

PALEOAMBIENTE Y ARQUEOLOGÍA EN LA PUNA MERIDIONAL ARGENTINA: ARCHIVOS AMBIENTALES, ESCALAS DE ANÁLISIS Y REGISTRO ARQUEOLÓGICO

Olivera, Daniel E.^(*)
Tchilinguirian, Pablo^(**)
Grana, Lorena^(**)

RESUMEN

En el registro arqueológico de la Puna Meridional Argentina hay evidencias de un prolongado proceso cultural durante todo el Holoceno. Los grupos humanos más tempranos desarrollaron economías cazadoras-recolectoras con diferentes grados de complejidad. Más tarde se observan modificaciones en el manejo del espacio y los recursos relacionadas, quizás, con la domesticación de los camélidos y el establecimiento de bases residenciales con mayor grado de sedentarismo. Finalmente, existe evidencia de un proceso de complejidad socio-política con agricultura intensiva y, posteriormente, conquista Inka.

Este proceso se desarrolló en un marco paleoambiental donde se entrecruzan escalas macroregionales con puntuales situaciones microregionales. El evaluar estas situaciones mediante el análisis de diversos proxy datos (geomorfología, sedimentología, isótopos estables, C¹⁴, diatomeas) arroja importante información que enriquece la discusión del proceso de consolidación de las sociedades agro-pastoriles, ubicándolo en el contexto general de la Puna de Atacama.

Este trabajo destaca la importancia de utilizar un análisis multiproxy para realizar una reconstrucción paleoambiental confiable y discute los resultados obtenidos hasta el momento.

Palabras clave: Paleoambiente. Arqueología. Puna. Proxy datos. Escalas.

ABSTRACT

The archaeological record of the Southern Argentinean Puna exhibits evidences of a long cultural process spanning all the Holocene. The earliest human groups developed hunter-gatherer economies with variable complexities. Modifications in the use of space and resources management are evident in later times. They were probably related to camelid domestication and the installment of sedentary residential bases. Finally, there is evidence of a socio politic complexity process with intensive agriculture and lastly the Inka conquest.

^(*) INAPL-CONICET y UBA.

^(**) UBA e INAPL.

This process took place in a paleoenvironment where macro regional scales are interwoven with punctual micro regional events. The evaluation of these situations through the analysis of different proxy-data (geomorphology, sedimentology, stable isotopes, ¹⁴C, diatoms) results in important information that enriches the discussion of the process of consolidation in agropastoralist societies in the general context of the Puna de Atacama.

This paper shows the importance of using a multiproxy analysis for a reliable paleoenvironmental reconstruction and discusses the available results.

Key words: *Paleoenvironment. Archaeology. Puna. Proxy-data. Scales.*

INTRODUCCIÓN

El proceso cultural en Antofagasta de la Sierra (Catamarca, Puna Meridional Argentina) se desarrolló en un marco paleoambiental caracterizado por variables que involucran diferentes escalas de análisis, desde macroregionales hasta situaciones espaciales puntuales. Por ello, el apropiado uso de las escalas espaciales y temporales en los estudios paleoambientales es uno de los aspectos más importantes a considerar en forma previa al inicio de un estudio geoarqueológico.

Las escalas en la arqueología de la cuenca del Río Punilla (Fig. 1) tienen el orden de los 2.500 km² y un intervalo temporal de por lo menos 9.000 años (Olivera 1998; Hocsman *et al.* e.p.). Sin embargo, la mayor cantidad de sitios arqueológicos se ubican a escala de las cuencas de segundo orden del sistema fluvial del río Punilla (escala espacial: 40 a 50 km²) y con rangos temporales de mayor resolución entre *ca.* 4.000 años A.P. y la actualidad (Olivera 1998). Estas diferentes escalas de presentación del registro arqueológico determinan las escalas en que se deberán manejar los archivos ambientales y los tipos de proxy datos que deberán ser seleccionados (Stein 1993).

En la región considerada existen varios tipos de archivos ambientales que pueden utilizarse para interpretar el paleoambiente y el paleoclima y que, al mismo tiempo, son de interés para relacionarlos con el proceso cultural y arqueológico. Se destacan los archivos estratigráficos, geomorfológicos, edáficos, isotópicos y biológicos, cada uno de los cuales tiene uno o un conjunto de proxy datos que brindan información a diferentes escalas espaciales y temporales (Delcourt 1988; Dincauze 2000).

En base a esta argumentación, el presente trabajo tiene como objetivo postular la necesidad de analizar conjuntamente todos los proxy (análisis multi-proxy) de los diferentes archivos ambientales para el estudio paleoambiental con el fin de relacionarlo con el proceso cultural en la zona de Antofagasta de la Sierra.

ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se centra en la Puna austral Argentina (Fig. 1). Esta región es un plateau ubicado a 3.000 msnm, en la que domina un ambiente hiperdesértico (<50 mm/año) modelado por la acción volcánica terciaria y cuaternaria que formó extensos campos de ignimbritas, estratovolcanes estrombolianos y coladas monogénicas. Alrededor de las geofomas volcánicas se presentan extensas planicies pedimentadas y terrazas aluviales de edad Pleistocena y, en las zonas más bajas se desarrollan salares y lagunas.

Las condiciones climáticas actuales se caracterizan por una fuerte radiación solar debida a la elevada altitud (3.300-5.000 m), una alta amplitud térmica (hasta 30° C), una moderada estacionalidad, una baja presión atmosférica y una irregular distribución de los nutrientes concentrada en sectores muy restringidos del paisaje. Este último aspecto es una de las principales

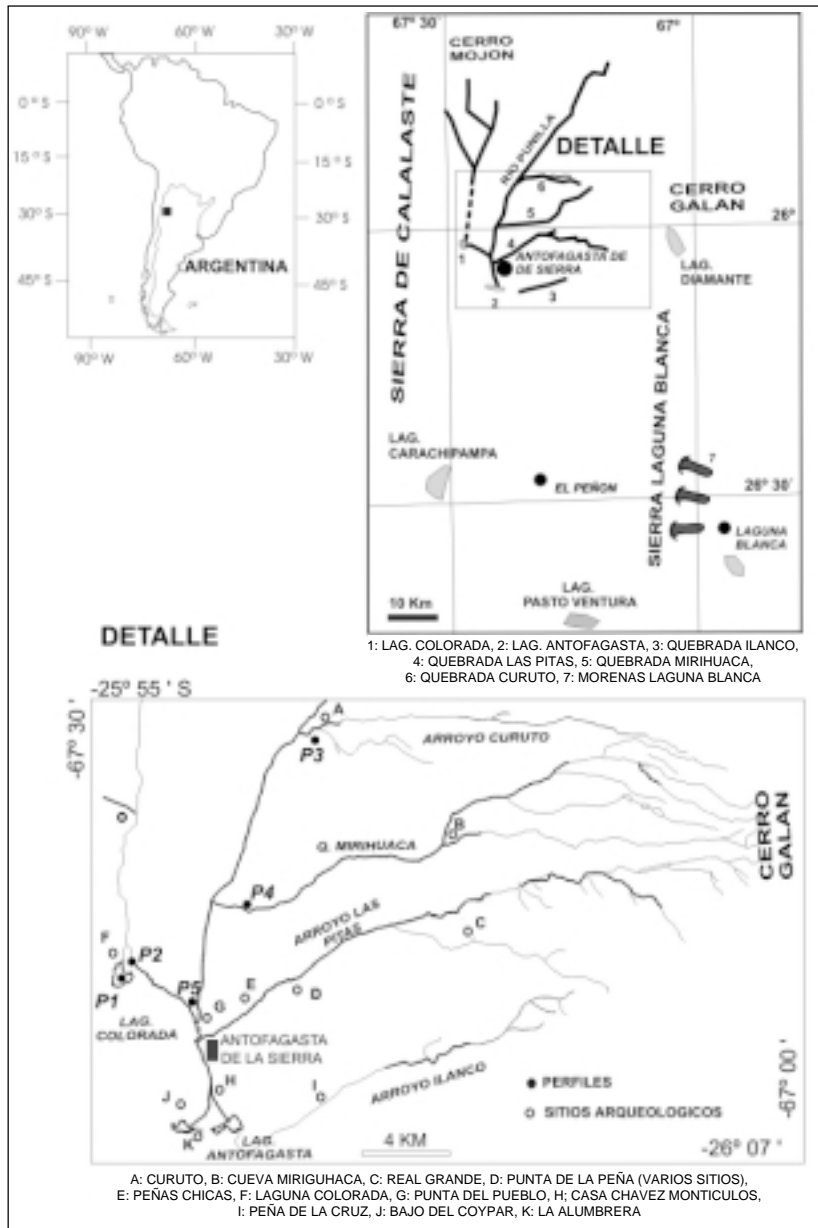


Figura 1. Área de estudio

características ecológicas de la Puna, debido a que los nutrientes y la biomasa vegetal se concentran en sitios con humedad permanente como ser los fondos de las quebradas con vegas o en los márgenes de las lagunas.

La cuenca del río Punilla, la red hidrográfica más importante de la zona, tiene un régimen permanente con un caudal de 2000 m³/h, es alimentado por varios manantiales que se ubican en la base de los cerros Mojon y Galán y finaliza su recorrido en las lagunas de Antofagasta (10 km²). Tiene otros tributarios permanentes como los arroyos de Curuto, Miriguaca, Las Pitas (700 m³/h), Ilanco y Los Colorados (1.100 m³/h). Este último es un afluente que proviene del salar de Los Colorados hacia el sector occidental de la cuenca (Fig. 1).

MÉTODO DE TRABAJO

La estrategia de trabajo incluyó varias etapas (Fig 2). La primera de ellas consistió en identificar la ubicación de los archivos ambientales en el paisaje con respecto a los sitios arqueológicos. Esta etapa se realizó a partir del análisis de imágenes satelitales ASTER (escala 1:40.000), fotos aéreas (escala 1:15.000) y del reconocimiento de campo. Los archivos ambientales identificados fueron salares (Laguna Colorada, Laguna Diamante, Salar de Carachipampa, Laguna Pasto Ventura y Laguna Blanca), planicies aluviales con vegas (quebrada del río Punilla y sus afluentes de segundo orden: Curuto, Miriguaca, Las Pitás e Ilanco) y los valles glaciarios de la sierra de Laguna Blanca (Fig. 1). De cada archivo se recolectaron muestras de suelos, aguas y sedimentos con el fin de analizar los proxy datos de interés. Las muestras de suelos se adquirieron a partir de perfiles sedimentarios realizados en los archivos ambientales con el fin de estudiar los valores de isótopos ambientales, diatomeas y determinar la edad radiocarbónica.

Las dataciones radiocarbónicas, como así también los análisis de los isótopos de oxígeno y carbono, se realizaron en fragmentos vasculares de plantas y láminas de carbón. Este material está compuesto exclusivamente de plantas muertas que se depositaron en un ambiente pantanoso y saturado. Una vez obtenido los valores isotópicos de todos los perfiles, éstos se integraron en un único perfil.

Las edades radiocarbónicas como así también los valores isotópicos de los sedimentos fueron medidos en el Center for Applied Isotope Studies of the University of Georgia, USA (12 muestras) y en el Laboratorio de Tritio y Radiocarbono de la Universidad de La Plata, Argentina (5 muestras). Se destaca que también se consideraron una gran cantidad de muestras obtenidas en sitios arqueológicos. Las edades radiocarbónicas están indicadas en años C¹⁴ A.P. Los ratios de C¹³ son mencionados como la diferencia por mil (‰) con respecto al PDB-1 ratio Standard.

Todos los proxy datos fueron enmarcados en una escala espacial y temporal que es definida mediante el mapeo y la datación radiocarbónica realizada. La interpretación de resultados siguió los lineamientos de análisis establecidos en Stein (1993), Dincauze (2000) y Olivera *et al.* (2001).

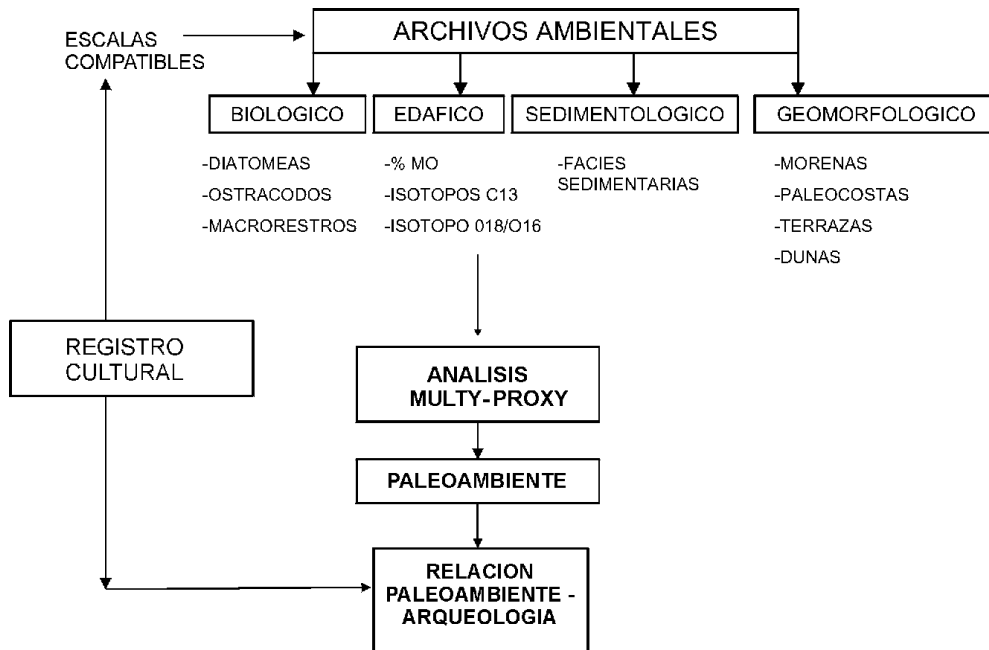


Figura 2. Método de trabajo

DEL PROXY DATO AL PALEOCLIMA: EL CONCEPTO DE ESCALAS

Delcourt y Delcourt (1988), Dincauze (2000) y Grosjean *et al.* (2003) enumeraron los principios básicos sobre el concepto de escalas espaciales y temporales de los proxy datos utilizados para elaborar reconstrucciones paleoambientales:

- 1-El cambio del clima no solamente debe suponer el cambio del valor medio (tendencia central) sino también el cambio de la frecuencia y variabilidad de los eventos extremos.
- 2-Los diferentes archivos ambientales registran diferentes parámetros o combinación de parámetros del clima con diferentes escalas de tiempo (desde horas a milenios) y a diferentes escalas espaciales (micro-meso y macro escala).

Estos conceptos también son perfectamente aplicables en el desierto puneño. La Figura 3 ilustra un modelo conceptual de las escalas tiempo-espaciales de cada archivo ambiental de donde se pueden obtener los proxy datos. Los campos definidos por cada archivo de la figura 3 son específicos para el área de estudio de Antofagasta de la Sierra.

Los resultados de un análisis multiproxy pueden o no mostrar diferencias notorias en las interpretaciones paleoambientales de un mismo sitio. En caso de existir diferentes interpretaciones éstas pueden obedecer a las siguientes causas: 1) el mal uso del proxy dato en cuanto a su validez en el parámetro palaeoambiental, es decir una mala interpretación de lo que representa el proxy en el ambiente; 2) el proxy dato analizado no puede ser correlacionado espacialmente, es decir el proxy es espacio - dependiente. En este caso, se introduce el concepto de escala espacial en el proxy, en el sentido de que existirán proxy de micro-meso y macro escala. 3) el proxy dato analizado no puede ser correlacionado con la misma escala temporal, es decir que es tiempo-dependiente y por lo tanto sería inviable comparar proxy datos que responden en el ambiente a escala horaria con escala milenaria.

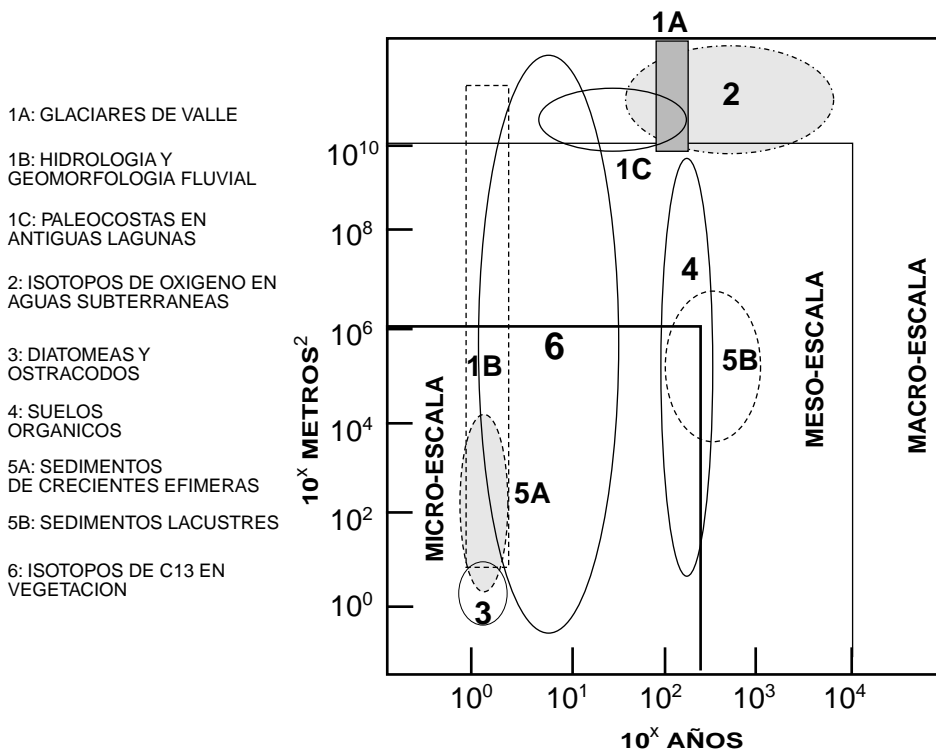


Figura 3. Escalas espaciales y temporales de los archivos ambientales

ARCHIVOS Y PROXY DATOS EN LA GEOARQUEOLOGÍA DE LA PUNA: ALCANCES Y LIMITACIONES

En nuestro trabajo en la Puna Meridional Argentina se eligieron diferentes archivos ambientales cuyos niveles de resolución espacial y temporal son diversos.

Los *archivos estratigráficos* que se tuvieron en cuenta fueron los sedimentos ubicados en salares, lagunas, bofedales, turbales y aluvios de edad Holocena. En este caso, los proxy datos más significativos que se hallaron están representados por la variabilidad de las facies sedimentarias (Spalleti 1980) en perfiles realizados en los archivos mencionados por medio de perforaciones. Los perfiles analizados (Fig. 1) se localizaron en la salina de Los Colorados (P1 y P2) y en las planicies aluviales de los arroyos Curuto (P3), Miriguaca (P4) y del río Punilla (P5).

En todos los perfiles se destaca la presencia de dos facies sedimentarias que indican paleoambientes disímiles en cuanto a humedad y pedogénesis. Las facies sedimentarias indicativas de ambientes húmedos corresponden a sedimentos lacustres arcillosos o limos orgánicos bioturbados por fauna y raíces. Las facies indicadoras de ambientes secos constituyen arenas eólicas, o conglomerados o limos masivos originados por flujos densos (Fig. 4). Estas dos facies se encuentran intercaladas en el perfil y constituyen la evidencia de que a lo largo del tiempo existieron variaciones ambientales en la región de la Puna austral.

Sin embargo se ha registrado que dicha variación de facies no es igual para cada archivo. Un ejemplo de esta argumentación se presenta al analizar los proxys sedimentológico-estratigráficos en dos perfiles de 5 m de profundidad realizados en un pequeño salar de la zona (Laguna Colorada: perfiles P1 y P2, Fig. 5). En este caso se arriba a diferentes interpretaciones paleoambientales que dependen básicamente de la ubicación del perfil dentro del archivo que se estudia. En el borde de la Laguna Colorada el perfil registra cambios que son significativos a lo largo del Holoceno a escala milenaria y centenal; sin embargo, el perfil ubicado en el depocentro de la laguna no muestra cambios importantes a lo largo de gran parte del Holoceno.

Una situación semejante a la anterior se presenta al comparar perfiles realizados en los aluvios del valle del Miriguaca con respecto al de arroyo Curuto, Ilanco y Las Pitas. Por ejemplo, en el río Miriguaca (P4, Fig. 1), las facies indicadoras de humedad están mucho menos desarrolladas en cuanto a espesor y continuidad lateral con respecto al perfil ubicado en el valle del arroyo Curuto (P3, Fig. 1). En consecuencia se presentan muchas interpretaciones diferentes según la ubicación que tenga el perfil en cuanto a la jerarquía y tipo de cuenca analizada.

Por ello, se plantea la siguiente pregunta: ¿a qué se debe dicha variabilidad si los forzantes climáticos fueron a escala regional?. Ante este problema se plantean dos posibles interpretaciones. La primera argumentación es que cada ambiente responde de diferente forma ante los cambios ambientales regionales y en consecuencia las facies sedimentarias varían en cuanto a extensión temporal, desarrollo areal y espesor. La segunda interpretación es la presencia de hiatos temporales por no depositación o por erosión del registro.

En base a estas argumentaciones, los proxy sedimentológicos son sitio-ambiente específicos; es decir, que la variabilidad del proxy es función de dos componentes: la externa (clima) y la originada por la dinámica interna en el sistema (pendiente del lecho, ancho de fondo de valle, controles geomorfológicos y características físicas de la cuenca).

En el caso del área de estudio, se puede observar que cada ambiente responde diferente y, aunque hay una cierta tendencia en la respuesta ambiente-clima, algunos ambientes no registran los cambios de igual forma que otros. En una primera aproximación, los proxy sedimentológicos, se presentan a meso-escala (1-10 km²), son discontinuos en el tiempo y tienen una baja (flujos densos, crecientes y arenas eólicas) a mediana resolución temporal (arcillas lacustres).

Facies sedimentarias: proxy	Interpretación ambiental
Secuencias grano decrecientes que culminan en paleosuelos orgánicos. Sedimentos con concreciones de OFe y colores verdosos o grises.	Ambientes aluviales de crecientes efímeras que culminan con ambientes con agua corriente permanente y vegetación: Condiciones húmedas.
Arenas seleccionadas, masivas, sin bioturbación y colores claros.	Ambientes eólicos, excesivamente drenados, oxidantes, sin vegetación: Condiciones de aridez.
Arcillas azules o verdes masivas o laminadas con materia orgánica.	Ambientes lacustres, saturados, condiciones reductoras: Condiciones de exceso hídrico.
Secuencias de materia orgánica laminadas con diatomeas.	Ambientes palustres someros, condiciones reductoras, mal drenadas, elevada biomasa: Condiciones húmedas.
Secuencias grano crecientes, masivas, caóticas, que culminan con limos masivos.	Ambientes aluviales de alta energía o de flujos densos que culminan en ambientes sin agua permanente y sin vegetación. Ambiente de cursos efímeros: Condiciones de aridez con lluvias torrenciales.

Figura 4. Interpretación de facies sedimentarias y su asociación con las condiciones de drenaje

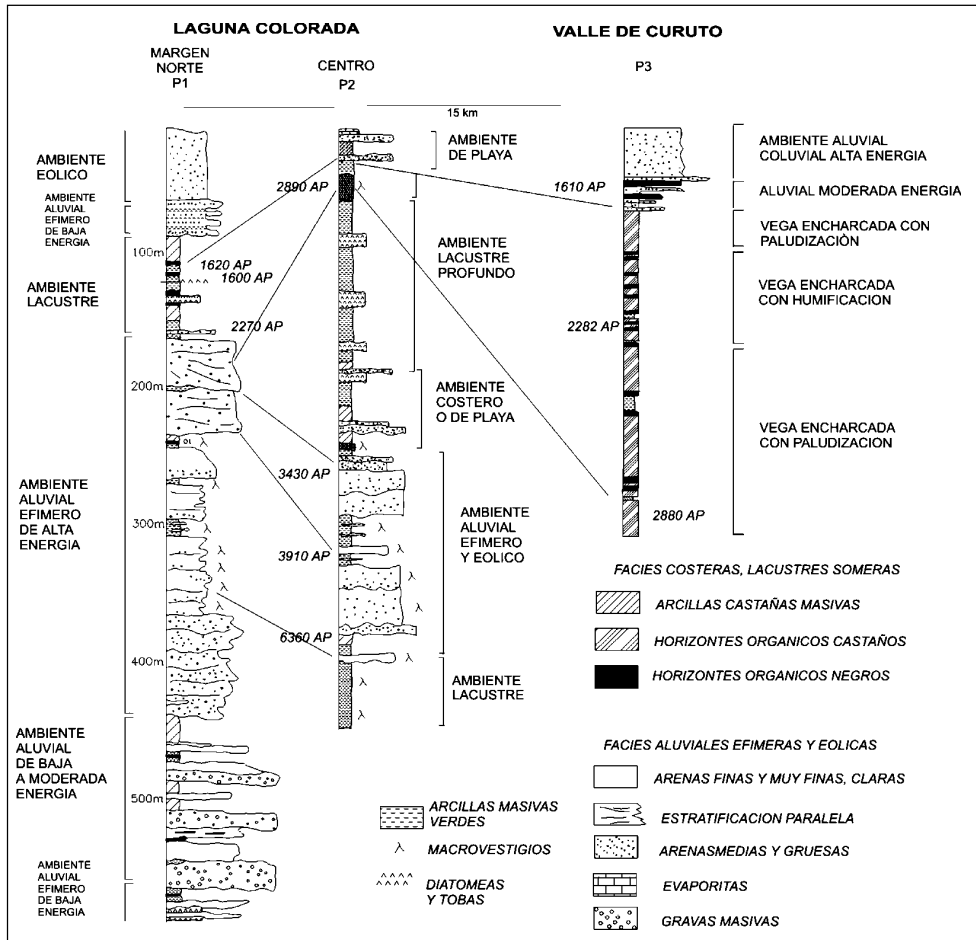


Figura 5. Perfiles sedimentarios

Los *archivos edáficos* de interés para la geoarqueología en la zona de estudio están especialmente restringidos a los fondos de los valles donde se desarrollan suelos orgánicos que se clasifican como Histosoles, o suelos minerales clasificados como Criortentes o Crioboroles. Los suelos orgánicos ubicados en la vega de la quebrada del arroyo Curuto corresponden al sitio que se seleccionó para el estudio de los proxy datos. En este caso, los proxy edáficos que fueron de utilidad correspondieron al contenido de materia orgánica (%) y al tipo y el estado de humificación de los macro vestigios vegetales. Se seleccionaron estos proxy datos debido a que la materia orgánica de los suelos de las vegas de la Puna responde básicamente a la temperatura y las condiciones de drenaje.

En el valle de Curuto, existe una sucesión de 4 m de 30 capas de horizontes orgánicos que están cubiertos por 1,5 m de sedimentos coluviales no edafizados (Fig. 5). Con el fin de evaluar la respuesta del proxy en el tiempo se determinaron las edades de la base y techo de la sección orgánica con lo cual se pudo comprobar que el desarrollo de las capas de turba no fue anual ni estacional, debido a que la secuencia tiene un rango temporal de aproximadamente 3.000 años (Olivera *et al.* 2001). Por lo tanto, la formación de las capas u horizontes orgánicos responden lentamente a las variaciones ambientales, reflejando condiciones promediadas y de baja resolución temporal (escala de centurias a milenios).

Al realizar otros perfiles e interpretaciones a partir del proxy edáfico en distintos tramos de una misma cuenca hidrográfica, el tipo de paleoambiente interpretado no es el mismo. En el caso de la cuenca del río Curuto, en la cuenca inferior se desarrollan Crioboroles donde la materia orgánica denota características de drenaje más seco que los Histosoles que dominan en la cuenca media. Esto determina que este proxy edáfico no pueda ser extrapolado más allá de los límites paleogeográficos del sitio estudiado debido a que las condiciones de drenaje están controladas por aspectos topográficos e hidrogeológicos que se presentan a escala local.

Semejante situación ocurre al comparar diferentes cuencas. En la quebrada aldeaña de Miriguaca, los horizontes orgánicos están prácticamente ausentes en la cuenca media. En este caso dominan los suelos minerales, que reflejan condiciones de desarrollo diferentes con respecto a los horizontes orgánicos ubicados en el arroyo Curuto. De esta forma, la disponibilidad de agua y biomasa fue diferente en cada cuenca y dentro de cada una de ellas a lo largo del tiempo.

A partir de estas consideraciones el proxy dato edáfico es sitio, ambiente y escala específicos y los datos son válidos a meso-escala (1-50 km²). Por otro lado, estos proxy datos responden lentamente, es decir que son útiles a escalas temporales de centurias a milenios.

Los *archivos biológicos* estudiados son las diatomeas. Las diatomeas son organismos unicelulares microscópicos, considerados dentro de las algas eucariotas. Poseen una pared celular (frústulo) de sílice amorfo hidratado, permitiéndoles mayor resistencia y buena conservación en los depósitos sedimentarios. Son un proxy muy útil por su rápido rango reproductivo y alta respuesta a los cambios de los nutrientes y condiciones de calidad de las aguas, ya que cada especie tiene un "specific optimum" y una tolerancia determinada a un tipo de agua (Cooper 2000). Así, constituyen en el sentido de la clasificación de Grosjean *et al.* (2003) un proxy archivo y sitio-específico. Las diatomeas en la Puna permiten obtener información ambiental a escala local (<10 m²) ya que los ambientes acuáticos de montaña muestran una distribución zonal (Maidana 1996; Servant-Vildary y Roux 1990; Reed *et al.* 1999).

Siguiendo a Stevenson y Yangdong (2000), las diatomeas son un buen indicador biológico de las condiciones ambientales de los cuerpos de agua, por tres razones:

- 1- su alta abundancia en todos los cuerpos de agua (ríos, arroyos y lagunas) a excepción de aguas calientes o hipersalinas (Martínez Macchiavello 1997; Cooper 2000);
- 2- tienen una respuesta directa y sensible a cualquier cambio físico, químico y biológico en los ecosistemas de los cuerpos de agua;
- 3- por su sencilla identificación taxonómica en relación a otras algas se puede llegar a identificar no sólo especies sino también subespecies. Su identificación taxonómica permite inferir

directamente la productividad de las aguas e indirectamente la salinidad, el pH, la alcalinidad y el *status* nutricional de las mismas, parámetros que permiten reconstruir la evolución de los cuerpos de agua en diferentes periodos (Martínez Macchiavelo 1997; Martínez Macchiavelo *et al.* 1999). Por estas consideraciones este archivo biológico varía en la micro-escala (1-50 m²) y tiene un rango temporal estacional.

En el área de estudio, existen varios *archivos geomorfológicos* que brindan información paleoambiental. Se destacan los niveles de paleocostas, las morenas, los niveles de terrazas aluviales y las dunas en antiguos cauces.

Cada uno de los archivos geomorfológicos mencionados brinda información con diferente escala y resolución temporal y por lo tanto tienen diferente utilidad en el sentido geoarqueológico. Los cierres morénicos brindan información paleoambiental en edades muy puntuales y comprendidas entre los 20.000 y los 10.000 años A.P.; los niveles de paleocostas brindan información sobre el balance hídrico entre los 12.000 a 8.000 años A.P. con una resolución poco continua en el tiempo. Las terrazas aluviales de edades holocénicas son escasas (1 a 3 niveles) y en consecuencia no brindan una buena resolución temporal.

Los niveles de paleocostas de antiguas lagunas brindan información acerca de la regresión lacustre y constituyen un buen proxy dato para inferir la evolución del balance hídrico en la antigüedad. En el área de estudio se ubican en zonas donde actualmente no hay agua, tal como los salares de Pasto Ventura, Laguna Colorada o donde el cuerpo de agua está retraído como ser en Laguna Diamante, laguna de Carachipampa y de Antofagasta (Fig. 1). La resolución temporal de estas paleocostas es desconocida, pero según estudios en la Puna de Atacama (Abbot *et al.* 1996; Silvestre *et al.* 1998; Geyh *et al.* 1999) estas geoformas brindan datos temporales discontinuos y generalmente se encuentran acotadas a un intervalo de tiempo dentro del fin del Pleistoceno y del Holoceno temprano.

En el área de estudio, se presentan entre 2 a 25 niveles de paleocostas según la laguna considerada. Las lagunas de mayor tamaño, cota y con menor tasa de agradación sedimentaria son las que preservan mayor cantidad de niveles indicando de esta forma que en el fin del Pleistoceno y el Holoceno temprano en la región el balance hídrico era más positivo que en la actualidad. Sin embargo, en el área de estudio, el clima no es el único causante de la variación del nivel de agua de las lagunas, también existen otros fenómenos que se registran en el Holoceno, como los procesos neotectónicos, el incremento del caudal de las aguas surgentes volcánicas, y la existencia de procesos de endicamiento y desendicamiento de sistemas fluviales.

Procesos neotectónicos fueron observados en la formación de la Laguna Colorada (Olivera *et al.* 2001) y en el salar de Carachipampa; cambios en el caudal de aguas salobres surgentes se observaron en la Laguna Peinado y procesos de endicamiento del sistema fluvial fueron observados en la quebrada de Miriguaca (Tchilinguirian y Barandica 1998) y posiblemente en el río Punilla a la altura de la localidad de Antofagasta (Olivera *et al.* 2001).

Las morenas frontales se ubican a diferentes cotas en las cumbres de las principales elevaciones de la zona. En la sierra de Laguna Blanca se identificaron 4 cierres morénicos en la vertiente oriental entre los 4.250 y los 5.100 msnm. Estas geoformas indican que entre *ca.* 20.000 y 10.000 años A.P. el clima era mucho más frío y húmedo que en la actualidad y que las condiciones glaciarias y/o periglaciarias se presentaban en gran parte de la Puna.

Otras geoformas que brindan información paleoambiental a escala arqueológica son las dunas de arena que sepultan antiguas vegas y el desarrollo de varios niveles de terrazas constituidas por material orgánico que son erosionadas por cauces actualmente efímeros. En algunos sectores del arroyo Las Pititas y El Peñón (Fig. 1) hay dunas de arena que tienen 1 a 5 m de espesor y sepultan planicies aluviales con suelos orgánicos que fueron datados con una edad de *ca.* 1.500 años A.P. En este caso, se utiliza a la geomorfología para indicar y demostrar que existieron cambios en la condición de drenaje de estas dos cuencas con posterioridad a los 1.500 años A.P. Sin embargo, no es posible obtener información más detallada en el tiempo acerca de la variabilidad hidrológica.

Por lo tanto, en este caso la geomorfología brinda información a escala temporal de milenios y con una resolución temporal baja.

Los ciclos de erosión hídrica y de formación de terrazas aluviales es otra fuente de datos que permiten brindar información acerca del cambio de las condiciones de drenaje de las vegas. Este proceso geomórfico puede estar controlado por varios factores, y en el caso de los sistemas fluviales analizados depende de varios factores: la profundidad de la capa freática, del régimen de flujo (caudal, ancho y velocidad), la pendiente y el tipo de lecho y roca que atraviesa el curso de agua. Por lo tanto, este proxy dato es multivariado y conseguir discriminar cómo responde la variable caudal con el factor clima es un análisis que requiere de muchos datos. De esta forma, los ciclos de terrazamiento y aluvionamiento son procesos complejos que pueden o no ser inducidos directamente por los cambios climáticos. Estos niveles varían su posición y cantidad a lo largo de una misma cuenca y entre las diferentes cuencas y solamente 2 ó 3 de ellas entran dentro del rango temporal de la escala arqueológica. En el caso de la cuenca inferior de la quebrada de Curuto el aluvionamiento comenzó *ca.* 3.000 años A.P. y la disección fue con posterioridad a los 1.500 años A.P. y es transgresiva en el tiempo. Esto último también sucede en las quebradas de Miriguaca, Curuto e Ilanco con diferente extensión y magnitud. En una primera aproximación los procesos de aluvionamiento-disección se presentan a meso-escala (1-10 km²) y son discontinuos en el tiempo y de baja resolución temporal.

Los *proxy datos isotópicos* (O^{18}/O^{16} y C^{13}), se obtuvieron de varios niveles de paleosuelos de diferentes edades, que contenían fragmentos vegetales descompuestos. Este proxy dato brinda información de las condiciones isotópicas para la fecha radiocarbónica datada y constituye una información que se presenta a macro-escala, debido a que depende de la temperatura. En consecuencia, este tipo de dato no depende del sistema ambiental analizado. Este hecho quedó comprobado al verificar que la variación isotópica en valores relativos fue similar en todos los perfiles analizados. Es decir que se trata de un proxy dato independiente del sistema sedimentario, al menos en la escala espacial. Sin embargo, la resolución temporal va estar ligada a la tasa de sedimentación de los fragmentos orgánicos y a los procesos de bioturbación que se puedan generar en el lapso postdeposicional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Integración de proxy datos: el caso de la quebrada de Curuto

Una congruencia (*sensu* Dincauze 2000) de resultados entre dos proxy de diferentes escalas se presenta al analizar los resultados basados en diatomeas y paleosuelos ubicados en la quebrada del arroyo Curuto. En este caso el perfil tiene 4 m de paleosuelos orgánicos amalgamados que se desarrollaron entre *ca.* 3.000 y 1.500 años A.P. (Olivera *et al.* 2001). A lo largo de este perfil se extrajeron muestras para diatomeas y para analizar los proxy-edáficos. La interpretación a partir de las diatomeas sugiere una vega encharcada, con una corriente de agua subsuperficial que no tuvo grandes fluctuaciones de desecación y con baja concentración de sales, quizás aguas dulces pero con algún contenido salobre, siendo predominantes durante las tres muestras las especies oligoindiferentes. La fuerte abundancia, durante las tres muestras, de las especies epífitas con una progresiva disminución de las especies aerófilas y un crecimiento de las planctónicas indica que para *ca.* 2.300 años A.P. habría más humedad, un mayor desarrollo de vegetación y un cuerpo de agua mayor que para *ca.* 2.600 años A.P.

Asimismo, las muestras de diatomeas muestran que existieron pequeñas fluctuaciones de salinidad y pH. Desde momentos de la muestra M2 se observa un gradual aumento de las especies mesohalobias y las especies alcalifilas, llegando a momentos de M4 (*ca.* 2300 años A.P.) con un ambiente más alcalino (pH 8.21).

Por otro lado, los resultados obtenidos de los proxy datos edáficos indican un ambiente reductor, saturado por el agua freática en forma permanente y con alta preservación de los macrorestos vegetales. De esta forma, ambos proxys aunque son de diferentes escalas son congruentes en el sentido de Dincauze (2000). Sin embargo, a diferencia de las diatomeas, los proxy edáficos no pueden argumentar nada acerca de las fluctuaciones menores de salinidad o pH en el ambiente de la vega de Curuto.

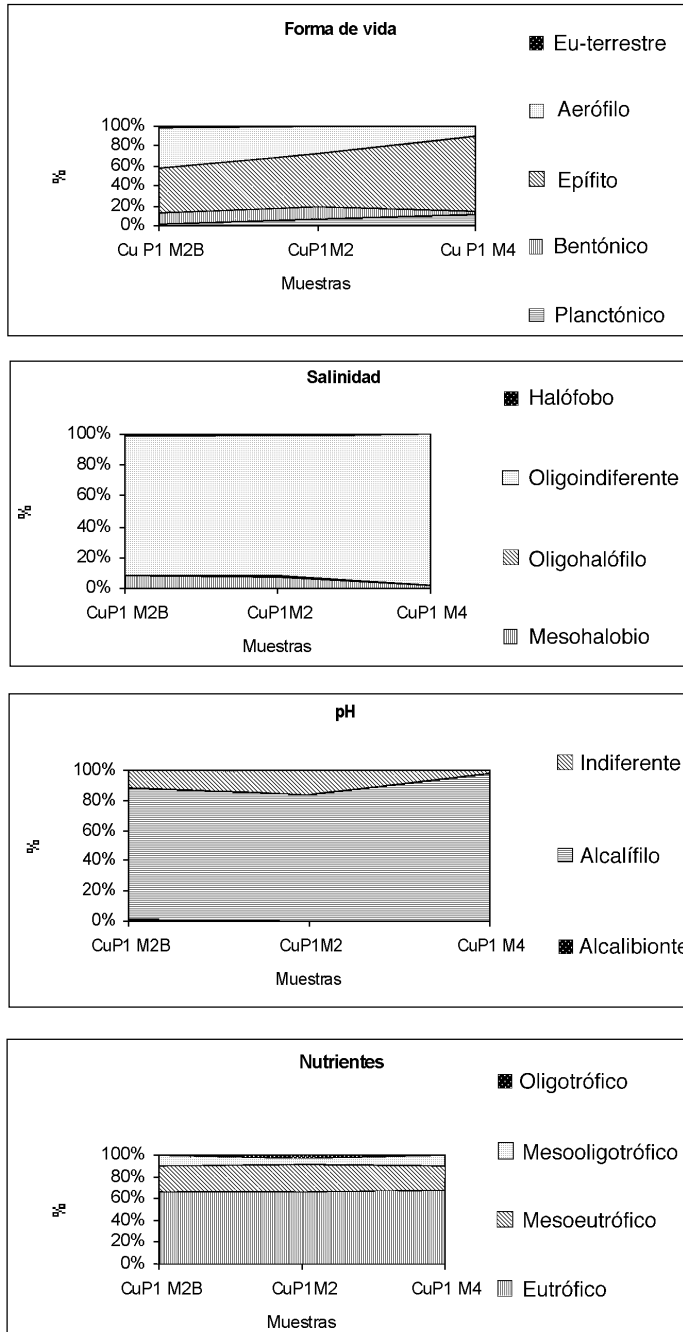


Figura 6. Fluctuaciones ambientales a partir de diatomeas.

Integración de proxy datos: una visión regional

La integración de todos los proxy datos permite poseer una mejor evaluación de la variabilidad local y regional del paleoambiente. La Figura 7 integra la información sedimentológica e isotópica de los perfiles P1, P2, P3 y P4 (Fig. 1) realizados en diferentes sectores de la cuenca, permitiendo de esta manera obtener un panorama multy-proxy de la situación a lo largo del tiempo.

Aunque los perfiles no llegaron a abarcar edades del Pleistoceno tardío se puede argumentar, en base a los proxy datos geomorfológicos encontrados en la Puna, que las condiciones eran mucho más frías y húmedas que la actualidad. La prueba de ello son las morenas frontales ubicadas en la Sierra de Laguna Blanca (4.200 msnm), correspondientes a antiguos glaciares hoy en día inexistentes y, a la presencia de paleocostas en todas las lagunas analizadas. La congruencia de los proxy geomorfológicos con los datos sedimentológicos e isotópicos se registran en el perfil P1 (Fig. 5) donde, para el Holoceno Temprano, los datos isotópicos muestran que las condiciones climáticas promedio eran muy frías y húmedas. Estos datos están en concordancia con lo observado en otras regiones de la Puna cercanas al área de estudio (Tapia 1925; Igarzábal 1984; Grosjean *et al.* 1997; Silvestre *et al.* 1998; Valero-Garcés *et al.* 2000).

En todos los perfiles analizados, los suelos orgánicos registran altos valores relativos de C^{13} y O^{18} entre los 8.700 y los 3.000 años C^{14} A.P. Tanto en los valles afluentes al río Punilla (arroyos Miriguaca y Curuto) como en el salar de Los Colorados (P1 y P2), la sedimentación durante este intervalo de tiempo está representada por sedimentos aluviales efímeros y de alta energía (flujos densos y crecientes). Según estos registros, la humedad en el sistema ambiental habría sido escasa y esporádica durante este intervalo de tiempo.

En el río Punilla (P5, Fig. 1) el proxydato sedimentario es distinto a los restantes perfiles debido a que se registran 100 cm de arcillas verdes laminadas con diatomitas y suelos orgánicos que se depositaron hace 4500 años C^{14} A.P. Estos sedimentos, que indican una fuerte presencia de humedad, se extienden a lo largo del río Punilla entre la desembocadura del arroyo Las Pitás y unos 1.600 m aguas arriba. En consecuencia la extensión geográfica de este ambiente húmedo es local, debido a que se restringe paleogeográficamente a un sector restringido de la planicie aluvial del río Punilla. La incongruencia de la existencia del desarrollo del ambiente palustre del río Punilla con respecto al esquema regional donde dominan las secuencias sedimentarias efímeras es interpretada como consecuencia de fenómenos locales que tienden a concentrar la humedad en determinados sectores del paisaje. En este caso, se plantea la hipótesis del endicamiento del río Punilla por las crecientes del río Las Pitás.

Entre *ca.* 3.000 y 1.600 años A.P. se registra una disminución de los valores de O^{18} y C^{13} , con un valor mínimo hacia los 1.600 años A.P. Los registros estratigráficos durante este intervalo temporal muestran expansiones lacustres en Laguna Los Colorados y formación de vegas, suelos orgánicos y ciclos de aluvionamiento en las cuencas afluentes al río Punilla. Estas condiciones indican un aumento de la humedad y plantas tipo C_3 en el sistema ambiental, posiblemente ligado a un decrecimiento de la temperatura.

A partir de *ca.* 1.600 años A.P. el cambio del valor de O^{18} y las facies sedimentarias en el registro estratigráfico es abrupto. En la Laguna Los Colorados, se registra una regresión del cuerpo lacustre hasta transformarse en un salar. En los valles de Miriguaca, Las Pitás, Curuto e Illanco las vegas se contraen hacia la cuenca alta por erosión y/o son cubiertas por sedimentos coluviales. Los valores crecientes de O^{18} indican un aumento de la evaporación posiblemente por incremento de la temperatura. Sin embargo, el comportamiento del C^{13} es estable y muestra valores típicos de plantas C_3 .

Posteriormente a los 1.600 años A.P. los datos de C^{13} y O^{18} en perfiles de suelos están en proceso y aún preliminares para elaborar modelos de comportamiento. Sin embargo, los registros de ^{13}C de las cenizas de fogón de los sitios arqueológicos de la baja cuenca del Punilla muestran un máximo de valores C^{13} alrededor de los 1000 años A.P., lo cual indicaría un máximo de sequedad

e hipotéticamente coincidente con la denominada Anomalía Climática Medieval (Olivera *et al.* 2001).

Los resultados obtenidos son similares a los encontrados en otros sectores de la Puna por otros autores y utilizando otros proxy datos (Fernández *et al.* 1991; Núñez *et al.* 1996).

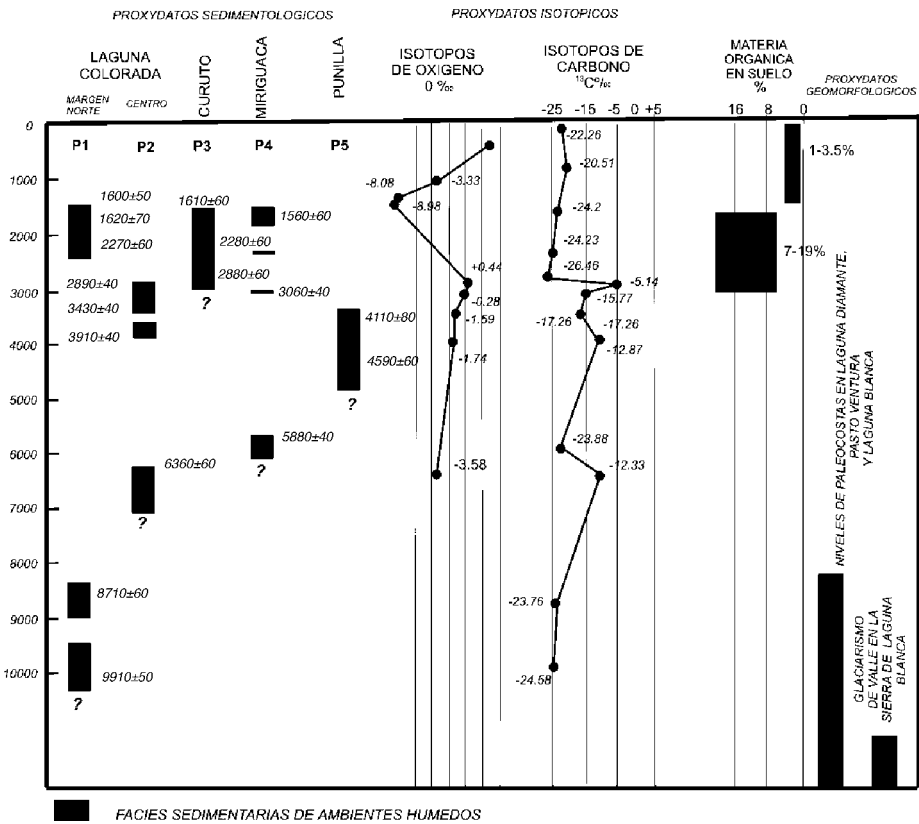


Figura 7. Análisis multiproxy

Del paleoambiente al proceso cultural

Los datos evaluados del panorama paleoambiental del Holoceno permiten establecer ciertas observaciones relacionadas con el proceso cultural desarrollado en la Puna austral.

De manera general se han identificado cuatro fases climáticas principales (Fig. 8) (Olivera *et al.* 2001). Se puede plantear la hipótesis de que la primera fase corresponde a los primeros momentos del Holoceno Temprano con un clima marcadamente más húmedo y frío que en la actualidad. La evidencia arqueológica de QS3 (Aschero *et al.* 1991) indica la presencia de grupos con movilidad logística extendida, en un ambiente con buena presencia de agua y abundante biomasa vegetal. Esto permite sostener la hipótesis de una buena oferta de camélidos silvestres para caza y parches de recursos localizados y predecibles, tanto en el fondo de cuenca como en las quebradas laterales, originando asentamientos humanos con alto grado de recurrencia.

A partir de ca. 8.700 años A.P. se produce un proceso hacia un clima más cálido durante el Holoceno Medio para alcanzar condiciones realmente generalizadas de aridización hacia los 6.000 años A.P. (Fase 2).

Cronología	Ambiente	Consecuencias	Proceso cultural
0 años A.P. ↑ 300 500 1.000 1.650	Condiciones de menor humedad desde 1.650/1.700 años A.P. Tal vez existiría un pico de aridez con elevación de la temperatura hacia 1.000 años A.P. (ACM)	La Laguna Colorada se convierte en una salina: reducción del 50% en las vegas de los ríos Punilla y Los Colorados; reducción de entre 20% y 40% de las vegas de Curuto y Miriguaca debido a erosión retrocedente y acumulación sedimentaria; La Laguna Antofagasta se reduce 40% y probablemente incrementa su salinidad	Continúa la explotación de las quebradas altas para caza y pastoreo. Desde 1.100 años A.P. la aldea se muda al piedemonte de bajo del Coypar. Es introducida nueva tecnología de irrigación. Cambios en los componentes culturales (cerámica Belén). Muchas evidencias de agricultura en suelos fértiles de los sectores bajos de las quebradas subsidiarias. Ca. 650 años A.P. la aldea es abandonada y el conglomerado urbano de La Alumbra será usado hasta tiempos de la conquista hispana. El sistema agrícola de Bajo del Coypar es expandido y usado solamente para la producción agrícola intensiva y extensiva. La conquista Inca introduce nuevos elementos en los sistemas de irrigación y reorganiza el espacio con nuevos asentamientos
2.900	Mayor humedad ambiental y disponibilidad de agua. Entre 2.270 y 1.650 años AP en Los Colorados y entre 2.880 y 1.650 años A.P. en Curuto.	Desarrollo de una laguna en Los Colorados, cubriendo un área 30% mayor que la salina. Importante desarrollo de vegas en el fondo de cuenca y las quebradas subsidiarias.	Hacia 3.000 años AP hay evidencia de plantas domesticadas. Las quebradas altas son usadas para caza y probablemente pastoreo. No hay evidencias en el fondo de cuenca. Después de los 2.500 años A.P. aparece una aldea en este sector, junto a la planicie aluvial, con evidencia de agricultura y pastoreo con mayor énfasis en este último. Ca. 2.000 A.P. los cursos inferiores y medios de las quebradas subsidiarias son ocupadas en forma más permanente, se nota un incremento demográfico y aumento de la agricultura asociado con registro arqueológico de los valles mesotermiales
6.350	Ambiente más árido y seco, con altas temperaturas	Retracción de los cuerpos de agua; reducción del tamaño de las vegas	Economía de caza-recolección con énfasis en la caza de camélidos. Las ocupaciones focalizadas en sectores aptos de las quebradas con vegas. Posibles restricciones de la movilidad, asociadas hacia los 4.500/5.000 años A.P. con un proceso de domesticación de los camélidos.

Figura 8. Cronología, Paleoambiente y Proceso Cultural en Puna Meridional

Los ambientes naturales de las vegas de las quebradas estrechas y profundas fueron los que manifestaron menos variabilidad ambiental, mientras que los valles extensos, como son el abanico aluvial en la desembocadura del río Punilla y la laguna de Los Colorados, expresaron las variaciones más fuertes en sentido de disponibilidad de agua y superficie de pasturas. De esta forma, la ocupación humana fue más probable para los ambientes que actualmente presentan vegas y mallines, especialmente entre los 6.000 y 5.000/4.500 años A.P.

Es probable que hasta ca. 7.500 años A.P. los grupos hayan instrumentado sistemas de subsistencia logísticos con alto grado de movilidad, para luego buscar asentamientos en los sectores bajos de ciertas quebradas laterales con alto grado de permanencia y acceso desde allí a los recursos del fondo de cuenca y de los sectores más altos. Durante ese lapso las poblaciones humanas parecen haber ido modificando sus condiciones de movilidad y estrategias de subsistencia, incluido quizás algunos iniciales intentos de control sobre las poblaciones de camélidos silvestres. Las investigaciones que viene llevando adelante J. Martínez (2003) en la quebrada de Ilanco pueden estar apuntando en esa dirección.

La evaluación de los diferentes proxydata muestran que, a partir de ca. 5.000 años A.P. (Fase 3), se iniciaría una mejora climática hacia condiciones ambientales de mayor humedad y descenso de la temperatura, donde el proceso de domesticación de camélidos tomaría un nuevo y decidido impulso.

La coexistencia de especies de camélidos silvestres y domesticados fue registrada en Puripica (San Pedro de Atacama, Chile) (Núñez *et al.* 1999) y sugerido para QS3 en el área de estudio y en la Puna de Jujuy (Olivera y Elkin 1994; Yacobaccio *et al.* 1994). La posibilidad de que este proceso tuviera antecedentes más antiguos en los grupos que hacia los 7.000/7.500 años A.P. restringieron su movilidad y establecieron asentamientos más estables durante las difíciles condiciones climáticas del Holoceno Medio merece ser explorada, aunque por el momento no se posee suficiente evidencia para discutir esta hipótesis.

Hacia 3.000 años A.P. comenzaría un nuevo ciclo de alta humedad, bien documentado en Laguna Colorada y Curuto, que beneficiaría las adaptaciones de sociedades pastoriles con incorporación de agricultura y una logística basada en el aprovechamiento de parches ambientales a partir de bases residenciales altamente sedentarias.

Existen evidencias de cambios interesantes en las sociedades hacia los 3.500/3.000 años A.P. Algunos de estos cambios se relacionan con una utilización del espacio asociada a prácticas rituales y funerarias en sectores discretos del fondo de aleros y cuevas (Olivera *et al.* 2003). Existen registros en esa dirección en Cueva Cacao 1A (asociación de un sonajero de calabaza, sandalias de cuero y trenzas de cabello humano), Real Grande 9 (cestería, astiles? y plumas de falcónido), QS3 (cesta) y Punta de la Peña 11A (entierro de infante con colgante de valva y cestería) (Olivera *et al.* 2001). Otro elemento importante es que por esta época aparecen registros de las primeras plantas cultivadas en la región.

Alrededor de los 2.500 años A.P. se registran las primeras bases residenciales permanentes (aldeas) en el fondo de cuenca, área donde hasta ese momento no se han detectado asentamientos permanentes. Casa Chavez Montículos (CChM) (*ca.* 2.400 años A.P.) (Olivera 1998) es una aldea con alto grado de sedentarismo, donde se desarrollaron múltiples actividades (procesamiento y consumo de camélidos, manufactura de cerámica, talla de artefactos líticos, etc.).

Al mismo tiempo se utilizan aleros y cuevas de los sectores altos de las quebradas tributarias (sitios RG1 y RG6, entre otros) para puestos de ocupación periódica con caza y pastoreo de camélidos. El pastoreo parece haber sido la estrategia productiva más importante mientras la agricultura era practicada en los sectores aluvionales del fondo de cuenca (Olivera 1998).

Alrededor de los 2.000 años A.P. se nota un incremento en la ocupación de los cursos inferiores y medios de las quebradas laterales al río Punilla y al Salar de Antofalla, asociada a una mayor importancia de las prácticas agrícolas y a un crecimiento demográfico en la región (Olivera y Podestá 1995; Olivera 1998). Se han registrado puestos agro-pastoriles con alta estabilidad en las quebradas de Las Pitas (Punta de la Peña 9, López Campeny 2001), Miriguaca (RM 1 y 2) y en diversas quebradas del Salar de Antofalla (Escola *et al.* 1993), al mismo tiempo que la aldea de Casa Chavez Montículos incrementa su tamaño. En todos estos sitios se nota un destacable cambio en el componente cerámico con fuertes relaciones con los valles mesotermales, especialmente el Valle de Abaucán. Todo apuntaría a que gente de los valles con un fuerte componente agrícola en su economía se movieron hacia la Puna sur al comienzo de la Era Cristiana.

Se puede argumentar que las condiciones de mayor humedad de la Puna a partir de *ca.* 3.000 años A.P., favorecieron un proceso de consolidación de las economías pastoriles con agricultura y el desarrollo de estrategias de asentamiento con mayor sedentarismo, aunque la utilización de recursos de caza y pastoreo de altura no modificó la utilización de diferentes parches ambientales dentro de un modelo de optimización dirigido a disminuir el riesgo ambiental.

Cuando a partir de los 1.650-1.700 años A.P. las condiciones se presentaron con menos humedad parece ocurrir un nuevo y radical cambio en los patrones de asentamiento. Esto parece coincidir con el abandono de la aldea de CChM en el fondo de cuenca y la posterior aparición de una nueva aldea, al otro lado del río, asociada a una agricultura extensiva con riego artificial en el piedemonte de Bajo del Coypar.

El sitio Bajo del Coypar II (Olivera y Vigliani 2000/2002) ofrece fechados desde *ca.* 1.100 años A.P. hasta *ca.* 650 años A.P., asociados a cerámica Belén idéntica a la de los valles

mesotermiales más bajos. Este significativo cambio en el patrón de asentamiento y la tecnología agrícola puede estar relacionado con un ambiente más árido y cálido que obligó a modificar las estrategias de obtención de recursos. Hacia los 650 años A.P. la aldea se abandona y el sector parece destinarse exclusivamente a fines agrícolas con estrategia extensiva e intensiva. Creemos que posiblemente para esta época la población se traslada al sitio La Alumbraera, al pie del volcán y junto a la Laguna de Antofagasta. Se trata de un conglomerado de estructuras de piedra de tipo semi-urbano y que debió albergar una importante población.

El pico de sequedad ambiental de hace 1.000 años atrás parece coincidir con la incorporación de nuevos criterios tecnológicos agrícolas mediante el uso de riego artificial en terrenos de mayor pendiente. Parece que, antes que retroceder a ambientes más favorables o disminuir su número, las poblaciones eligen incorporar mayor rendimiento a partir de nueva tecnología.

Resulta casi indudable que la construcción y ocupación de La Alumbraera significa mucho más que una simple modificación en el patrón de asentamiento. La complejidad constructiva del sitio, su intencionalidad defensiva, su organización interna y la administración del centro productivo agrícola de Bajo del Coypar estarían indicando una sociedad organizada social y políticamente en una cierta estructura jerárquica con *status* sociales diferenciados. La posterior llegada de los Inkas en el siglo XV introduce nuevas mejoras en el sistema agrícola, especialmente relacionadas con el riego en la ladera baja, reorganiza el espacio con nuevos asentamientos y seguramente genera cambios administrativos y políticos para incluir la región en el régimen imperial.

CONCLUSIONES

Cada proxy tiene una escala espacial, temporal y de resolución de análisis y en consecuencia de interpretación. Por otro lado, la escala arqueológica será la determinante en cuanto al tipo de archivo a estudiar y el tipo de proxy a analizar. Por ejemplo, en el caso del río Punilla, los sedimentos de antiguas lagunas con elevada tasa de sedimentación son los más sensibles a los cambios ambientales y de utilidad para la geoarqueología.

Por otra parte, no existe un proxy dominante para hacer las interpretaciones, sino un conjunto de ellos, es decir un análisis multiproxy donde se incluyan datos geomorfológicos, estratigráficos, isotópicos (O^{16}/O^{18} y C^{13}), de microfósiles (agrupaciones de diatomeas) y de paleosuelos (%C, tipo de suelo).

El análisis de los registros lleva a la conclusión que ante cambios ambientales similares (i.e., procesos de aridización) las respuestas de las sociedades humanas no muestran necesariamente equifinalidad. Las complejas relaciones entre la sociedad humana y el ambiente ofrecen una variabilidad que debe analizarse en cada caso con extrema prudencia.

Si bien la situación cambiante del ambiente debe haberse reflejado de algún modo y en cada caso en las estrategias de asentamiento y subsistencia de los grupos humanos, clima y ambiente no determinan la respuesta de la sociedad en forma directa sino que se produce un abanico de opciones entre las que el grupo humano selecciona dentro de ciertos límites.

De la misma forma que sólo con un análisis multiproxy y un adecuado manejo de las escalas de cada archivo ambiental se puede arribar a conclusiones paleoambientales confiables, las preguntas arqueológicas deben guardar relación coherente entre el tipo de registro, sus propiedades y escalas de resolución.

Finalmente, si bien existen elementos para pensar que ciertas modificaciones climáticas y ambientales tuvieron una escala macroregional, las consecuencias regionales e incluso locales de esos cambios ofrecen manifestaciones muy diferentes que deberían ser analizadas en cada caso particular en referencia a sus efectos sobre los grupos humanos.

Recibido: setiembre 2004.

Aceptado: agosto 2005.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros compañeros de equipo del Proyecto Arqueológico Antofagasta de la Sierra por su permanente colaboración y apoyo. Al Dr. Jorge Martínez, al Lic. Carlos Aschero y su equipo con quienes compartimos jornadas de campo y discusión enriquecedoras. A los revisores externos de la Revista Relaciones por sus valiosos comentarios y correcciones que contribuyeron a mejorar sensiblemente la versión final. A nuestros amigos de la Puna por su hospitalidad y ayuda. El Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (SCN), el CONICET y la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica apoyaron financieramente las investigaciones.

BIBLIOGRAFIA

- Abbot, Mark. B., Geoffrey O. Seltzer, Kerry R. Kelts y John Southon
1996. Holocene paleohydrology of the Tropical Andes from lake records. *Quaternary Research* 47: 70-80.
- Aschero, Carlos, Dolores Elkin y Elizabeth Pintar
1991. Aprovechamiento de recursos faunísticos y producción lítica en el precerámico tardío. Un caso de estudio: QS3 (Puna Meridional Argentina). *Actas de XI Congreso de Arqueología Chilena II*: 101-114. Sociedad Chilena de Arqueología. Santiago de Chile.
- Cooper, Sherri
2000. Estuarine paleoenvironmental reconstructions using diatoms. E. F. Stoermer y John P. Smol (eds.) *The Diatoms, Applications for Environmental and Earth Sciences*, pp 352-373. London, UK. Cambridge University Press.
- Delcourt, Hazel R. y Paul Delcourt
1988. Quaternary landscape ecology: Relevant scales in space and time. *Landscape Ecology* Vol. 2 (1): 23-44.
- Dincauze, Dena F.
2000. *Environmental Archaeology: Principles and Practice*. London. Cambridge University Press.
- Escola, Patricia, Atilio Nasti, Jorge Reales y Daniel Olivera
1993. Prospecciones Arqueológicas en las Quebradas de la Margen Occidental del Salar de Antofalla, Catamarca (Puna Meridional Argentina). *Cuadernos del INAPL*, 14: 171-189.
- Fernández Jorge, Vera Markgraf, Héctor O. Panarello, Miguel. Albero, Fernando Angiolini, Susana Valencio y Mirta Arriaga
1991. Late Pleistocene-early Holocene Environment and climates, fauna, and human occupation in the Argentine Altiplano. *Geoarcheology*, Vol 6, N° 3: 251-272.
- Geyh, M., Martin Grosjean, Lautaro Nuñez y U. Schotterer
1999. Radiocarbon reservoir effect and the timing of the late-glacial early Holocene humid phase in the Atacama desert (Northern Chile). *Quaternary Research*, 52: 143-153.
- Grosjean, Martín, Isabel Carajena, M.A Geyh y Lautaro Núñez
2003. From proxy data to paleoclimate interpretation: the mid Holocene paradox of the Atacama Desert, northern Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194: 247-258.
- Grosjean, Martin, Blas Valero-Garcès, M.A. Geyh, Bruno Messerli, Hans Schreier y K. Kelts
1997. Mid and late Holocene Limnogeology of Laguna del Negro Francisco, northern Chile and its paleoclimatic implications. *Holocene* 7, 151-159.

- Hocsman, Salomón, Jorge G. Martínez, María F. Rodríguez y Carlos A. Aschero
En prensa. Obtención de recursos distantes en la porción meridional de los Andes Centro Sur: una visión desde la Puna Argentina. *Before Farming: the archaeology and anthropology of hunter-gatherers*.
- Igarzábal, A. P.
1984. Origen y evolución morfológica de las cuencas evaporíticas cuaternarias de la Puna Argentina. *IX Congreso Geológico Argentino*, (3): 595-607. San Carlos de Bariloche.
- López Campeny, Sara M. L.
2001. Actividades domésticas y organización del espacio intrasitio. El sitio Punta de la Peña 9. Antofagasta de la Sierra (Prov. de Catamarca). Trabajo Final de Carrera de Arqueología. Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán. Inédito.
- Maidana, Nora
1996. Asociación de Diatomeas Fósiles del sitio arqueológico Potrero de Caballo Muerto (Puna de Jujuy, Argentina). *Actas y memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (13ª Parte)*. *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael (Mendoza)*, XXV, Nro. 1-2 pp 53-60. San Rafael, Mendoza.
- Martínez, Jorge G.
2003. Ocupaciones humanas tempranas y tecnología de caza en la Microregión de Antofagasta de la Sierra (10.000-7.000 A.P.). Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Tucumán.
- Martínez Macchiavello, Juan Carlos
1997. *Introducción a las diatomeas fósiles*. Buenos Aires.
- Martínez Macchiavello, Juan Carlos, Guillermo De la Fuente y Norma Ratto
1999. La utilización de diatomeas (Bacillariophyta) en la investigación arqueológica: una perspectiva interdisciplinaria. *Arqueología*, 9:49-69. Buenos Aires.
- Nuñez, Lautaro, Martín Grosjean e Isabel Cartajena
1999. Un ecorefugio oportunístico en la Puna de Atacama durante eventos áridos del Holoceno Medio. *Estudios Atacameños*, 17: 125-174.
- Nuñez, Lautaro, Martín Grosejan, Bruno Messerli y Hans Schreliet
1996. Cambios ambientales holocénicos en la Puna de Atacama y sus implicancias paleoclimáticas. *Estudios Atacameños*, 12: 31-40.
- Olivera, Daniel
1998. Cazadores y Pastores Tempranos de la Puna Argentina. S. Ahlgren, A. Muñoz, S. Sjödin y P. Stenborg (eds.) *Past and Present in Andean Prehistory and Early History*, *Etnologiska Studier* 42: 153-180. Etnografiska Museer, Göteborg.
- Olivera, Daniel y Dolores Elkin
1994. De Agricultores y Pastores: El proceso de domesticación en la Puna Meridional Argentina. Grupo Zoológico de Camélidos (eds.), *Zoológico de Camélidos* 1: 95-124. Buenos Aires.
- Olivera, Daniel y María Mercedes Podestá
1995. Art resource. Rock Art and Formative Settlement-Subsistence Systems in the Argentine Meridional Puna. Penny Dransart.(ed.), *Andean Art: Visual Expression and its Relation to Andean Beliefs and Values*. Glasgow: Worldwide Archaeology Series, p. 265-301.
- Olivera, Daniel y Silvina Vigliani
2000/2002. Proceso cultural, uso del espacio y producción agrícola en la Puna Meridional Argentina. En: *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano*, 19: 459-481.

- Olivera, Daniel, Pablo Tchilinguirian y María José de Aguirre
2001. Evolución cultural y ambiental en el sector Meridional de la Puna de Atacama durante el Holoceno. *Simposio "Change in the Andes"*, XIV Congreso de la Unión de Ciencias Prehistóricas y Protohistóricas de Europa. British Archaeological Series.
- Olivera, Daniel, Aixa Vidal y Lorena Grana
2003. Espacio, ritual y proceso de complejidad en la puna meridional (ca. 3.000 años A.P.): Cueva Cacao 1A. *Revista Relaciones*, Sociedad Argentina de Antropología, 28:257-270. Buenos Aires.
- Reed, Jane, N. Roberts y M.J. Leng
1999. An evaluation of diatom response to Late Quaternary environmental change in two lakes in the Konia Basin, Turkey, by comparison with stable isotope data. *Quaternary Science Reviews*, 18: 631-646.
- Servant-Vildary, Simone y Maurice Roux
1990. Variations de température estimées à partir du déplacement en altitude des associations de diatomées dans une séquence hólocène de la Cordillère Orientale de Bolivia. *Acad. Sciences Paris*, t. 311, Série 2:429-436.
- Silvestre, Florence, Simoné Servant-Vildary y Michel Servant
1998. La dernier maximum glaciaire (21.000-17.000 14C ans B.P.) dans les Andes tropicales de Bolivie d'après l'étude des diatomées. *Sciences de la terre et des Planètes*. pp. 611-618. C.R. Acad. Sci. Paris.
- Spalleti, Luis A.
1980. Paleoambientes sedimentarios en secuencias silicoclásticas. *Serie B, Didáctica y complementaria*. N° 8. Asociación Geológica Argentina. Buenos Aires. 175 pág.
- Stein, Julie K.
1993. Scale in archaeology, geosciences and geoarchaeology. K.K., Stein y A.R. Linse (eds.), *Effects of scale on Archaeological and Geoscientific Perspectives*, pp. 1-10. Boulder, Colorado, Geological Society of America. Special paper 283.
- Stevenson, Jan y Pan Yangdong
2000. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. E. F. Stoermer y John P. Smol (eds.) *The Diatoms, Applications for Environmental and Earth Sciences*, pp. 11-40, London. UK Cambridge University Press.
- Tapia, A.
1925. Apuntes sobre el glaciario pleistocénico del Nevado del Aconquija. *Anales Sociedad Argentina de Geografía* 1 (4): 313-365.
- Tchilinguirian, Pablo y Martín Barandica
1998. Acontecimientos naturales que favorecieron el asentamiento humano en ambientes de la Puna Catamarqueña (Anexo I). *Revista Hombre y Desierto*, 9 Tomo I: 351-352.
- Valero-Garcès, Blas L., Antonio Delgado –Huertas, Norma Ratto, Ana Navas y Larry Edwards
2000. Paleohydrology of Andean saline lake from sedimentological and isotope records, Northwestern Argentina. *Journal of Paleolimnology* 24: 343-359.
- Yacobaccio, Hugo, Dolores Elkin y Daniel Olivera
1994. ¿El fin de las sociedades cazadoras?: El proceso de domesticación animal en los Andes Centro-Sur. Luis Borrero y José L. Lanata (eds.) *Arqueología Contemporánea* 5: 23-32, Edición Especial: Arqueología de Cazadores-recolectores. Buenos Aires.