

**ANÁLISIS FITOLÍTICO DE SECUENCIAS PEDOSSEDIMENTARIAS
PRESENTES EN LA LOCALIDAD DE MOLLE YACO (SANTA MARÍA-
TUCUMÁN-ARGENTINA): AGRICULTURA PREHISPÁNICA Y
PALEOAMBIENTE**

**PHYTOLITHIC ANALYSIS OF PEDOSSEDIMENTARY SEQUENCES
PRESENT IN THE LOCALITY OF MOLLE YACO (SANTA MARÍA-TUCUMÁN-
ARGENTINA): PREHISPANIC AGRICULTURE AND PALEOENVIRONMENT**

María Gisela Lefebvre¹, María Milagros Colobig², Alejandro Zucol³, María Gabriela Maldonado⁴, María Marta Sampietro Vattuone⁵

¹ Laboratorio de Geoarqueología. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. UNT. CONICET. Av. Alem 114, 4000, Tucumán, Argentina.

Email: gisela_lefebvre_2005@hotmail.com

² Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP-UADER-Provincia de Entre Ríos-CONICET), Dr. Materi y España SN, E3105BWA, Diamante, Argentina. Email: milagroscolobig@gmail.com,

³ Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP-UADER-Provincia de Entre Ríos-CONICET), Dr. Materi y España SN, E3105BWA, Diamante, Argentina. Email: cidzucol@gmail.com

⁴ Laboratorio de Geoarqueología. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. UNT. CONICET. Av. Alem 114, 4000, Tucumán, Argentina.

Email: gabrielmaldonado23@yahoo.com.ar

⁵ Laboratorio de Geoarqueología. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. UNT. CONICET. Av. Alem 114, 4000, Tucumán, Argentina.

Email: sampietro@tucbbs.com.ar

Presentado: 01/07/2019

Aceptado: 05/02/2020

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del análisis de microfósiles biosilíceos recuperados de perfiles localizados en terrazas de cultivo de la localidad de Molle Yaco (valle de Santa María, Tucumán, Argentina), pertenecientes al período Formativo (ca. 100-1000 DC). Se analizaron cinco perfiles, de los cuales cuatro fueron excavados en terrazas agrícolas y un perfil testigo excavado en una zona no antropizada. Los resultados mostraron que las asociaciones fitolíticas presentes en los perfiles antropizados se caracterizan por la presencia de elementos afines a las maideas en los niveles de ocupación humana que darían cuenta de las estrategias de manejo empleadas por los grupos humanos de esta zona en el pasado y que el ambiente durante el Formativo fue de muy húmedo a húmedo, lo cual es coherente con lo que se conoce para la mayor parte de dicho período en el valle (ca. 100- 800 DC). Por lo tanto se pudo establecer que la ocupación del Período Formativo en este sector de Cumbres Calchaquíes se produjo en un marco ambiental relativamente húmedo, como en el resto del valle de Santa María.

Palabras claves: Molle Yaco, fitolitos, paleoambiente, agricultura prehispánica.

Abstract

This paper presents the results of the analysis of biosiliceous microfossils recovered from profiles located in cultivation terraces of the place of Molle Yaco (Santa María Valley, Tucumán, Argentina), belonging to the Formative period (ca. 100-1000 AD). Five profiles were analyzed, of which four were excavated in agricultural terraces and a witness profile excavated in a non anthropized area. The results showed that the phytolithic assemblages present in the anthropized profiles are characterized by the presence of elements related to the maideas in the levels of human occupation that would account for the management strategies used by human groups in this area in the past and that the environment during the Formative was from very humid to humid, which is consistent with what is known for most of this period in the valley (ca. 100-800 AD). Therefore, it could be established that the occupation of the Formative Period in this area of the Calchaquies took place in a relatively humid environmental framework, as in the rest of the Santa María Valley.

Keywords: Molle Yaco, paleoenvironment, phytoliths, Pre Hispanic agriculture.

Introducción

Los fitolitos son cuerpos biomineralizados originados como idioblastos en los tejidos vegetales, los cuales luego de su muerte, son incorporados al sustrato sedimentario con una baja tasa de deterioro lo cual permite su identificación (Fernández Honaine 2007; Zurro 2006). Las principales familias productoras de fitolitos son las Poaceae, Cyperaceae y Arecaceae (Piperno 1988; Ollendorf 1992; Pearsall 2000; Wallis 2003).

El conjunto de fitolitos depositados en un determinado sustrato conforma una asociación fitolítica que se encontrará influida por las características físico-químicas del depósito sedimentario y es por ello que resulta posible hallar fitolitos en secuencias estratigráficas y paleosuelos tan antiguos como el Paleoceno (Zucol *et al.* 2004). La importancia de su estudio radica en la inferencia que realizan del desarrollo de prácticas agrícolas llevadas a cabo por sociedades pasadas, en estudios paleoambientales y como indicadores de cambios en las comunidades vegetales (Twiss 1992; Gallego *et al.* 2004; Fernández Honaine *et al.* 2009; Borrelli *et al.* 2008; Pearsall 2000; Iriarte y Alonso Paz 2009).

En el Noroeste Argentino, los estudios de fitolitos se aplicaron en algunos sitios arqueológicos con el objeto principal de determinar las especies cultivadas localmente y reconstruir las prácticas agrarias pasadas mediante el análisis de muestras de sedimentos extraídas de estructuras agrícolas. Tal es el caso de los trabajos realizados en el valle de El Bolsón (Departamento Belén, Provincia de Catamarca) por Korstanje (2002, 2005, 2009) para sitios arqueológicos del Período Formativo. Allí, Korstanje y Cuenya (2008) identificaron microfósiles vegetales pertenecientes a las familias Chenopodiaceae, Solanaceae, Cucurbitaceae y Basellaceae en sedimentos extraídos de terrazas agrícolas. Williams *et al.* (2010) analizaron muestras de sedimentos del valle Calchaquí Medio (Provincia de Salta)

durante el Período de Desarrollo Regionales, y destacaron la muy baja frecuencia de silicofitolitos (excepto fitolitos de Poaceae). Zucol *et al.* (2012) realizaron el estudio 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 ciperoides, arecoides y de afinidad dicotiledónea.

Kulemeyer *et al.* (2013) utilizando diferentes proxies (sedimentos, suelos, mamíferos, polen y fitolitos) determinaron procesos de estabilidad y cambios en la historia social, paleoclimática y el medio ambiente durante el Holoceno para el mismo valle. Allí se identificaron silicofitolitos pooides, arundinoides, simil arecaceae, panicoides y chenopodiaceae 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 a.C. y 500 años d.C.) presenta condiciones climáticas relativamente húmedas, mientras que entre el 500 al 1275 años *Cal.* 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. En lo que respecta a la caracterización de las prácticas agrícolas, Korstanje y colaboradores (2014), integraron estudios fitolíticos con análisis de suelos en lo que denominaron “análisis múltiple” durante el Periodo Formativo en el NOA. En forma complementaria al trabajo de Zucol *et al.* (2012), los mismos autores en 2015 establecieron una mayor abundancia de fitolitos megatérmicos (tanto panicoides como chloridoide) sobre los microtéricos/mesotéricos (pooides, estipoides y danthonioides) en la misma área de estudio para el periodo nombrado.

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 d.C.). Estos fueron identificados dentro de la familia Poaceae, como pertenecientes a las subfamilias Pooideae y Panicoideae. Sin embargo, el único antecedente directo de investigación en el valle corresponde a Lanzelotti y Zucol (2019), quienes 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). Mediante este análisis se identificaron dos zonas en el perfil. La Zona I o inferior, dominada por elementos pooides-festucoides, estipoides y danthonioides, evidenció una vegetación herbácea de características climáticas o microclimáticas frías. La Zona II o superior del perfil, con elementos panicoides, chloridoides, como así también bambusoides y arecoides se vincula con una vegetación de características más cálidas y menor disponibilidad hídrica. La presencia de abundantes fitolitos en la zona superior le permitió proponer que las maideas (y tal vez *Zea mays*) habrían sido cultivadas en el sector.

Dado los escasos antecedentes del tema de investigación para el valle de Santa María, se pretende conocer qué es lo que sucede cuando los grupos humanos utilizan un espacio natural para el trabajo agrícola aplicando para ello la información que brindan los fitolitos recuperados de perfiles sedimentológicos. Más precisamente, el objetivo principal del presente estudio es llevar adelante la caracterización de las asociaciones fitolíticas extraídas de perfiles estratigráficos del sitio arqueológico Molle Yaco (Formativo *ca.* 100-1000 d.C.) del valle de Santa María (Tucumán, Argentina), interpretando los datos que estos brindan respecto de los cambios paleambientales y antrópicos ocurridos localmente.

Área de estudio

El sitio arqueológico Molle Yaco se encuentra ubicado en el piedemonte occidental de Cumbres Calchaquíes, en la porción tucumana del valle de Santa María en uno de los abanicos aluviales formados durante el Holoceno superior (Sampietro Vattuone y Neder 2011). El abanico es una geoforma de origen fluvial con alta selección de sedimentos (Figura 1). 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 (Tineo 2005), precipitaciones medias anuales de 200 mm y valores potenciales de evapotranspiración superiores a 700 mm anuales (Pietragalla y Corso 2008). 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).

El asentamiento arqueológico Molle Yaco pertenece al Período Formativo (*ca.* 100-1000 d.C., *sensu* Sampietro Vattuone *et al.* 2011), el cual se caracteriza por el surgimiento de aldeas, la difusión de prácticas agropastoriles y la incorporación de recipientes cerámicos. Los asentamientos residenciales varían en forma y concentración, siendo los más difundidos las unidades residenciales diseminadas entre los campos de cultivos, que se ubican en zonas abiertas en el piedemonte de los cerros (Caggiano y Sempé 1994).

En el presente sitio arqueológico se identificaron dos tipos de construcciones asociadas a agricultura: terrazas y líneas de piedras (en ocasiones acompañadas por despedres). Las primeras son paredes de bloques simples construidas con técnica de piedra seca, sin estructuras fundacionales adicionales, que llegan a alcanzar los 50 cm de altura sobre el terreno. Los bloques alcanzan hasta 30 cm de eje mayor. El cimiento puede alcanzar hasta 10 cm bajo la superficie antigua inferida. En conjunto, están dispuestas perpendiculares a la pendiente formando aterrazamientos de hasta 7 m de ancho. En la actualidad, las paredes están totalmente colmatadas, y no sobresalen del nivel del cuerpo del suelo. Su construcción por deposición aluvial/coluvial natural permite clasificar a estas estructuras como terrazas agrícolas, a diferencia de los andenes cuyo cuerpo de suelo es construido por relleno artificial (Denevan 1980).

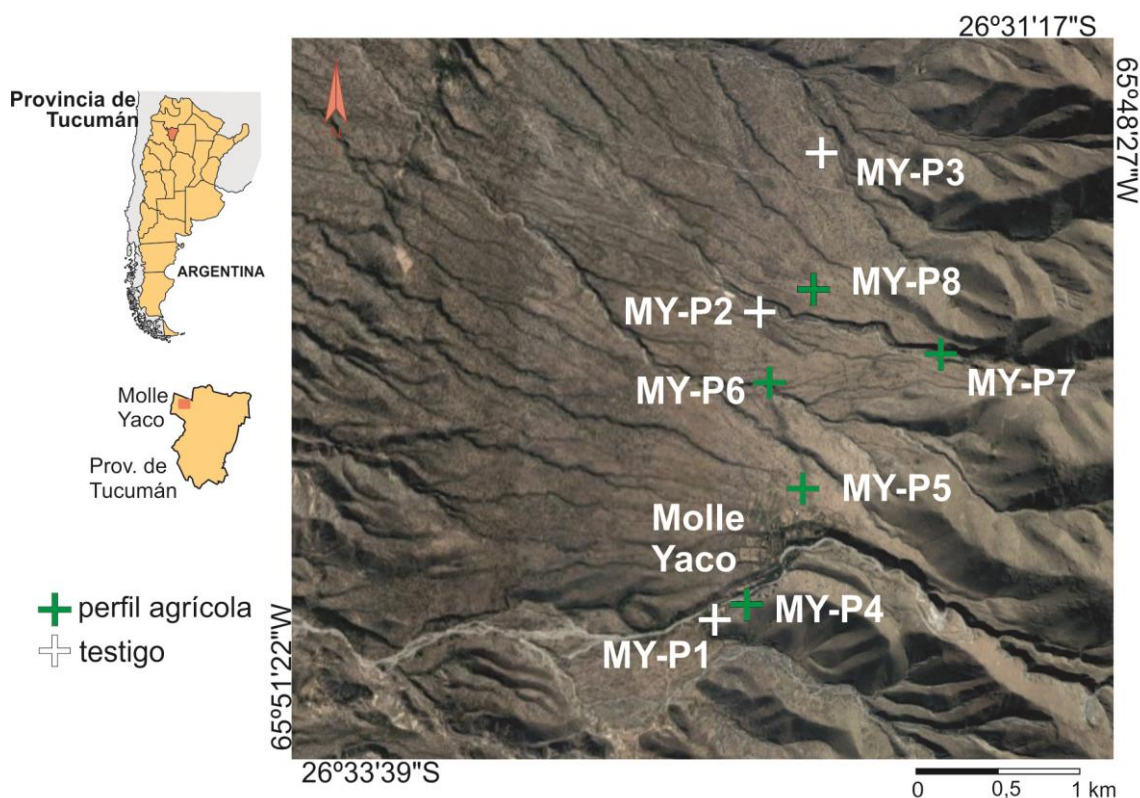


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y de los perfiles seleccionados. Molle Yaco (Dpto. Tafí del Valle, Tucumán-Argentina).

Trabajos previos realizados en la zona (Sampietro Vattuone *et al.* 2011) incluyeron la excavación, descripción y muestreo de ocho perfiles estratigráficos, tomando cinco en la zona de terrazas agrícolas (MY-P4 a MY-P8) y 3 fuera de la zona agraria (MY-P1 a MY-P3) con fines comparativos. Las texturas determinadas oscilan entre franco arcillo arenosa a arenosa. La materia orgánica es, en todos los perfiles, de calidad buena a muy buena según el método de Walkley-Black (1934), mientras que su porcentaje va de moderadamente pobre a extremadamente pobre. Se observa una pequeña tendencia a aumentar con la profundidad en casi todos los perfiles, con la excepción de MY-P8. Los niveles de ocupación agrícolas para este sitio arqueológico quedaron establecidos en base a indicadores edáficos físico-químicos como la presencia de estructuras en bloques, diferencias en la textura y color, leve aumento en la concentración de fósforo orgánico y la ubicación de la base de los parapetos de contención (Sampietro Vattuone *et al.* 2014).

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 Cactáceas de tipo rastrero como *Airampona ayrampona*, *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 la Estepa de *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis* (Puna) se diferencian arbustos de 40-60 cm de altura, con presencia de especies arbustivas como *Adesmia horrida*, *Aloysia salsoloides* y *Tetraglochin cristatum*. Existe también una Estepa gramínea muy abierta, de hasta 40 cm de altura, representada por una asociación de *Festuca orthophylla*, *Festuca chrysophylla*, *Poa gymnantha*, *Stipa speciosa* o *Pappostipa vaginata*, con varias especies acompañantes cespitosas como *Pappostipa frigida*, *Nassella mucronata*, *Deyeuxia cabreræ*, etc. (Cabrera 1976; Wingenroth y Suárez 1984; Morello *et al.* 2012; Oyarzabal *et al.* 2018). Además, en la zona de Molle Yaco se puede distinguir otra unidad de vegetación llamada Bosque (Perea 1995) la cual presenta un estado de degradación con áreas totalmente desprovistas de árboles o solo con muy pocos (bosque disperso). También hay zonas que conservan su estado original con un gran número de individuos (bosque denso) y un sotobosque con arbustos como *Lycium chilensis*, *Suaeda divaricata* Moq, *Capparis atamisquea*. Se forman comunidades de matas (*Sporobolus maximus*) constituyendo los llamados bosques en galería, relacionados a las napas freáticas formados principalmente por diferentes especies de *Prosopis* sp., *P. flexuosa*, *P. chilensis*, *P. alba* y *P. nigra*. A su vez dentro de esta unidad se puede diferenciar un pequeño bosquecillo de quebrada caracterizado por la presencia de *Parasenegalia visco*, *Schinus molle* y *Salix humboldtiana* (Perea 1995).

Materiales y métodos

De los 8 perfiles excavados por Sampietro Vattuone *et al.* (2011) se seleccionaron para este trabajo cinco debido a su representatividad estratigráfica: cuatro antropizados (MY-P4, MY-P5, MY-P7 y MY-P8) excavados en terrazas agrícolas y un perfil testigo (MY-P2) excavado en una zona no antropizada (Figura 2). De cada uno de los perfiles se tomó una muestra por capa de suelo las cuales se encuentran descritas en la Tabla 1. Los sondeos se ubican en el centro de estructuras agrícolas en la zona media del abanico aluvial (Figura 1). El perfil testigo pertenece a la misma unidad geomorfológica y fue incluido para obtener un patrón comparativo. El pH de estos perfiles es básico y constante (entre 8,2 y 8,8) con la excepción de un valor (7,9) registrado en la capa 1 del perfil testigo. En lo que se refiere a los niveles de ocupación humana, los mismos quedaron determinados en las capas C3 y C2 en el perfil MY-P4, C2 en MY-P5 y en las capas C5 y C3 en los perfiles MY-P7 y MY-P8. Estos niveles se encuentran entre los 20 y 40 cm de profundidad enterrado bajo una o dos capas de sedimentos (Sampietro Vattuone *et al.* 2014; Tabla 2).

En total se analizaron 24 muestras las cuales 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 hexametáfosfato 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 (mayor a 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/cm^3) por la técnica de centrifugación (Bertoldi de Pomar 1976). 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.

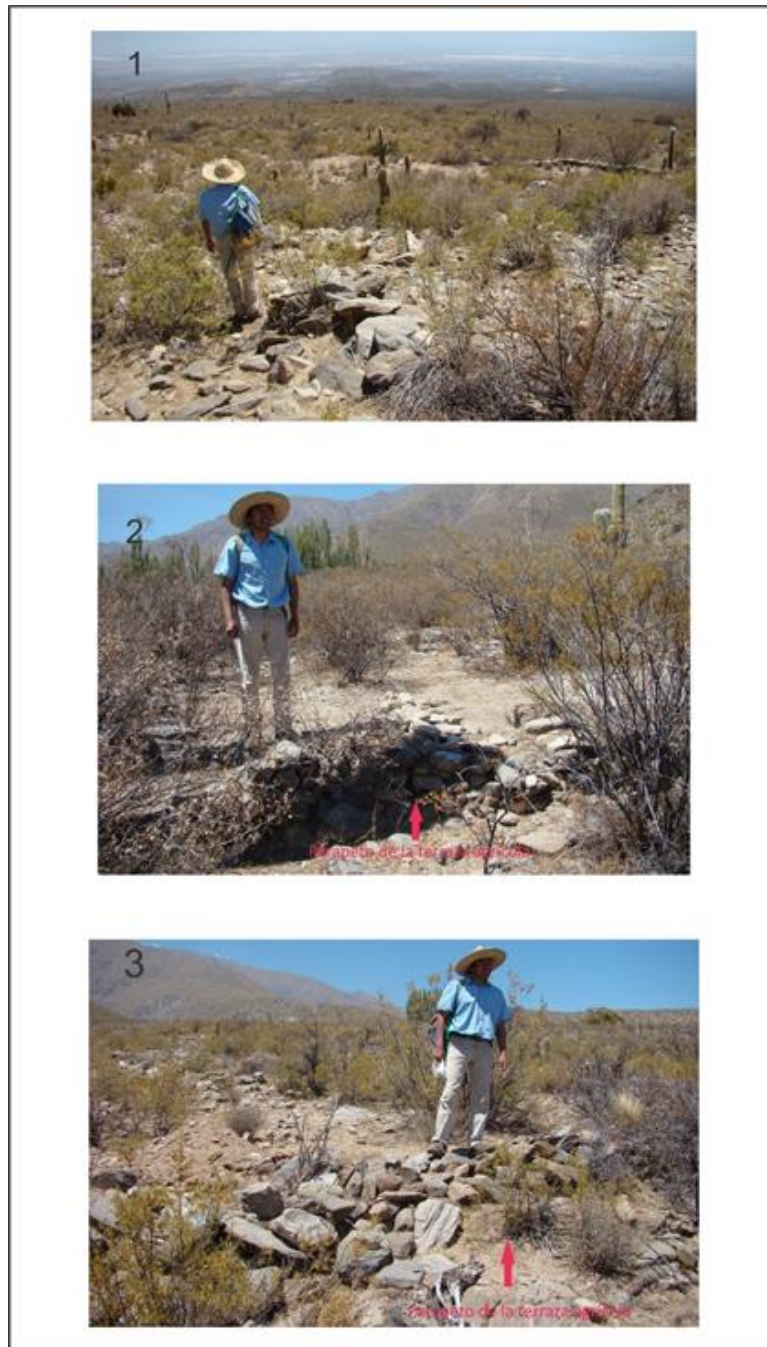


Figura 2. Fotos detalladas los perfiles. 1 Perfil testigo. 2 Foto en detalle del perfil 3 donde fue excavada la calicata. Foto del perfil 7 donde fue excavada su correspondiente calicata.

Nombre del Perfil	Coordenadas	Altura (msnm)	Potencia	Número de capas y denominación
MY-P2	26° 32' 45" S y 65° 49' 25" O	2624	30 cm	4 (AC, C, C1 y C2)
MY-P4	26° 32' 42" S y 65° 49' 36" O	2581	50 cm	5 (C1, C2, C3, C4 y C5)
MY-P5	26° 54' 46" S y 65° 82' 55" O	2350	60 cm	3 (C1, C2 y C3)
MY-P7	26° 32' 47" S y 65° 49' 37" O	2592	60 cm	6 (C1, C2, C3, C4, C5 y C6)
MY-P8	26° 32' 26" S y 65° 49' 23" O	2631	50 cm	4 (C1, C2, C3 y C4)

Tabla 1. Ubicación geográfica de los perfiles estudiados y denominación

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, los fitolitos fueron clasificados según las tipologías morfológicas modificadas de acuerdo a Twiss *et al.* (1969), Bertoldi de Pomar (1971), Twiss (1992), Kondo *et al.* (1994), Zucol (1996) y los descriptores propuestos por ICPNWG (2005). Los morfotipos en forma de cruz fueron identificados en base a mediciones realizadas siguiendo la metodología de Piperno 1984 y Pearsall 2000. Con esta información se confeccionó la Tabla 2. La cuantificación se hizo sobre el recuento de 400 fitolitos aproximadamente por muestra y realizaron diagramas fitolíticos utilizando el software POLPAL (Walanus y Nalepka 2002; Nalepka y Walanus 2003).

Descripción	Forma de cruz	Forma de cono truncado	Bilobados con cabezuelas globosas	Forma de bote festoneado	Aguzados	En forma de flabelo	Prismático Elongado	Poliédrico
Acrónimos	Ch01 Ch02	Ct01 Ct04 Ct05 Ct07 Ct09 Ct10	Ha01 Ha08 Ha09 Ha10	Sc01 Sc02	Ac01 Ac02 Ac06 Ac07 Ac09	Fl01 Fl03 Fl04 Fl05 Fl06 Fl07	Mp03 Mp09 Mp10	Sx01 Sx03
Afinidad botánica	Maidea	Danthonioide	Panicoide	Festucoide	No diagnóstico	No diagnóstico	No diagnóstico	No diagnóstico

Tabla 2. Morfotipos diagnósticos y no diagnósticos.

Posteriormente estos grupos fitolíticos fueron analizados mediante la aplicación de un análisis multivariado utilizando el programa PAST (PAleontological STatistics; Hammer *et al.* 2001, 2007), y particularmente el análisis de correspondencia (AMC), lo que permitió comparar los distintos perfiles con la intención de establecer vinculaciones entre las distintas asociaciones fitolíticas de los perfiles del sitio.

Resultados

A partir de los recuentos se obtuvo una planilla en la cual se destacan las abundancias de cada morfotipo (Apéndice 1), luego esta información fue recopilada por perfil y por muestra para conformar una matriz básica de datos, con el fin de comparar y establecer la relación entre perfiles.

Nombre	MYP2-1	MYP2-2	MYP2-3	MYP2-4
<i>Aculeolithum acuminatum</i>	0	5	3	0
<i>Aculeolithum rostratum</i>	6	10	5	25
<i>Doliolithum oblathum</i>	0	5	2	0
<i>Ductopartis tenuiannulucostis</i>	0	5	3	0
<i>Ductopartis latiannulucostis</i>	0	20	13	0
<i>Eualteriolithum bitestathum</i>	26	30	20	20
<i>Flabelolithum complanatum</i>	7	0	0	0
<i>Flabelolithum elongatum</i>	5	3	2	0
<i>Flabelolithum euflabelatum</i>	13	5	4	0
<i>Flabelolithum excavatum</i>	9	3	3	5
<i>Flabelolithum hemiflabelatum</i>	0	2	2	5
<i>Macroprismatolithum denticulatum</i>	42	20	30	30
<i>Macroprismatolithum psilaristatum</i>	65	85	120	150
<i>Macroprismatolithum serratum</i>	30	30	20	15
<i>Strobilolithum aequidimensionatum</i>	15	7	10	20
<i>Strobilolithum elongatum</i>	0	8	5	5
<i>Strobilolithum graciliextremum</i>	0	4	0	0
<i>Strobilolithum acutetubatum</i>	0	20	5	5
<i>Strobilolithum tubatum</i>	13	0	10	15
<i>Eusecurisaxum tabulatum</i>	45	0	0	40
<i>Eusecurisaxum mediarctum</i>	0	30	40	0
<i>Eualteriolithum strobilatum</i>	50	30	13	0
No identif.	25	5	0	3
Diatomeas	2	3	3	1
	0	0	0	0

Nombre	MYP4-1	MYP4-2	MYP4-3	MYP4-4	MYP4-5
<i>Aculeolithum acuminatum</i>	0	8	0	7	0
<i>Aculeolithum rostratum</i>	25	33	40	20	20
<i>Crucihalteriolithum breviracchium</i>	0	5	3	2	0
<i>Doliolithum oblathum</i>	0	3	5	7	7
<i>Eualteriolithum bitestathum</i>	17	45	30	25	30
<i>Flabelolithum complanatum</i>	0	0	0	10	0
<i>Flabelolithum elongatum</i>	5	10	14	12	5
<i>Flabelolithum euflabelatum</i>	20	20	23	5	7
<i>Flabelolithum excavatum</i>	15	8	12	11	3
<i>Macroprismatolithum dendriformatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Macroprismatolithum denticulatum</i>	30	45	35	23	20
<i>Macroprismatolithum psilaristatum</i>	175	135	120	130	109
<i>Macroprismatolithum serratum</i>	10	30	25	12	15
<i>Plurihalteriolithum vermiculatum</i>	8	7	11	10	9
<i>Strobilolithum acutetubatum</i>	0	7	0	0	0
<i>Strobilolithum tubatum</i>	10	15	10	5	10
<i>Eusecurisaxum mediarctum</i>	30	40	40	25	50
<i>Scaphasaxum multilobatum</i>	0	3	0	0	0
<i>Eualteriolithum strobilatum</i>	30	25	35	15	25
<i>Crucihalteriolithum acutelobum</i>	5	15	20	2	0
<i>Microprismatolithum robustalobulatum</i>	7	0	7	0	15
No identificados	7	5	3	4	2
Globulares	5	6	5	10	8
Diatomeas	5	9	10	5	4

Nombre	MYP7-1	MYP7-2	MYP7-3	MYP7-4	MYP7-5	MYP7-6
Aculeolithum acuminatum	7	0	10	10	8	5
Aculeolithum aculusfictum	0	8	0	0	0	0
Aculeolithum rostratum	37	25	26	40	32	27
Doliolithum oblathum	0	7	8	0	0	0
Ductoparis tenuiannulucostis	0	0	0	0	0	0
Ductoparis latiannulucostis	5	0	0	0	0	0
Eualteriolithum bitestatum	20	9	34	25	17	20
Eualteriolithum elongatum	9	5	0	0	0	0
Eualteriolithum testicaudiculatum	0	0	0	0	30	40
Flabelolithum elongatum	0	7	5	6	15	10
Flabelolithum euflabelatum	15	13	22	9	20	7
Flabelolithum excavatum	13	10	12	12	10	15
Flabelolithum hemiflabelatum	5	3	0	0	0	0
Macroprismatolithum denticulatum	28	25	30	20	30	20
Macroprismatolithum psilaristatum	150	130	120	110	145	116
Macroprismatolithum serratum	25	15	20	25	15	15
Plurihalteriolithum catenatum	5	0	0	0	0	3
Plurihalteriolithum inequilobatum	0	5	0	0	0	3
Plurihalteriolithum trilobatum	0	0	0	0	0	7
Plurihalteriolithum vermiculatum	5	6	0	8	0	0
Strobilolithum elongatum	5	7	0	0	0	0
Strobilolithum acutetubatum	0	6	10	5	0	0
Strobilolithum tubatum	7	8	7	7	10	7
Eusecurisaxum mediarctum	45	35	55	45	40	50
Microsecurisaxum mediarctum	0	0	0	0	4	5
Triangulusaxum parvum	0	9	8	0	0	0
Eualteriolithum strobilatum	15	20	37	35	0	0
Eualteriolithum replegatum	0	0	0	0	0	0
Eualteriolithum corpoprismatum	7	7	3	9	0	0
Crucihalteriolithum acutelobum	0	0	5	7	5	0
Eualteriolithum corpoprismatum	0	0	0	0	5	0
Macroprismatolithum verrucatum	12	3	10	5	6	0
Microprismatolithum mollilobulatum	5	10	0	9	0	0
Microprismatolithum robustalobulatum	12	7	10	0	0	0
Scaphasaxum nimisacutextremum	8	3	15	8	2	0
Globulares	7	6	0	0	0	0
Diatomeas	4	3	0	5	7	0

Nombre	MYP8-1	MYP8-2	MYP8-3	MYP8-4
Aculeolithum acuminatum	15	10	7	5
Aculeolithum rostratum	17	35	20	22
Crucihalteriolithum brevisbracchium	0	5	11	2
Doliolithum oblathum	2	0	0	0
Eualteriolithum bitestatum	20	30	25	30
Eualteriolithum botulatum	10	0	0	0
Flabelolithum campanulatum	0	5	3	3
Flabelolithum complanatum	0	0	5	1
Flabelolithum elongatum	7	9	3	5
Flabelolithum euflabelatum	6	8	4	7
Flabelolithum excavatum	5	10	5	2
Flabelolithum hemiflabelatum	0	0	0	1
Macroprismatolithum denticulatum	20	25	20	12
Macroprismatolithum psilaristatum	150	125	115	100
Macroprismatolithum serratum	25	20	15	30
Plurihalteriolithum trilobatum	5	2	7	0
Plurihalteriolithum vermiculatum	3	11	3	0
Strobilolithum graciliextremum	6	0	0	3
Strobilolithum imbutiformum	0	0	0	0
Strobilolithum tubatum	5	0	3	6
Eusecurisaxum mediarctum	35	20	22	50
Microsecurisaxum mediarctum	5	10	0	0
Scaphasaxum multilobatum	2	0	6	0
Flabelolithum tabulatum	0	0	3	0
Eualteriolithum strobilatum	30	27	30	60
Eualteriolithum corpoprismatum	7	0	0	0
Crucihalteriolithum plurilobatum	0	7	8	0
Microprismatolithum robustalobulatum	0	9	5	0
No identif.	2	2	5	4
Globulares	4	5	4	6
Diatomeas	5	5	3	3

Apéndice 1. Matriz básica de datos con los recuentos de los morfotipos fitolíticos por muestra/perfil.

Caracterización y distribución fitolítica en los perfiles

En forma generalizada se puede considerar que los cinco perfiles analizados presentaron microfósiles silíceos en diferente estado de conservación y abundancia. Los morfotipos fitolíticos predominantes son elementos aguzados, flabelados, prismáticos, poliédricos (Figura 3), así como también elementos bilobados, cruces, conos truncados, en forma de silla de montar, formas globulares, diatomeas y morfotipos no diagnósticos (Figura 4). Se hizo especial énfasis en fitolitos menos abundantes pero diagnósticos indicadores de los grupos botánicos que los producen, de las condiciones paleoambientales y de la posible intervención humana.

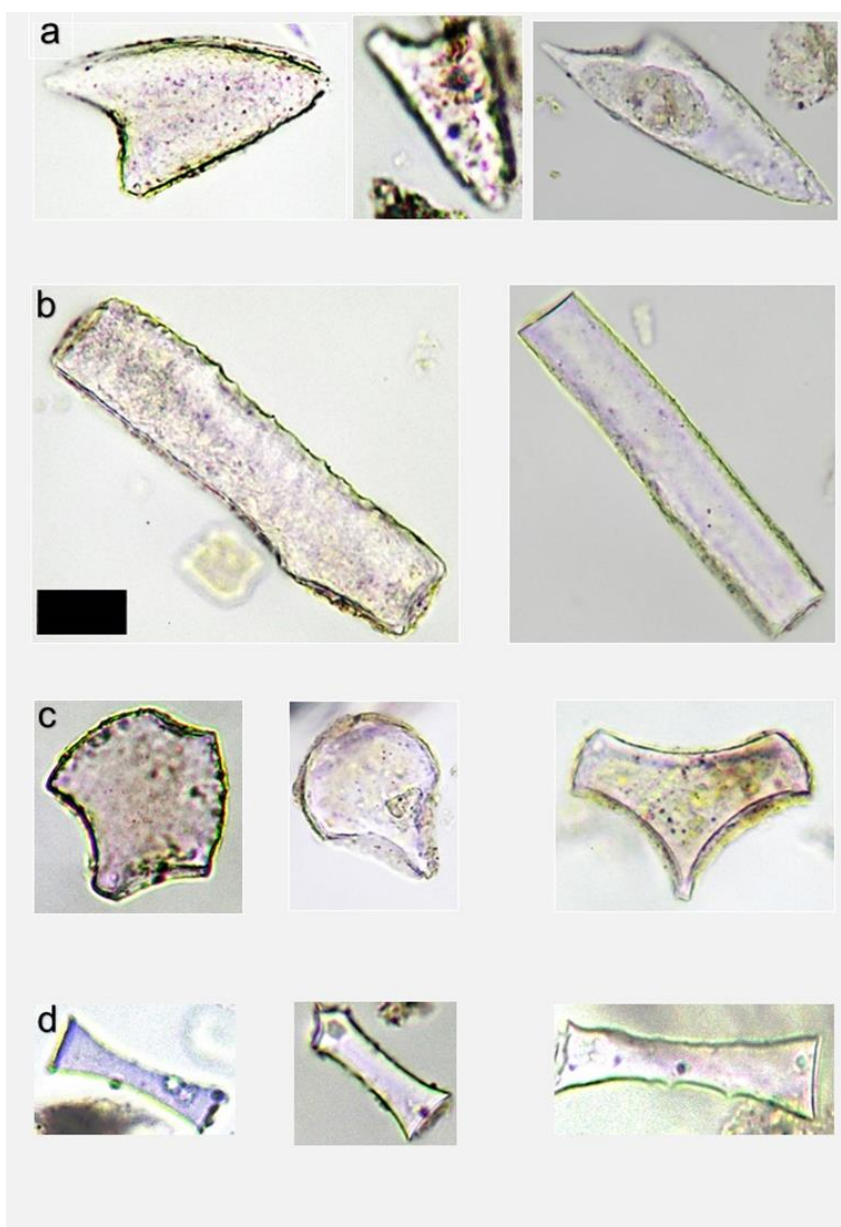


Figura 3. Elementos biosilíceos de gran tamaño, fitolitos no diagnósticos y diagnósticos observados en los perfiles estudiados: a) elementos aguzados (Ac), b) fitolitos prismáticos elongados (Mp), c) elementos flabelados (Fl), d) en forma de conos truncados (Ct). Escala grafica en b: 20µm.

Molle yaco perfil 2 (MY-P2) - testigo

El perfil testigo cuenta con una potencia de 30 cm de profundidad y 4 muestras distribuidas una por capa. Las capas se denominan AC, C, C1 y C2. Presentan gran cantidad de microrrestos silíceos distribuidos como lo muestra la Figura 4. La capa superficial presenta elementos aguzados (Ac09), bilobados (Ha01, Ha14), flabelados (Fl03, Fl04, Fl05, Fl06), prismáticos (Mp09, Mp10), conos truncados (Ct05, Ct10), poliédricos (Sx01) y triangulares (Tr01). Las capas inferiores presentan a diferencia de la superiores, elementos en forma de silla de montar (Sm01) y elementos de conducción (Du01, Du02). A lo largo de todo el perfil se observa la presencia de diatomeas.

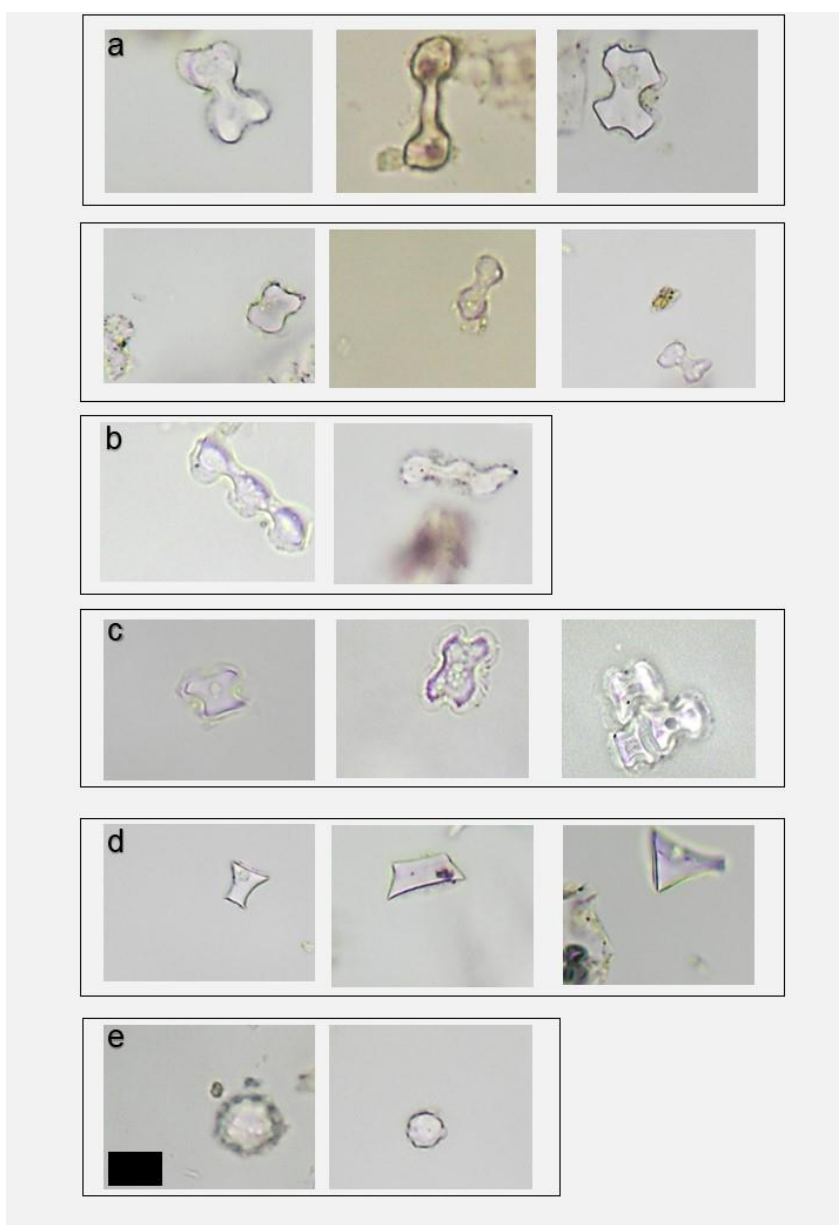


Figura 4. Fitolitos diagnósticos de menor tamaño: a) diferentes tipos de fitolitos bilobados o halteriformes (Ha), b) fitolitos plurilobados (Ph), c) en forma de cruz (Ch), d) conos truncados (Ct), e) elementos globulares (G). Escala grafica en e: 20µm.

Molle yaco perfil 4 (MY-P4) - terraza agrícola

El perfil antropizado MY-P4 presenta 50 cm de potencia con cinco muestras una por capa. Se diferencian elementos no diagnósticos como los aguzados, flabelados, formas prismáticas elongadas y poliédricas. Formas diagnósticas como cruces y bilobados afines a panicoides, conos truncados cercanos a danthonioides. Diatomeas y formas globulares se encuentran en todo el perfil. La capa superficial nombrada como C1 es la que representa la vegetación actual y en ella se diferencian elementos aguzados (Ac09), formas bilobadas (Ha01, Ha14), cruces (Ch02), flabelos (Fl04, Fl05, Fl06), elementos prismáticos de borde liso y aserrado (Mp03, Mp09, Mp10), halterios plurilobados (Ph04) y conos truncados (Ct10).

El análisis del cluster permite observar un pico de abundancia de formas bilobadas y cruces en estas capas, lo cual coincide con la inferencia de ocupación humana en esa capa del perfil. Las muestras de las capas C4 y C5 presentan los mismos morfotipos descritos en las capas más recientes a excepción de las cruces que no están presentes, también decrecen los elementos panicoides y continúa la abundancia de diatomeas (Figura 4).

Molle yaco perfil 5 (MY-P5) - terraza agrícola

Este perfil cuenta con una potencia de 60 cm y tres muestras. En su totalidad el perfil presenta elementos aguzados, flabelados, prismáticos, poliédricos, halterios bilobados, plurilobados, conos truncados, formas globulares y diatomeas. La capa superior contiene elementos aguzados (Ac09), bilobados (Ha01, Ha14), flabelados (Fl03, Fl04, Fl05, Fl06), prismáticos (Mp09, Mp10), conos truncados (Ct05, Ct10) y triangulares (Tr01). Además, se diferencian otros morfotipos como ser elementos en forma de bote (Sc01). La sección inferior contiene a las capas C2-C3 y presenta fitolitos en forma cruces (Ch01, Ch02) y en forma de sillas de montar afines a chloridoides. Existe una diferencia clara entre el nivel superior y el inferior el cual está acorde al nivel de ocupación (Figura 5).

Molle yaco perfil 7 (MY-P7) - terraza agrícola

El perfil 7 tiene una potencia de 60 cm con 6 muestras una por capa. Las muestras que constituyen la sección superior del perfil presentan morfotipos tales como los elementos aguzados (Ac04, Ac06, Ac09), bilobados (Ha01, Ha08, Ha09, Ha13, Ha14), con forma de flabelos (Fl04, Fl05, Fl06), elementos prismáticos (Mp03, Mp09, Mp10), halterios plurilobados (Ph01, Ph02, Ph04), conos truncados (Ct05, Ct09, Ct10), poliédricos (Sx01), elementos en forma de silla de montar (Sm01), elementos de conducción (Du01, Du02), triangulares Tr01) y elementos con forma de bote festoneado (Sc01). La sección del medio tiene una composición fitolítica semejante a la superior sumada la presencia de fitolitos en forma de cruz (Ch01, Ch02) y diatomeas. Las muestras de las capas de la sección inferior, C5-C6, tienen menor diversidad de elementos fitolíticos y representan una vegetación adaptada a ambientes fríos (Figura 6).

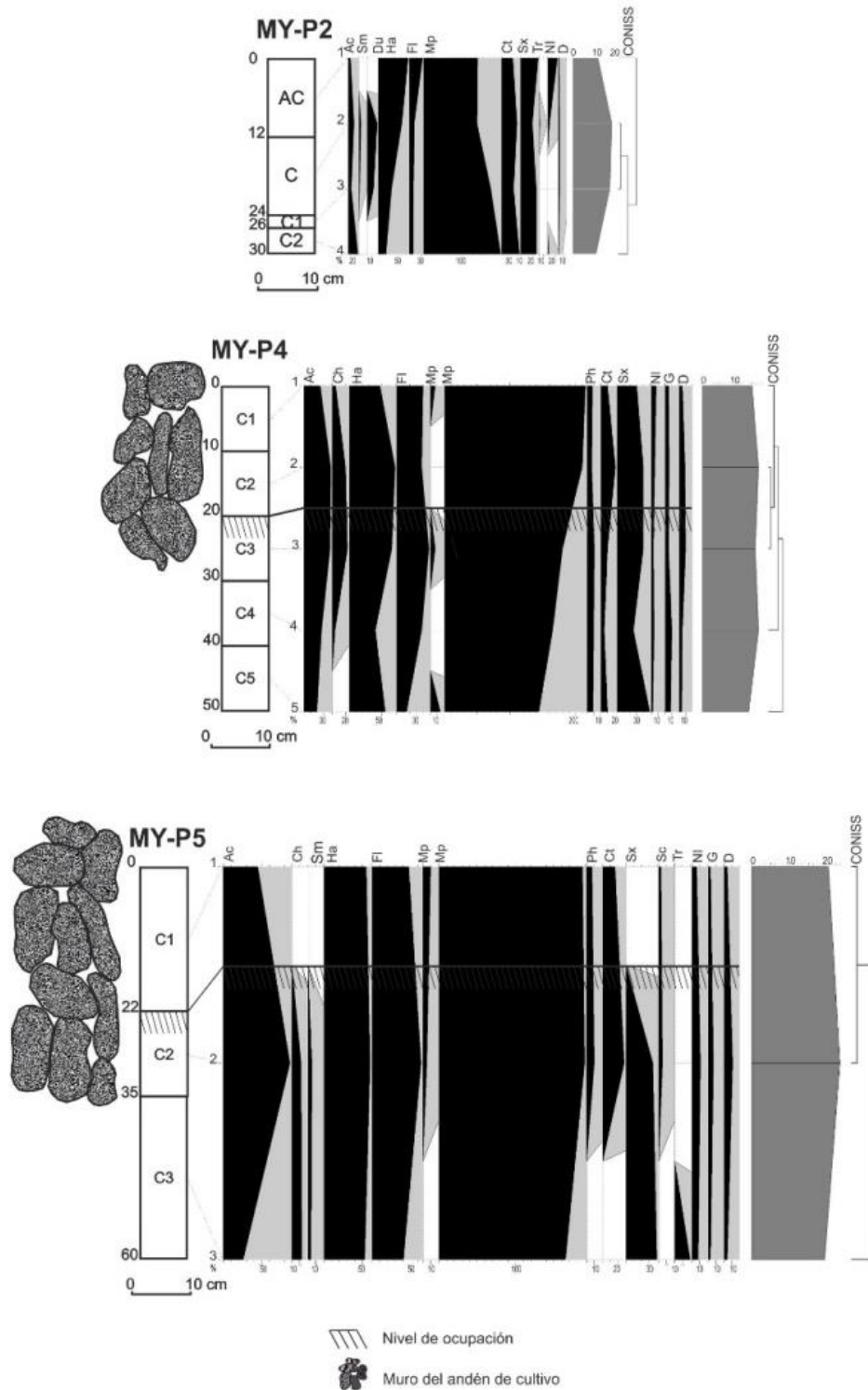


Figura 5. Diagrama fitolítico del perfil testigo MY-P2, perfiles agrícolas MY-P4, MY-P5 (en recuentos). Se observan todas las muestras con el análisis de variabilidad de cada una de ellas mediante su rarefacción y el análisis de la distribución de los fitolitos. Agrupamiento de las muestras realizado mediante CONISS (*Constrained Incremental Sum of cluster analysis*, mediante el método de transformación SQRT (*square root transformation*)). Ac: fitolitos aguzados, Sm: en forma de silla de montar, Du: elementos de conducción, Ha: bilobados o halteriformes, Fl: flabelados, Mp: prismáticos, Ct: conos truncados, Sx: poliédricos, Tr: triangulares, Ch: cruces, Ph: polilobados, NI: no identificados, D: diatomeas, G: globulares.

Molle yaco perfil 8 (MY-P8) - terraza agrícola

Cuenta con una potencia de 50 cm, 4 capas diferenciadas y una muestra por cada capa. La capa que se corresponde con la superficie presenta elementos aguzados (Ac04, Ac09), bilobados (Ha01, Ha08, Ha13, Ha14), conos truncados (Ct09, Ct10), elementos prismáticos de borde liso y aserrado (Mp03, Mp09, Mp10), halterios plurilobados (Ph04) y botes festoneados (Sc01). Las capas C3 y C4 que se corresponden con la sección inferior presentan, además de los morfotipos descritos anteriormente, fitolitos en forma de cruces (Ch01, Ch02) (Figura 6).

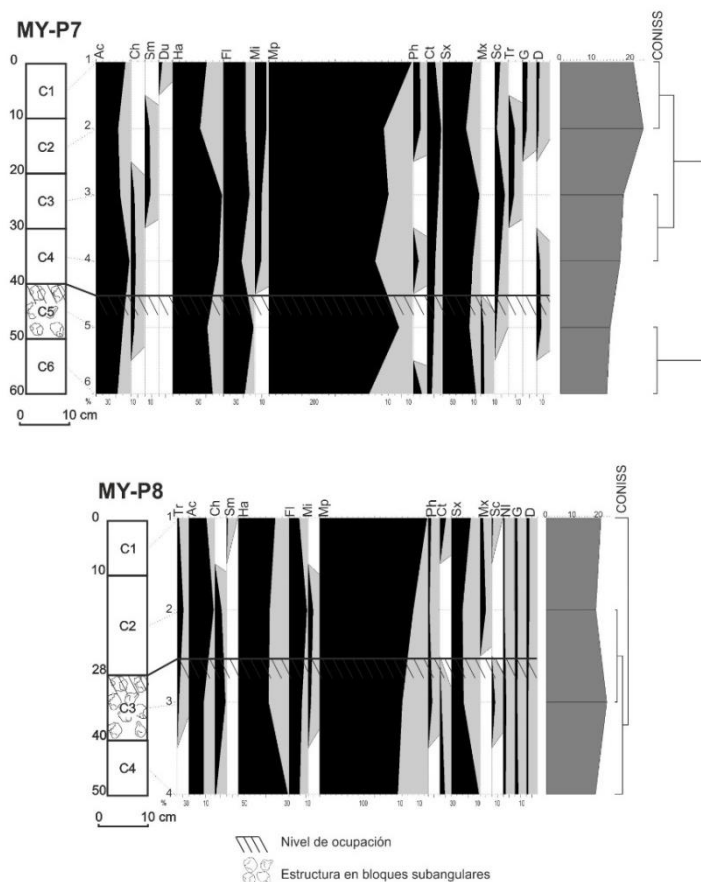


Figura 6. Diagramas fitolíticos de los perfiles antropizados MY-P7, MY-P8 (en recuentos). Se observan todas las muestras con el análisis de variabilidad de cada muestra mediante su rarefacción y el análisis de la distribución de los fitolitos. Agrupamiento de las muestras realizado mediante CONISS (*Constrained Incremental Sum of cluster analysis*, mediante el método de transformación SQRT (*square root transformation*)).

Análisis de correspondencia

Con el objetivo de sintetizar los resultados obtenidos se utilizó un análisis de correspondencia de las asociaciones fitolíticas (Figura 7). Las muestras del perfil antropizado MY-P4 se encuentran estrechamente relacionadas entre sí, sus morfotipos se repiten en cada una de las capas formando grupos afines, al igual que el perfil MY-P5 y las capas inferiores del MY-P2. Comparten la presencia de elementos aguzados, flabelados, elongados, bilobados, conos truncados, y a excepción del perfil testigo, los

perfiles MY-P4 y MY-P5 comparten la presencia de fitolitos en forma de bote festoneados en sus capas superiores. En el caso de las capas superficiales de los perfiles MY-P4, MY-P7 y MY-P8, se encuentran periféricos al resto del grupo y los tres comparten la presencia de elementos afines a panicoides. Las capas subsuperficiales de estos perfiles están más relacionadas entre sí fisicoquímicamente, ya que en ellas la materia orgánica está disminuida y existe abundancia de fitolitos diagnósticos tales como cruces, halterios, conos truncados y botes festoneados dispuestos de manera coincidente con la etapa de estabilidad y manejo agrícola del suelo determinadas por Sampietro Vattuone *et al.* (2014), por lo que se podría interpretar que este suelo fue utilizado para agricultura (y ¿agotado?) (Korstanje *et al.* 2014).

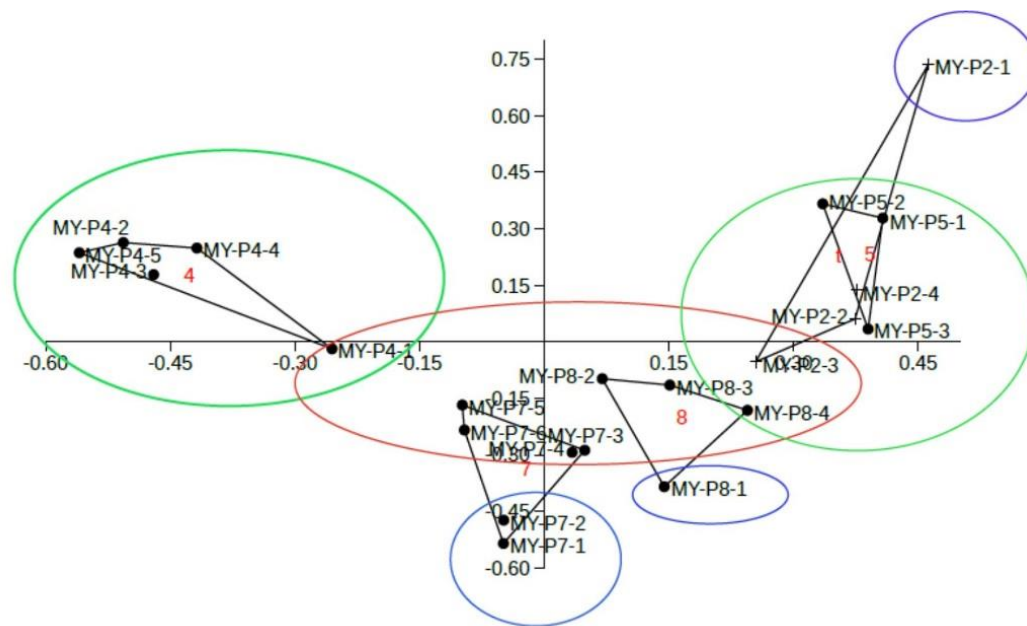


Figura 7. Análisis de correspondencia de las asociaciones fitolíticas de los perfiles antropizados y no antropizados.

La interpretación paleoambiental estuvo apoyada en el análisis de las preferencias ambientales de las comunidades vegetales representadas por las asociaciones fitolíticas identificadas. La asociación de la sección superficial de todos los perfiles indicarían una tendencia a episodios templados asociados a incrementos en los niveles de humedad representados por las diatomeas, elementos aguzados, bilobados, elementos prismáticos, conos truncados, poliédricos, triangulares y elementos con forma de bote festoneado. Los fitolitos correspondientes a la sección subsuperficial de todos los perfiles estratigráficos analizados corresponden a gramíneas (chloridoides, panicoides y festucoides) y si bien su condición vegetal indicarían un período de condiciones cálidas, la presencia de otros elementos como las diatomeas darían cuenta de momentos de una alta disponibilidad de agua. Esto podría estar relacionado con la presencia de riego, para desarrollar determinados cultivos como el maíz durante el periodo Formativo en la porción occidental de Cumbres Calchaquíes.

La asociación fitolítica de la sección inferior 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 frías.

Discusión

En el perfil testigo, se puede observar una sección en el centro que se diferencia de la superior e inferior por la presencia de fitolitos en forma de silla de montar de afinidad chloridoideae reflejando condiciones de humedad. Formas como las aguzadas, flabeladas, elongadas y prismáticas afines a gramíneas, se encuentran dispuestas a lo largo de todo el perfil.

Los perfiles antropizados comparten la presencia de morfotipos semejantes entre sí, entre ellos se encuentran elementos graminoides, de afinidad danthonioideae y panicoideae. Estas formas se originan en distintas subfamilias de las Poaceae, las cuales se desarrollan con preferencia de distintas condiciones ambientales en coincidencia con las capas correspondientes a la superficie de ocupación humana del Período Formativo, situada entre los 20 y 40 cm de profundidad e identificada previamente por Sampietro Vattuone *et al.* (2014). A diferencia del perfil testigo, las superficies cultivadas fueron determinadas en base a los análisis de indicadores físicos y geoquímicos (diferencias de estructuras pedológicas, textura, color y pH, leve aumento de concentración de fósforo orgánico y calcio), escasa materia orgánica y a la presencia de estructuras en bloques subangulares (indicio de edafización). Si hay valores bajos de materia orgánica y abundancia de fitolitos, se puede interpretar como suelo utilizado para agricultura o agotado (Korstanje *et al.* 2014).

No se encontraron restos arqueológicos en estratigrafía, por lo que los únicos indicios de actividad humana fueron las estructuras propiamente dichas, los indicadores físicoquímico nombrados anteriormente y material de superficie tipológicamente asimilable al Formativo (Sampietro Vattuone *et al.* 2014). La baja o nula frecuencia de material cultural mueble es coherente con la funcionalidad agrícola del sector y con los procesos erosivos que afectaron los sectores pedemontanos del valle (Maldonado 2016).

La estructura en bloques subangulares presentes en las capas que se relacionan con la superficie de ocupación humana de los perfiles MY-P7 y MY-P8 indica mayor edafización por lo que en algún momento estas terrazas pudieron ser irrigadas o al menos concentrar humedad (Sampietro Vattuone *et al.* 2014), reflejado ello en la presencia de diatomeas a lo largo de ambos perfiles, tal como lo propone Korstanje *et al.* (2014) en los análisis múltiples realizados para perfiles antropizados del valle El Bolsón en el Periodo Temprano.

En las capas con evidencia antrópica de las terrazas agrícolas de Molle Yaco se identificó un morfotipo en forma de cruz típico de la familia de las Poaceae. Este podría corresponderse con maideas según su morfología en lo que respecta al diámetro y longitud de los lóbulos que lo forman (Piperno 1984; Pearsall 1987; Piperno y Pearsall 1998; Pearsall 2000). Hasta el momento el morfotipo en cruz no ha sido registrado en el área de estudio. En la zona de Ambato (Los Varela, Catamarca) también se identificaron fitolitos (en terrazas) de este cultivo junto con otros morfotipos de gramíneas para ocupaciones del primer milenio DC (Zucol *et al.* 2015). No obstante ello, en Molle Yaco no se encontraron morfotipos de otras familias potencialmente relacionadas a especies cultivadas tales como Chenopodiaceae y Curcubitaceae, los cuales fueron descritos en el valle de El Bolsón (Catamarca) por Korstanje para el Periodo Formativo (2002, 2005, 2009) y por Korstanje y Cuenya (2008). En contextos habitacionales formativos de otras áreas del valle se registraron macrorrestos de *Zea mays*, pero también de otras especies cultivadas de las cuales no identificamos evidencias fitolíticas en las terrazas (*Chenopodium quinoa* y *Phaseolus vulgaris*) (Oliszewski y Arreguez 2015; Petrucci *et al.* 2018). También es posible que se hayan cultivado tubérculos (Oliszewski 2004 y 2009; Oliszewski y Arreguez 2015). El cultivo del maíz, la quinoa y los tubérculos pudo prosperar por encima de los 3000 msnm, máxime si se tiene en cuenta el advenimiento de condiciones de humedad a partir de 2500 años AP durante el Formativo (Oliszewski y Arreguez 2015).

Respecto a las características paleoambientales del sector estudiado las mismas pueden inferirse considerando las preferencias ambientales de las comunidades vegetales representadas en los conjuntos de fitolitos en base a lo reflejado por el perfil testigo analizado.

En la sección superior de todos los perfiles, las asociaciones fitolíticas indicarían la presencia de vegetales mesotérmicos/megatérmicos y buena disponibilidad hídrica, como es caracterizado por la presencia de diatomeas, elementos de afinidad panicoideae representados por morfotipos aguzados, bilobados, elementos prismáticos, conos truncados, poliédricos, triangulares y elementos con forma de bote festoneado. Los fitolitos observados en la sección inferior de los perfiles estratigráficos corresponden a gramíneas (chloridoides, panicoides y festucoides) e indicarían paleoambientes áridos y semiáridos.

Las condiciones paleoambientales inferidas para Molle Yaco también son coherentes con las que se conocen para la mayor parte del Período Formativo en el valle (*ca.* 100- *ca.* 800 d.C.), cuando alternaron dos fases húmedas y una seca. Hacia finales del Formativo en cambio (*ca.* 800-1200 d.C.), las condiciones se tornaron claramente áridas, coincidentes con la Anomalía<< Cálida Medieval (Sampietro Vattuone *et al.* 2018).

En síntesis, la ocupación del Período Formativo en el sector de Cumbres Calchaquíes se produjo en un marco ambiental relativamente húmedo, como en el resto del valle de Santa María (Peña Monné *et al.* 2015; Sampietro Vattuone *et al.* 2018).

En ese escenario, los sitios tales como Molle Yaco se construyeron en la parte alta del piedemonte, sectores ambientalmente más húmedos relacionados con cuencas hídricas (o zona de cabecera) pequeñas y grandes de las Cumbres, lo que les aseguraba una provisión de agua predecible para la construcción y expansión de terrazas agrarias, andenes y canales de regadío sobre el piedemonte, estrategia de emplazamiento que fue utilizada durante el mismo período en otros sectores agrarios del valle (Maldonado 2016; Lanzelotti y Buzai 2015). En Molle Yaco, las condiciones paleoambientales de relativa humedad quedaron evidenciadas en la composición de los conjuntos fitolíticos y los índices de humedad, y el regadío de las terrazas agrícolas se infiere de la presencia de diatomeas y las estructuras pedológicas de las capas cultivadas.

Las condiciones de humedad durante el Período Formativo favorecieron la producción agrícola efectuada en Molle Yaco y en otros sitios del valle, junto con el pastoreo, la caza y recolección (Nastri *et al.* 2002, 2004; Oliszewski *et al.* 2008; Belotti López de Medina 2015; Petrucci *et al.* 2018), haciendo posible la instalación y desarrollo de asentamientos sedentarios o semisedentarios, con un aparente incremento poblacional y una organización social basada en el parentesco (Scattolin 2010). Hacia finales del Formativo y durante los inicios del Período de Desarrollos Regionales, las condiciones áridas de la Anomalía Cálida Medieval condujeron a la retracción de los asentamientos la parte más alta y húmeda del piedemonte (Maldonado 2016).

Conclusiones

El presente trabajo es la primera aproximación al estudio de fitolitos en el sitio Molle Yaco (Tucumán-Argentina) y es uno de los primeros de la sección media del valle de Santa María. A partir de esta investigación se ha podido obtener una línea de evidencia sobre tiempos anteriores, contemporáneos y posteriores a la ocupación humana prehispánica reflejados en los cambios en la vegetación. Además, se pudo inferir que existió desarrollo de actividades antrópicas dadas por la presencia de fitolitos afines a maideas durante el Período Formativo. Los análisis fitolíticos y la identificación de morfotipos afines a chloridoides, panicoides y festucoides en combinación con diatomeas, permitieron establecer aumentos en las tendencias principalmente de los niveles de humedad entre el 100 y el 1000 d.C. para esta porción occidental de las Cumbres Calchaquíes, lo cual es coincidente con lo descrito anteriormente a partir otros indicadores para el período Formativo.

La comparación de perfiles con y sin evidencias antrópicas permitió identificar elementos diferenciados de la vegetación natural y, en este caso, el aporte de elementos afines al maideas, en los niveles de ocupación, sumado a la evidencia de mayores niveles de humedad a lo largo de los perfiles resultan indicios que permiten estimar las estrategias agrícolas empleadas por los grupos humanos de esta zona en el pasado.

El desarrollo y profundización de esta línea de investigación en el futuro brindará más sustento a las interpretaciones, tanto desde la perspectiva del uso y adecuación humana del paisaje, como de los aspectos paleoecológicos evolutivos de la región.

Agradecimientos: La presente investigación fue financiada por el proyecto PIUNT G629 (Universidad Nacional de Tucumán), PIP 837 (CONICET), PICT-2017-2255 (FONCYT) y PICT2018-1119. Agradecer a la comunidad de Amaicha del Valle en especial al Cacique Eduardo Nieva. Al Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP-UADER-Provincia de Entre Ríos-CONICET) y al laboratorio de Biología de Agentes Bioactivos y Fitopatógenos de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia (UNT).

Bibliografía citada

- Aagesen, L., Szumik C. A., F. O. Zuloaga y O. Morrone.
2009 Quantitative biogeography in the South America highlands - recognizing the Altoandina, Puna and Prepuna through the study of Poaceae. *Cladistics* 25:295-310
- Albert, R. M., M. K. Bamford y D. Cabanes.
2006 Taphonomy of phytoliths and macroplants in different soils from Olduvai Gorge (Tanzania) and the application to Plio - Pleistocene palaeoanthropological samples. *Quaternary International*, 148: 78-94.
- Baker, G.
1960 Fossil opal-phytoliths. *Micropaleontology* 6:79-85.
- Belotti López de Medina, C. R.
2015 Desigualdad e intensificación de la subsistencia en el valle de Yocavil (Catamarca y Tucumán, Argentina) entre los siglos I A.C. y XVI D.C. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XL (1): 73-100.
- Bertoldi de Pomar, H.
1971 Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana* 8: 317-328.
- Borrelli, F., M. Osterrieth y J. Marcovecchio.
2008. Interrelations of vegetal cover, silicophytolith content and pedogenesis of Typical Argiudolls of the Pampean Plain, Argentina. *Catena* 75: 146-153.
- Cabrera, A. L.
1971 Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol. 14.
- Cabrera, A. L.
1976 Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* (ed. W. F. Kugler), Tomo II. Fascículo 1, pp. 1-85. Editorial Acme, Buenos Aires.
- Caggiano, M. A. y M. C. Sempé.
1994 *América, Prehistoria y Geopolítica*. Editorial Tea, Buenos Aires.

Denevan, W. M.

1980 Tipología de configuraciones agrícolas prehispánicas. *América Indígena*. XL (4).

Ehrenberg, C. G.

1854 *Mikrogeologie*. 2 vol. Atlas. Leopold Voss, Leipzig.

Fernández Honaine, M.

2007 Análisis fitolítico del pastizal del *Paspalum quadrifarium* y su relación con la evolución pedológica en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Fernandez Honaine, M., M. L. Oterrieth y A. F. Zucol.

2009 Plant communities and soil phytolith assemblages relationship in native grasslands from southeastern Buenos Aires province, Argentina. *Catena* 76 (1):89-96.

Gallego, L., A. R., Distel, R., Camina y R. M. Rodríguez Iglesias.

2004. Soil phytoliths as evidence for species replacement in grazed rangelands of central Argentina. *Ecography* 27: 1-8.

Hammer, Ø. Harper, D.A.T. y P.D. Ryan.

2001 Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1), art. 4: 9, 178kb.

http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

Hammer, O., Harper, D.A.T. y P.D. Ryan.

2007 PAST - *Palaeontological Statistics*, 1.75. 86pp. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.

Iriarte, J. y E. A., Paz.

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.

Hart, D. M. y Humphreys, G. S.

2003 Phytolith depth functions in surface regolith materials. *Advances in Regolith*, (ed. por I.C. Roach I.C.), pp. 159-163. CRM, Canberra.

IPCNWG

2005 International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany* 96 (2): 253-260; doi:10.1093/aob/mci172.

Kondo, R., Childs, C. Atkinson, I.

1994 Opal phytoliths of New Zealand. *Maanaki Whenua Press*. Pp. 85.

Korstanje, M. A.

2005 La Organización del Trabajo en torno a la Producción de Alimentos en Sociedades Formativas (Provincia de Catamarca, República Argentina). Tesis Doctoral en Arqueología y Museo. Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.

2009 Korstanje, M.A. 2009. Microfósiles y agricultura prehispánica: primeros resultados de un análisis múltiple en el NOA. *Fitolitos: Estado Actual de su Conocimiento en América del Sur* (ed. por A.F Zucol, M. Osterrieth, M. Brea y N. Borrelli), pp. 249-263. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.

2010 Agricultural crisis in the ancient Southern Andes: Trajectories and Evidence for its Archaeological Study. *Archaeological Review from Cambridge* 26 (1): 43-63.

Korstanje, M. A. y Cuenya, P.

2008 Microfósiles y agricultura prehispánica: Primeros resultados de un análisis múltiple en el Noroeste Argentino. *Fitolitos: Estado actual de su conocimiento en América del Sur* (ed. por Zucol, A. F.; Osterrieth, M. y M. Brea), 133-147. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.

Korstanje, M.A., P. Cuenya y M. Maloberti.

2014 El análisis múltiple de microfósiles como herramienta para estudiar paisajes agrícolas y prácticas campesinas: Una síntesis metodológica. *Avances y desafíos metodológicos en Arqueobotánica: Miradas consensuadas y diálogos compartidos desde Sudamérica* (ed. por C. Belmar y V. Lema), pp. 252-275. Universidad SEK, Santiago de Chile.

Kulemeyer, J., L. Lupo, M. C Madozzo Jaén, A. Cruz, P. Cuenya, M. Maloberti;G. Cortés y A. Korstanje.

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.

Lanzelotti, S. L. y G. Buzai.

2015 Modelos de aptitud espacial para la agricultura prehispánica y actual en el valle de Santa María, Catamarca, Argentina. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía* 18: 139-150.

Lanzelotti, S. L. y A. F. Zucol.

2019 Cercanía espacial y distancia temporal entre una unidad doméstica y las estructuras agrícolas adyacentes en el valle de Yocavil. *Relaciones Antropológicas* (en prensa).

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. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo.

Maldonado, M.G., Sampietro Vattuone, M.M., Blasi, A.M., Castiñeira Latorre, C., Peña Monné, J.L. y Pigoni, M.A.

2016 Estratigrafía, paleoambiente y procesos de formación de sitio en El Paso durante el Holoceno Tardío (valle de Santa María-Noroeste Argentino). *Geoarqueología de los Valles Calchaquíes*. (ed. por Sampietro Vattuone, M.M. y J. L. Peña Monné), pp. 121-144. Laboratorio de Geoarqueología, Universidad Nacional de Tucumán.

Maloberti, M.

2014 Prácticas campesinas en emplazamientos agrícolas formativos.: El caso del Alto Juan Pablo (Belén, Catamarca). *Comechingonia*. 18(1): 139-159.

Morello, J., S. Matteucci, A. Rodríguez, y M. Silva.

2012 Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. *Orientación Gráfica* Editora. Pp. 752.

Nalepka, D. y A. Walanus.

2003 Data processing in pollen analysis. *Acta Paleobotanica* 43 (1): 125-134.

Nastri, J., G. Pratolongo, G. Caruso, M. Hopczak y M. Manasiewicz.

2002 Los puestos prehispánicos de la sierra del Cajón (Pcia. de Catamarca). *Actas XIII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, Tomo II, pp. 421-430. Córdoba.

Nastri, J., G. Pratolongo, A. Reynoso y A. M. Vargas.

2004 Arqueología de la sierra del Cajón: poblados, corrales y pinturas. En *Problemáticas de la Arqueología Contemporánea*, Tomo III, compilado por A. Austral y M. Tamagnini, pp. 715-728. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto.

Oliszewski, N., J. G. Martínez y M. A. Caria.

2008 Ocupaciones prehispánicas en una quebrada de altura: el caso de Cueva de los Corrales 1 (El Infiernillo, Tafí del Valle, Tucumán). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXXIII: 209-221.

Oliszewski, N. y G. Arreguez

2015 Los recursos vegetales alimenticios de la Quebrada de Los Corrales en El Infiernillo, Tucumán, durante el 1° milenio d.C. *Comechingonia. Revista de Arqueología* 19(2): 111-140.

Ollendorf, A. L.

1992 Toward a classification scheme of sedge (Cyperaceae) phytoliths. *Phytolith Systematics* (ed. por Rapp G. y S.C. Mulholland), pp. 91-111. Plenum Press, Nueva York.

Oyarzabal, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturo, H. M., Aragón, R., Campanello, P. I., Prado, D., Oesterheld, M., Leon, J. C. R.
2018 Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral* 28: 040-063.

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. *Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region* (Part 2): 279-296.

Pearsall, D. M.

2000. *Paleoethnobotany: A handbook of procedures*. Academic Press, San Diego.

Peel M. C.; B. L. Finlayson y T. A. McMahon.

2007 Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions, European Geosciences* 11 (5): 1633-1644.

Perea, M. C.

1991 Análisis de Prioridades para la Conservación en el Valle del Río Santa María, Tucumán, Sector Oriental. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas - Orientación Botánica. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán.

Petrucci N., V. S. Lema, M. L. Pochettino; V. Palamarczuk, R. Spano y M. Tarragó.

2018 From weeds to wheat: a diachronic approach to ancient biocultural diversity in the Santa María valley, northwest Argentina. *Vegetation History and Archaeobotany* 27:229-239.

Pietragalla, V. y Corso, M. L.

2008 Proyecto de evaluación de la degradación de tierras de zonas áridas (LADA). Informe de avance a escala local. *Secretaría de Medio Ambiente de la Nación, Argentina*.

Piperno, D.R. 1984. A comparison and differentiation of phytoliths from maize and wild grasses: use of morphological criteria. *American Antiquity* 49: 361-83.

Piperno, D. R.

1988 *Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective*. San Diego, Academic Press.

Piperno, D. R. y D. M. Pearsall.

1998 *The origins of agriculture in the Lowland Neotropics*. San Diego, Academic Press.

Rapp, G. y Mulholland, S. C.

1992 *Phytolith Sysytematics*, Plenum Press, New York.

Roldan, J., Vattuone, M. A., Sampietro Vattuone, M. M.

2012 Agricultura prehispánica en Yasyamayo (valle de Santa María, Tucumán, Argentina). *Estudios Atacameños Arqueología y Antropología Surandinas* 47:83-100.

Roldan, J.

2014 Biogeoquímica de suelos agrícolas prehispánicos en los valles Calchaquíes (Tucumán-Argentina). Tesis Doctoral. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán.

Sampietro Vattuone, M. M. y L. Neder.

2011 Quaternary Landscape Evolution and Human Occupation in Northwestern Argentina. *Geological Society, London, Special Publications*, 352: 37-47.

Sampietro Vattuone, M. M., C. Perea, M. G. Maldonado, J. Roldan y L. Neder.

2012 Asentamientos formativos de la vertiente occidental de Cumbres Calchaquíes y su vinculación con las reconstrucciones paleoambientales existentes (Tucumán-Argentina). *V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*: 93-102.

Sampietro Vattuone, M.M.; Roldán, J., Maldonado, M. G., Lefebvre, M. G. y Vattuone, M.A.

2014 Agricultural suitability and fertility in occidental piedmont of Calchaquíes Summits (Tucumán, Argentina). *Journal of Archaeological Science* 52: 363-375.

Sampietro Vattuone, M.M., Roldán, J., Peña Monné, J.L., Lefebvre, M.G. y M.A. Vattuone.

2016 Las prácticas agrícolas durante el Formativo y los Desarrollos Regionales en los sitios de Molle Yaco y Yasyamayo (valle de Santa María). *Geoarqueología de los Valles Calchaquíes* (ed. por Sampietro Vattuone, M. M. y J. L. Peña Monné), pp. 185-211. Laboratorio de Geoarqueología, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán.

Sampietro Vattuone, M. M., J. L. Peña Monné, M. G. Maldonado, C. Sancho Marcén, W. Báez; A. Sola, A. Blasi.

2018 Registro de cambios ambientales durante el Holoceno superior en depósitos fluvio-eólicos del Valle de Santa María (Noroeste Argentino). *Boletín Geológico y Minero*. 129 (4): 647-669.

Scattolin, M. C.

2010 La organización del hábitat precalchaquí (500 A.C.-1000 D.C.). *El Hábitat Prehispánico. Arqueología de la Arquitectura y de la Construcción del Espacio Organizado* (ed. por M. E. Albeck, M. C. Scattolin y M. A. Kostanje), pp. 13-51. Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy.

Sayago, J. M., L. Del V. Neder y M. E. Puchulu.

1998 Suelos. *Geología de Tucumán* (ed. por M. Gianfrancisco, M.E. Puchulu, J. Durango de Cabrera, y F. G. Aceñolaza), pp. 275-284. Colegio de Graduados de Ciencias Geológicas de Tucumán, Tucumán.

Tineo, A.

2005 *Estudios Hidrogeológicos del Valle del Río Santa María-Provincia de Catamarca. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO). Serie Correlación Geológica 20. San Miguel de Tucumán.*

Twist, P.C., Suess, E. y Smith, R.M.

1969 Morphological classification of grass phytoliths: Soil science of America. *Proceeding* 33: 109-115.

Twiss, P. C.

1992 Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. *Phytoliths Systematics. Advances in Archaeological and Museum Science* 1: 113-128.

Walkley A. y A. Black.

1934 An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

Wallis, L. A.

2003 An overview of leaf phytolith production patterns in selected northwest Australian flora. *Review of Palaeobotany and Palynology* 125: 201-248.

Wilding, L. P.

1967 Radiocarbon dating of biogenetic opal. *Science* 184:899-901.

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. *Arqueología de la Agricultura: Casos de Estudio en la Región Andina Argentina* (ed. por M. A. Korstanje y M. Quesada), pp: 178-207. Ediciones Magna, San Miguel de Tucumán.

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., Brea, M., Madden, R. y Bellosi, E.

2004 Análisis fitolítico de la transición Eoceno-Oligoceno en el perfil tipo de la Formación Sarmiento (Gran Barranca), Chubut. *Ameghiniana*, 41 (4) Suplemento: 25R.

- Zucol A. F., Matheos, S. D., Prámparo, M., Brea, M. y Raigemborn, M. S.
2004b Enfoque multidisciplinario aplicado al estudio del Paleoceno inferior del Bosque José Ormaechea, Chubut, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, II (2): 85-86.
- 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.
- 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.
- 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. *1ª Reunión Internodos del Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral y 1erWorkshop Argentino del Proyecto Potrok Aike MaarLake Sediment Archive Drilling Project* (eds. Corbella, H. y N. I. Maidana), pp. 81-84. Proyecto Editorial PIPA, Buenos Aires.
- Zurro, D.
2006 El análisis de fitolitos y su papel en el estudio del consumo de recursos vegetales en la prehistoria: bases para una propuesta metodológica materialista. *Trabajos de Prehistoria* 63 (2): 35-54.