos

representadas en el polen y la vegetación por *C. chilensis*, *Chenopodium* sp., *Oxiphapus* sp. y Brassicaceae. También poseen componentes comunes a otras unidades, entre estos *Hypochoeris* sp., *Plantago* sp., Juncaceae y Malvaceae presentes en las de vegas; 2. las muestras polínicas provenientes de las vegas (caracterizadas por compartir con la vegetación la presencia de familias como Cyperaceae, *Hypochoeris* sp., Malvaceae, Apiaceae y Juncaceae, *Ephedra* sp., *Proustia* sp., *Salvia* sp., Cactaceae y Chenopodiaceae.

Los tipos presentes en todos los ambientes o restantes hierbas y arbustos están en casi todas las unidades relevadas y son en su mayoría herbáceas como las Caryophyllaceae, *Amaranthaceae*, Fabaceae Papilionoideae y Poaceae. Los tipos polínicos extralocales a la cuenca, ausentes en la flora del lugar lo integran las familias Betulaceae, Ulmaceae, Juglandaceae, Pinaceae, Podocarpaceae y Gunneraceae con especies como *Alnus acuminata*, *Juglans australis*, *Podocarpus parlatorei*, *Celtis* sp. Estos árboles tienen actualmente importante desarrollo en distintos pisos altitudinales de la Yunga, en el flanco oriental de la sierra de Santa Victoria entre 500 y 2.000 msnm.

También se consideraron especialmente los actuales indicadores de impacto o presencia humana en la zona, representados en el polen por el conjunto de Tipo *Bidens-Viguiera*, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Tipo Cereal, *Melilotus* sp., *Plantago* sp., *Rumex* sp., *Astragalus* sp. y *Urtica* sp. Se efectuó un análisis Cluster con valores porcentuales que dio como resultado una zonación con dos agrupamientos principales y subgrupos dentro de estos (Figura 6):

Grupo I: agrupa muestras con elevados porcentajes de elementos puneños como Asteraceae subfam. Asteroideae, menores porcentajes de Poaceae y herbáceas en general.

I-A: Puna 1. Este grupo reúne las muestras de la estepa de *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis* con importantes porcentajes de Asteraceae subfam. Asteroideae (50 a 80%) y reducción de porcentajes de Poaceae y herbáceas. Están presentes también las Cactaceae como otros elementos de esta unidad de vegetación y ausentes los indicadores de humedad.

I-B: Humedad local. Agrupa las muestras de la unidad de vegetación de las vegas puneñas, con pastizales de *Cenchrus chilensis* y de afloramientos rocosos. Estas se tomaron en el sector bajo de la cuenca y los tipos polínicos importantes con altos porcentajes son las Cyperaceae, Poaceae y Asteraceae subfam. Asteroideae. También juega un rol importante con altos porcentajes, el conjunto de tipos polínicos indicadores de impacto antrópico, entre estos *Urtica* sp.

Grupo II: reúne los tipos con elevados porcentajes, de hasta 80%, de Poaceae y reducción considerable de Asteraceae subfam. Asteroideae.

II-C: Disturbio antrópico. Todas las muestras de la vegetación del cauce del río se encuentran en este grupo, con altos porcentajes de *Urtica* y Asteraceae subfam. Asteroideae. Estas muestras se tomaron en los márgenes de los ríos e inmediaciones a los perfiles Holocenos.

II-D: Puna 2. Este grupo representa algunas muestras de la estepa arbustiva de *Baccharis boliviensis*, con altos porcentajes de Asteraceae subfam. Asteroideae pero también importantes porcentajes, de hasta 60%, de Poaceae.

II-E: Altoandino. Con muestras provenientes del pastizal altoandino, todas agrupadas por los altos valores de Poaceae entre otras herbáceas y arbustos. Disminuyen considerablemente los porcentajes de Asteraceae subfam. Asteroideae como la mayoría de los elementos de Puna. Con bajos porcentajes de indicadores de impacto antrópico.

II-F: Puna 3. Con muestras de la estepa de *Baccharis boliviensis* relevadas en puntos donde esta especie deja de ser dominante en la asociación (codominancia con *Chuquiraga* sp. y/o *Adesmia* sp.). Este grupo presenta en común mayores porcentajes de elementos altoandinos representados en su mayoría por Apiaceae y herbáceas y arbustos como Poaceae y Fabaceae subfam. Papilionoideae.

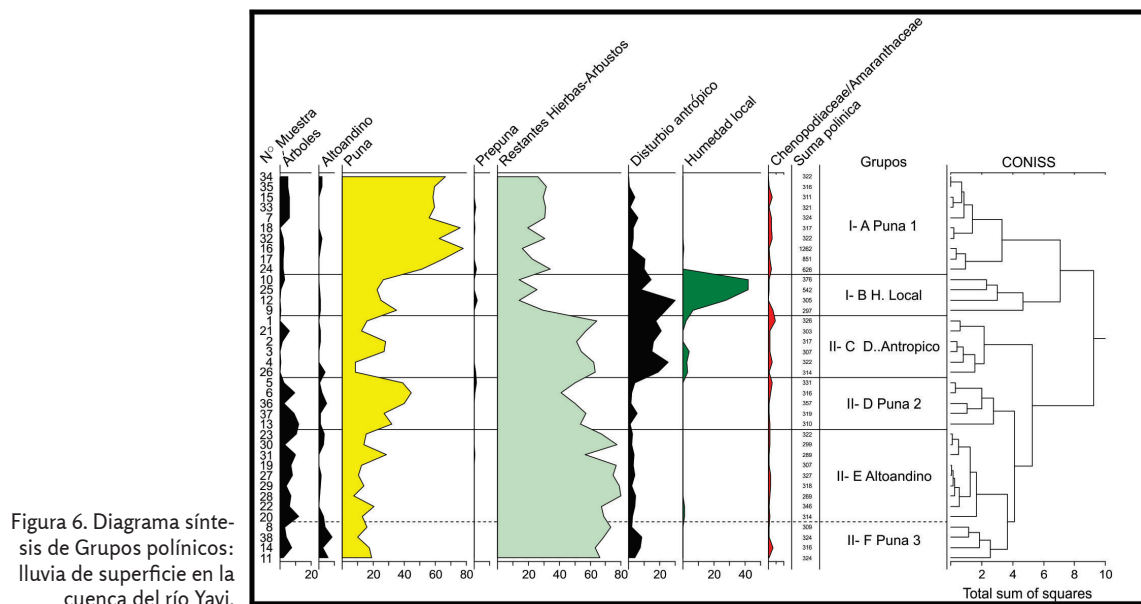


Figura 6. Diagrama síntesis de Grupos polínicos: Lluvia de superficie en la cuenca del río Yavi.

Reconstrucción paleoambiental

El marco temporal para reconstruir los ambientes sedimentarios proviene de diversos antecedentes de los autores (Lupo, 1998, 2001; Kulemeyer, 2005). Se seleccionaron los perfiles Yavi 7 y Palca 9, que presentan edades entre 2455 ± 199 y 8747 ± 260 años calAP (Tabla 1).

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de las secuencias del río Yavi y La Palca.

Perfil/Profundidad	N° Lab.	Material	Método	Edad (años AP)	Edad (cal. AP)
Palca 9 – 139	Hv-20733	Sed. Org.	Rad. Standard	2380 ± 135	2455 ± 199
Palca 9 – 610	Hv-19744	Sed. Org.	Rad. Standard	4095 ± 130	4614 ± 170
Palca 9 – 696	Hv-19745	Sed. Org.	Rad. Standard	3910 ± 80	4337 ± 111
Palca 9 – 715	Hv-19743	Sed. Org.	Rad. Standard	4035 ± 75	4571 ± 129
Palca 9 – 768	Hv-19746	Sed. Org.	Rad. Standard	4490 ± 210	5147 ± 268
Palca 9 – 1011	Hv-19742	Sed. Org.	Rad. Standard	4695 ± 50	5449 ± 95
Palca 9 – 1033	Hv-19741	Sed. Org.	Rad. Standard	4775 ± 90	5481 ± 108
Palca 9 – 1186	Hv-20734	Sed. Org.	Rad. Standard	4950 ± 200	5692 ± 219
Yavi 7 – 105	Beta-104.249	Sed. Org.	AMS	4290 ± 40	4881 ± 36
Yavi 7 – 429	Hv-20.730	Sed. Org.	Rad. Standard	6160 ± 190	7031 ± 218
Yavi 7 – 586	Hv-20.731	Sed. Org.	Rad. Standard	7995 ± 130	8861 ± 180
Yavi 7 – 640	Hv-20.732	Sed. Org.	Rad. Standard	7860 ± 220	8747 ± 260

(Lupo, 1998, 2001; Kulemeyer, 2005).

Las similitudes mineralógicas y texturales entre los sedimentos friables superficiales y los de valle permiten inferir que en el entorno del valle debió haber una importante actividad eólica con gran disponibilidad de arena la que, luego de un corto transporte fluvial y/o eólico, se depositó en el fondo del valle. La sedimentación en estos ambientes evidencia la existencia de condiciones dominantes de humedad local que aseguraron la existencia de una densa cobertura vegetal, tal como lo señalan la presencia de restos de turba y los materiales orgánicos y los improntas de tallos y hojas

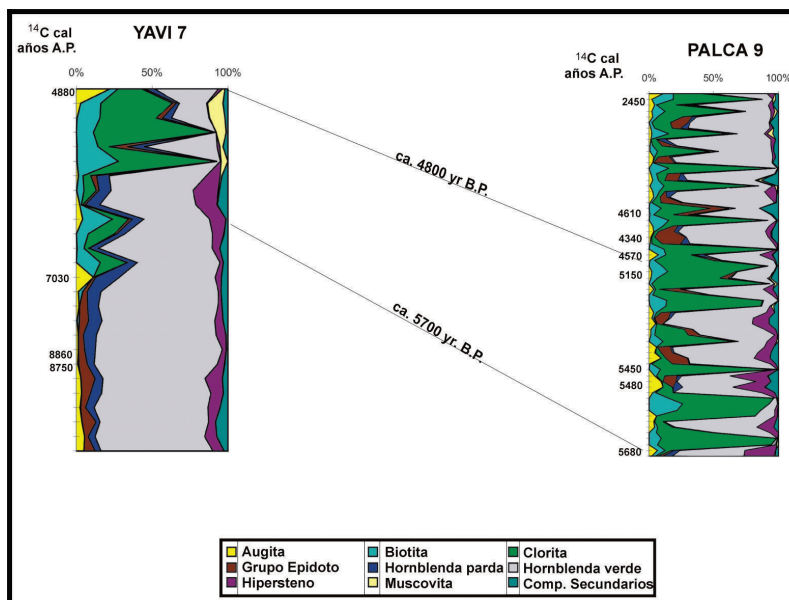


Figura 7. Perfiles de minerales pesados de las secuencias Yavi 7 y Palca 9.

en los sedimentos más finos. Asimismo, se encuentran niveles con pedotubos rellenos con óxidos e hidróxidos de hierro, particularmente en los sedimentos arenosos. Los mismos reflejan procesos de oscilación entre condiciones oxidantes y reductoras de los sedimentos superficiales, determinadas por variaciones del nivel de saturación del sedimento, que se vinculan tanto a la estacionalidad de las precipitaciones como a la variabilidad del clima.

En la Figura 7 se presentan los perfiles de minerales pesados de Yavi 7 y Palca 9. Los materiales más antiguos corresponden a la base de Yavi 7, con una edad de 8850 calAP y los más recientes, en el techo de Palca 9, de 2450 calAP. Desde la base y hasta 7000 calAP, domina ampliamente la asociación de minerales pesados rica en hornblenda verde, en valores similares a los sedimentos del Plio-Pleistoceno y eólicos superficiales. Posteriormente, esta asociación alterna reiteradamente con estratos ricos en clorita, un mineral que es minoritario entre los materiales friables superficiales, pero que está presente en las formaciones del Ordovícico de los sectores medios y altos de la cuenca alta.

En el perfil Yavi 7 se estudió el registro polínico entre 8800 y 7000 calAP. Se caracteriza palinológicamente por la alta similitud de las muestras. Predominan las herbáceas y los arbustos, entre estos las Poaceae; le siguen en importancia los elementos de humedad local, representados principalmente por las Cyperaceae y los elementos de Puna. Los elementos altoandinos muestran bajos porcentajes y están representados mayormente por las Malvaceae (5%) en todo el perfil. También los tipos arbóreos son escasos a lo largo de la secuencia.

El análisis Cluster modo q permitió definir dos zonas (Figura 8).

Zona I: entre 375 cm y 175 cm, con presencia entre los elementos de Puna de bajos porcentajes del tipo *Opuntia* y, entre las hierbas y arbustos, de mayores porcentajes de Poaceae. Se dan incrementos entre los elementos de disturbio como *Gomphrena* sp. y *Urtica* sp. En este sector son máximos los valores de APF, especialmente hacia la porción superior. Se ha subdividido en dos subzonas.

I-1: entre 375 cm y 300 cm, caracterizada por incrementos de hierbas y arbustos, principalmente Poaceae, a más de 80%, y descensos de elementos de Puna (de 25 a 15%) como Asteraceae subfam. Asteroideae. Entre los árboles, *Alnus acuminata* aparece en la parte baja y desaparece en la superior.

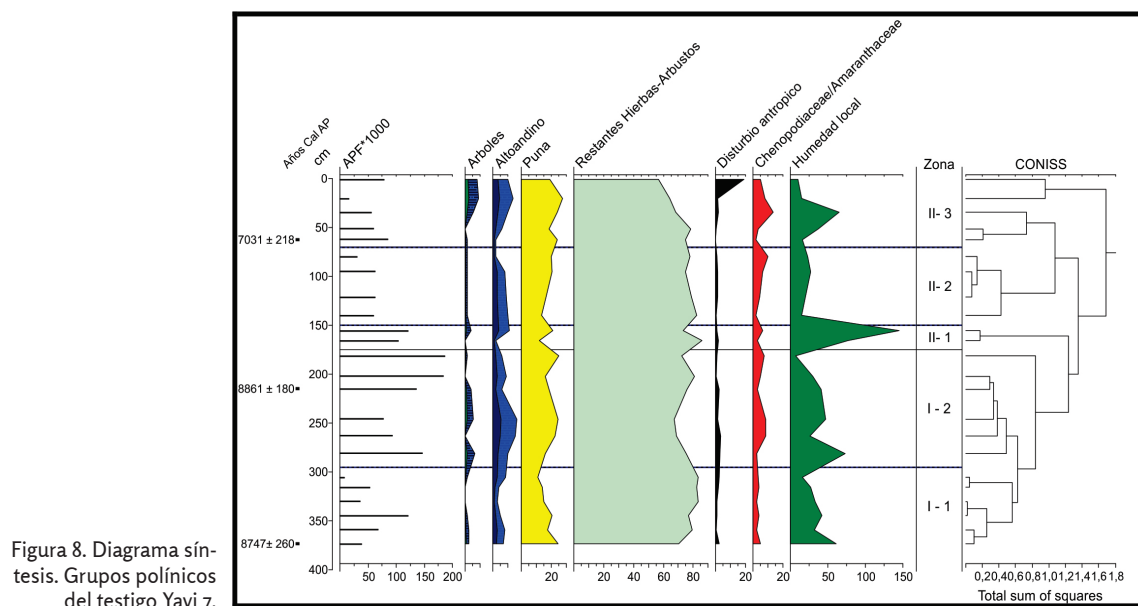


Figura 8. Diagrama síntesis. Grupos polínicos del testigo Yavi 7.

I-2: entre 300 cm y 175 cm se observa un aumento en los porcentajes de elementos de Puna como Asteraceae subfam. Asteroideae (hasta 20%) y Chenopodiaceae-Amaranthaceae (5 a 10%). También se incrementan los elementos altoandinos, destacándose las Malvaceae y la presencia de *Azorella* sp. y *Bowlesia* sp. Entre las hierbas y arbustos decrecen las Poaceae (de 80% a 60%). Las Cyperaceae oscilan sus valores tendiendo a decrecer hacia la parte superior del sector.

Zona II: entre 175 cm y 25 cm, se presentan tres fases que se caracterizan por los máximos valores de herbáceas y arbustos (85%). Los tipos de Puna, como *Cenchrus chilensis*, llegan únicamente aquí a porcentajes de 15%. Las Cyperaceae llegan a elevados picos en la base y disminuyen considerablemente en el centro de esta zona. Se divide en tres subzonas:

II-1: entre 175 cm y 150 cm, se destaca el pico máximo de valores de Cyperaceae, aumentos de porcentajes de Poaceae y disminución en los de Asteraceae subfam. Asteroideae y Chenopodiaceae-Amaranthaceae entre los componentes de Puna.

II-2: entre 150 cm y 75 cm, se observan leves aumentos de la base del sector a la parte superior de Asteraceae subfam. Asteroideae (15 a 20%), Chenopodiaceae-Amaranthaceae, entre los elementos de Puna y disminuyen tipos como Poaceae, entre las herbáceas y arbustos. El polen de árboles se mantiene con escasos porcentajes en toda la fase. También las Cyperaceae presentan bajos valores en este sector.

II-3: entre 75 cm y 15 cm, mantiene la tendencia al aumento de los tipos de Puna, incrementan *Cenchrus chilensis* en la base y Asteraceae subfam. Asteroideae, *Ephedra* sp. y Chenopodiaceae-Amaranthaceae hacia el sector superior. Los elementos altoandinos se incrementan, entre estos las Malvaceae, al igual que los árboles como *Alnus acuminata*. Las Cyperaceae reincrementan sus valores hacia el centro de esta fase, mientras que las Poaceae disminuyen gradualmente de 75 a 45% de la base al techo.

En el perfil Palca 9 (5800 a 2400 calAP) se destacan palinológicamente los componentes de la Puna, con porcentajes de hasta 30-35% las Asteraceae y Chenopodiaceae/Amaranthaceae; a estas les siguen con menores porcentajes (5 a 20%), *Ephedra* sp., *Satureja* sp. y *Cenchrus chilense*. Los restantes tipos aparecen con porcentajes por debajo del 5%.

El polen de hierbas y arbustos está bien representado por Poaceae (hasta 85%). Los demás tipos, Geraniaceae, Fabaceae subfam. Papilionoideae y Mimosoideae, Rosaceae, Caryophyllaceae, *Dalea* sp. y *Calandrinia* sp., están presentes en bajos porcentajes

(menos de 5%). Están también los elementos que indican humedad local como las Cyperaceae, las Juncáceas, esporas triletes y monoletes.

El polen de las unidades altoandinas, al igual que el polen arbóreo, presenta valores menores a 5%. Entre los tipos altoandinos se destacan las Malvaceae y las Apiaceae a lo largo de toda la secuencia. Los árboles, principalmente el polen de *Alnus acuminata* y *Podocarpus parlatorei*, denotan claramente la presencia casi permanente de vientos húmedos del este en la sedimentación del material polínico.

El análisis Cluster modo q permitió visualizar dos zonas (Figura 9):

Zona I: abarca entre 1.200 cm y 525 cm con los mayores porcentajes de Asteraceae subfam. Asteroideae, *Cenchrus chilense*, Juncaceae y picos elevados en porcentajes de Cyperaceae en tres momentos de esta zona. La presencia de *Alnus acuminata* se da exclusivamente en esta fase. La zona puede subdividirse en cuatro sectores.

I-1: entre la base y 1.025 cm, se destaca la alternancia de porcentajes de hasta 20% de *Cenchrus chilense*, presencia de Fabaceae subfam. Mimosoideae, *Dalea* sp., Asteraceae subfam. Asteroideae, pequeños incrementos de Poaceae y ausencia de Juncaceae entre los indicadores de humedad. Los valores de Cyperaceae aumentan hacia la porción superior.

I-2: entre 1.025 cm y 850 cm, con leves incrementos hacia la parte central de Chenopodiaceae-Amaranthaceae, hay valores constantes de Asteraceae subfam. Asteroideae, *Ephedra* y *Cenchrus chilense*, así como disminuciones de Poaceae (de 70% a 60%) y de Cyperaceae.

I-3: entre 850 cm y 800 cm aparece el polen de Juglans, se incrementan los elementos de Puna como las Asteraceae subfam. Asteroideae (30%), los porcentajes de Chenopodiaceae-Amaranthaceae y de *Ephedra* sp. (15%). Se dan simultáneamente bruscos aumentos de Juncaceae, Cyperaceae. Los helechos y las Poaceae bajan hasta un 30% en este sector.

I-4: entre 800 cm y 525 cm se diferencian en la parte baja los máximos porcentajes de Poaceae (85%) y paralelamente disminuyen las Asteraceae subfam. Asteroideae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae y prácticamente desaparece *Cenchrus chilense*. Hacia el centro (700 cm) esta situación se revierte y en la parte superior se destaca el aumento de Juncaceae entre los elementos de humedad local que alcanzan aquí sus máximos valores.

Zona II: el segundo grupo abarca entre 525 y 125 cm con picos máximos en porcentajes de Poaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae e incrementos en los porcentajes de Poaceae, esporas triletes y monoletes e indicadores de disturbio antrópico en general. Esta secuencia puede también subdividirse en dos sectores, inferior y superior.

II-1: entre 525 cm y 300 cm, se caracteriza por incremento en los porcentajes polínicos de *Podocarpus parlatorei*, Chenopodiaceae (40%), esporas triletes (30%) y monoletes. En líneas generales en la parte baja y media de este sector hay un decrecimiento de los porcentajes de todos los grupos polínicos, salvo hierbas y arbustos.

II-2: entre 300 cm y 125 cm, se incrementan los indicadores de humedad local, reaparecen las juncaceae, llegan a sus máximos porcentajes (90%) las Poaceae y los indicadores de disturbio antrópico. Entre estos últimos se incrementan *Urtica* sp. y *Gomphrena* sp.

El análisis de concentración de polen por volumen de sedimento permite obtener información, en primer lugar, sobre la cobertura vegetal en el momento de la sedimentación, como también de las condiciones de preservación. Se observa que en la zona I se dan los mayores valores de APF.

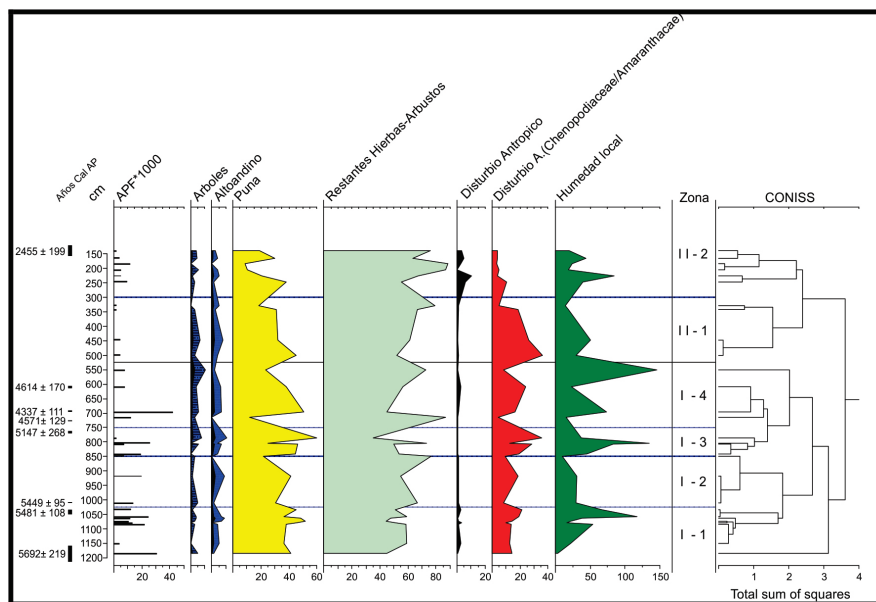


Figura 9. Diagrama síntesis. Grupos polínicos del perfil Palca 9.

Discusión

En los sedimentos del Plio-Pleistoceno y en las arenas eólicas superficiales las clases texturales dominantes corresponden, en casi todos los casos, a arenas finas y medias. Entre los minerales pesados, son muy notables los altos valores de hornblenda verde y, ocasionalmente, también de augita. Dada su importante distribución, que alcanza aproximadamente el 80% de la superficie de la cuenca del río Yavi (Kulemeyer, 2005), su baja consolidación y la gran semejanza de los sedimentos con las dunas de arena, se considera a las rocas sedimentarias Plio-Pleistoceno como la roca madre más importante de los sedimentos eólicos de la altiplanicie puneña. La asociación rica en hornblenda verde en los perfiles Yavi 7 y Palca 9 es resultado de un corto transporte, tanto eólico como fluvial, desde las inmediaciones del valle, en clima árido. Por el contrario, los estratos ricos en clorita se vinculan al transporte fluvial desde sectores altos de la cuenca, y su aparición, ligada a la reducción de la tasa de acumulación por el incremento de la energía hidráulica, se asocia a la disminución de la aridez.

El análisis estadístico demostró la posibilidad de diferenciar unidades de vegetación a través del polen a lo largo del gradiente altitudinal. Un fuerte componente en el espectro de lluvia polínica de superficie lo representan las Poaceae, entre las restantes hierbas y arbustos, en tanto que los elementos altoandinos aparecen en bajos porcentajes a lo largo de todo el gradiente. Fue posible diferenciar las unidades de vegetación de la estepa de *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis* (I-A), de vegas puneñas y pastizal de *Cenchrus chilense* (I-B) y la vegetación del cauce del río con alto grado de disturbio antrópico (II-C). Estas agrupaciones pueden considerarse coherentes con los límites naturales de las unidades de vegetación a las que pertenecen. Resulta problemática la separación entre un conjunto de muestras de la estepa de *Baccharis boliviensis* (II-D, II-F) y el pastizal Altoandino (II-E), precisamente por la alta representación de Poaceae que ambas unidades poseen.

Sucede lo mismo entre las comunidades de las praderas andinas y la provincia Patagónica (Schäbitz, 1989). Las muestras del grupo II-F o Puna 3 presentan la particularidad de pertenecer a variantes de la vegetación donde *Baccharis boliviensis* disminuye o desaparece de la asociación. La presencia tanto en el polen como en la vegetación relevada de Fabaceae subfam. Papilionoideae, especialmente *Astragalus* sp., *Chuquiraga* sp. y “praderas de brama” indicarían alteraciones en la composición de la asociación actual. Se destaca la posibilidad de separar claramente las dos estepas,

Fabiana densa-*Baccharis boliviensis* y *Baccharis boliviensis* (I-A y II-D), a través del polen por las diferencias entre los porcentajes de Asteraceae subfam. Asteroideae y Poaceae. Estas se deben a variaciones en la riqueza específica del estrato herbáceo de la estepa de *B. boliviensis*, con mayor variedad de especies de gramíneas perennes y anuales y mejores condiciones de humedad que el resto de la Puna (Ruthsatz y Movia, 1975) y a la mejor cobertura del estrato arbustivo en la estepa de *B. boliviensis*-*F. densa*.

Interpretación paleoambiental

Una síntesis de los resultados que integran la información de los geo y bioindicadores utilizados, con la resolución temporal (cronologías de edades calibradas) y espacial (regional-local) en el contexto arqueológico, permite discutir los cambios de las condiciones del clima y los diferentes momentos de uso del espacio (Figura 10). Las primeras columnas muestran la cronología de edades calibradas que abarca el Holoceno. Se han establecido las fases en que se ordenan las etapas de la historia del paisaje desde el final del Pleistoceno al presente. La Fase I corresponde al final del Pleistoceno y al Holoceno Inferior, y está documentada en las acumulaciones más antiguas de los sedimentos de valle y en las evidencias arqueológicas del sitio La Cueva de Yavi. Se considera que las condiciones fueron más húmedas que las actuales, basados en la presencia de depósitos gruesos en las quebradas y tributarios, con mayor competencia hidrodinámica. Los escasos restos arqueológicos de cazadores-recolectores conocidos permiten inferir que esta ocupación inicial tuvo una limitada influencia sobre el ambiente (Kulemeyer *et al.*, 1999).

Hacia 9000 calAP comienza la Fase II, que corresponde al Holoceno medio y concluye hacia 2000-1500 calAP, con el final de la acumulación de los sedimentos finos de valle, constituyendo los depósitos de la Terraza I (Kulemeyer, 2005). El hecho de que los pastizales estén presentes en toda la secuencia implica que el suelo presentó buena cobertura y estuvo menos expuesto a procesos erosivos. La ausencia casi total de materiales gruesos, así como la presencia de pedotubos en gran parte de la secuencia y de restos de plantas (Cyperaceae) bien preservados en estratos de sedimentos finos, reafirma que los cauces permanecieron cubiertos de vegetación. En esta etapa, se pudieron diferenciar tres momentos:

Subfase IIa (9000-7000 calAP): en los perfiles de detalle, el contenido de minerales pesados refleja una gran similitud tanto en la textura como en la mineralogía con los depósitos superficiales eólicos, ricos en hornblenda verde, lo que permite inferir el dominio de los procesos eólicos y una reducida actividad fluvial, en concordancia con lo observado en la tasa de acumulación de los depósitos de valles, que alcanza valores de 6 mm/año, los más altos del Holoceno. Los estudios polínicos revelan que para este momento la vegetación regional dominante era una estepa arbustiva, en tanto en los valles dominaban los pastizales. Por otra parte, no se conocen aún evidencias arqueológicas para este momento, por lo que se infiere una escasa o nula presión antrópica, bajo condiciones de clima de mayor aridez que la actual.

Subfase IIb (7000-3900 calAP): los minerales pesados en las secuencias estudiadas continúan con un predominio de materiales afines a los procesos eólicos y comienzan a intercalarse con estratos ricos en clorita, aportados por el transporte fluvial. Esto implica un progresivo incremento de la actividad hidrodinámica, con una reducción de la tasa de acumulación a 4 mm/año. Las condiciones generales de la vegetación se mantienen, con el dominio de la estepa arbustiva a escala regional y los pastizales en los valles, coincidente con datos polínicos de Oxman (2015) para el testigo Cruces 1 (Barrancas), entre 6000 y 4000 años AP. Es recién cerca de 5500 calAP que se registra un primer hallazgo arqueológico en los sedimentos del valle, en las inmediaciones de La Palca, el cual consiste en

un pequeño fogón con artefactos y huesos de camélidos, por lo que consideramos que en esta etapa la presión antrópica sobre el ambiente fue reducida. Las condiciones del clima, si bien se consideran algo más áridas que las actuales, marcan una mejora de humedad respecto a la Subfase IIa.

Subfase IIc (3900-2000/1500 calAP): en la secuencia de minerales pesados, se establece la alternancia de los estratos de mayor influencia eólica con aquellos de origen fluvial; la vegetación regional continúa dominada por la Estepa arbustiva, en tanto que en los valles se asocian a los pastizales indicadores de disturbio por actividades humanas y vegetación, que demuestran humedad. La tasa de acumulación vuelve a sufrir una reducción de hasta 1,5 mm/año. En Portillo, las evidencias arqueológicas indicarían que estamos ante las pruebas de un momento de transición del Arcaico al período Agroalfarero, con inicio de la actividad, si bien baja, de la influencia antrópica sobre el ambiente y un clima algo más húmedo que el actual.

Fase III: (2000-1500 calAP-presente): esta fase es dominada por la degradación del paisaje, con un progresivo deterioro de los recursos naturales. Durante la misma, tiene lugar el principal cambio en la morfodinámica del Holoceno: la incisión de los sedimentos finos en los valles, acompañada de una dinámica torrencial, que dio lugar a la formación de dos niveles de terraza constituidas por gravas y conglomerados, los que representan momentos breves de estabilidad en el marco de la tendencia al descenso del nivel de base y la erosión retrocedente. La incisión de los ríos tiene una tasa reciente hasta la actualidad, alcanzando valores estimados de hasta 10 cm/año. Se destacan numerosos hallazgos arqueológicos a lo largo de esta fase (La Palca, Casti, Yavi Chico), con desarrollo de actividades de ganadería y agricultura, especialmente en los sectores de valle. El predominio de los procesos erosivos y la ausencia general de depósitos aptos para estudios de detalle, en el marco de una importante ocupación humana en el área, no nos permitió caracterizar al paleoclima de esta fase, por lo que se recurrió a fuentes de áreas cercanas. Estos estudios del paleoclima revelan que durante los últimos dos mil años no hubo cambios de clima significativos que puedan explicar el cambio radical en los componentes del sistema ambiental del área de Yavi (Markgraf, 1985; Zipprich, 1998; Reizner, 1998; Schäbitz *et al.*, 2001; Zipprich *et al.*, 2000). Otros autores interpretan este cambio en la dinámica de acumulación a la erosión en torno a 2000/1500 años AC como una intensificación y/o incremento de las precipitaciones estivales (por ejemplo, Fernández, 1984; Servant y Fontes, 1984; Argollo y Mourguiart, 1998; Grosjean, 2001; Quade *et al.*, 2001; Servant y Servant-Vildary, 2001, 2003).

Subfase IIIa (2000/1500-450 calAP) se caracteriza por el establecimiento y el desarrollo de la Cultura Yavi (Formativo a Tardío). Se asume que esta cultura tuvo, en comparación con los primeros sitios agrícolas, un aumento en la intensidad del uso de la tierra, especialmente en los valles y las áreas cercanas a estos, donde el pastoreo de camélidos habría reducido la cobertura herbácea de los suelos, favoreciendo el escurrimiento superficial y la erosión de los suelos. Estos cambios inducidos por las prácticas del hombre en la vegetación, los suelos y la hidrodinámica, son la primera evidencia de desertificación prehispánica en la región, que se intensificó en los últimos siglos. Como evidencia geomorfológica en los valles, solo se reconoció un resto de nivel de aterrazado (Terraza II), preservado en la localidad de Casti.

Subfase IIIb (450 calAP-presente): en Yavi la colonización española implicó cambios culturales generalizados, incluyendo el uso del medio ambiente. Durante esta fase, se forma la Terraza III, como resultado de una nueva deposición episódica. Por otra parte, en los valles originados por otros procesos se activan efectos secundarios de la erosión retrocedente, como los deslizamientos. La vegetación regional es la estepa arbustiva y en los valles hay pastizales con disturbios debidos a la ganadería y los cultivos. En consonancia con otros

estudios de la región (Prieto y Herrera, 1992; Prieto *et al.*, 1998; Zipprich, 1998; Reizner, 1998), se evidencia un contexto de condiciones ambientales generales similares a las actuales.

Los sedimentos, los minerales pesados y el polen muestran relaciones entre las diferentes zonas de los perfiles, donde se observa que la presencia de hornblenda verde y afines se vincula a una vegetación de estepa arbustiva y pastizales. Los sedimentos finos, con clorita y afines, conciden con los incrementos de indicadores de humedad local. En toda la secuencia, la vegetación regional de estepa arbustiva puneña está representada y localmente se presentan las asociaciones de pastizales.

El hecho de que los pastizales estén presentes en toda la secuencia implica que el suelo no queda desnudo y expuesto a procesos erosivos. La ausencia casi total de materiales gruesos, así como la presencia de pedotubos en gran parte de la secuencia y de restos de plantas (Cyperaceae) bien preservados en estratos de sedimentos finos reafirman que los cauces permanecieron cubiertos de vegetación.

Desde 9000 a 2000 años AP, aproximadamente, los sedimentos acumulados no variaron esencialmente en sus características sedimentológicas y mineralógicas debido a un permanente retrabajo de las sedimentitas friables locales. Se destaca la tasa de sedimentación, que tiende a reducirse progresivamente, hasta iniciarse un proceso erosivo ulterior, que perdura en la actualidad.

La reducción de la tasa de sedimentación en aproximadamente 50% a 4000 calAP se condice con los análisis palinológicos que muestran, a partir de ese momento, el incremento de la humedad regional y local, representada por mayores porcentajes de esporas triletas y monoletas y los indicadores de disturbio antrópico. Debe destacarse que varios de estos elementos, especialmente Chenopodiaceae, integran la vegetación regional, por lo que se las considera indicadoras de impacto si se presentan en altos porcentajes y asociadas al conjunto mencionado. Todos estos tipos polínicos se relacionan con las especies actuales que indican presencia humana con sus diversas actividades y grados de impacto en la zona (Ruthsatz, 1974, 1983; Braun Wilke, 1991; Graf, 1992; Lupo, 1998; Lupo y Echenique, 2001; Lupo *et al.*, 2006b).

A partir de 2000-1500 AP, la mayoría de los registros de los valles se interrumpe, con un cambio del predominio de la agradación al de la incisión que se mantiene hasta el presente. La profundización de los ríos y arroyos fue interrumpida por breves episodios de acumulación de materiales más gruesos, principalmente gravas, que originaron dos niveles de terrazas más modernos.

Apoyan este esquema de los cambios paleoambientales en el Borde Oriental de la Puna los estudios en Antumpa, Jujuy ($22^{\circ} 59' S$; $65^{\circ} 20' O$; 3.350 msnm), donde la morfodinámica muestra importantes procesos deposicionales y erosivos correlacionables a los de la región de Yavi (Cortés, 2013; Kulemeyer *et al.*, 2015). El relevamiento de los depósitos arrojados fechados en la base expuesta de 4870 ± 70 AP y 5480 ± 80 AP, correlacionables con las secuencias de Esquinas Blancas y Azul Pampa, localidades también ubicadas en la cuenca alta del río Grande de la quebrada de Humahuaca, que cuentan con fechados radiocarbónicos entre 5000 y 1800 AP (Fernández, 1984). Dataciones realizadas recientemente en una perforación en el lecho del río Grande han revelado que la acumulación de sedimentos finos se inició, como mínimo, hacia 9551 ± 60 AP (Kulemeyer *et al.*, 2015). De modo similar a lo observado en Yavi, a partir de 1800 AP se interrumpe un largo período de predominio en la acumulación de sedimentos finos en el norte de la quebrada de Humahuaca, comenzando luego una fase de incisión y aluvionamiento, que perdura hasta la actualidad (Cortés, 2013).

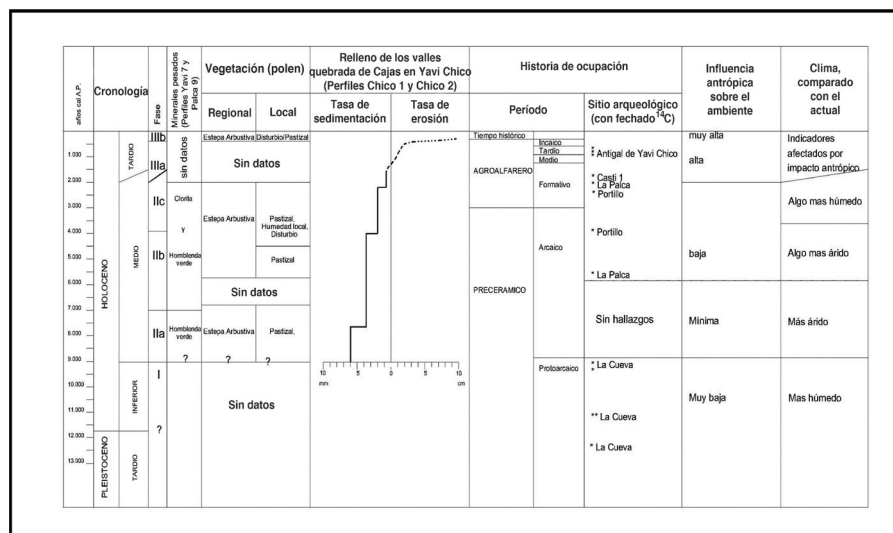


Figura 10. Síntesis integradora de los resultados: minerales pesados, polen, tasa de sedimentación, historia de ocupación y la reconstrucción de la influencia antrópica y cambios del clima para la cuenca del río Yavi. Borde oriental de la Puna.

Los indicadores de impacto antrópico y/o disturbio evidencian la desnaturalización en diversos grados que sufre la vegetación actual en el área. Son especialmente afectadas las unidades en inmediaciones del cauce y en las vegas puneñas y altoandinas, donde se concentran, entre otras actividades, la agricultura y el pastoreo. Esta asociación varía si las muestras provienen de sitios hispánicos o prehispánicos (Kulemeyer y Lupo, 2008). Merece especial atención el grupo de la Chenopodiaceae-Amarantaceae, familia representativa de la Puna y que en la lluvia polínica se encuentra hasta en 15%, salvo en suelos salobres o con disturbios por actividades humanas de pastoreo, cultivo o abandono de actividades en sitios arqueológicos (Braun Wilke *et al.*, 2002; Lupo *et al.*, 2006b, 2007, 2008, 2015). En Palca 9 (Figura 8), esta familia presenta altos porcentajes, con notables aumentos de frecuencias polínicas (más de 40%) en las zonas I-3 y II-1; actualmente se discute a través de estudios morfológicos si se trata del tipo *Chenopodium quinoa* (Lupo *et al.*, 2015 y Sánchez *et al.*, 2015).

La sensibilidad de los *proxies* estudiados evidencia diferencias; el registro polínico muestra variaciones del disturbio antrópico por la presencia de la asociación de plantas indicadoras de los cambios por uso de la tierra. En los sedimentos, los cambios de la morfodinámica, representados en las tasas de sedimentación/erosión, en la dinámica fluvial y en la erosión de los suelos, se deben tanto a factores naturales como antrópicos o a combinaciones entre ambos. El uso conjunto de geo y bioindicadores se considera necesario para interpretar los paleoambientes en contextos con intervención humana. En este sentido, profundizar el abordaje transdisciplinar con otros *proxies* (macrorestos vegetales, diatomeas, carbón vegetal, geoquímica, entre otros), potenciará los resultados y la fiabilidad de las reconstrucciones.

Conclusiones

Los datos del modelo actualista permiten reconocer los grupos polínicos de las estepas arbustivas puneñas, con la estepa de *Baccharis boliviensis* representada por la cuenca del río Yavi, como las unidades locales de humedad y disturbio antrópico. Esta última varía en su composición entre el espectro actual y el prehispánico. Los análisis presentados para el Borde Oriental de la Puna destacan, para el Holoceno, las siguientes tendencias paleoambientales con relación a la actualidad:

1. Durante el Holoceno y hasta hace dos mil años aproximadamente, predominaron las acumulaciones de sedimentos finos (arena, limo, arcilla) en los valles,

los que constituyen verdaderos oasis. Posteriormente, se instala una fase de degradación, con predominio de incisión y torrencialidad, que es la que perdura hasta el presente. El espectro polínico muestra la presencia permanente de vegetación regional de estepa arbustiva y local de pastizales puneños con variaciones en los indicadores de humedad local y de disturbio antrópico.

2. En la transición del Pleistoceno al Holoceno, bajo condiciones de mayor humedad que la actual, las evidencias arqueológicas de La Cueva de Yavi demuestran la presencia reiterada de cazadores-recolectores, que aprovecharon la disponibilidad de recursos en el valle.
3. Entre 9000 y 7000 años, el clima regional muestra el momento de mayor aridez, con altas tasas de sedimentación. La altiplanicie presenta una estepa arbustiva y actividad eólica en tanto en los valles hay escurrimiento reducido y vegetación de pastizales. Para este momento, en que las condiciones del clima y, por ende, la disponibilidad de recursos naturales no fueron favorables, no se conocen aún evidencias de la presencia humana en el área.
4. Entre 7000 y 3900 años, se produce una mejora de las condiciones de humedad, que incrementó progresivamente los recursos disponibles en el valle, tanto en cuanto a la existencia de agua como a la calidad de los pastizales y también aumentó la cobertura de la estepa arbustiva. Las primeras evidencias de la presencia humana se dan hace 5500 años y con ellas aparecen indicadores de disturbio antrópico.
5. Entre 3900 y 2000-1500 años, se presentan condiciones algo más húmedas que las actuales, y con mejora en las condiciones de cobertura y disponibilidad de agua. En ese momento, se produce la transición desde el Arcaico al Formativo, con numerosas evidencias arqueológicas documentadas en los sedimentos del valle y el establecimiento de actividades de ganadería y agricultura, con creciente influencia sobre el ambiente.
6. Entre 2000-1500 años y la actualidad, predomina la degradación del ambiente, con erosión retrocedente y un régimen torrencial en los valles. Las diversas ocupaciones agroalfareras hispánicas continuaron explotando los recursos del valle, incrementando su presión sobre el ambiente.

Estos resultados esperan integrarse en un modelo espacio-temporal, con aporte de datos de otros sitios de estudio en el área, que expliquen cómo responden los valles intermontanos del Borde Oriental de la Puna a las variaciones del clima en contextos naturales y antropizados.

Agradecimientos

A los profesores Karsten Garleff, Helmut Stingl y Jorge Kulemeyer por el financiamiento de estas investigaciones, correspondientes al Proyecto "Jungquartäre Paläoökologie, Landschafts- und Klimageschichte der Ariden Diagonale Südamerikas" de la DFG y a la SECTER UNJu.

Bibliografía

- » Argollo, J. y Mourguiart, P. (1998). *Escenarios paleohidrológicos y paleoclimáticos de los últimos 25000 años en los Andes Bolivianos*. En *Bamberger Geographische Schriften Bd. 15*, 1-16. Bamberg.
- » Bell, M. y Walker, M. (2005). *Environmental Change Physical and Human Perspectives*, 2da. ed. Nueva York, Pearson Education Limited.
- » Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*, 3º ed. Barcelona, Blume.
- » Braun Wilke, R. H. (1991). *Plantas de interés ganadero de Jujuy y Salta. Noroeste argentino*. Buenos Aires, Junta Nacional de Carnes.
- » Braun Wilke, R., Picchetti, H., Guzmán, G. F., Villafañe, B. S. y Lupo, L. C. (2002). "Producción ecológica en pastizales andinos de Jujuy (Argentina)". En *Revista del Centro de Investigaciones de Zonas Áridas y Semiáridas. CIZAS*, vol. 3, nº 1, 51-62. Universidad Nacional de Catamarca.
- » Brunotte, E., Garleff, K. y Stingl, H. (1988). "Anthropogene Beeinflussung der Morphodynamik im Bolsón von Fiambalá / Nordwestargentinien". En *Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl.*, III/41, 307-327. Göttingen.
- » Cabrera, A. L. (1976). *Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, 2ª. ed., tomo 2-1. Buenos Aires, ACME.
- » Cladouhos, T., Allmendinger, R., Coira, B. y Farrar, E. (1994). "Late Cenozoic deformation in the Central Andes: fault kinematics from the northern Puna, northwestern Argentina and southwestern Bolivia". En *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 7, nº 2, 209-228.
- » Cortés, R. G. (2013). "Estudio geoarqueológico del yacimiento agroalfarero de Antumpa. Depto. Humahuaca, Jujuy, Argentina". En *Anuario de Arqueología 5*. Rosario, Escuela de Antropología, Facultad de Humanidades y Artes, UNR.
- » Daily, G. (ed.) (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Washington, D. C., Island Press.
- » Domínguez, O. (1954). "Geoedafología en el Departamento de Yavi". En *Revista del Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradición*, 56-111. Mar del Plata.
- » Fernández, J. (1973). "Primeros fechados radiocarbónicos de formaciones holocenas de la Puna, portadoras de materiales arqueológicos". En *Actas V Congreso Geol. Arg.* III, 223-226. Neuquén.
- » ———. (1984). "Variaciones climáticas en la Prepuna Jujeña intervalo 5000-2000 años A.P. de interés para la arqueología". En *Anales del Instituto Argentino de Nivología y Glaciología* 6, 73-82. Mendoza.
- » Fernández, R. y Farías, E. (1985). "La Formación El Mudadero (Holoceno Inferior?) en el sudoeste de la provincia de Tucumán y sus relaciones con unidades similares del norte de la República Argentina (compendio)". En *III Reunión Grupo Periglacial Argentino*. Mendoza, IANIGLA.
- » Fernández, J., Markgraf, V., Panarello, H., Alberto, M., Angiolini, F., Valencio, S. y Arriaga, M. (1991). "Late Pleistocene/Early Holocene environments and climates, fauna, and human occupation in the Argentine Altiplano". En *Geoarchaeology* 6(3), 251-272.

- » Fraegri, K. e Iversen, I. (1989). *Textbook of Pollen Analysis*, 4º ed. Chichester, K. Fraegri, P., Kaland, E. y Krywinski, K. (eds).
- » Garleff, K., Stingl, H. y Veit, H. (1993). "New dates on the Late Quaternary history of landscape and climate in the Bolsón of Fiambalá/Argentina (Province Catamarca)". En *Zbl. Geol. Paläont.*, Teil I (1/2), 333-341. Stuttgart.
- » Garralla, S., Muruaga, C. y Herbst, R. (2001). "Lago El Rincón, Holoceno del departamento de Tafí del Valle, provincia de Tucumán (Argentina): palinología y facies sedimentarias". En *Ameghiniana*. Publicación Especial 8, 91-99. Buenos Aires.
- » González, A. y Lagiglia, H. (1973). "Registro nacional de fechados radiocarbónicos. Necesidad de su creación". En *Relaciones. Sociedad Argentina de Antropología*, tomo VII, 291-312.
- » Graf, K. (1992). "Pollendiagramme aus den Anden: Eine Synthese zur Klimageschichte und Vegetationsentwicklung seit der letzten Eiszeit". En *Physische Geographie*, vol. 34. Zurich, University of Zürich.
- » Gray, J. (1965). "Extraction techniques". En Kummel, B. y Raup, D. (eds.), *Handbook of Paleontological techniques*, 530-587. San Francisco, W. H. Freeman y Co.
- » Grimm, E. (1992). 'Tilia and Tilia-graph: pollen spreadsheet and graphicsprograms'. En *Program and Abstracts*, 8th International Palynological Congress, 56. Aix-en-Provence.
- » Grosjean, M. (2001). "Mid-Holocene Climate in the South-Central Andes: Humid or Dry?". En *Science* 292, 2391.
- » Halloy, S. (1982). "Contribución al estudio de la zona de Huaca-Huasi, Cumbres Calchaquíes (Tucumán, Argentina). II- Climatología y Edafología en relación con la Composición y Adaptación de las Comunidades Bióticas". Tesis, Facultad de Ciencias Naturales, U.N.T.
- » Heusser, C. (1971). *Pollen and spores of Chile*. Tucson, The University of Arizona Press.
- » Jackson, S. T. y Williams, J. W. (2004). "Modern Analogs in Quaternary Paleoecology: Here today, gone yesterday, gone tomorrow?". En *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 32, 495-537.
- » Janssen, C. R. (1973). "Local and regional pollen deposition". En Gordon, H. B. J. y West, R. G. (eds.), *Quaternary plant ecology*, pp. 31-42. Oxford, Blackwell Sci. Publ.
- » Kiegel, H. (2001). "Rezente und historische Erosionsprozesse und ihre anthropogenen Beeinflussungen im Einzugsgebiet des Río Yavi, Argentinische Puna". Dissertation, Universität zu Köln.
- » Krapovickas, P. (1987-1988). "Nuevos fechados radiocarbónicos para el sector oriental de la Puna y la Quebrada de Humahuaca". En *Runa*, vol. XVII-XVIII, 207-220. Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- » ———. (1992). "Las vinculaciones entre instalaciones prehistóricas y actuales Yavi Chico, Cerro Colorado Sitio 1 y Yavi". En *Cuadernos* 3, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, UNJu.
- » Kulemeyer, J. J. (1992). "Génesis del abrigo La Cueva de Yavi y sus sedimentos asociados". En *Cuadernos* 4, 167-173. San Salvador de Jujuy, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, UNJu.
- » ———. (1998). "Holozäne Landschaftsentwicklung im Nordosten der Puna von Jujuy (Argentinien)". En *Terra Nostra* 5, 98.
- » ———. (2005). "Holozane Landschaftsentwicklung im Einzugsgebiet des Rio Yavi 795 (Jujuy/Argentina)". Tesis doctoral. Disponible en: <https://pub.uni-bayreuth.de/870/1/DissKulemeyer.pdf> (consultado 11/11/2015).

- » ———. (2013). “Los cambios ambientales durante el Holoceno superior en el norte argentino y su relevancia e interacción con la arqueología”. En *Anuario de Arqueología* 5, 51-64. Rosario.
- » Kulemeyer, J. J. y López, F. (1995-1996). “Reconocimiento de las materias primas líticas del sitio La Cueva de Yavi”. En *Estudios Atacameños* 12, 19-30. San Pedro de Atacama.
- » Kulemeyer, J. J. y Lupo, L. (1998). “Evolución del paisaje bajo influencia antrópica durante el Holoceno Superior en la cuenca del río Yavi, Borde oriental de la Puna. Jujuy, Argentina”. En *Bamberger Geographische Schriften Bd. 15*, 256-268. Bamberg.
- » Kulemeyer, J. A., Laguna, L. y Viana, A. (1989). “Arqueología del sitio La Cueva de Yavi y zonas aledañas (Departamento de Yavi, Provincia de Jujuy)”. Breve reseña. En *Cuadernos nº 1*, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, UNJu.
- » Kulemeyer, J. A., Lupo, L., Kulemeyer, J. J. y Laguna, L. (1999). “Desarrollo paleoecológico durante las ocupaciones humanas del precerámico del norte de la Puna, Argentina”. En *Bamberger Geographische Schriften* 19, 233-255. Bamberg.
- » Kulemeyer, J., Lupo, L., Madozzo Jaén, M., Cruz, A., Cuenya, P., Maloberti, M., Cortés, R. G. y Korstanje, A. (2013). “Desarrollo del paisaje Holoceno en la cuenca de El Bolsón: gente y ambiente en procesos de cambio y estabilidad”. En *Revista Diálogo Andino* 41, 25-45. Arica, Universidad de Tarapaca.
- » Kulemeyer J., Cortés, R. G. y Lupo, L. (2015). “Cambios del paisaje durante el Formativo en la región andina del Noa y Chaco”. En *Crónicas materiales precolombinas. Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino*, 465-482. Sociedad Argentina de Antropología.
- » Kulemeyer J., Cortés, R. G., Lupo, L. y Pereira, E. (2015). “Los cambios paleoambientales del Holoceno en Borde Oriental de la Puna, provincia de Jujuy”. En *Primeras Jornadas sobre el Altiplano Sur: miradas disciplinares. Simposio aportes de distintas líneas de evidencia para el estudio arqueológico de las sociedades humanas de la Puna: procesos de cambio, variabilidad temporal y espacial y discusión integradora del registro material*. Tilcara, Instituto Interdisciplinario Tilcara, Universidad de Buenos Aires.
- » Laguna, L. (1996). “Arqueología del Sitio La Cueva de Yavi”. Tesis de licenciatura. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. UNJu. (Inédita).
- » Lauer, W. y Frankenberg, P. (1984). “Late Glacial glaciación and development of climate in southern South America”. En Vogel, J. C., *Late Cainozoic Paleoclimates of the Southern Hemisphere*, pp. 103-114. Rotterdam/Boston, Balkema.
- » Lupo, L. (1990). “Palinología de una secuencia del Holoceno en el valle de Tafí, provincia de Tucumán, Argentina”. En *Facena* 8, 87-98. Corrientes.
- » ———. (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. Universität Bamberg.
- » Lupo, L. y Echenique, M. (2001). “Reconstrucción arqueopalínológica de los diversos momentos de ocupación del yacimiento Formativo Moralito. Jujuy, Noroeste Argentino”. En *Ameghiniana*, 125-130. Buenos Aires.
- » Lupo, L., Bianchi, M., Araoz, E., Grau, R., Lucas, C., Kern, R., Tanner, W., Camacho, M. y Grosjean, M. (2006a). “Climate and human impact of the last 2000 years as recorded in Lagunas de Yala, Province of Jujuy, northwestern Argentina”. En *Quaternary International* 158, 30-43.
- » Lupo, L., Kulemeyer, J., Aschero, C. y Nielsen, A. (2006b). “Evidencias palinológicas de intervención humana en el paisaje desde el precerámico al formativo de Puna y Quebrada de Humahuaca”. En *Resúmenes del XIII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*, 85. Bahía Blanca.

- » 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*. Número especial. Resúmenes ampliados del XVI CNA, tomo III, 151-156. México D. F.
- » Lupo, L., Braun Wilke, R., Guzmán, G., Villafañe, B. S. y Kulemeyer, J. (2008). "Correlación entre vegetación, deterioro ambiental y registro paleoambiental en sectores de alta montaña. Provincia de Jujuy. Noroeste Argentino". En *Revista Agraria* 10, 42-55. UNJu.
- » Lupo, L., Sánchez, A., Pereira, E. y Mendez, M. (2015). "Evidencias palinológicas de la familia Chenopodiaceae en contextos arqueológicos del Holoceno para la Puna y Prepuna del Noroeste argentino". En *Taller Avances en el estudio de la transición a la producción de alimentos en Antofagasta de la Sierra*. San Miguel de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.
- » Markgraf, V. (1985). "Paleoenvironmental history of the last 10.000 years in Northwestern Argentina". En *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, Stuttgart, tomo 1 (11/12), 1739-1748.
- » Markgraf, V. y D'Antoni, H. (1978). *Pollen Flora of Argentina*. Tucson, The University of Arizona Press.
- » Matteucci, S. D. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Serie Biología. Monog. N° 22. OEA.
- » Moore, P. y Webb, J. (1983). *An illustrated guide to pollen analysis*. Londres, Hodder and Stoughton.
- » 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*. Oxford, British Archaeological Reports, S 2295. South American Archaeology Series, 15. 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.
- » Overpeck, J. T., Webb, T. III y Prentice, I. C. (1985). "Quantitative interpretation of fossil pollen spectra: dissimilarity coefficients and the method of modern analogs". En *Quaternary Research* 23, 87-108.
- » Oxman, B. (2015). "Paleoambiente y sociedad durante el Holoceno en la Puna Seca de Jujuy: un abordaje arqueopalinoológico". Tesis doctoral. Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- » Oxman, B., Yacobaccio, H., Lupo, L. y Tchilinguirian, P. (2014). "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.
- » Prieto, M. y Herrera, R. (1992). "Las perturbaciones climáticas de fines del siglo XVIII en el área andina". En *Estudio del país del interior* n° 1, 7-35. Sevilla, Junta de Andalucía.
- » Prieto, M., Herrera, R. y Dussel, P. (1998). "Clima y disponibilidad hídrica en el sur de Bolivia y noroeste de Argentina entre 1570 y 1710. Los documentos 132 españoles como fuente de datos ambientales". En *Bamberger Geogr. Schriften, Heft* 15, 35-56. Bamberg.
- » Quade, J., Rech, J., Betancourt, J. y Latorre, C. (2001). "Response to Grosjeans. Mid-Holocene Climate in the South-Central Andes: Humid or Dry?". En *Science*, 292, 2391-2392.
- » Reizner, B. (1998). "Rekonstruktion der Klima- und Landschaftsgeschichte der Sierra de Santa Victoria, Provincia de Salta, Argentinien". Unveröffent. Diplomarbeit, Univ. Bayreuth.

- » Roig, F. (1973). El cuadro fitosociológico en el estudio de la vegetación. En *Deserta* 4, 45-67. Mendoza, IADIZA.
- » Ruthsatz, B. (1974). "Los arbustos de las estepas andinas del noroeste argentino y su uso actual". En *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* XVI, 27-45.
- » ———. (1983). "Der Einfluß des Menschen auf die Vegetation semiarider bis arider tropischer Hochgebirge am Beispiel der Hochanden". En *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* Bd. 96, 535-576.
- » Ruthsatz, B. y Movia, C. (1975). *Relevamiento de las estepas andinas del Noroeste de la provincia de Jujuy, Rep. Argentina*. Buenos Aires, Fundación Educación, Ciencia, Cultura.
- » Sánchez, A., Lupo, L., Pereira, E. y Mendez, M. (2015). "El tipo Chenopodiaceae presente en contextos arqueológicos. Puna y Prepuna del Noroeste Argentino". En *Bol. Soc. Argent. Bot.* 50 (Supl.), 248.
- » Sayago, J. y Collantes, M. (1990). "Evolución paleogeomorfológica del valle de Taffí (Tucumán, Argentina) durante el Cuaternario superior". En *Bamberger Geographische Schriften* 11, 109-124. Bamberg.
- » Schäbitz, F. (1989). "Untersuchungen zum aktuellen Pollenniederschlag und zur holozänen Klima- und Vegetationsentwicklung in den Anden Nord-Neuquéns, Argentinien". En *Bamberger Geographische Schriften*, 8, 1-131.
- » ———. (2000). "Vegetation and climate history of the eastern flank of the Sierra de Santa Victoria, Jujuy Province, NW-Argentina (first results)". En *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, Bd. 7-8, 969-984.
- » Schäbitz, F., Lupo, L., Kulemeyer, J. J. y Kulemeyer, J. A. (2001). "Variaciones de la vegetación, el clima y la presencia humana en los últimos 15.000 años en el Borde Oriental de la Puna, provincias de Jujuy y Salta, Noroeste Argentino". En *Ameghiniana. Pub. Esp.* 8, 125-130. Buenos Aires.
- » Schitteck, K. (2012). "Cushion peatlands in the high Andes of northwestern Argentina as archives for palaeoenvironmental research". Disertación. Universität Trier.
- » Servant, M. y Fontes, J. (1984). "Les basses terrasses fluviales du Quaternaire récent des Andes Bolivienne". En *Cahiers ORSTOM, Série Géologie* XIV, 15-28.
- » Servant, M. y Servant-Vildary, S. (2001). "Holocene climatic changes in the Bolivian Andes from wetland deposits in non-glacial valleys". Extended abstract. Proceedings, PEPI Workshop on the Paleoclimatology of the Central Andes. Tucson, Arizona, 11 al 16 de enero.
- » ———. (2003). "Holocene precipitation and atmospheric changes inferred from river paleowetlands in the Bolivian Andes". En *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 194, 187-206.
- » Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología*. 6a ed. Madrid, Pearson Educación.
- » Tchilinguirian, P. y Olivera, D. (2014). *Late Quaternary paleoenvironments, South Andean Puna (25°-27° S), Argentina*. Chapter 3, pp. 43-69. "Hunter-Gatherers from a High-Elevation Desert: People of the Salt Puna Northwest Argentina". Pintar, E. (ed.). Oxford, BAR International Series 2641 2014.
- » Tchilinguirian, P., Morales, M., 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 masal) for the 9400-7300 yrs BP span*. British Archaeological Reports (B.A.R.).

- » Tchilinguirian, P. y Olivera, D. (2014). *Late Quaternary paleoenvironments, South Andean Puna (25°-27° S), Argentina*. Chapter 3, pp. 43-69. "Hunter-Gatherers from a High-Elevation Desert: People of the Salt Puna Northwest Argentina". Pintar, E. (ed.). Oxford, BAR International Series 2641 2014.
- » Troll, C. (1943). "Die Stellung der Indianer-Hochkulturen im Landschaftsaufbau der tropischen Anden". En *Zeits. Ges. Erdkunde Heft 3/4*, 92-128. Berlín.
- » ———. (1950). "Der Vergleich der Tropenvegetation der Alten und Neuen Welt. Proceed". En *Seventh Internat. Bot. Congress Stockholm*, 602-605.
- » Turner, J. (1964). "Descripción Geológica de la Hoja 2c Santa Victoria (Provincias de Salta y Jujuy)". En *Boletín 104*, Instituto Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires, Ministerio de Economía de la Nación.
- » Vogel, J. y Lerman, J. (1969). "Groningen radiocarbon dates VIII". En *Radiocarbon 11(2)*, 351-390. Tucson, Arizona.
- » Werner, D. (1976). *Die Vegetation der argentinische Puna und des Puna-Ostrandes*. Kiel, Habilitationsschrift. (Inédito).
- » Weischet, W. (1988). "Die Niederschlagsbedingungen in Nordwestargentinien, speziell das Problem ihres vertikalen Wandels. Latinoamerika-Forschung". En *Gedächtniskolloquium W. Eriksen. Jahrb. Geogr. Ges.*, 47-64. Hannover.
- » ———. (1996). *Regionale Klimatologie. Teil 1: Die Neue Welt. Amerika. Neuseeland. Australien*. Stuttgart.
- » Zipprich, M. (1998). *Jungquartäre Klima- und Landschaftsentwicklung der Sierra de Santa Victoria, Provincia de Jujuy, Nord-West-Argentinien*. Unveröffent. Diplomarbeit. Univ. Bayreuth.
- » Zipprich, M., Reizner, B., Zech, W., Stingl, H. y Veit, H. (2000). "Upper Quaternary landscape and climate evolution in the Sierra de Santa Victoria (northwestern Argentina) deduced from geomorphologic and pedologic evidence". En *Zbl. Geol. Paläont. Teil I, Heft 7/8*, 997-1011. Stuttgart.
- » Zuloaga, F. O., Morrone, O. N., Belgrano, M. J., Marticorena, C. y Marchesi, E. (eds.) (2008). "Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)". En *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 107(1): i-xcvi, 1-983; 107(2): i-xx, 985-2286 985-2286; 107(3): i-xxi, 2287-3348. Disponible en: <http://www.darwin.edu.ar>

Liliana Concepción Lupo

Licenciada en Ciencias Biológicas orientación Botánica por la Universidad Nacional de Tucumán (1989) y Doctora en Filosofía, Bamberg, Alemania (1998). Becaria de Conicet y doctoral del DAAD-alemán. Actualmente Investigadora Adjunta de Conicet del CIT JUJUY/Conicet-Laboratorio de Palinología, Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu. Profesora Adjunta Ordinaria en la cátedra Ecología. Línea de investigación: análisis del registro polínico de contextos naturales y antrópico en ecosistemas regionales del NOA y melisopalinología. Cuenta con veintitrés publicaciones en revistas científicas con referato (diez en revistas internacionales), trece en revistas nacionales, un libro y cinco capítulos. Dirige proyectos de investigación nacionales/internacionales, con formación de recursos humanos calificados (tres doctorados concluidos), becarios doctorales (cinco), posdoctorales (tres) e investigadores formados del Conicet/UNJu.

Julio José Kulemeyer

Geólogo por la Universidad de Tucumán (1988) y Doctor en Ciencias Naturales por la Universidad de Bayreuth, Alemania (2005). Actualmente, Profesor Adjunto en la UNJu e Investigador en el CIT Jujuy. Docente e investigador en las Universidades Nacionales de Salta y Jujuy; investigador en la Universidad de Bamberg, Alemania. Investiga sobre la historia del paisaje y el clima en el NOA y Chaco Argentino, con enfoque geoarqueológico y geomorfológico. Es autor de más de quince publicaciones en revistas internacionales y nacionales. Realiza formación de recursos humanos calificados, incluyendo actualmente tres becarios doctorales en ejecución, seis tesinas de grado y una especialización finalizadas y dos becarios CIN.

Ana Carina Sánchez

Ingeniera Agrónoma por la Universidad Nacional de Jujuy (1999). Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Salta (2013). Becaria posdoctoral del Conicet período 2014-2015. Desarrolla sus actividades de investigación en el CIT JUJUY/Conicet-Laboratorio de Palinología, Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu. Desde 2010 dirige proyectos de investigación SECTER UNJu. Jefe de Trabajos Prácticos de las asignaturas Palinología y Botánica Sistemática. Su línea de investigación es la palinología aplicada al estudio de la dieta de polinizadores y la caracterización botánica y geográfica de mieles de abejas melíferas. Realiza estudios de morfología polínica, los que se aplican en las diferentes áreas de la palinología-arqueolapinología. Cuenta con catorce publicaciones en revistas científicas con referato, dos en revistas de divulgación, un libro de tesis doctoral y un capítulo de libro. Realiza formación de recursos humanos calificados: un doctorado en ejecución, tres tesinas de grado finalizadas y dos becarios CIN.

Elizabeth de los Ángeles Pereira

Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ciencias Agrarias. Título de tesis: "Estudio sobre la lluvia polínica actual en ecosistemas chaqueños". Actualmente realiza el doctorado en Ciencias Biológicas en la Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales. Becaria doctoral de Conicet con sede en el Laboratorio de Palinología, Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu. Línea de Investigación: el estudio del Registro Polínico en Paisajes de Montaña del Norte de Jujuy durante el Holoceno vinculado a Eventos Naturales, Antrópicos y Climáticos. Producción científica tecnológica. Publicaciones (dos). Parte de libro (una). Participación en eventos científicos (ocho). Participación en Cursos de posgrado referidos a la temática (siete).

Ricardo Gabriel Cortés

Licenciado en Antropología con orientación Arqueológica por la Universidad Nacional de Jujuy (2010). Docente en la cátedra Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu. Su línea de investigación está enfocada a la Geoarqueología. Producción científica tecnológica. Publicaciones (cuatro). Parte de libro (dos). Desarrolla actividades en el área privada, orientándose a Evaluaciones de Impacto Ambientales, Sociales y Arqueológicos en distintos tipos de Obras y Proyectos Mineros; también participa en proyectos de investigación y docencia (Proyectos Sector-UNJu-PIP Conicet, PICT- Agencia).