



Caracterización fitolítica de las secuencias sedimentarias del sitio arqueológico El Pichao (Noroeste Argentino): cambios ambientales y antrópicos durante el Holoceno superior

Phytolith analysis of the El Pichao archaeological site sedimentary sequence (Northwest Argentina): Environmental and anthropic changes during the Upper Holocene

María Gisela Lefebvre^{1,3}  <https://orcid.org/0000-0001-5055-4536>
María de los Milagros Colobig^{2,3}  <https://orcid.org/0000-0002-5886-0965>
Alejandro Fabián Zucol^{2,3}  <https://orcid.org/0000-0001-5480-3456>
María Marta Sampietro Vattuone^{1,3}  <https://orcid.org/0000-0002-7681-070X>

¹ Laboratorio de Geoarqueología. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Provincia de Tucumán, Tucumán, ARGENTINA. Email: gisela_lefebvre_2005@hotmail.com; sampietro@tucbbs.com.ar

² Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP)- Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER)-Provincia de Entre Ríos, Diamante, ARGENTINA. Email: milagroscolobig@gmail.com; cidzucol@gmail.com

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), ARGENTINA

Resumen

Se dan a conocer los resultados de los análisis de fitolitos recuperados de secuencias pedosedimentarias de terrazas de cultivo de la localidad arqueológica El Pichao (valle de Santa María, Tucumán, Argentina) pertenecientes al Período de Desarrollos Regionales (ca. 1000 - 600 AP). Los fitolitos fueron extraídos del sedimento mediante procesamiento físico y químico de las muestras. El conjunto de fitolitos encontrados permitió establecer la evolución de las condiciones ambientales dejando evidencia de un período frío de tendencia árida previo al establecimiento de las ocupaciones humanas en El Pichao. Durante el período de ocupación (Desarrollos Regionales) las condiciones ambientales fueron más cálidas y áridas que las actuales. Aun así, el terreno fue acondicionado para su explotación agrícola, probablemente con la aplicación de prácticas de irrigación. La presencia de fitolitos en forma de cruz (afines a maideas) en la sección media de todas las terrazas agrícolas estudiadas aparece de manera conjunta con el aumento en el número de diatomeas, por lo que podría suponerse que las mismas habrían sido cultivadas de forma intencional.

Palabras clave: fitolitos, uso del suelo, Desarrollos Regionales.



Abstract

The results of the description of phytoliths recovered from pedosedimentary sequences located in the town of El Pichao (Valle de Santa María, Tucumán, Argentina) belonging to the period of Regional Developments (*ca.* 1000 - 600 AP) are disclosed. Phytoliths were extracted from the sediment by physical and chemical processing of the samples. The set of phytoliths found allowed the evolution of environmental conditions to be established, leaving evidence of a cold period of arid tendency prior to the establishment of human occupations in El Pichao. During the period of occupation (Regional Developments) the environmental conditions were warmer and more arid than the current ones. Even so, the land was conditioned for its agricultural exploitation, probably with the application of irrigation practices. The presence of phytoliths in the form of a cross (related to maideas) in the middle section of all the agricultural terraces studied appears together with the increase in the number of diatoms, which would indicate that they could have been cultivated intentionally.

Keywords: land use, Regional Developments, microfossils.

Recibido: 28 septiembre 2020. Aceptado: 14 enero 2021

Introducción

La adopción de la agricultura por parte de las comunidades preproductoras en el Noroeste Argentino (NOA) ocurrida a inicios del Holoceno superior supuso un cambio radical en la modalidad del uso del territorio. Estos cambios conllevan profundas transformaciones en la dinámica geomorfológica local, regional e incluso global, dependiendo de las características de las capacidades tecnológicas implicadas y de la posibilidad de absorción por parte del ambiente de los impactos derivados (Stephens et al., 2019). Uno de los aspectos menos conocidos es el producido por la introducción de la economía productiva en las comunidades vegetales de las tierras áridas de la zona. Sin embargo, se ha constatado que fue un proceso de intensas modificaciones ecosistémicas que derivaron, entre otras cosas, en procesos degradativos marcados. Por otra parte, las condiciones ambientales fueron muy cambiantes a lo largo de los últimos tres mil años, pasando de ser más húmedas que las presentes a francamente áridas alrededor del 1000 AP para recuperar parcialmente la humedad durante la Pequeña Edad del Hielo (Sampietro Vattuone y Peña Monne, 2019).

En este contexto, los estudios fitolíticos ofrecen una línea de evidencia que combina la posibilidad de determinar las especies cultivadas localmente y reconstruir las prácticas agrarias pasadas, como así también, proveer evidencias adecuadas para colaborar en estudios paleoambientales y ser aplicados como indicadores de cambios en las comunidades vegetales derivados tanto de factores naturales como humanos (Gallego et al., 2004; Borrelli et al., 2008; Fernández Honnain et al., 2009; Iriarte y Alonso Paz, 2009). Dichos estudios pueden ser realizados mediante el análisis de muestras de sedimentos extraídas de diferentes estructuras agrícolas. Tal es el caso del presente trabajo cuyo objetivo es caracterizar las asociaciones fitolíticas obtenidas de perfiles pedoestratigráficos del sitio arqueológico El Pichao (Período Formativo a Desarrollo Regionales) del valle de Santa María (Tucumán, Argentina) e interpretar los datos que estos brindan relacionados a los cambios paleoambientales y antrópicos ocurridos localmente. Finalmente, integrar estos datos en una perspectiva regional.

Antecedentes

La aplicación de los análisis de fitolíticos en América tiene como antecedentes las investigaciones de Matsutani (1972) en el sitio Kotosh, Perú, y el trabajo de Rovner (1971) enfocados en los orígenes de la agricultura y la reconstrucción paleoambiental (Fernández Distel et al., 1995; Piperno y Pearsall, 1998; Diamond, 2002). Luego se desarrollaron otros trabajos sobre los vegetales cultivados tales como el maíz (Piperno, 1984; Pearsall, 1987), el trigo y especies de cebada (Kaplan et al., 1992) como así también en calabazas (Piperno y Stothert, 2003).

En Argentina y Chile, hacia 500 AP, fueron descritos fitolitos de especies vegetales domesticadas como batata, poroto, quínoa y calabaza. Estas evidencias arqueobotánicas aún no avalan lo suficiente una descripción de los procesos que llevaron a dicha domesticación; y si bien esta información aún es escasa y fragmentaria hacia la zona central de Chile, permite señalar que las plantas fueron parte del universo ideacional y cultural participando activamente en la configuración de los modos de vida e identidades sociales (Pearsall, 2008; Planella et al., 2014).

En el NOA, investigaciones realizadas con anterioridad en El Bolsón (departamento Belén, provincia de Catamarca) han permitido identificar para sitios arqueológicos del Período Formativo, microfósiles vegetales pertenecientes a las familias Chenopodiaceae, Solanaceae,

Cucurbitaceae y Basellaceae en sedimentos extraídos de terrazas agrícolas (Korstanje y Cuenya, 2008; Korstanje, 2009). Kulemeyer et al. (2013) utilizando diferentes proxies (entre ellos fitolitos extraídos de muestras de sedimento) determinaron procesos de estabilidad y cambios en la historia social, paleoclimática y el medio ambiente durante el Holoceno para la región estudiada en esta contribución. Allí, se identificaron silicofitolitos pooides, arundinoides, arecáceas, panicoides y chenopodiáceas provenientes de vegetales que habrían sido cultivados durante el Período Formativo. En lo que se refiere a la secuencia paleoambiental, concluyen que la primera parte del Holoceno Superior (entre 750 años AC y 500 años DC) presenta condiciones climáticas relativamente húmedas, mientras que entre el 500 y el 1200 DC, la aridez se incrementa. Otro antecedente en el valle El Bolsón se encuentra en la localidad de Alto Juan Pablo, donde Maloberti (2014) extrajo muestras de sedimentos procedentes de estructuras agrícolas e identificó fitolitos pertenecientes a las subfamilias Pooideae, Panicoideae y Arundinoideae. Korstanje et al. (2014) integraron estudios fitolíticos con análisis de suelos en lo que denominaron “análisis múltiple” para realizar una caracterización de las prácticas agrícolas, prácticas de riego, abono y quema de rastrojos en sitios del NOA durante el Período Formativo.

Zucol et al. (2012) realizaron estudios de distintos tipos de microfósiles vegetales en la zona de Ambato (Los Varela, provincia de Catamarca) del primer milenio DC, donde los fitolitos observados son principalmente de gramíneas con escasa presencia de morfotipos ciperoides, arecoides y de afinidad a dicotiledóneas. En forma complementaria los mismos autores, en 2015, establecieron una mayor abundancia de fitolitos megatérmicos (tanto panicoides como chloridoides) sobre los microtérmicos/mesotérmicos (pooides, estipoides y danthonioides) en la misma área de estudio durante el Período Temprano o Formativo. Sin embargo, los análisis de las pedosecuencias mostraron en muchos casos una mezcla composicional que no les permitió establecer niveles diferenciales entre las asociaciones de un mismo perfil.

Williams et al. (2010) analizaron muestras de sedimentos del valle Calchaquí Medio (provincia de Salta) durante el Período de Desarrollos Regionales, y destacaron la muy baja abundancia de silicofitolitos (excepto fitolitos de Poaceae).

En el área del valle de Santa María, específicamente en la localidad de El Paso (vertiente oriental de sierra de Quilmes, Tucumán), Maldonado (2016) determinó cualitativamente la presencia de fitolitos en la fracción limo-arcillosa de los sedimentos, para el Período Formativo (ca. 100 - 1000 DC). Estos fueron identificados dentro de la familia Poaceae como pertenecientes a las subfamilias Pooideae y Panicoideae. Lanzelotti y Zucol (2019) analizaron los conjuntos fitolíticos procedentes de un sondeo efectuado en una terraza agrícola del Período de Desarrollos Regionales en la localidad de Caspinchango (provincia de Catamarca). Identificaron dos zonas en el perfil. La Zona I dominada por elementos pooides-festucoides, estipoides y danthonioides que evidenció una vegetación herbácea característica de zonas climáticas frías, y una zona superior del perfil que presenta elementos bambusoides y arecoides vinculados con una vegetación de características más cálidas y menor disponibilidad hídrica.

Lefebvre et al. (2020), en el sitio Molle Yaco (Período Formativo, ca. 100 - 1000 DC), localizado en el piedemonte occidental de Cumbres Calchaquíes, Tucumán, analizaron la composición fitolítica de cinco perfiles. Determinaron que los perfiles antropizados presentan elementos afines a las maideas en los niveles de ocupación humana, lo que daría cuenta de producción de maíz en la zona. Por otra parte, los indicios paleoclimáticos sugieren que el ambiente era más húmedo que el actual durante la época, en concomitancia con las reconstrucciones regionales.

Los análisis realizados en Yasyamayo (Período de Desarrollos Regionales, 1000 - 1500 DC), ubicado al norte del sitio precedente, con base en cuatro perfiles localizados en diversos contextos mostraron que las asociaciones fitolíticas en los perfiles antropizados se caracterizan por poseer morfotipos principalmente de origen graminoide, y por la presencia de elementos afines a las maideas en los niveles de ocupación humana, dando cuenta del cultivo de maíz. El aporte de elementos panicoides y los indicadores de condiciones húmedas (como las diatomeas) en estos niveles de ocupación sugieren la aplicación de estrategias de irrigación artificial. Desde el punto de vista paleoambiental, el material recuperado indica que la zona era más árida en los tiempos de su explotación que en la actualidad (Lefebvre et al., 2020).

Área de estudio

La localidad arqueológica de El Pichao está ubicada en el piedemonte oriental de sierra de Quilmes, a 2200 msnm y a unos 8 km al oeste de la localidad de Colalao del Valle, en el noroeste de la provincia de Tucumán, más precisamente, en el sector occidental del valle de Santa María (Figura 1). El piedemonte oriental de Quilmes, donde se asienta El Pichao, presenta un gran desarrollo de acumulación de formas generadas por extensos abanicos aluviales coalescentes de edad cuaternaria, predominantemente Holoceno Superior (Sampietro Vattuone y Peña Monné, 2016).

Aunque se ubica sobre un abanico aluvial bien estabilizado, la dinámica del río Pichao afecta las estructuras arqueológicas en diferentes puntos del sitio (Peña Monné et al., 2016). A esto se suman procesos de ladera sobre el sustrato rocoso de los relieves marginales del valle, en los que también se instalaron estructuras agrícolas escalonadas.

Climáticamente, el sector se caracteriza por una condición árida desértica, del tipo BWKwb según la clasificación de Köppen-Geiger (Peel et al., 2007), con temperatura media anual de 18 °C, precipitaciones medias anuales de 200 mm y valores potenciales de evapotranspiración superiores a 700 mm anuales. Los suelos dominantes son Entisoles, comunes en zonas de climas extremos, caracterizados por un escaso o nulo desarrollo de horizontes pedogenéticos (que en el mejor de los casos permite reconocer una secuencia de horizontes A-C), de profundidad variable (Sayago et al., 1998).

Este sitio presenta evidencias arqueológicas desde los inicios del establecimiento de la economía productiva, que abarcan desde el Período Formativo (ca. 100 - 1000 DC) hasta el Hispano-Indígena (ca. 1500 - 1700 DC), aunque la evidencia más destacable pertenece al Período de Desarrollos Regionales (1000 - 1600 DC) (Cano, 2011).

A nivel regional, el Período Formativo se caracteriza por la presencia de asentamientos dispersos entre campos de cultivo, economía agropastoril y una sociedad de naturaleza igualitaria. El siguiente período es el de Desarrollos Regionales, caracterizado en el valle por el incremento en la densidad demográfica, intensificación en la explotación agropastoril, mayor complejidad social con el surgimiento de sociedades estratificadas, aumento del intercambio de bienes a media y larga distancia. Un amplio sector del sitio arqueológico El Pichao, que alcanza las 500 ha, corresponde a esta etapa y está asentado en el ápice del abanico aluvial del río homónimo. El sector está compuesto por un conjunto de 280 unidades residenciales, extensos campos de cultivo aterrizados, morteros comunales, canales de riego, estructuras monticulares de culto y cementerios; no hay arquitectura monumental (Cano, 2011).

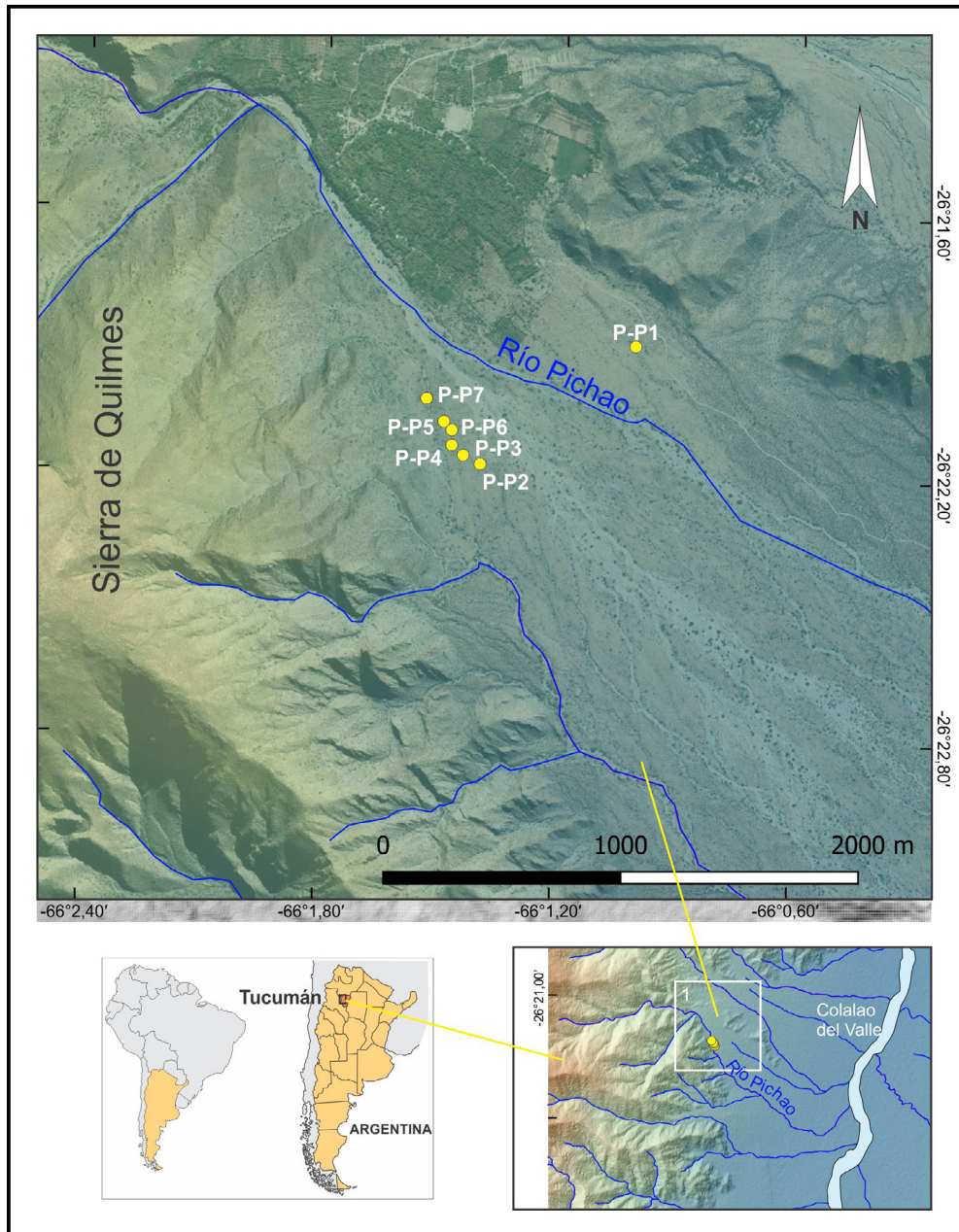


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio El Pichao (Tafí del Valle, Tucumán-Argentina). La ubicación y características de los perfiles P-Pn se detallan en el texto.

Finalmente, el Período Hispano-Indígena (1535 - 1667 DC) se inicia con la llegada de los españoles al NOA. Las poblaciones de los valles Calchaquíes en general y del valle de Santa María en particular, se vieron envueltas en un período de 130 años de resistencia a la ocupación. En el caso de El Pichao, durante este período las viviendas estaban agrupadas muy próximas al río El Pichao en un sector apical de un cono antiguo, estratégicamente ubicado oculto entre las primeras estribaciones de la sierra de Quilmes y separadas en general de los campos de cultivo, ubicados un poco más abajo (Stenborg, 2002).

Vegetación actual

El área de estudio se encuentra dentro de la estepa arbustiva, con dos estratos principalmente con especies como *Trichocereus atacamensis*, *Prosopis ferox*, *Gochnatia glutinosa*, *Senna crassiramea*, *Aphyllocladus spartioides*, *Cercidium andicola* y *Zuccagnia punctata*, entre otros. También otras Cactáceae de tipo rastrero como *Airampo a ayrampo*, *Tunilla tilcarensis*, *Parodia maassii*, *Parodia stuemeri*, y numerosas gramíneas como *Digitaria californica*, *Munroa argentina*, *Jarava leptostachya*, *Jarava media* o *Eragrostis andicola* (Aagesen et al., 2009).

En el sitio arqueológico de El Pichao, Cano (2011) relevó la vegetación local registrando 95 especies vegetales. Entre ellas, Cactáceae como *Gymnocalibycium saglionis*, *Gymnocalibycium spagazzini* y *Opuntia ficus-indica*. Arbustos como *Acacia aroma*, *Acacia caven*, *Acacia visco*, *Senna rigida*, *Caesalpinia gilliesii*, *Cercidium praecox* y *Geoffroea decorticans*. Árboles como *Prosopis alba*, *Prosopis nigra* y *Prosopis torquata*. Otras especies relevadas fueron *Nicotiana glauca*, *Nicotiana noctiflora* y *Solanum chroniostrichum*.

Materiales y métodos

Para el presente estudio se realizaron siete sondeos estratigráficos: seis excavados en terrazas agrícolas (P-P2 a P-P7) aguas arriba contra el muro de contención de las mismas, y un perfil testigo (P-P1), con fines comparativos, excavado en una zona sin rasgos de ocupación prehispánica. Dada la falta de elementos que permitan una descripción con criterios pedológicos, se establecieron capas artificiales de 10 cm que se muestrearon y fueron denominadas tal como se presenta en la Tabla 1. En los casos en que fue posible, se determinó mediante observaciones de campo la ocurrencia de otros rasgos específicos para cada perfil, tales como la presencia de límites entre las capas, características y presencia de material cerámico prehispánico, y la relación entre el sedimento y las estructuras prehispánicas presentes, especialmente la cementación de las terrazas y los derrumbes de las mismas.

Considerando las características de los perfiles obtenidos en laboratorio, se realizaron determinaciones de textura, color en húmedo y seco con tabla de Munsell y pH.

La textura se determinó por tamizado. En primer lugar, se hizo el desagregado mecánico y cuarteado de las muestras. Luego se colocó una submuestra de 25 gramos en un recipiente previamente pesado. Las mismas se secaron en estufa durante 12 horas a 50 °C, y se llevó adelante el pesaje del recipiente más la muestra utilizando balanza digital. Cada submuestra se tamizó durante 10 minutos utilizando una columna de cinco tamices con mallas desde 2 mm (-1 φ) a 0,062 mm (4 φ) para la separación de las fracciones granulométricas de arena hasta limo-arcilla. Por último, se realizó la conversión de los pesos a porcentaje y el cálculo de porcentaje acumulado de las fracciones y se registraron los datos en las planillas de las 55 muestras obtenidas, sobre las cuales se definieron las clases texturales.

Las determinaciones de pH se realizaron con peachímetro digital colocando 10 gramos de muestra en un vaso de precipitación al que se agregaron 25 ml de agua destilada, se agitó la mezcla con la ayuda de una varilla de vidrio hasta que las partículas quedaron en suspensión, y se dejó reposar 30 minutos. Pasado este tiempo se agitó nuevamente y de inmediato se midió el pH introduciendo el electrodo.

Análisis de fitolitos

Para el análisis de fitolitos las 55 muestras fueron procesadas mediante un tratamiento preliminar de acuerdo a Zucol et al. (2010), para eliminar toda sustancia que provoque la aglomeración de los elementos micropaleontológicos, de manera de liberarlos para facilitar su extracción. Consiste en la eliminación de sales solubles mediante lavado con agua destilada, carbonatos con ácido clorhídrico 1 N, materia orgánica con agua oxigenada al 30% en volumen y barnices y/o cementos con ácido clorhídrico 1 N en caliente. Después de una neutralización final del material remanente o “muestra limpia”, se procedió a la desagregación química con hexametafosfato de sodio. Sobre esta muestra se realizó una separación granulométrica en tres fracciones de tamaño de partículas sobre las que se centraron los estudios fitolíticos. Las fracciones gruesa (>250 µm de diámetro) y media (entre 53 y 250 µm de diámetro) se separaron por tamizado en húmedo, mientras que la fracción fina (entre 4 y 53 µm de diámetro) se separó por sifonado a partir de la suspensión de la muestra dispersada en agua destilada. Las fracciones media y fina se sometieron a una separación densimétrica con solución de politungstato de sodio (densidad de 2,345 g/cm³) por la técnica de centrifugación. De esta manera se extrajo el material liviano (incluyendo los fitolitos) presente en cada fracción. Este material concentrado se montó para su observación microscópica en preparados permanentes con Bálsamo de Canadá.

Los fitolitos fueron observados y fotografiados mediante un microscopio Nikon Eclipse E200 con montaje de cámara digital Nikon Coolpix S4. Para la caracterización de los morfotipos se utilizó el esquema clasificatorio y descriptores con sus respectivos acrónimos propuestos por Patterer et al. (2011). Posteriormente fueron clasificados según las tipologías morfológicas modificadas de acuerdo a Bertoldi de Pomar (1971), Twiss (1992), Kondo et al. (1994), Zucol (1996) y los descriptores propuestos por ICPNWG (2019). Los morfotipos en forma de cruz fueron identificados sobre la base de mediciones realizadas siguiendo la metodología de Piperino (1984) y Pearsall (2000). La cuantificación se hizo sobre el recuento de 400 fitolitos aproximadamente por muestra, y se realizaron diagramas fitolíticos utilizando el software POLPAL (Nalepka y Walanus, 2003). A estos grupos fitolíticos se les realizó un análisis multivariado utilizando el programa PAST (PAleontological STatistics; Hammer et al., 2007), y particularmente se aplicó un análisis de correspondencia y uno de escalamiento multidimensional métrico (NMDS), lo que permitió comparar los distintos perfiles con la intención de establecer vinculaciones entre las diferentes asociaciones fitolíticas de los perfiles del sitio.

Resultados

Perfiles analizados

Los sondeos se ubican a lo largo de una transecta que recorre el sitio en la zona apical/media del abanico aluvial sobre el cual se dispone el asentamiento, describiendo una catena. El perfil testigo pertenece a la misma unidad geomorfológica; fue incluido para obtener un patrón comparativo, y se ubica sobre el sector norte del abanico para evitar estructuras arqueológicas (ver Figura 1).

Todos los sondeos se excavaron hasta alcanzar un nivel de gravas que hicieron imposible profundizar con medios manuales. Al momento de excavar en el sector agrícola se tuvo en cuenta sobrepasar la base de los muros de las terrazas para tener un indicador concreto de actividad humana y además poder recuperar información respecto a las comunidades vegetales previas,

contemporáneas y posteriores a las explotaciones. La mayoría de los sondeos alcanzan los 90 cm de profundidad, por lo que están compuestos por ocho capas (C1-C8) (Tabla 1). No se han encontrado rasgos indicativos de estructuras pedológicas durante las descripciones realizadas, dando cuenta de la falta de formación de suelos propiamente. El análisis textural muestra perfiles muy homogéneos con fracción fina muy baja dominando las clases texturales arenosa, areno-franca y excepcionalmente franco-arenosa y franca. Los pH tienden a ser ligeramente alcalinos (alcanzando como máximo 8,9, pero en el perfil testigo (P-P1) el pH es ligeramente ácido, entre 6 y 5.

A pesar de la relativa homogeneidad observada en campo y corroborada en laboratorio, se ha verificado en todos los casos cambios texturales que han permitido identificar dos unidades sedimentarias bien definidas: la unidad superior se extiende hasta los 40-50 cm de profundidad; por debajo de la misma se extiende otra unidad que es sobre la cual se infiere la presencia de la superficie de explotación agrícola. En general, los cambios texturales anteriormente indicados se acompañan de variaciones en el pH y en algunos casos incluso el color (Tabla 1), aun el perfil testigo (P-P1) presenta estas características internas (Figura 2a). En el perfil P-P2 el muro asienta a unos 40 cm por debajo de la superficie actual del terreno (Figura 2b) y no se han registrado otros rasgos de interés. En el caso del perfil P-P3 el derrumbe del muro llega hasta

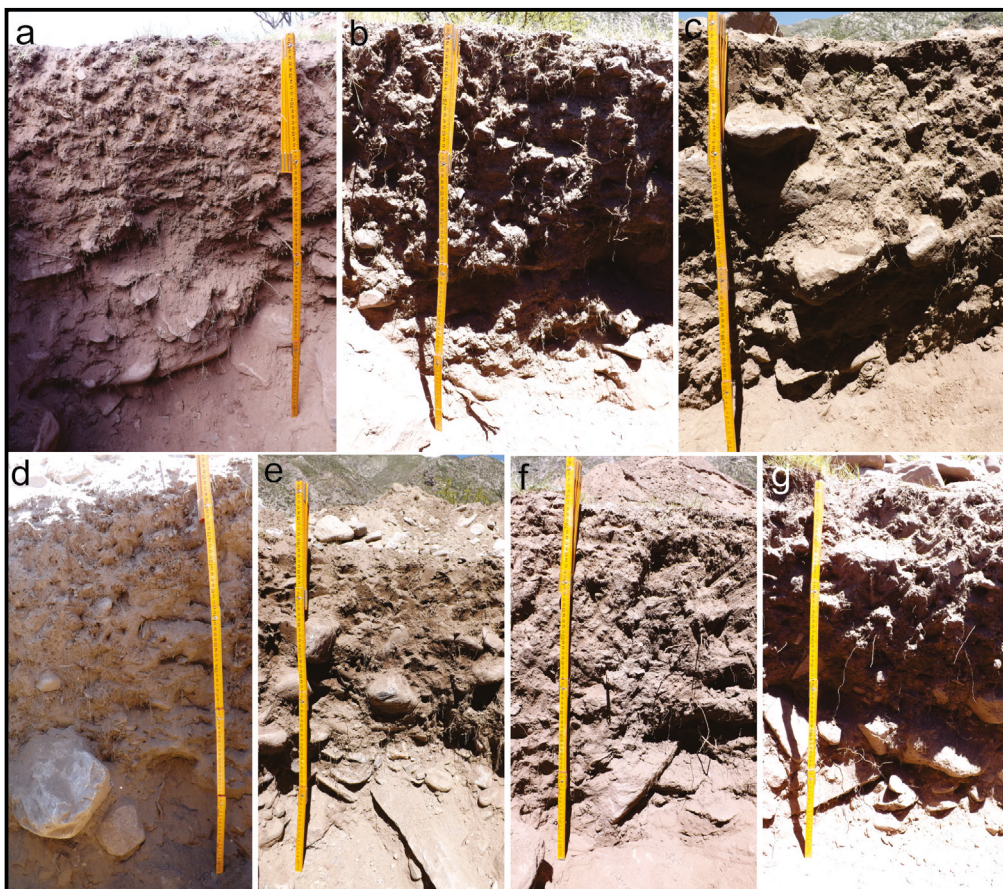


Figura 2. Vista comparativas de los perfiles de suelo excavados. En detalle: a) P-P1; b) P-P2; c) P-P3; d) P-P4, e) P-P5, y e) P-P6, f) P-P7.

los 50 cm, por debajo de este aumenta la pedregosidad, marcando un límite bien definido (Figura 2c). Además, se observan venillas de carbonato a medida que aumenta la profundidad. Esto coincide con una disminución notoria y marcada del pH que pasa de 8 (C5) a 5 (C6) para volver a 8 (C7) (Tabla 1). El perfil P-P4 presenta un sedimento muy homogéneo hasta la capa C4, donde el material es más fino y cohesivo, presentando textura areno-franca. Estos cambios texturales se acompañan de cambios significativos en el pH (de 8 a 6,5). A partir de los 60 cm el sedimento se torna más claro (de 10 YR a 7,5YR) y aparecen algunas estructuras subangulares medias débiles (Figura 2d). El perfil P-P5 es similar al anterior, con cambios en color y textura a los 50 cm (C5) en coincidencia con la base de los derrumbes de la terraza (Figura 2e). Los perfiles P-P6 (Figura 2f) y P-P7 (Figura 2g) son similares y no presentan rasgos específicos de relevancia.

Tabla 1. Características pedosedimentarias y de ubicación de los perfiles realizados en el sitio arqueológico El Pichao.

Perfil	Muestra	Prof. (cm)	pH	Textura	Color	
					Seco	Húmedo
P-P1 26°22'5,2"S 66°01'17,81"O 2032 m s.n.m.	C1	0-10	6,5	Areno franco	10 YR 3/4	10 YR 2/2
	C2	10-20	6	Arenoso	10 YR 4/1	10 YR 3/2
	C3	20-30	5,5	Areno franco	10 YR 4/3	10 YR 2/1
	C4	30-40	6	Arenoso	10 YR 4/2	10 YR 2/2
	C5	40-50	6	Areno franco	10 YR 4/3	10 YR 2/2
	C6	50-60	5	Areno franco	10 YR 4/3	10 YR 2/1
	C7	60-70	5,5	Areno franco	10 YR 3/4	10 YR 2/2
	C8	70-80	5	Arenoso	10 YR 3/2	10 YR 2/2
P-P2 26° 22'01,34"S 66° 01'32,29"O 2062 m s.n.m.	C1	0-10	8,7	Arenoso	10 YR 5/3	10 YR 4/4
	C2	10-22	8,7	Areno franco	10 YR 5/4	10 YR 5/5
	C3	22-32	8,9	Areno franco	10 YR 4/3	7,5 YR 4/4
	C4	32-42	8,6	Areno franco	7,5 YR 3/3	7,5 YR 4/4
	C5	42-60	8	Franco arenoso	7,5 YR 4/2	7,5 YR 5/2
	C6	60-70	8,5	Franco arenoso	10 YR 5/4	10 YR 4/3
P-P3 26°22'04,72"S 66°01'29,87"O 2050 m s.n.m.	C1	0-10	7,5	Arenoso	10 YR 6/3	10 YR 5/3
	C2	10-20	8,5	Arenoso	10 YR 6/4	10 YR 5/3
	C3	20-30	6	Areno franco	10 YR 5/3	10 YR 4/3
	C4	30-40	6,5	Arenoso	10 YR 5/4	10 YR 4/4
	C5	40-50	8	franco	7,5 YR 4/2	7,5 YR 3/3
	C6	50-60	5	Areno franco	7,5 YR 4/4	7,5 YR 3/3
	C7	60-70	8	Arenoso	7,5 YR 4/2	7,5 YR 3/3
	C8	70-80	6	Arenoso	10 YR 4/4	10 YR 3/4
	C9	80-90	8	Arenoso	10 YR 3/4	10 YR 4/3

P-P4 26°22'05,50"S 66°01'28,54"O 2046 m s.n.m.	C1	0-10	6	Arenoso	10 YR 5/4	10 YR 4/3
	C2	10-20	8	Arenoso	10 YR 5/4	10 YR 4/3
	C3	20-30	6,5	Arenoso	10 YR 6/2	10 YR 4/3
	C4	30-40	6,5	Areno franco	7/5 YR 4/2	7/5 YR 5/2
	C5	40-50	8	Arenoso	10 YR 3/2	10 YR 3/3
	C6	50-60	8	Arenoso	7.5 YR 4/2	7.5 YR 3/3
	C7	60-70	6,5	Arenoso	10 YR 3/2	10 YR 2/1
	C8	70-80	8	Arenoso	10 YR 4/3	10 YR 3/2
P-P5 26°22'09,02"S 66°01'26,83"O 2038 m s.n.m.	C1	0-10	6,5	Arenoso	10 YR 3/3	10 YR 2/1
	C2	10-20	6	Arenoso	10 YR 4/3	10 YR 2/2
	C3	20-30	7	Arenoso	10 YR 3/2	10 YR 2/2
	C4	30-40	6	Arenoso	10 YR 4/2	10 YR 2/2
	C5	40-50	8	Franco arenoso	10 YR 4/3	10 YR 4/4
	C6	50-60	6,5	Franco arenoso	10 YR 5/2	10 YR 2/1
	C7	60-70	7,5	Areno franco	10 YR 5/2	10 YR 2/2
	C8	70-80	8	Areno franco	10 YR 6/1	10 YR 3/2
P-P6 26°22'07,99"S 66°01'28,30"O 2041 m s.n.m.	C1	0-10	8	Areno franco	10 YR 3/4	10 YR 2/2
	C2	10-20	6,5	Areno franco	10 YR 3/2	10 YR 2/1
	C3	20-30	6	Areno franco	10 YR 4/3	10 YR 2/1
	C4	30-40	8	Arenoso	10 YR 4/2	10 YR 2/2
	C5	40-50	7,5	Areno franco	10 YR 4/3	10 YR 2/2
	C6	50-60	8,5	Areno franco	10 YR 3/2	10 YR 2/1
	C7	60-70	8	Areno franco	10 YR 3/1	10 YR 2/2
	C8	70-80	8	Arenoso	10 YR 4/1	10 YR 3/2
P-P7 26°22'02,25"S 66°01'32,29"O 2062 m s.n.m.	C1	0-10	7,5	Arenoso	7.5 YR 5/3	7.5 YR 4/3
	C2	10-20	6	Arenoso	7.5 YR 4/2	7.5 YR 4/4
	C3	20-30	5,5	Areno franco	7.5 YR 5/2	7.5 YR 4/2
	C4	30-40	6,5	Areno franco	7.5 YR 5/4	7.5 YR 4/4
	C5	40-50	6	Areno franco	7.5 YR 4/3	10 YR 4/4
	C6	50-60	7,5	Franco arenoso	10 YR 3/3	7.5 YR 3/4
	C7	60-70	6	Franco arenoso	7.5 YR 5/3	7.5 YR 4/3
	C8	70-80	5,5	Areno franco	7.5 YR 3/2	7.5 YR 4/2

Análisis de fitolitos

A partir de los recuentos de microrrestos se obtuvo una planilla en la cual se destacan las abundancias de cada morfotipo y luego esta información fue recopilada por muestra y por perfil para conformar una matriz básica de datos, con el fin de comparar y establecer la relación entre perfiles.

En forma generalizada puede considerarse que los perfiles estudiados han mostrado una asociación fitolítica relativamente uniforme, tomando en cuenta la presencia de los distintos morfotipos hallados y algunos de ellos que caracterizan las distintas secciones de los mismos. Los perfiles pueden describirse por la elevada abundancia en todos ellos de fitolitos de mayor tamaño como los aguzados (Ac), elongados prismáticos de contorno liso y aserrado (Mp), elongados prismáticos cortos (Mi), flabelados o en forma de abanico (Fl), elementos de conducción (Du) y elementos poliédricos (Sx). Mientras que, entre los fitolitos de menor tamaño, generalmente considerados elementos diagnósticos (Figura 3), la asociación se caracteriza por la presencia de elementos en forma de conos truncados (Ct), en forma de sillas de montar (Sm), halteriformes o bilobados (Ha), polilobados (Ph), en forma de cruces (Ch), botes festoneados (Sc), fitolitos de forma redonda (Ro), triangulares (Tr) y elementos globulares (Gl). De acuerdo a ello, y considerando la presencia/ausencia y las abundancias relativas de los morfotipos encontrados, es que se realizó la descripción de cada perfil. Los acrónimos, descripción y afinidad botánica de cada uno de fitolitos presentes en los perfiles analizados están representados en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los morfotipos analizados con sus respectivas afinidades botánicas.

Acrónimos	Descripción	Afinidad botánica
Ct05, 10	Forma de conos truncados largos y cortos	Danthonioide
Ha01, 03, 08, 13, 14,	Bilobados con cabezuelas globosas	Panicoide
Ph	Trilobados y plurilobulados	Panicoide
Sc01, 02	Forma de bote festoneado	Festucoide
Ro	Redondeados a elípticos	Pooide
Ch01, 02	Forma de cruz	Maidea
Sm01, 02	En forma de silla de montar colapsada y de bordes rectangulares	Chloridoide
Ac01, 02, 09	Elementos aguzados	No diagnósticos
Fl03, 04, 05, 06	Flabelados de forma redondeada, cóncava y convexa	No diagnósticos
Mp09, 10, Mx	Prismáticos elongados largos y cortos	No diagnósticos
Sx01	Poliédricos	No diagnósticos
Glo	Globulares sin espinas de gran y menor tamaño	Afines a plantas leñosas y Bromeliáceae

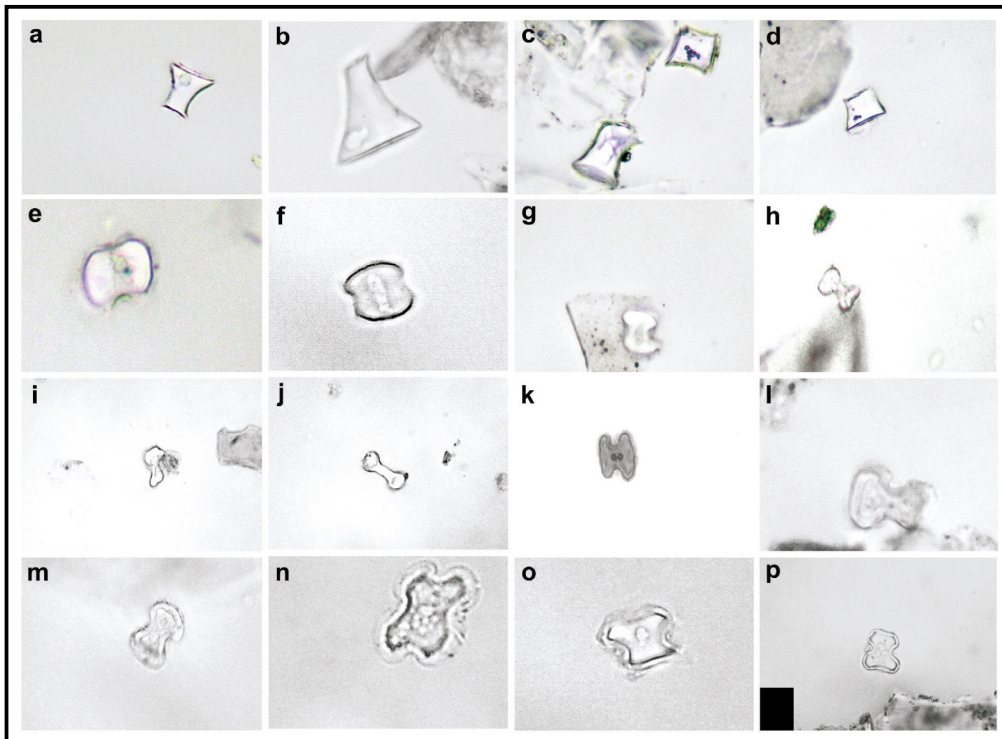


Figura 3. Fitolitos diagnósticos de pequeño tamaño. a-d) fitolitos en forma de conos; e-g) fitolitos en forma de silla de montar; h-m) fitolitos bilobados; n-p) en forma de cruz. Escala gráfica en p: 20 μ m.

El perfil testigo (**P-P1**) presenta gran cantidad de microrrestos silíceos (Figura 4a), la sección superior (C1 y C2) presenta elementos aguzados, bilobados, flabelados, prismáticos largos, conos truncados, poliédricos y elementos en forma de silla de montar. El análisis del clúster muestra que las asociaciones fitolíticas de las capas C3 a C5 están bastante separadas y con una asociación fitolítica particular que se ve reflejada en el diagrama, el cual permite observar picos de abundancia (Figura 4a), de morfotipos bilobados, en forma de botes festoneados y de sillas de montar, además de registrarse la presencia de elementos triangulares (Tr). En la sección inferior (C6 a C8), la abundancia de los elementos arriba descritos disminuye, siendo destacable la presencia de morfotipos no diagnósticos (Figura 4a).

El perfil **P-P2** tiene sus muestras distribuidas en dos secciones (inferior y superior). Las muestras C1 a C2 presentan picos de abundancia de elementos polilobados y conos truncados (Figura 4b). Las muestras que van de la capa C3 a la C6 incluyen, además, elementos en forma de cruces y fitolitos de forma redondeada, y el clúster muestra en estas capas picos de abundancia de diatomeas. La capa C3 posee elementos transicionales entre la sección suprayacente y la infrayacente. Las muestras de la sección inferior (C6 y C7) presentan fitolitos principalmente asociados a poaceas, con disminución en el número de panicoides (Figura 4b).

En el perfil **P-P3** se ha determinado que en las muestras de las capas C1 a C3, se pueden diferenciar morfotipos de mayor tamaño no diagnóstico como los aguzados, flabelados, elementos alargados y poliédricos. Los elementos de tamaño menor como cruces, sillas de montar y aquellos de forma redondeada se encuentran distribuidos en la sección que incluye las capas C3 a C6 y es, además, allí donde se observan sus picos de mayores abundancias. En las capas

inferiores se repiten los morfotipos descritos para las capas superiores. Las diatomeas también están presentes en mayor número en las capas C3 a C6 (Figura 4c).

El perfil **P-P4** presenta capas superiores (C1 a C3) en donde son abundantes los elementos aguzados, prismáticos, poliédricos, formas bilobadas, conos truncados y elementos en forma de silla de montar. Estos morfotipos dan cuenta de un tipo de vegetación adaptada a condiciones climáticas áridas y semiáridas. En las capas C3-C5 se observan picos de mayor abundancia de elementos en forma de cruz afines a maideas, en coincidencia con el aumento en el número de diatomeas y de formas afines a chloridoideas, con lo cual podría inferirse la presencia de riego en dichas capas de suelo. En las capas inferiores abundan morfotipos afines a vegetación herbácea adaptada a condiciones frías (Figura 4d).

En perfil **P-P5** las capas C1-C3 presentan en gran abundancia elementos fitolíticos no diagnósticos. La capa C3 se presenta con características transicionales de manera similar que en los otros perfiles, y las capas C4 a la C5 presentan mayores picos de abundancia de fitolitos en forma de cruz afines a panicoides, botes festoneados afines a festucoides y elementos redondeados afines a pooides. Las muestras de la sección inferior presentan abundancia de elementos de afinidad danthonioides, elementos bilobados y en forma de sillas de montar de afinidad chloridoides. El mayor aumento en el número de diatomeas se ve reflejado en las capas que van de la C3 a la C5. Elementos de forma globular se encuentran distribuidos a lo largo de toda la secuencia sedimentaria (Figura 5a).

El perfil **P-P6** presenta elementos no diagnósticos y que a su vez son los de mayor tamaño, se hallan distribuidos de manera uniforme en todo el perfil. Las capas C4 a la C6 se destacan del resto de los perfiles por presentar picos de abundancia de fitolitos diagnósticos entre los que se incluyen elementos en forma de cruces, sillas de montar, bilobados, botes festoneados (Sc01) y conos truncados en su sector medio y superior (Figura 5b).

El perfil **P-P7** presenta elementos en forma de silla de montar (Sm01 y Sm03) con un pico de abundancia en la capa C3. Las cruces afines a maideas se distribuyen desde la capa C5 hacia las capas superficiales, y los conos truncados afines a danthonioides presentan dos picos importantes en las capas C4 y C6, para luego disminuir hacia las capas superficiales (Figura 5c).

En síntesis, podría decirse que con base en el análisis de los clúster, en casi todos los perfiles se diferencian dos zonas, la de abajo de la superficie de estabilización y la de arriba de la misma. En el caso del P-P6, la superficie de estabilización se prolonga hasta la capa C4; mientras que en el P-P7 sí existe una zona intermedia C3-4 bien diferenciada. El P-P2 presenta las capas previas a la superficie de estabilización vinculada con las capas superiores.

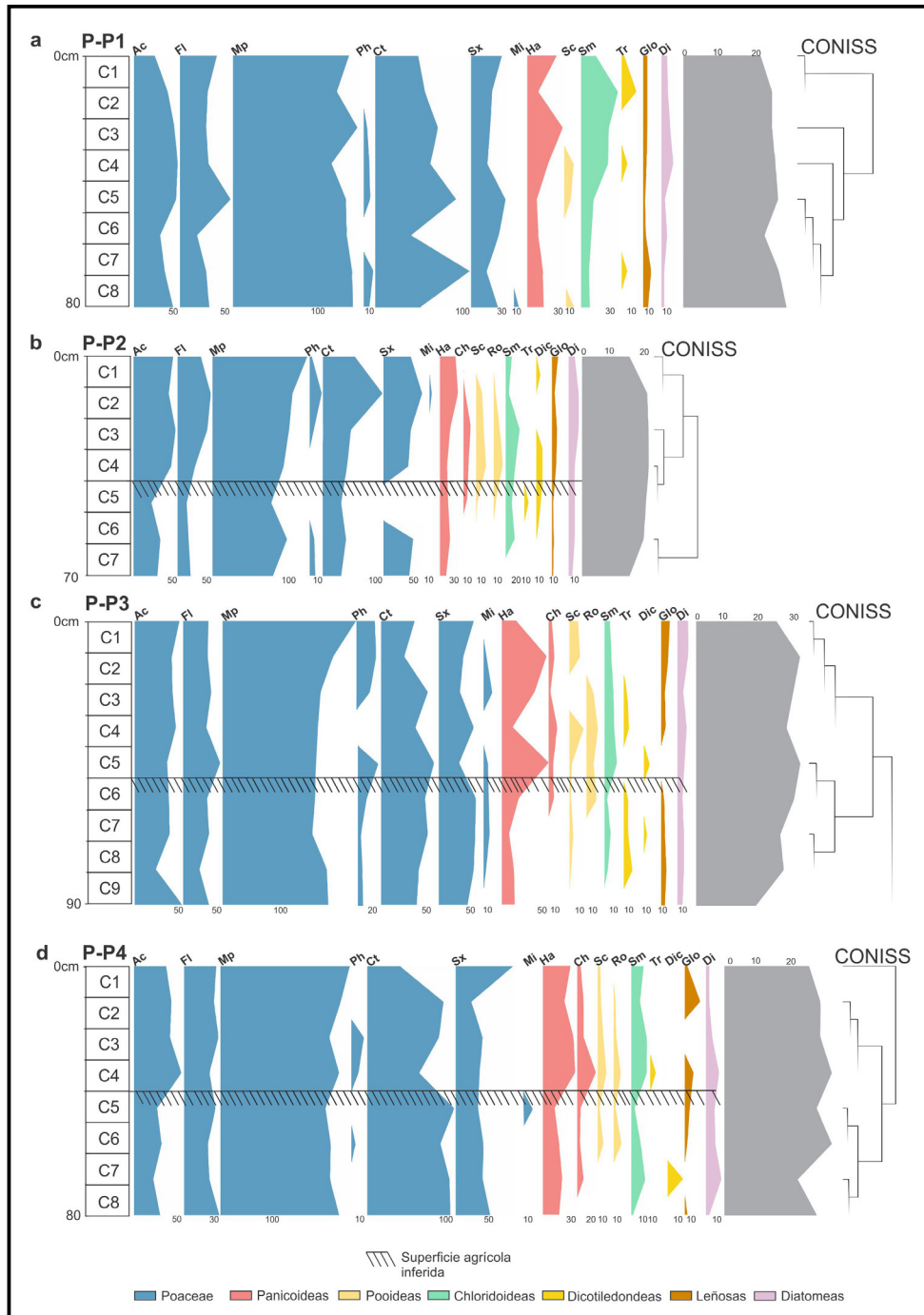


Figura 4. Diagramas fitolíticos del perfil testigo (P-P1) y de los agrícolas (en recuento). Se observan todas las muestras con el análisis de variabilidad de cada una de ellas mediante su rarefacción y el análisis de la distribución de los fitolitos. Agrupamiento de las muestras realizado mediante CONISS (*Constrained Incremental Sum of Squares cluster analysis*, mediante el método de transformación SQRT (*square root transformation*)). a) P-P1; b) P-P2; c) P-P3; d) P-P4. Ac: elementos aguzados, Ha: formas bilobadas, Fl: flabeliformes, Mp: fitolitos elongados de contorno liso y aserrado, Ct: conos truncados, Ch: cruces, Sm: en forma de silla de montar, Ph: halterios plurilobados, Sx: poliédricos, Sc: en forma de bote, Sx: poliédricos, Tr: triangulares, Mi: elementos elongados cortos, Ro: formas redondeadas, Dic: dicotiledóneas, Glo: leñosas, Di: diatomeas.

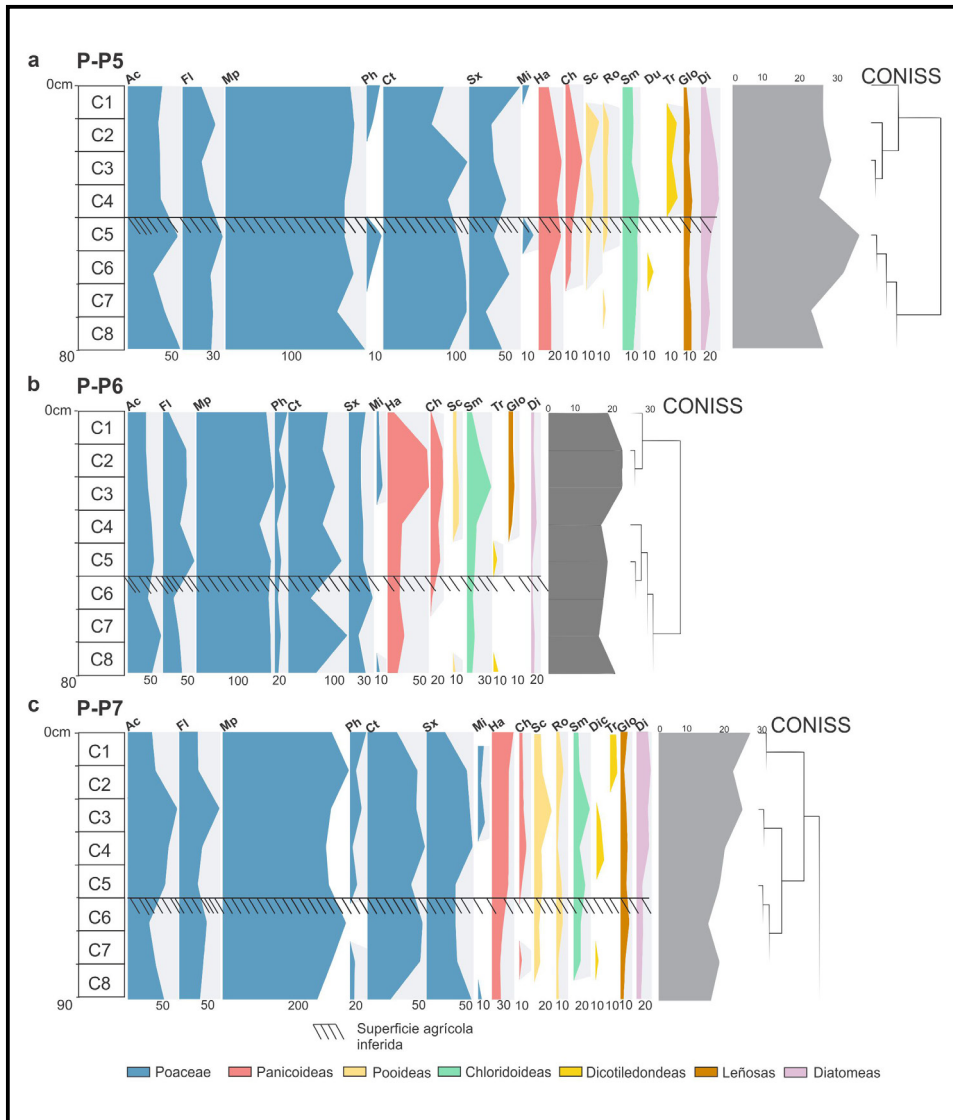


Figura 5. Diagramas fitolíticos de los perfiles agrícolas P-P5, P-P6 y P-P7 (en recuentos). Se observan todas las muestras con el análisis de variabilidad de cada muestra mediante su rarefacción y el análisis de la distribución de los fitolitos. Agrupamiento de las muestras realizado mediante CONISS (*Constrained Incremental Sum of Squares*) cluster analysis, mediante el método de transformación SQRT (*square root transformation*). a) P-P5; b) P-P6; c) P-P7. Ac: elementos aguzados, Ha: formas bilobadas, Fl: flabeliformes, Mp: fitolitos elongados de contorno liso y aserrado, Ct: conos truncados, Ch: cruces, Sm: en forma de silla de montar, Ph: halterios plurilobados, Sx: poliédricos, Sc: en forma de bote, Sx: poliédricos, Tr: triangulares, Mi: elementos elongados cortos, Ro: formas redondeadas, Dic: dicotiledóneas, Du: elementos de conducción, Glo: leñosas, Di: diatomeas.

Interpretación botánica

En general los perfiles presentan un registro de microfósiles que no es continuo entre la sección superior y el paleosuelo, lo cual se evidencia en el cambio de proporciones de los mismos y en el empobrecimiento de los materiales parentales.

En términos generales las muestras de las secciones inferiores de los perfiles dan cuenta de la presencia de una flora caracterizada por la presencia de elementos micro y megatérmicos como pooides, panicoides y danthonioides vinculados a condiciones ambientales más frías que las actuales. Hacia las capas superiores se observa una tendencia de estos elementos a disminuir, mientras que otros, como los fitolitos de panicoides y chlorioides, aumentan hacia el tope del perfil, como así también de las dicotiledóneas. Se observa un incremento de diatomeas, en especial donde se ha establecido la superficie de explotación agrícola, lo que daría cuenta de la presencia intencional de riego. Además, es aquí donde aparece un morfotipo (Ch01 y Ch02) vinculado a las maideas, lo cual permite interpretar que las condiciones, naturales o subsidiadas fueron más adecuadas para el desarrollo de cultivos.

Las asociaciones fitolíticas de las capas superiores (C1) muestran abundancia de elementos afines a condiciones áridas y frías, que podrían vincularse con la vegetación xérica propia del lugar, como así también la presencia de microrrestos globulares, sin espinas mayores a 25 µm perteneciente a plantas leñosas como *Prosopis* sp.

Análisis comparativos de los perfiles

Del análisis conjunto de todas las muestras (ya sea mediante escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) como por análisis de correspondencia (CA) (Figura 6a y 6b) se pudo evidenciar en primera instancia (NMDS) una clara diferenciación de las asociaciones fitolíticas del P-P1, de los restantes perfiles (con algunas excepciones, como por ejemplo las muestras superficiales de los perfiles P-P4 y P-P5), las restantes asociaciones se presentan bastante homogénea en este contraste. Con el objetivo de profundizar esta homogeneidad, se utilizó un análisis de correspondencia de las asociaciones fitolíticas de todos los perfiles excepto el P-P1, ya que por tratarse del testigo se separaba demasiado de los demás perfiles. Estos análisis muestran que, en realidad, esta homogeneidad está dada por un conjunto de asociaciones fitolíticas, que podríamos denominar muestras basales o de las secciones inferiores (Figura 6c y 6d); mientras que las muestras de las secciones medias y superiores se presentan de acuerdo a conjuntos de perfiles, tales como P-P2-P-P3, P-P4-P-P5 y P-P6-P-P7.

Por otra parte, en la mayoría de los casos se observó un incremento de la variabilidad en las secciones medias de los perfiles en torno a las superficies de estabilización (Figura 4 y Figura 5), con una caída de la variabilidad hacia las secciones basales, las cuales se caracterizan también por una menor presencia de elementos halteriformes, halterios polilobulados, cruciformes elementos en forma de bote y diatomeas; estos demarcan mayores abundancias en las secciones medias a superiores. Los elementos en forma de silla de montar, los globulares y en forma de conos truncados, como así también algunos no diagnósticos (tales como los aguzados, poliédricos, flabelados y elongados) se presentaron a lo largo de todas las asociaciones de los perfiles.

Mientras que las secciones medias-superiores de los perfiles mostraron algunas particularidades, es el caso del perfil P-P2 que tiene una composición fitolítica particular diferente al resto de los perfiles y conjuntamente con parte del P-P3 se diferencia de los demás.

Los niveles medios-superiores de los P-P4 y P-P5, por otra parte, tienen composición fitolítica semejante entre sí pero diferente al resto de los perfiles. A su vez, el perfil P-P6 posee marcada diferenciación de las restantes asociaciones (con excepción de algunas muestras del P-P7 y P-P3).

La sección superior de todos los perfiles comparte la presencia de elementos aguzados, flabellados, elongados, prismáticos cortos y largos, bilobados, conos truncados, elementos en forma de bote festoneados y en forma de silla de montar. Esta sección de los perfiles estaría mostrando las condiciones actuales en las que se desarrolla la vegetación, evidenciado por el aumento de los elementos de afinidad panicoides y danthonioides de acuerdo a cada grupo de perfiles. Mientras que la sección media (que incluye las capas de sedimento que van desde la capa C3 a la C5 o C6 según el perfil) se encuentra vinculada con las superficies de ocupación humana en dichas secciones, con abundancia de fitolitos tales como morfotipos de gramíneas (panicoides, festucoides y chloridoides) que indican condiciones más áridas y semiáridas que las actuales. Estos morfotipos presentan sus picos de abundancia en coincidencia con la etapa de estabilidad y manejo agrícola del suelo, y su presencia es coincidente con un incremento de la cantidad de diatomeas encontradas que darían cuenta de momentos de mayor disponibilidad hídrica del sustrato. Esto podría estar relacionado con la presencia de riego para desarrollar determinados cultivos como el maíz, evidenciado por la presencia de las cruces de las maidesas en las secciones media-superior.

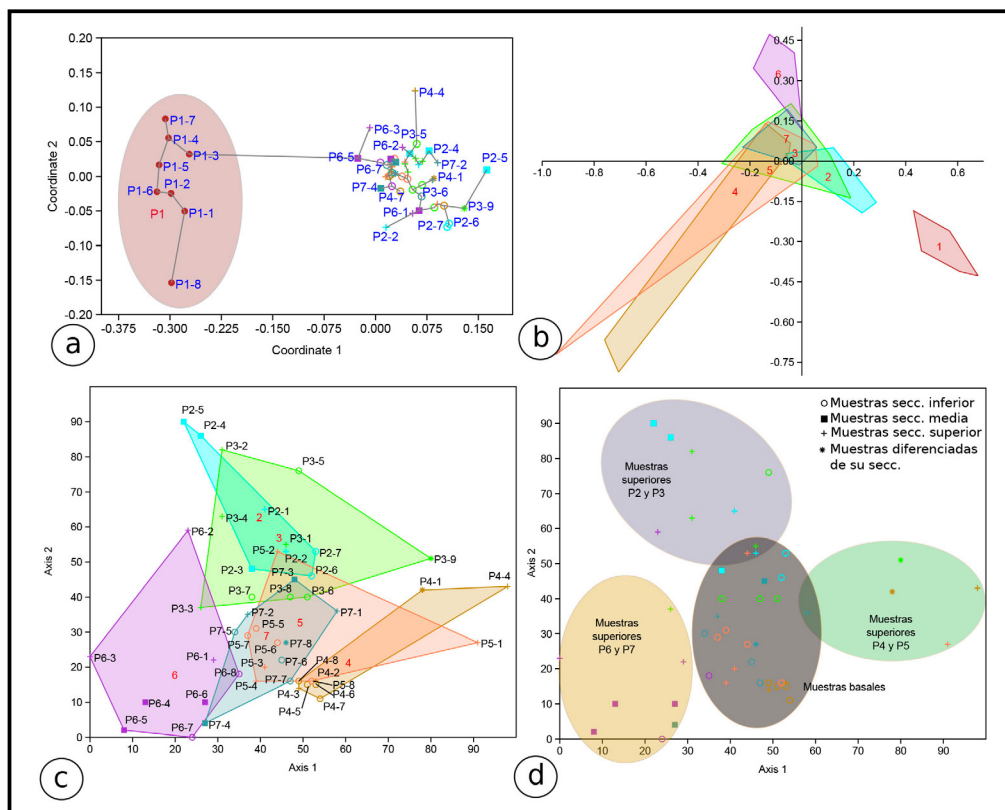


Figura 6. Análisis multivariado de las asociaciones fitolíticas analizadas. a) Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS); b) Análisis de correspondencia (CA); c) Análisis de correspondencia (CA) de los perfiles P-P2, P-P3, P-P4, P-P5, P-P6 y P-P7 considerando sus muestras; d) Análisis de correspondencia (CA) de los perfiles P2, P3, P4, P5, P6 y P7 teniendo en cuenta su posicionamiento en cada perfil.

La asociación fitolítica de la sección inferior (capas C6-C7 a la C8-C9 según el perfil) de todos los perfiles indica que la vegetación antes del desarrollo de las ocupaciones humanas fue dominada por elementos danthonioides característicos de plantas herbáceas típicas de zonas climáticas templadas-frías.

Discusión

El perfil testigo P-P1 refleja las condiciones naturales del conjunto sedimentario sin utilización agrícola. En él, los elementos fitolíticos de las capas superficiales y subsuperficiales reflejan las condiciones actuales de vegetación y están representados por elementos no diagnósticos y afines a gramíneas. Mientras que en las capas inferiores se observan morfotipos afines a chloridoideae y panicoideae. Las chloridoideae son más abundantes en las capas C1 a la C3. A partir de esta capa hacia las zonas inferiores aparecen morfotipos festucoideae que aumentan en abundancia, lo que daría cuenta de un ambiente más árido que el actual. Los conos truncados afines a danthonioides presentan picos de abundancia a partir de la capa C5 hacia la base del perfil, reflejando condiciones climáticas frías de tendencia árida, con la reaparición de festucoideae y disminución de sillas de montar y diatomeas. El análisis de rarefacción de las muestras presenta una escasa variabilidad de fitolitos en este perfil.

Los perfiles antropizados, a diferencia del perfil testigo, comparten la presencia de morfotipos graminoideae, de afinidad danthonioideae, panicoideae y pooideae. Las capas del centro (C3, C4 y C5) de estos perfiles en general presentan picos de abundancia de formas afines a panicoideae, chloridoideae y festucoideae. Mientras estos aumentan, los morfotipos pooideae disminuyen. Esto se da en coincidencia con los cambios fisicoquímicos registrados en esas capas del suelo (entre los 40 y los 60 cm), entre los que se observa por ejemplo cambios en el color, textura y en los valores de pH. Esto coincide además con el derrumbe de la pared y la presencia de estructuras subangulares medios en el P-Pn que indican que en algunos casos se dieron condiciones mínimas para una edafización incipiente que se vio truncada una vez cesada la manipulación humana.

Los morfotipos Ch01 y Ch02 se asemejan al reconocido por otros autores en lo que respecta al diámetro y longitud de los lóbulos que lo forman (Piperno, 1984; Pearsall, 1987; Piperno y Pearsall, 1998; Pearsall, 2000) y podría vincularse al desarrollo de maideae en dichas capas del suelo durante el Período de Desarrollo Regionales. Hasta el momento el morfotipo en cruz no ha sido registrado en el área de estudio. Para el mismo período, pero en la localidad de Yas-yamayo (piedemonte occidental de Cumbres Calchaquíes), Lefebvre et al. (2020) registraron la presencia de un morfotipo semejante a este en las capas asociadas al desarrollo de actividad agraria contemporánea. Estos mismos autores (2020) pero en la localidad de Molle Yaco registraron la presencia de diatomeas en terrazas agrícolas, lo que daría cuenta de las estrategias de manejo (presencia de riego) empleadas por los grupos humanos de esta zona en el pasado. Se podría inferir que por la presencia de morfotipos afines a chloridoideae y la abundancia de las diatomeas en la sección media de los perfiles, las terrazas de Pichao pudieron ser irrigadas o al menos concentrar humedad, tal como lo proponen Korstanje et al. (2014) en los análisis múltiples realizados para perfiles antropizados del valle El Bolsón, pero durante el Período Temprano o Formativo. Los fitolitos en forma de cruz (Ch01 y Ch02) asociados al cultivo del maíz también se identificaron en terrazas ubicadas en la zona de Ambato (Los Varela, Catamarca) junto a otros morfotipos de gramíneas para describir ocupaciones durante el primer milenio DC (Zucol et al., 2015).

En el sitio arqueológico de El Pichao no se encontraron morfotipos de otras familias potencialmente relacionadas a especies cultivadas, tales como Curcubitaceae, los cuales sí fueron descritos para el valle de El Bolsón (Catamarca) por Korstanje, aunque para el Período Formativo (2009). En el valle de Santa María, más precisamente en El Pichao, se registraron macrorestos de *Zea mays* (Cano, 2011), y también de otras especies cultivadas de las cuales en el presente trabajo no se identificaron.

Respecto a las características paleoambientales del sector estudiado, los conjuntos fitolíticos analizados incluyen elementos afines a panicoides, festucoides y chloridoides. Esto da cuenta de que los cultivos en la zona de El Pichao se desarrollaron en un contexto de condiciones áridas a semiáridas durante el Período de Desarrollo Regionales.

La zona inferior de los perfiles estudiados en Pichao se encuentra dominada por elementos pooides-festucoides y danthonioides, lo cual evidenció una vegetación herbácea característica de condiciones climáticas templado-frías, mientras que las capas media y superior estuvieron representadas por elementos panicoides y chloridoides que se vinculan con una vegetación de características más cálidas que la actual, con una tendencia a establecerse la vegetación que se conoce hoy en día. Sucesos semejantes fueron descritos en la localidad de Caspinchango (provincia de Catamarca) por Lanzelotti y Zucol (2019) para el Período de Desarrollos Regionales.

Los resultados obtenidos indican alternancia de períodos fríos y quizás relativamente más húmedos hasta el establecimiento de las condiciones actuales cálidas y secas; pasando por un período de aridez más marcada. Es notoria la presencia de tres secciones en los perfiles, la inferior reflejando condiciones frías, previas a la explotación intensiva del sitio datada entre fines del Formativo y los Desarrollos Regionales. Los estudios paleoambientales locales y regionales evidencian que en los inicios del Holoceno Superior las condiciones eran más frías y húmedas que en la actualidad y se extienden hasta inicios del Formativo en el NOA, favoreciendo el establecimiento de las sociedades agropastoriles tempranas (Sampietro Vattuone y Peña Monné, 2016). Sin embargo, las secciones medias de los perfiles agrarios presentan asociaciones fitolíticas que reflejan alteraciones vinculadas a las actividades de explotación, acompañadas de elementos característicos de condiciones más áridas que las actuales. Estos tiempos son contemporáneos con el deterioro ambiental global que se produjo durante la Anomalía Climática Medieval durante la cual se han establecido períodos de extrema aridez en el valle de Santa María evidenciados por etapas de activación dunaria datadas en ca. 1000 AD, ca. 1300 AD y ca. 1600 AD, aproximadamente (Peña Monné et al., 2015; Sampietro Vattuone et al., 2018a). Los perfiles muestran la presencia de humedad respecto de esos tiempos con el establecimiento de las condiciones áridas que prevalecen en la actualidad. Esto podría relacionarse con las oscilaciones húmedas de la Pequeña Edad del Hielo reflejadas en otros perfiles del valle (Sampietro Vattuone et al., 2018b), ya que las diatomeas aparecen en esta cronología probablemente como consecuencia de acciones antrópicas. En conjunto, la información recuperada muestra la compleja articulación entre oscilaciones ambientales y el impacto de las ocupaciones humanas en la zona.

Conclusiones

El análisis fitolítico llevado a cabo en el presente estudio constituye una herramienta metodológica válida para la interpretación de procesos tanto antrópicos como paleoambientales ocurridos durante el Holoceno Superior en el sitio arqueológico El Pichao.

El conjunto de fitolitos encontrados permite establecer la evolución de las condiciones ambientales, dejando evidencia de un período frío de tendencia árida previo al establecimiento de las ocupaciones humanas en El Pichao. Durante el período de ocupación, esencialmente durante los Desarrollos Regionales, las condiciones ambientales fueron cálidas y muy áridas, más que las actuales. Aun así, el terreno fue acondicionado para su explotación agrícola probablemente con la aplicación de prácticas de irrigación. Tras estos momentos de máxima aridez, hubo una leve recuperación de los niveles de humedad que se mantienen hasta la actualidad con un clima árido y cálido.

En relación al período de explotación agrícola, la presencia de fitolitos en forma de cruz (afines a maideas) en la sección media de todas las terrazas agrícolas estudiadas aparece de manera conjunta y en concordancia con los morfotipos afines a chloridoides y el aumento en el número de diatomeas. Esto daría cuenta de que las maideas podrían haber sido cultivadas en ese ambiente árido probablemente con regadío intencional.

Agradecimientos

A la comunidad india Quilmes, especialmente a su cacique, el Sr. Francisco Chaile y la Sra. Delegada Laura Liendro por su apoyo incondicional; al Dr. Mario Gabriel Maldonado y la Dra. Marta Amelia Vattuone por su apoyo de campo. Esta investigación fue subvencionada con los subsidios PIP 837, PICT2018-1119, PICT2017-2255, PIUNT G629.

Referencias citadas

- Aagesen, L., Szumik, C. A., Zuloaga, F. O. y Morrone, O. (2009). Quantitative biogeography in the South America highlands - recognizing the Altoandina, Puna and Prepuna through the study of Poaceae. *Cladistics*, 25, 295-310. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-0031.2009.00248.x>.
- Bertoldi de Pomar, H. (1971). Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, 8, 317-328.
- Borrelli, F., Osterrieth M. y Marcovecchio, J. (2008). Interrelations of vegetal cover, silicophytolith content and pedogenesis of Typical Argiudolls of the Pampean Plain, Argentina. *Catena* 75, 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.05.001>.
- Cano, S. F. (2011). *Utilización de Recursos Vegetales y Subsistencia en el Valle de Santa María durante el Período de Desarrollos Regionales: Un Caso de Estudio en el Sitio El Pichao (S Tuc Tav 5)*. Tesis de grado para optar al título de Arqueólogo. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Diamond, J. (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, 418(8), 34- 41.

- Fernández Distel, A., Cámara Hernández, J. y Miente Alzogaray, A. M. (1995). Estudio del maíz arqueológico de Huachichocana II, Provincia de Jujuy, Noroeste de la Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 20, 189-204.
- Fernández Honaine, M., Oterrieth, M. L. y Zucol, A. F. (2009). Plant communities and soil phytolith assemblages relationship in native grasslands from southeastern Buenos Aires province, Argentina. *Catena*, 76(1), 89-96.
- Gallego, L., Distel, A. R., Camina, R. y Rodríguez Iglesias, R. M. (2004). Soil phytoliths as evidence for species replacement in grazed rangelands of central Argentina. *Ecography*, 27, 1-8.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2007). *PAST - Palaeontological Statistics*, 75, 86 pp. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- IPCNWG (2019). International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, 96(2), 253-260; doi:10.1093/aob/mci172.
- Iriarte, J. y Paz, E. A. (2009). Phytolith analysis of selected native plants and modern soils from southeastern Uruguay and its implications for paleoenvironmental and archeological reconstruction. *Quaternary International*, 193(1), 33-123. <http://10.1016/j.quaint.2007.10.008>.
- Kaplan, L., Smith, M. B. y Sneddon, L. A. (1992). Cereal grain phytoliths of Southwest Asia and Europe. En Rapp, G. Jr. y S.C. Mulholland, S. C. (Eds.). *Phytolith Systematics. Emerging Issues. Advances in Archaeological and Museum Science*, 1, 149-174.
- Kondo, R., Childs, C., Atkinson, I. (1994). *Opal phytoliths of New Zealand. Maanaki Whenua Press*, 85.
- Korstanje, M. A. (2009). Microfósiles y Agricultura Prehispánica: Primeros resultados de un análisis múltiple en el NOA. En Zucol, A. F., Osterrieth, M., Brea, M. y Borrelli, N. (Eds.). *Fitolitos: Estado actual de su conocimiento en América de Sur*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Korstanje, M. A. y Cuenya, P. (2008). Microfósiles y agricultura prehispánica: Primeros resultados de un análisis múltiple en el Noroeste Argentino. En Zucol, A. F., Osterrieth, M. y Brea, M. (Eds.). *Fitolitos: Estado actual de su conocimiento en América del Sur*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Korstanje, M. A., Cuenya, P. y Maloberti, M. (2014). El análisis múltiple de microfósiles como herramienta para estudiar paisajes agrícolas y prácticas campesinas: Una síntesis metodológica. En Belmar, C. y Lema, V. (Eds.). *Avances y desafíos metodológicos en Arqueobotánica: Miradas consensuadas y diálogos compartidos desde Sudamérica* (pp. 252-275). Santiago de Chile: Universidad SEK.
- Kulemeyer, J., Lupo, L., Madozzo Jaén, M. C., Cruz, A., Cuenya, P., Maloberti, M., Cortés, G. y Korstanje, A. (2013). Desarrollo del Paisaje Holoceno en la Cuenca de El Bolsón: gente y ambiente en procesos de cambio y estabilidad. *Diálogo Andino*, 41, 25-44. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812013000100003>.
- Lanzelotti, S. L. y Zucol A. F. (2019). Cercanía espacial y distancia temporal entre una unidad doméstica y las estructuras agrícolas adyacentes en el valle de Yocavil. *Relaciones Antropológicas*, 20(1), 137-152. <http://dx.doi.org/10.3906/bot-1312-72>.
- Lefebvre, M. G., Colobig, M. M., Zucol, A. F., Maldonado, M. G., Sampietro Vattuone, M. M. (2020). Análisis fitolítico del sitio arqueológico Yasyamayo (Santa María - Tucumán - Argentina): Procesos antrópicos y paleoambientales. *Chungara. Revista de Antropología Chilena*, (52)1, 93-111. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562020005000203>.

- Lefebvre, M. G., Colobig, M. M., Zucol, A. F., Maldonado, M. G., Sampietro Vattuone, M. M. (2020). Análisis fitolítico de secuencias pedosedimentarias presentes en la localidad de Molle Yaco (Santa María-Tucumán-Argentina): agricultura prehispánica y paleoambiente. *Comechingonia. Revista de Arqueología*, 24(2), 77-103. <https://doi.org/10.37603/2250.7728.v24.n2.28716>.
- Maldonado, M. G. (2016). *Cambios en la Apropiación del Espacio durante el Período Agroalfarero Prehispánico en la Vertiente Oriental de la Sierra de Quilmes (Tucumán, Argentina)*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Maloberti, M. (2014). Prácticas campesinas en emplazamientos agrícolas formativos: El caso del Alto Juan Pablo (Belén, Catamarca). *Comechingonia*, 18(1), 139-159. <https://doi.org/10.37603/2250.7728.v18.n1.27630>
- Matsutani, A. (1972). Spodographic analysis of ash from the Kotosh site: A preliminary report. En Izum, S. y Terada, K. (Eds.). *Andes 4: Excavations at Kotosh, Peru, 1963 and 1966* (pp. 319- 326). Tokyo: University of Tokyo Press.
- Nalepka, D. y Walanus, A. (2003). Data processing in pollen analysis. *Acta Paleobotanica*, 43(1), 125-134.
- Patterer, N. I., Passeggi, E., Zucol, A. F. (2011). Análisis fitolíticos de suelos del sudoeste de la Provincia de Entre Ríos (Argentina) como una herramienta para comprender sus procesos pedológicos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28(1), 32-146.
- Pearsall, D. M. (1987). Evidence for prehistoric maize cultivation on raised fields at Peñon del Río, Guayas, Ecuador. En *Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region* (Part 2), 279-296. BAR International Series 359.
- Pearsall, D. M. (2000). *Paleoethnobotany: A handbook of procedures*. San Diego, CA: Academic Press.
- Pearsall, D. M. (2008). Plant Domestication and the Shift to Agriculture in the Andes. En Silverman, H. e Isbell, W. (Eds.). *The Handbook of South American Archaeology* (pp. 105-120). Nueva York, NY: Springer.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. y McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences Discussions. *European Geosciences*, 11(5), 1633-1644.
- Peña Monné, J. L., Sampietro Vattuone, M. M., Maldonado, M. G., Cano, S. F. y Aguirre, M. G. (2016). Contexto geomorfológico y problemas de conservación en el sitio arqueológico El Pichao (valle de Santa María, Noroeste Argentino). En Sampietro Vattuone, M. M. y Peña Monné, J. L. (Eds.). *Geoarqueología de los Valles Calchaquíes* (pp. 165-184). Tucumán: Laboratorio de Geoarqueología, Universidad Nacional de Tucumán.
- Peña Monné, J. L., Sancho Marcén, C., Sampietro Vattuone, M. M., Rivelli, F., Rhodes, E. J., Osácar Soriano, M. C. y García Giménez, R. (2015). Geomorphological study of the Cafayate dune field (Northwest Argentina) during the last millennium. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 438, 352-363. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.08.028>.
- Piperno, D. R. (1984). A comparison and differentiation of phytoliths from maize and wild grasses: use of morphological criteria. *American Antiquity*, 49, 361-83. <https://doi.org/10.2307/280024>
- Piperno, D. R. y Pearsall, D. M. (1998). *The origins of agriculture in the Lowland Neotropics*. San Diego, CA: Academic Press.

- Piperno, D. y Stothert, K. E. (2003). Phytolith Evidence for Early Holocene Cucurbita Domestication in Southwest Ecuador. *Science*, 14, 1054-1057.
- Planella, M. T., Falabella, F., Belmar, C. y Quiroz, L. (2014). Huertos, chacras y sementeras. Plantas cultivadas y su participación en los desarrollos culturales de Chile central. *Revista Española de Antropología Americana*, 44(2), 495-522. https://doi.org/10.5209/rev_REAA.2014.v44.n2.50727
- Rovner, I. (1971). Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. *Quaternary Research*, 1, 345-359.
- Sampietro Vattuone, M. M. y Peña Monné, J. L. (2016). Geomorphological dynamic changes during the Holocene through ephemeral stream analyses from Northwest Argentina. *Catena*, 147, 663-677. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.08.029>.
- Sampietro Vattuone, M. M. y Peña Monné, J. L. (2019). Geomorphology of Tafí valley (Tucumán Province, Northwest Argentina). *Journal of Maps*, 15(2), 177-184. <https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1567403>.
- Sampietro Vattuone, M. M., Peña Monné, J. L., Maldonado, M. G., Marcén, C. S., Báez, W. A., Sola, A. M. y Blasi, A. M. (2018a). Cambios ambientales durante el Holoceno superior registrados en secuencias morfosedimentarias fluvio-eólicas del Valle de Santa María (Noroeste Argentino). *Boletín Geológico y Minero*, 129(4), 647-669. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.129.4.004>.
- Sampietro Vattuone, M., Peña Monné, J. L., Roldán, J., Maldonado, M., Lefebvre, M. y Vattuone, M. (2018). Human driven geomorphological processes and soil degradation in Northwest Argentina: A geoarchaeological view. *Land Degradation & Development*, 29(11), 3852-3865. <https://doi.org/10.1002/ldr.3128>.
- Sayago, J. M., Neder, L. del V. y Puchulu, M. E. (1998). Suelos. En Gianfrancisco, M., Puchulu, M. E., Durango de Cabrera, J. y Aceñolaza, F. G. (Eds.). *Geología de Tucumán* (pp. 275-284). Tucumán: Colegio de Graduados de Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Stenborg, P. (2002). *Holding Back History – Issues of Resistance and Transformation in a Post-Contact Setting, Tucumán, Argentina c. A.D. 1536-1660*. Tesis Doctoral. Gotarc. Serie B. Arkeologiska Skrifter. Gotemburgo, Suecia.
- Stephens, L., Fuller, D., Boivin, L., Rick, T., Gauthier, N., A. Kay, A. ... Ellis, E. (2019). Archaeological assessment reveals Earth's early transformation through land use. *Science*, 365(6456), 897-902. <https://10.1126/science.aax1192>.
- Twiss, P. C. (1992). Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En Rapp, G. Jr y Mulholland, S. C. (Eds.). *Phytoliths Systematics. Emerging Issues. Advances in Archaeological and Museum Science*, 1, 113-128.
- Twist, P. C., Suess, E. y Smith, R. M. (1969). Morphological classification of grass phytoliths: Soil science of America. *Proceeding*, 33, 109-115.
- Williams, V., Korstanje, M. A., Cuenya, P. y Villegas, P. (2010). La Dimensión Social de la Producción Agrícola en un Sector del Valle Calchaquí Medio. En Korstanje, M. A. y Quesada, M. (Eds.). *Arqueología de la Agricultura: Casos de Estudio en la Región Andina Argentina* (pp. 178-207). Argentina: Magma.
- Zucol, A. F. (1996). Microfitolitos de las Poaceae argentinas: I. Microfitolitos foliares de algunas especies del género *Stipa* (Stipeae: Arundinoideae), de la Provincia de Entre Ríos. *Darwiniana*, 34, 151-172.

- Zucol, A. F., Colobig, M. M. y Figueroa, G. G. (2012). Estudio de microrrestos silíceos en sistemas de aterrazamiento del primer milenio DC en el Valle de Ambato (Andes del sur), Catamarca, Argentina. *Intersecciones en Antropología*, 13(1), 163-179. <https://doi.org/10.37603/2250.7728.v24.n2.28716>
- Zucol, A. F., Figueroa, G. G. y Colobig, M. M. (2015). Nuevos aportes para la caracterización de terrazas de cultivo del primer milenio d.C. en el valle de Ambato (Andes del Sur, Catamarca, Argentina) mediante el análisis de microrrestos. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 40(2), 425-454. <https://doi.org/10.37603/2250.7728.v24.n2.28716>.
- Zucol, A. F., Passeggi, E., Brea, M., Patterer, N. I., Fernández Pepi, G. y Colobig, M. M. (2010). Phytolith analysis for the patrokaike lake drilling proyect: sample treatment protocols for the pasado microfossil manual. En Corbella, H. y Maidana, N. I. (Eds.). *1ª Reunión Internodos del Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral y 1er Workshop Argentino del Proyecto Potrok Aike MaarLake Sediment Archive Drilling Project* (pp. 81-84). Buenos Aires: Proyecto Editorial PIPA.