



Asociaciones fitolíticas en estructuras del espacio agrario del sitio Yasyamayo (valle de Yocavil, Argentina) durante el período Tardío (1000-1480 dc)

Phytolithic assemblages in structures of the agrarian space in the Yasyamayo site (Yocavil valley, Argentina) during the Late Period (1000-1480 ad)

Vicente Antonio Mardones Vallejos¹, María Gisela Lefebvre² y Mario Gabriel Maldonado³

¹Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Católica de Temuco, Chile.
E-mail: vmardones2015@alu.uct.cl

²Laboratorio de Geoarqueología. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.
E-mail: gisela_lefebvre_2005@hotmail.com

³Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Católica de Temuco, Chile.
E-mail: mmaldonado@uct.cl

Resumen

El objetivo de la presente investigación es establecer que efectos produjeron las actividades humanas en la composición fitolítica dentro de una estructura circular ubicada en el sitio Yasyamayo (valle de Yocavil, Tucumán, Argentina) durante el período Tardío (1000-1480 DC). Para ello se analizó la asociación fitolítica de dicha estructura, y se comparó con las de una secuencia estratigráfica sin actividad antrópica y otra de una terraza agraria. Los resultados obtenidos mostraron algunas diferencias entre las asociaciones, de manera conjunta con datos estratigráficos y geoquímicos disponibles. Todo esto apoyó la hipótesis del uso residencial de la estructura circular, quizás como un puesto agrícola, y se reafirmó la función agraria de la terraza de cultivo. Adicionalmente fue reforzada la presencia inferida de condiciones paleoambientales más áridas que la actual para una etapa pre-ocupacional, coincidente con la Anomalía Climática Medieval. La presencia de una etapa post-ocupacional caracterizada por un paleoambiente árido y semiárido con alguna fluctuación húmeda es coincidente con la Pequeña Edad del Hielo (1300-1850 AD).

Palabras clave: Fitólitos; Yasyamayo; Valle de Yocavil; Paleambiente; Estructuras arquitectónicas agrarias.

Abstract

The objective of this research is to establish the effects produced by human activities on the phytolithic composition within a circular structure located at the Yasyamayo site (Yocavil valley, Tucumán, Argentina) during the Late Period (1000-1480 AD). To achieve this, the phytolithic assemblage of this structure was analyzed and compared with those from a stratigraphic sequence without anthropic activity and other from an agricultural terrace. The results showed some differences between the compared sets and, together with available stratigraphic and geochemical data, support the hypothesis of the residential use of the circular structure, perhaps as an agricultural outpost, and reaffirmed the agricultural function of the cultivation terrace. Additionally, paleoenvironmental conditions reinforced for a drier pre-occupational stage than the current conditions were reaffirmed, coinciding with the Medieval Climatic Anomaly. The presence of an arid and semi-arid paleoenvironment with some humid fluctuations was observed for the post-occupational stage, coinciding with the Little Ice Age (1300-1850 AD).

Keywords: Phytoliths; Yasyamayo; Yocavil valley; Paleoenvironment; Agrarian architectural structures.

Introducción

El valle de Santa María o Yocavil se ubica en el Noroeste Argentino (NOA), y se extiende orientado en sentido norte-sur por más de 100 km entre las provincias de

Salta, Tucumán y Catamarca. Está flanqueado en su lado oriental por las Cumbres Calchaquíes y la sierra del Aconquija, en el occidental por la sierra de Quilmes, y es surcado por el río Santa María (Ruiz Huidobro, 1972). Es un valle semidesértico con vegetación de Monte y de

Prepuna (Cabrera, 1976).

Los asentamientos agrarios prehispánicos (ca. 100-1535 DC) se ubicaron predominantemente en las partes altas de los piedemontes irrigados por las cuencas hídricas de las sierras que lo enmarcan, y en el fondo del mismo en las proximidades del río Santa María. Condiciones que posibilitaron el desarrollo de actividades cotidianas y agrícolas (Maldonado, 2016). Las áreas de producción agraria de los asentamientos se componen de distintos tipos de construcciones, entre las que se destacan principalmente los canchones, líneas transversales, andenes, terrazas, despedres y estructuras cerradas. Estas construcciones, insertas en un ambiente árido y semiárido, generan condiciones microambientales en el sustrato que son sensibles a los cambios, los cuales pueden ser detectados por medio de la caracterización de las asociaciones fitolíticas que allí se encuentran. Estas, son una excelente herramienta para identificar comunidades vegetales, determinar cambios paleoambientales, el impacto humano en la vegetación y el uso de las plantas, entre otros aspectos relacionados (Borrelli et al., 2008; Fernández Honaine et al., 2009).

Las investigaciones fitolíticas de diferentes áreas del NOA se produjeron principalmente en los últimos 20 años y fueron realizadas con diferentes objetivos y procedimientos (Korstanje et al., 2014; Kulemeyer et al., 2013; Lanzelotti y Zucol, 2019; Lefebvre et al., 2020a, 2020b, 2021; Maldonado, 2016; Maloberti, 2014; Zucol et al., 2012). Estos trabajos han abarcado diferentes períodos de la etapa agroalfarera prehispánica, con un foco predominante sobre fitolitos presentes en secuencias estratigráficas naturales o antrópicas como terrazas de cultivo. En ellos, los objetivos principales fueron caracterizar la vegetación natural, cultivada y describir el impacto paleoambiental o humano sobre la flora. Sin embargo, ello ha dejado casi sin investigar los fitolitos presentes en otros tipos de estructuras arquitectónicas o espacios con otras funcionalidades, o cómo las diferentes actividades humanas influyeron o no en la composición y frecuencias de las asociaciones fitolíticas en esos espacios. Es por ello que, en el presente trabajo de investigación se plantea como objetivo obtener una aproximación a la funcionalidad de estructuras circulares presentes en el espacio agrario del sitio Yasyamayo (valle de Yocavil, Tucumán, Argentina) durante el Período Tardío (1000-1480 DC), comparando sus asociaciones fitolíticas con aquellas registradas en perfiles naturales y en otras estructuras como terrazas agrícolas. Vale aclarar que las asociaciones fitolíticas de la terraza agraria y una secuencia estratigráfica sin actividad antrópica fueron descritas por Lefebvre et al. (2020a).

Área de estudio

Características ambientales

Geológicamente las elevaciones que enmarcan el valle

corresponden a las Sierras Pampeanas, compuestas por un basamento metamórfico de bajo y mediano grado con intrusiones graníticas de edad Precámbrica y Cámbrica. El piedemonte oriental del Valle muestra siete etapas de agradación, consistentes de niveles de pedimentos, abanicos aluviales y terrazas fluviales formados desde el Plioceno tardío hasta el Holoceno superior (Sampietro Vattuone y Peña Monné, 2023). El piedemonte occidental se caracteriza por la presencia de abanicos aluviales coalescentes que se originan en la Sierra de Quilmes, identificándose relictos de edad pleistocénica, abanicos del Holoceno superior, y formas agradativas más recientes pertenecientes a la Pequeña Edad del Hielo (Peña Monné et al., 2016). Finalmente, el fondo de valle está formado por la llanura de inundación del río Santa María, y hacia sus lados paleocauces, mantos de arena y dunas (Maldonado, 2016).

Presenta un clima árido de condición desértica, con una temperatura media anual de 18°C, precipitaciones medias anuales de 200 mm y valores potenciales de evapotranspiración superiores a 700 mm anuales (Peel et al., 2007; Pietragalla y Corso, 2008). Los suelos son en general de desarrollo incipiente, con poca profundidad, sin diferencias en los horizontes, con textura predominantemente arenosa, poco estructurados, de colores claros muy homogéneos con escaso contenido de materia orgánica (Sayago et al., 1998).

Fitogeográficamente, el valle de Santa María se encuentra representado dentro de la provincia del Monte, en la cual predominan los cardones, árboles y arbustos bajos, espinosos y adaptados al desierto (Escudero Martínez,

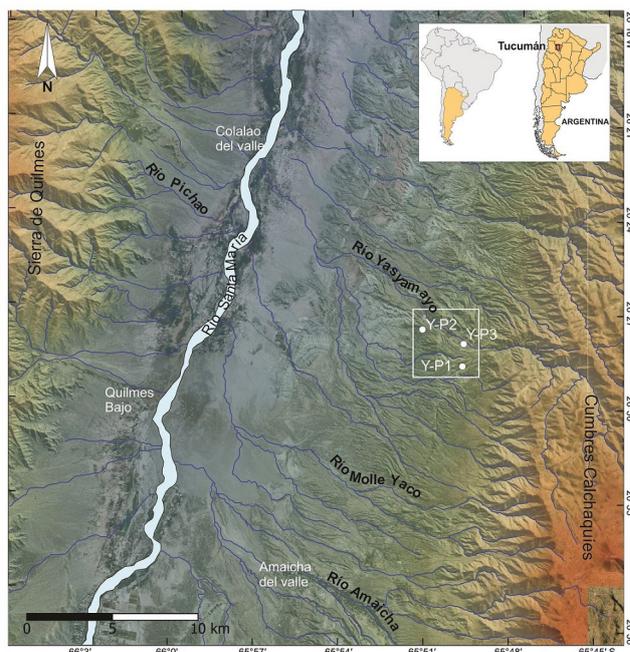


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Figure 1. Location of the study area.

1991; Perea, 1995). Predomina la comunidad del jarillal, la cual se desarrolla en suelos arenoso o arenoso-pedregoso. Es una asociación de *Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia* y *Larrea nítida* de manera conjunta con *Bougainvillea spinosa*. Entre ellas crecen de manera frecuente arbustos como *Cassia aphylla*, *Cercidium praecox* y representantes del género *Neltuma* (Colin *et al.*, 2022; Catalano *et al.*, 2023). En suelos detríticos gruesos se desarrollan principalmente comunidades de Zigofiláceas espinosas cuyas especies dominantes incluyen a *Plectocarpa rougesii*, *Plectocarpa tetracantha* y *Bulnesia schickendantzii* (Cabrera, 1976).

En ese marco, el sitio arqueológico Yasyamayo (Figura 1), se encuentra ubicado en la parte alta del piedemonte occidental de las Cumbres Calchaquíes, en un espacio con abanicos aluviales y terrazas fluviales formados entre el Pleistoceno intermedio y Holoceno medio correspondientes a las etapas S3, S4 y S5 (Sampietro Vattuone y Peña Monné, 2023). El área de Yasyamayo se encuentra cubierta en un 50% por Bosquecitos de Quebrada (*Acacia visco*, *Salix humboldtiana* y *Schinus molle*) distribuidos de manera agregada (Perea, 1995).

Características arqueológicas

Durante el período Temprano (ca. 100 - 1000 DC) los grupos alfareros desarrollaron aldeas sedentarias y semisedentarias en el piedemonte de los cerros, con estructuras residenciales dispersas en los campos de cultivo y una economía de subsistencia basada en agricultura. Además de pastoreo de llamas en zonas altas complementado con la caza y la recolección de plantas silvestres. En el valle existen evidencias de consumo de *Geoffroea decorticans*, *Zea mays oryzaea* e *indurata*, *Phaseolus vulgaris*, y *Chenopodium quinoa* (Petrucci *et al.*, 2018).

Durante el período Tardío (ca. 1000 - 1480DC) los espacios habitacionales de los asentamientos comienzan a presentar una mayor concentración, sumado al aumento demográfico, y algunos poblados se ubican en zonas elevadas rodeados por murallas defensivas (Caggiano y Sempé, 1994). Se destaca la construcción comunitaria de represas, canales, sistemas de andenerías de cultivo y terrazas entre los que se cultivaban especies como *Zea Mays*, *Phaseolus vulgaris*, *Capsicum anuum*, *Curcubita pepo*, *Solanum tuberosum*, *Chenopodium quinoa*, entre otros (Killian *et al.*, 2021). Además, se evidencia un gran desarrollo del pastoreo de auquénidos, la textilera en lana y la metalurgia en bronce (Caggiano y Sempé, 1994).

Finalmente, durante el período Inca o Imperial (1480 - 1535 DC) en el NOA los grupos locales fueron sujetos de procesos de aculturación, asimilados y reubicados en nuevos ambientes donde servían como controladores de otras poblaciones. La presencia Inca se evidencia en rasgos arquitectónicos tales como el qhapaq ñan, Recintos Perimetrales Compuestos y cerámicas con

iconografía Inca o estilos locales con influencias incaicas en diferentes grados (Tarrago *et al.*, 2017).

Dentro de ese marco, el asentamiento arqueológico Yasyamayo pertenece al período Tardío (ca. 1000 - 1480 DC), asignación cronológica basada en el material cerámico encontrado (Sampietro Vattuone y Neder, 2011). El sitio registra la existencia de áreas agrícolas con construcciones de tres tipos: terrazas, despedres y unidades circulares aisladas. Las secuencias estratigráficas naturales *off site* presentan texturas desde arcillo limosa a limosa, mientras que en las terrazas agrícolas las texturas se tornan franco arcillo limosas y franco limosas y el color es más oscuro en la capa de ocupación. En todos los perfiles antrópicos analizados la superficie de ocupación se encuentra entre los 10 y 40 cm de profundidad, enterrada bajo una o dos capas de sedimento (Sampietro Vattuone *et al.*, 2014). Generalmente los perfiles agrícolas tienen elevados porcentajes de materia orgánica en las capas superficiales 1 o 2 y los valores de pH son más básicos a mayor profundidad (Roldán *et al.*, 2014). Los perfiles muestran poco desarrollo edáfico, los naturales son más arenosos y tienen menor concentración de nutrientes principales (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio), que los de las zonas agrícolas del sitio, donde las texturas más finas favorecieron la retención de micronutrientes (Sampietro Vattuone *et al.*, 2014, 2016).

Antecedentes

Existen diversas investigaciones acerca de conjuntos fitolíticos procedentes de ambientes áridos (e.g. Barboni y Bremond, 2009; Neumann *et al.*, 2019; Pearsall, 2008; Piperno, 1988; Planella *et al.*, 2014; Trombold y Alcántara, 2005, entre otros). En Argentina, estas se han aplicado a muestras sedimentarias procedentes de sitios agrarios prehispánicos usando diferentes procedimientos metodológicos con el fin de determinar las especies cultivadas, inferir las prácticas agrarias realizadas y reconstruir los paleoambientes (Lefebvre *et al.*, 2020a, 2020b, 2021; Maloberti, 2014; Osterrieth *et al.*, 2014, 2015; Williams *et al.*, 2010; Zucol *et al.*, 2012).

En el NOA la mayoría de las investigaciones fitolíticas pertenecen al valle de El Bolsón (Dpto Belén, prov. de Catamarca) y al período Temprano, basadas en muestras de sedimentos extraídas de estructuras agrícolas. Se identificaron formas diagnósticas para el maíz y fitolitos pertenecientes a las familias Chenopodiaceae, Solanaceae, Cucurbitaceae y Basellaceae, y otros correspondientes a las subfamilias Pooideae, Arundinoideae, Arecoideae y Panicoideae (Kulemeyer *et al.*, 2013; Maloberti, 2014). Mención aparte es el "análisis múltiple" de Korstanje *et al.* (2014) que integra estudios fitolíticos y análisis de suelos, infiriéndose prácticas agrícolas de riego considerando el aumento de diatomeas, además del abonado de suelos agotados y la quema de rastrojo indicados por cambios en la química del suelo y la presencia de microcarbones

en muestras con bajos valores de materia orgánica y abundantes fitolitos.

También en la Provincia de Catamarca, pero en la zona de Los Varela (Ambato) los trabajos de Zucol *et al.* (2012) en estructuras de cultivo registraron la presencia de fitolitos panicoides asignables a *Zea Mays*, además de una mayor abundancia de morfotipos de vegetales megatérmicos (tanto panicoides como chloridoideos) que de microtérminos/mesotérmicos (poooides, estipoides y danthonioides).

Para el valle de Yocavil o de Santa María, durante la última década se generaron investigaciones de conjuntos fitolíticos que aportaron a la caracterización paleoambiental, agricultura prehispánica y el impacto humano en el paisaje. Se identificaron fitolitos pertenecientes a las subfamilias Pooideae y Panicoideae, lo cual indica ambientes bajo un clima fresco y húmedo, con estaciones más cálidas y de alta disponibilidad de humedad (Lanzelotti y Zucol, 2019; Lefebvre *et al.*, 2020a, 2020b; Lefebvre, 2021; Maldonado, 2016).

En el sector catamarqueño del mismo valle, en la localidad de Caspinchango (Sierra del Aconquija), se determinó y comparó la composición fitolítica de secuencias estratigráficas correspondientes a una unidad doméstica circular y a una terraza de cultivo de los períodos Temprano y Tardío respectivamente. En las muestras de la unidad residencial se hallaron elementos diagnósticos de chloridoideos, bambusoides, panicoides, danthonioides, poooides-festucoides y estipoides, y otros introducidos antrópicamente pertenecientes a cucurbitáceas, arecáceas y bambusoideas (Lanzelotti y Zucol, 2019). Mientras, en el perfil de la unidad de cultivo se identificaron 2 zonas diferenciadas: una zona inferior la cual presentaba fitolitos de vegetación herbácea de características climáticas frías, predominando los elementos poooides-festucoides, estipoides y danthonioides; y una zona superior con morfotipos representativos de vegetación de climas más cálidos y con menor disponibilidad hídrica donde destacan elementos panicoides, chloridoideos, como así también bambusoideos y arecoideoideos (Lanzelotti y Zucol, 2019). Este antecedente es el único en el cual se han comparado conjuntos fitolíticos de una estructura residencial con los de otra agraria, pero con la limitación de que ambas corresponden a diferentes períodos y por lo tanto no se pueden establecer comparaciones cronológicamente equivalentes.

Específicamente para Yasyamayo (período Tardío) existe un único trabajo previo en donde se analizaron tres perfiles antropizados y un perfil natural. Como resultado, en el perfil natural, se observó escasa variabilidad de fitolitos y homogeneidad en todas las secciones. Es por ello que los autores sugieren que en este perfil las asociaciones vegetales se mantuvieron relativamente estables desde tiempos previos a la ocupación hasta

la actualidad. Mientras que, las capas medias de los perfiles antropizados comparten la presencia de fitolitos diagnósticos como sillas de montar, bilobados y conos truncados. Además, allí se identificó un morfotipo de la familia de Panicoideae que podría corresponderse con el que se encuentra en *Zea mays* (Pearsall 1987, 2000; Piperno 1984), el cual no había sido registrado hasta el momento para esta área de estudio. Se concluyó que los fitolitos encontrados en las capas medias concuerdan con condiciones de aridez registradas durante la Anomalía Cálida Medieval (ACM). Las capas superiores registraron fitolitos afines a la vegetación actual, la cual se regeneró lentamente en un ambiente semiárido, mientras que las capas inferiores señalan la presencia de un ambiente frío con aporte de humedad antes del 1000 AP (Lefebvre *et al.*, 2020a).

Materiales y Métodos

Las muestras sedimentarias analizadas proceden de un perfil que pertenece a una unidad circular (Y-P2) cuyo sondeo es de 1 m² realizado en el espacio agrario del sitio arqueológico Yasyamayo, en un nivel intermedio del glacis de Etapa S5. Las muestras fueron tomadas cada 10 cm aproximadamente y numeradas de arriba hacia abajo. Si bien los perfiles Y-P1 e Y-P3 ya fueron analizados en Lefebvre *et al.*, 2020a, aquí se realiza una revisión de los datos a los fines de poder compararlos con la estructura circular cerrada Y-P2. La ubicación y descripción físico química de estos tres perfiles puede observarse en la Figura 1, tabla 1.

La estructura circular se halla entre terrazas de cultivo, posee un diámetro no mayor a 2 m y dentro de ella no se encontraron evidencias tales como fogones, carbones, cenizas, líticos, cerámicas u otras que indiquen indudablemente su uso. Los perfiles fueron muestreados cada 10 cm aproximadamente y las muestras fueron numeradas de arriba hacia abajo.

Se procesaron las muestras siguiendo el protocolo propuesto por Zucol *et al.* (2010). Los tratamientos preliminares tuvieron por objetivo limpiar y desagregar física y químicamente la muestra permitiendo la liberación de los fitolitos, entre ellos se cuenta la eliminación de sales solubles lavando la muestra con agua destilada, la eliminación de carbonatos, barnices y/o cementos, a través de la incorporación a la muestra de ácido clorhídrico diluido al 10% y calentando a baño María, y por último, la eliminación de materia orgánica con la incorporación de agua oxigenada de 100 volúmenes. Con la muestra limpia se realizó la separación granulométrica, la cual tuvo por finalidad separar las partículas en tres fracciones: fina (partículas con diámetros entre 4-53 µm), mediana (entre 53 y 250 µm) y gruesa (mayor a 250 µm). A la fracción fina se le realizó la separación densimétrica con politungstato de sodio (líquido pesado, densidad: 2,345 gr/cm³), se centrifugó por no más de 10

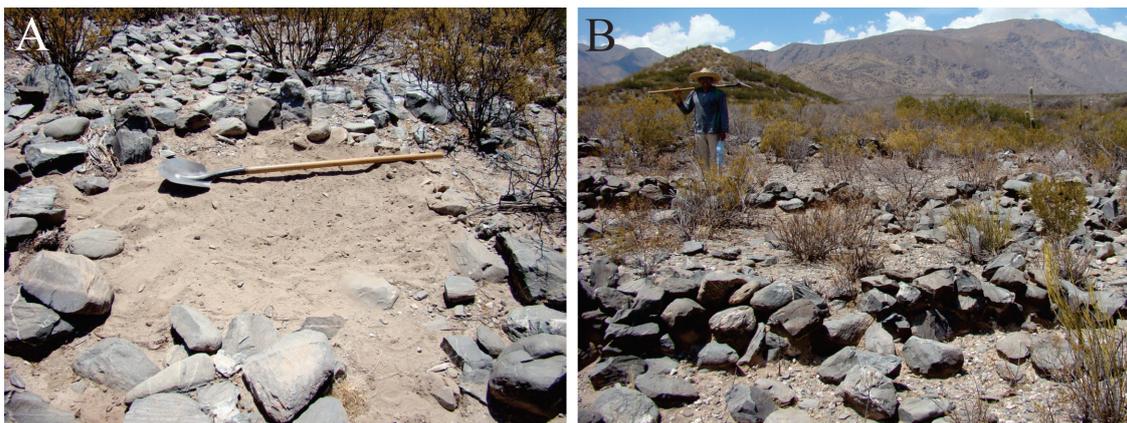


Figura 2. Estructuras arquitectónicas sondeadas: A, estructura circular; B, terraza.

Figure 2. Architectural structures excavated: A, circular structure; B, terrace.

minutos, se retiraron los tubos y se los dejó reposar unos minutos. Se filtró el material y se separó tanto la fracción liviana (en flotación), como la pesada (acumulada en el fondo). Con la fracción liviana, se realizaron preparados microscópicos montados en Bálsamo de Canadá, los cuales fueron observados y fotografiados mediante un microscopio biológico Binocular Compuesto AmScope B120 con montaje de cámara digital USB AmScope MD500 de 5MP (2.2µm x 2.2µm). Se realizó el recuento de entre 300 y 400 fitolitos por muestra, a un aumento de 40x10. La identificación y caracterización de los diferentes morfotipos se realizó de acuerdo a las indicaciones del Código Internacional de Nomenclatura para fitolitos ICPN 2.0 (Neumann *et al.*, 2019), complementados por otras clasificaciones (Bertoldi de Pomar, 1971; Kondo *et al.*, 1994; Patterer *et al.*, 2011; Twiss, 1992). Además, los fitolitos fueron diferenciados por tamaños: pequeños (menores a 30 µm) y grandes (mayores a 30 µm).

Las abundancias absolutas de cada morfotipo identificado

se registraron en planillas para tal fin y luego estos datos fueron recopilados por cada perfil estratigráfico para conformar una base de datos en Excel (MBD). Allí se combinaron los datos de los perfiles Y-P1 e Y-P3 con los del perfil Y-P2 con la finalidad de establecer las variaciones cuantitativas en los conjuntos fitolíticos a lo largo de cada perfil y entre perfiles (Apéndice 1). Se procedió a un análisis de la información expresado en valores de abundancia relativas, considerando una escala que abarca desde la ausencia de los fitolitos de una determinada clase morfológica, a su presencia en forma rara, escasa, frecuente o muy frecuente. La ausencia se representa con el 0% de frecuencia relativa, y el valor máximo de la escala (D) es igual al valor de clase morfológica que posee la mayor frecuencia relativa. Los morfotipos contabilizados como raros son aquellos que poseen valores de frecuencia relativa superiores al 0% y que no superan el límite A, siendo $A = 0,1 \times D$. Por su parte, los morfotipos escasos fueron considerados a partir de valores de frecuencia relativa iguales o superiores al valor A y que no superan

Perfil Ubicación	Muestras	Prof. (cm)	pH	Textura	Color	
					Seco	Húmedo
Yasyamayo						
(Y-P1) 26°27'55" S 65°50'04" O 2233 msnm	Y-P1-C1	0-10	8,4	Franco arcillo limosa	2,5 Y 6/3	2,5 Y 4/4
	Y-P1-C2	10-20	8,6	Franco arcillo limosa	2,5 Y 6/2	2,5 Y 4/4
	Y-P1-C3	20-30	8,9	Franco arcillo limosa	2,5 Y 6/2	2,5 Y 4/4
	Y-P1-C4	30-40	8,7	Franco limosa	2,5 Y 7/3	2,5 Y 4/4
	Y-P1-C5	40-50	8,9	Franco arcillo limosa	2,5 Y 7/3	2,5 Y 4/3
	Y-P1-C6	50-60	9	Franco limosa	2,5 Y 7/3	2,5 Y 4/3
(Y-P2) 26°27'19" S 65°51'03" O 2074 msnm	Y-P2-C1	0-10	8,7	Franco arcillo limosa	2,5Y 6/3	2,5Y 3/3
	Y-P2-C2	10-20	8,7	Franco arcillo limosa	2,5Y 6/2	2,5Y 3/3
	Y-P2-C3	20-30	8,9	Franco arcillo limosa Laminar	2,5Y 6/3	2,5Y 3/2
	Y-P2-C4	30-40	8,6	Franco limosa	2,5Y 6/2	2,5Y 3/3
(Y-P3) 26°27'57" S 65°50'06" O 2249 msnm	Y-P3-C1	0-5	7,4	Franco arcillo limosa	2,5Y 6/4	2,5Y 4/4
	Y-P3-C2	5-14	8,6	Franco arcillo limosa	2,5Y 6/4	2,5Y 3/2
	Y-P3-C3	14-24	8,7	Franco arcillo limosa	2,5Y 6/4	2,5Y 3/3
	Y-P3-C4	24-32	8,7	Franco arcillo limosa	2,5Y 6/4	2,5Y 3/3
	Y-P3-C5	32-40	8,7	Franco limosa	2,5Y 3/3	2,5Y 4/4
	Y-P3-C6	40-50	8,7	Franco limosa	2,5Y 3/3	2,5Y 4/4

Tabla 1. Perfiles de las tres localidades muestreadas y descripción físico-química de las muestras que componen cada perfil (tomado de Roldán, 2014 con modificaciones). Y-P1: Yasyamayo, perfil 1 (testigo); Y-P2: Yasyamayo perfil 2 (estructura circular); Y-P3: Yasyamayo perfil 3 (terracea agrícola).

Table 1. Profiles of the three sampled locations and physicochemical description of the samples composing each profile (taken from Roldán, 2014 with modifications). Y-P1: Yasyamayo, profile 1 (witness); Y-P2: Yasyamayo profile 2 (circular structure); Y-P3: Yasyamayo profile 3 (agricultural terrace).

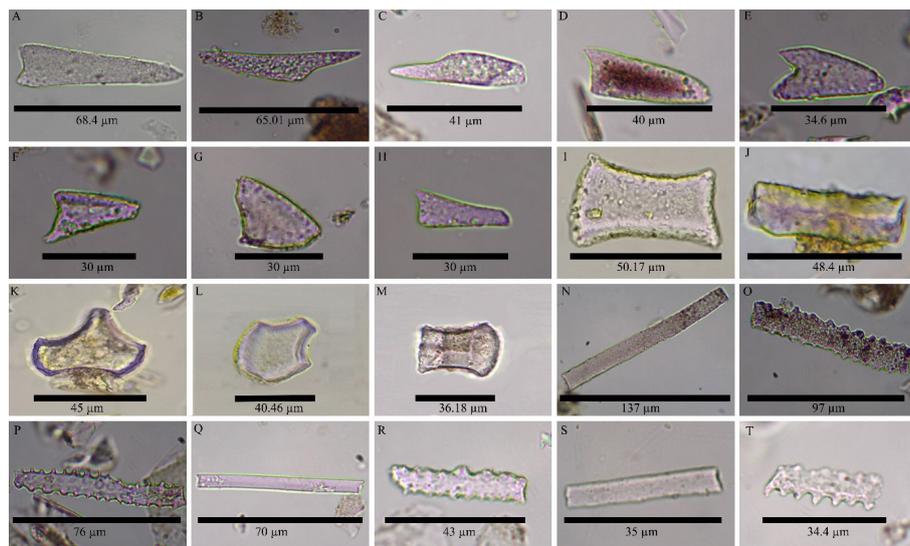


Figura 3. Macrofitolitos (>30 µm) identificados en los perfiles estudiados. A-H) Elementos aguzados (Ac), I-J) Poliédricos, K-M) Flabelados (Fl), N-T) Elongados (Mp).

Figure 3. Macrophytoliths (>30 µm) identified in the studied profiles. A-H) Pointed elements (Ac), I-J) Polyhedral, K-M) Flabelled (Fl), N-T) Elongated (Mp).

el límite B, siendo $B = 0,3 \times D$. Los fitolitos frecuentes se han establecido a partir de valores de frecuencia relativa iguales o superiores a B, y que no superan el límite de C, siendo $C = 0,6 \times D$. Por último, los elementos que poseen frecuencias relativas entre C y D se han considerado como muy frecuentes (Zucol, 1996).

Análisis estadístico de las muestras

Se realizó el diagrama fitolítico del perfil Y-P2 de la estructura circular utilizando el software POLPAL (Nalepka y Walanus, 2003), mostrando las abundancias de los morfotipos a través de las distintas capas del perfil. La rarefacción del taxa permitió el cálculo de la riqueza de morfotipos y la construcción de curvas de variabilidad. Además, se obtuvo un dendrograma cuya finalidad fue agrupar los conjuntos de muestras de composición similar, como así también distinguirlos de otros grupos.

El análisis estadístico multivariado se realizó utilizando el programa PAleontological STatistics (PAST, Hammer et al., 2007), y particularmente se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) que permitió identificar afinidades entre las asociaciones fitolíticas de las muestras. Para realizar dicho análisis se partió de la premisa de que en el sitio coexistirían especies de zonas aleñañas autóctonas y otras introducidas como producto de la actividad antrópica productiva y residencial.

Resultados

Los fitolitos más frecuentes son bilobados, elongados y conos truncados, mientras que los que aportan mayor variación son cruces, globulares, sillas de montar, plurilobados y conos truncados. Entre los elementos no fitolíticos se encontraron principalmente diatomeas

Figura 4. Microfitolitos (<30 µm) identificados en los perfiles estudiados. A) Aguzados (AC), B-I) Bilobados (Ha), J-K) Sillas de montar (Sm), L-M) Elementos de conducción (Du), N-O) Poliédricos (Sx), P-T) Globulares lisos (Gls), U) Elongados dentados (Mp r), V-W) Conos truncados (Ct), X-Y) Plurilobados (Ph).



Figure 4. Microphytoliths (<30 µm) identified in the studied profiles. A) Pointed (AC), B-I) Bilobed (Ha), J-K) Saddles (Sm), L-M) Conduction elements (Du), N-O) Polyhedral (Sx), P-T) Smooth globular (Gls), U) Elongated toothed (Mp r), V-W) Truncated cones (Ct) and X-Y) Plurilobed (Ph).

(Di). Los acrónimos, descripción y afinidad botánica de cada uno de fitolitos presentes están representados en la Tabla 2.

En términos generales se identificaron elementos > 30 µm como los aguzados (Ac), flabelados (Fl), elongados (Mp) y elongados dentados (Mp r) (Figura 3). También otros de menor tamaño (<30 µm) como los aguzados (Ac), bilobados (Ha), sillas de montar (Sm), elementos de conducción (Du), poliédricos (Sx) y globulares lisos (Gls) (Figura 4), cruces (Ch) y globulares espinosos (Glo). Por otro lado, se pudieron identificar fitolitos hendidos y adelgazados en forma de cruz con 4 lóbulos (Figura 5) de igual forma y tamaño con doble simetría de espejo, originado a partir de células cortas que se corresponderían con *Zea Mays*.

Estructura circular (Y-P2)

El perfil estratigráfico de la estructura arquitectónica circular (Y-P2) contiene 4 capas: C1 (0-10 cm), C2 (10-20 cm), C3 (20-30 cm) y C4 (30-40 cm). La distribución cuantitativa de los fitolitos identificados corresponde en mayor proporción (>= 50%) a la asociación constituida por elementos bilobados, elongados y conos truncados. En menor medida (>10%/<50%) se destacan elementos aguzados, globulares espinosos, elongados, globulares lisos, poliédricos y diatomeas. En baja proporción (<=10%) morfotipos cruces, sillas de montar, elementos de conducción, flabelados y plurilobados (Figura 6).

El clúster divide al perfil en 2 secciones: sección superior C1-C2, con abundancia de cruces, bilobados, flabelados, plurilobados y conos truncados. La sección inferior C3-C4

Código ^a	Descripción	Grupo ^b	Denominación propuesta por el ICPN ^c
Ac	Elementos aguzados de diferentes tamaños a veces con forma de gancho	Aguzados	Acute Bulbosus
Sx	Elementos poliédricos de gran tamaño	Poliédricos	Blocky
Fl	Elementos en forma de abanico de diferentes tamaños, a veces con márgenes convexos y facetados	Flabelados	Bulliform Flabelatte
Mp	Elementos elongados de contorno sinuoso de distintos tamaños y grosos	Elongados sinuosos	Elongate Sinuate
Mp r	Elementos elongados con bordes dentados	Elongados dentados	Elongate Dentate
Du	Elemento cilíndrico originado a partir de componentes del tejido de conducción	Elemento de conducción	Cylindric tracheid sulcate
Sm	Células cortas en forma de silla de montar, con caras cóncavas o convexas	En forma de silla de montar	Saddle
Ha	Se incluyen aquí todas las células cortas en forma de halterios o con dos lóbulos independientemente de la orientación de ambos	Bilobados	Bilobate
Ph	Células cortas en forma de halterios polilobados o con más de dos lóbulos	Plurilobados	Polylobate
Ch	Células cortas con cuatro lóbulos y doble simetría en espejo	Cruces	Cross
Ct	Células cortas en forma de conos truncados cortos y largos	Conos truncados	Rondel
Glo	Células globulares de bordes lisos	Globulares	Globular Granulate
Gls	Células globulares de bordes puntiagudos	Globulares	Globular Echinata

Tabla 2. Morfotipos fitolíticos utilizados en el presente trabajo: (a) acrónimo utilizado siguiendo a Patterer et al., 2011; (b) Bertoldi de Pomar, 1971; (c) Neumann et al., 2019.

Table 2. Phytolithic morphotypes used in the present study: (a) acronym used following Patterer et al., 2011; (b) Bertoldi de Pomar, 1971; (c) Neumann et al., 2019.

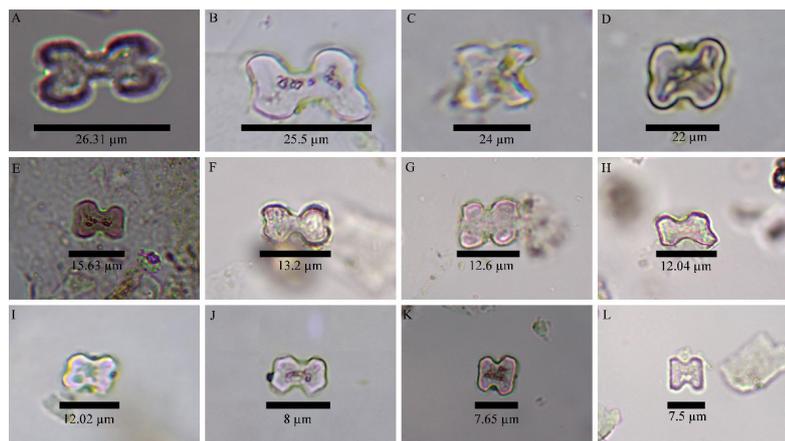


Figura 5. Fitolitos de 4 lóbulos en forma de cruz.

Figure 5. Phytoliths with 4 cross-shaped lobes.

tiene mayor cantidad de elementos aguzados, sillas de montar, globulares espinosos, elongados, poliédricos y globulares lisos (Figura 6).

Comparación de los conjuntos fitolíticos de los tres perfiles

La comparación entre las asociaciones fitolíticas presentes en la estructura circular Y-P2 y las de los perfiles Y-P1 (testigo) e Y-P3 (terracea agraria) evidencia que el primer componente perteneciente al ACP representa el 48,69% de la variabilidad obtenida, mientras que el segundo representa el 9,84 % (Figura 7).

Los tres perfiles se encuentran separados formando grupos individuales. Los perfiles testigo y de la terraza están hacia un lado de la gráfica mientras que el Y-P2 de la estructura circular se ubica en el lado opuesto. A su vez, las secciones inferior y superior del Y-P2 se evidencian separadas formando dos subgrupos (superior e inferior) tal y como lo muestra el diagrama fitolítico (Figura 6). Los fitolitos bilobados, polilobados y cruces de afinidad Panicoideae son los que aportan la mayor variabilidad entre los perfiles en el componente 1.

El perfil Y-P2 de la estructura circular contiene asociaciones

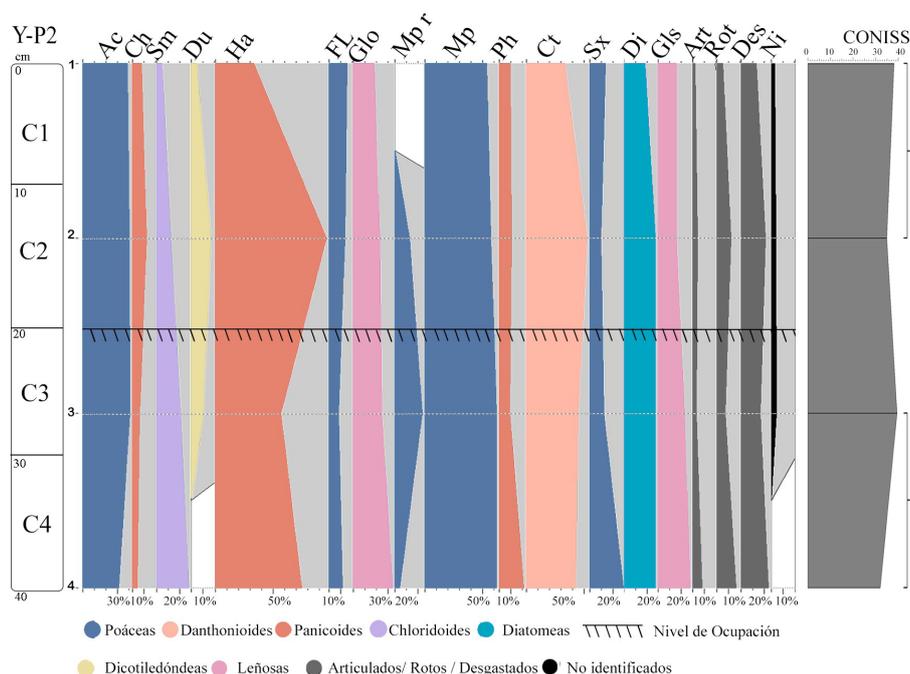


Figura 6. Diagrama fitolítico correspondiente a la estructura circular Y-P2. En gris la rarefacción y el factor de exageración (x5). Los colores se corresponden con las abundancias. Abreviación: Ac: Aguzados; Ch: Cruces; Sm: Sillas de montar; Du: Elementos de conducción; Ha: Bilobados; Fl: Flabelados; Glo: Globulares espinosos; Mp r: Elongados dentados; Mp: Elongados; Ph: Plurilobados; Ct: Conos truncados; Sx: Poliédricos; Gls: Globulares lisos.

Figure 6. Phytolithic diagram corresponding to the Y-P2 circular structure. In gray the rarefaction and the exaggeration factor (x5). The colors correspond to the abundances. Abbreviation: Ac: Sharp; Ch: Crosses; Sm: Saddles; Du: Driving elements; Ha: Bilobados; Fl: Flabelled; Glo: Spiny globular; Mp r: Elongated toothed; Mp: Elongated; Ph: Multilobed; Ct: Truncated cones; Sx: Polyhedral; Gls: Smooth globular.

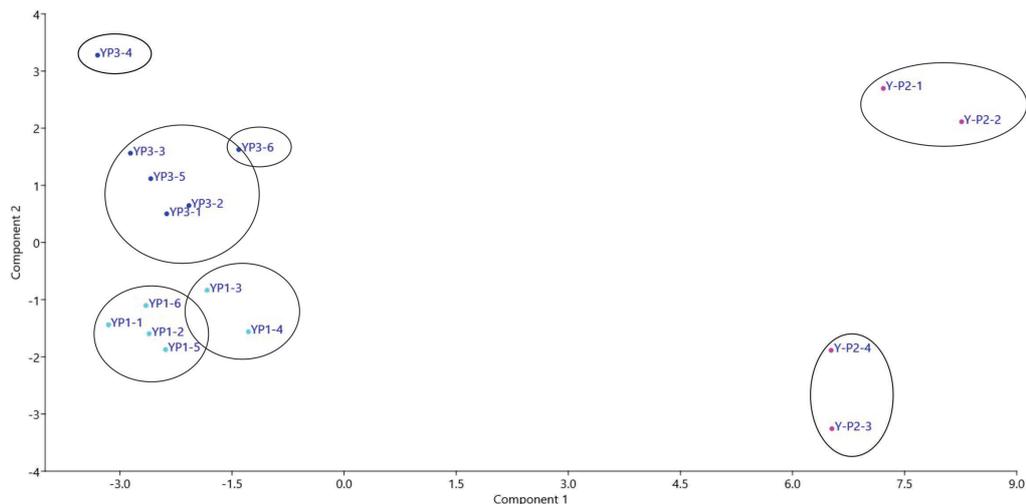


Figura 7. Análisis de Componentes Principales (PCA).

Figure 7. Principal Component Analysis (PCA).

fitolíticas que son coincidentes a las que se describieron para la terraza agrícola Y-P3 (Lefebvre *et al.*, 2020a). Se presentan morfotipos afines a las subfamilias Chloridoideae, Panicoideae y Danthonioideae.

Discusión

La ubicación relativa de los espacios agrarios de Yasyamayo coincide con la de otros asentamientos similares en el resto del valle, situados en sectores altos del piedemonte, y responde a que esos espacios, así como también el fondo de valle a las orillas del río Santa María son hídricamente favorecidos, con desarrollo de suelos, los que funcionaron como nichos ecológicos (Maldonado, 2016). Esto permitió que fueran ocupados de manera continuada aún bajo cambios paleoambientales hacia condiciones más áridas (Maldonado, 2016; Sampietro Vattuone *et al.*, 2018). En ese marco se desarrollaron las secuencias estratigráficas que se comparan a continuación.

Perfil Testigo (Y-P1)

El CONISS divide al perfil testigo Y-P1, en secciones superior e inferior, las cuales presentan asociaciones fitolíticas que describen la vegetación y el ambiente natural de Yasyamayo, sin intervención antrópica. Las capas superiores, Y-P1-C1 e Y-P1-C2 presentan asociaciones fitolíticas que estarían describiendo un ambiente árido y semiárido con alguna fluctuación húmeda asociada. Esta asociación está representada por elementos afines a la subfamilia Panicoideae y es coincidente con lo descrito por Lefebvre *et al.* (2020a). La sección inferior está constituida por las capas C4-C5, y la asociación fitolítica que presenta estaría reflejando condiciones más áridas que las actuales, representadas por elementos en forma de sillas de montar de afinidad Chloridoideae y conos truncados de afinidad Danthonioideae, los cuales además describen una vegetación herbácea típica de la Provincia Fitogeográfica del Monte (Lefebvre *et al.*, 2020a; Cabrera, 1976).

Perfil agrícola (Y-P3)

El CONISS divide a este perfil en una sección superior que se correspondería a la etapa post-ocupacional, una sección inferior que data de una etapa pre-ocupacional y entre ambas secciones se diferencia una capa intermedia que presenta rasgos macromorfológicos y geoquímicos que se corresponden con los de una superficie de ocupación humana.

Desde el punto de vista paleoambiental, las asociaciones fitolíticas de la sección superior C1-C2 concuerdan con las descripciones realizadas para los fitolitos y la vegetación asociada en investigaciones previas en Yasyamayo (Lefebvre *et al.*, 2020a). La abundancia de elementos panicoides (especialmente bilobados y en formas de cruz) se vinculan posiblemente con gramíneas de la tribu Andropogoneae (Lefebvre *et al.*, 2020a) que estarían delimitando un ambiente árido y semiárido alternado con fluctuaciones de humedad, evidenciado ello por la elevada proporción de estos elementos de preferencia subtropical. Estas condiciones de aridez-humedad se relacionan con fluctuaciones de temperatura cálidas-templadas-frías apoyadas éstas en datos regionales y globales que indican que el final del período Tardío y tiempos posteriores coinciden con la Pequeña Edad del Hielo (1300-1850 AD) (Bradley y Jones, 1993; Crowley, 2000; Sampietro Vattuone *et al.*, 2018).

La sección inferior formada por las capas C4-C5-C6, en tanto, estaría relacionada a un paleoambiente de condiciones más áridas que las actuales, representadas por vegetación herbácea, inferida por la presencia de elementos de afinidades Chloridoideae y Danthonioideae sumado a una menor frecuencia de diatomeas. Esto es coincidente a lo que describe Lefebvre *et al.*, 2020a para esta sección en el perfil testigo, la cual abarca los tiempos anteriores a la ocupación del sitio la que ocurrió durante el período Tardío (1000 - 1450 AD) según las características estilísticas de las cerámicas de la zona

(Sampietro Vattuone et al., 2014).

En las capas medias existen morfotipos que pueden ser indicadores de la presencia de plantas cultivadas. Se pudo identificar la presencia de elementos de 4 lóbulos de igual forma y tamaño con doble simetría de espejo, originado a partir de células cortas, hendidos y adelgazados en forma de cruz. Podrían ser indicativos de *Zea Mays*, pero de igual manera podrían ser indicativos de especies herbáceas perennes como *Echinochloa polystachya*, *Paspalum plicatulum*, *Panicum repens* y *Oedochloa minarum* (Bertoldi de Pomar, 1971; Neumann et al., 2019; Patterer et al., 2011; Pearsall, 1978; Piperno, 1984). En este caso, para desambiguar este indicador, se podría seguir el criterio de Pearsall (1978) de que los fitolitos en forma de cruz de especies herbáceas perennes suelen medir desde los 6,8 µm hasta los 11,45 – 15,98 µm. Mientras que los del género *Mays* miden desde 16,03 hasta los 20,56 – 25,19 µm. Las formas de cruces correspondientes a maíz serían significativamente más grandes que los Panicoides asociados a pastos (Piperno, 1984).

Estructura circular (Y-P2)

Las tres secciones diferenciadas en este perfil contienen asociaciones fitolíticas que son coincidentes a las que se describieron para la terraza agrícola (Y-P3).

La estructura circular de Yasyamayo presenta semejanzas fitolíticas con otro de una estructura residencial de Mesada de Agua Salada (Lanzelotti y Zucol, 2019). En ambos se presentan morfotipos afines a las subfamilias Chloridoideae, Panicoideae y Danthonioideae. La sección superior de ambas estratigrafías posee una mayor presencia de elementos en cruz, bilobados, elongados y en menor medida prismáticos, poliédricos y plurilobados. Mientras, en las secciones medias-inferiores se establecieron las superficies de ocupación, con mayor representación de elementos elongados, bilobados, aguzados, elementos de conducción y conos truncados. Además, en ambos perfiles las diatomeas están presentes de forma uniforme en todas las muestras registradas de esta estructura. Por consiguiente, estos indicios pueden deberse a condiciones de acumulación de humedad favorecidas tanto por la forma cerrada y tamaño de la estructura, así como por sus técnicas de construcción. Esas son condiciones propicias para la acumulación de diatomeas tanto por lluvias e inundaciones en su partes superior, como por la construcción utilizando agua para la compactación del sedimento y por el uso de ese espacio en las partes media e inferior, similar a lo que se ha propuesto para la estructura residencial de Mesada de Agua Salada (Lanzelotti y Zucol, 2019).

Integración de los tres perfiles

Los fitolitos en forma de cruz identificados en dos perfiles (Y-P2, Y-P3) indicarían intervención antrópica, y son significativamente mayores a los encontrados en Y-P1. Además, la distribución de estos elementos también

es diferente: los perfiles Y-P2 e Y-P3 presentan picos de frecuencias en las capas medias (C3), siendo más abundantes en el último; en tanto, en el perfil testigo Y-P1 se mantienen frecuencias bajas y constantes a lo largo de la secuencia.

Otro elemento que comparten los tres perfiles es la presencia de diatomeas. En el perfil Y-P2 (unidad circular) sus porcentajes se mantienen a lo largo de casi todas las capas, pudiéndose inferir que los niveles de humedad se mantuvieron constantes a lo largo del tiempo. En Y-P3, en tanto, se evidencia un aumento de la frecuencia porcentual de las mismas asociadas a la presencia de Chloridoideae en torno a la superficie de cultivo. Este patrón, asimilable posiblemente al uso de riego, luego disminuye hacia los niveles inferiores, lo cual ya fue señalado por Lefebvre et al. (2020a). Ello es coincidente con las condiciones paleoambientales áridas de la Anomalía Climática Medieval en el valle contemporáneas con el período Tardío (Maldonado, 2016; Sampietro Vattuone et al., 2018).

Funcionalidad de la estructura circular

Dentro de los espacios agrarios prehispánicos, las estructuras circulares se hallan generalmente dispersas entre los andenes y terrazas de cultivo. Dichos espacios fueron menos investigados que los núcleos poblados, y es menos aun lo que se conoce acerca de las estructuras circulares en cuanto a sus cronologías, formas, dimensiones, técnicas constructivas y funcionalidades. Sin embargo, existen algunos datos que pueden ser útiles para la discusión de los aspectos antes mencionados.

Dentro de los patrones de asentamientos del período Temprano, es típica la distribución dispersa de estructuras habitacionales circulares o rectangulares simples o adosadas entre andenes de cultivos, con plantas dispuestas de manera circular y muros simples y dobles (Raffino, 1987; Scattolin 2010). Estas han sido documentadas en otros sitios tardíos situados en el piedemonte oriental del valle y en el lado occidental en Rincón Chico (Nastri, 1997) y en el tercio central de la sierra de Quilmes (Maldonado, 2016). Además, los antecedentes indican que los abanicos aluviales y glacis fueron ocupados por estos espacios agrarios con estructuras circulares. Estas tenían de 2 a 3 m de diámetro de muro simple o doble sin relleno y de muro doble con relleno, diseminadas entre los andenes y terrazas de cultivo, y se les asignaron funciones como silos de almacenaje o habitacional (Maldonado, 2016).

La estructura circular investigada en este trabajo, tiene características similares a las mencionadas: se halla entre terrazas de cultivo, posee un diámetro no mayor a 2 m y por tramos parece estar construida por un muro doble sin relleno. Dentro de ella no se encontraron evidencias tales como fogones, carbones, cenizas, líticos, cerámicas u otras que indiquen indudablemente su uso.

Sin embargo, se dispone de otros datos para dilucidar su función. La información arquitectónica, estratigráfica, sedimentológica, pedológica, geoquímica y fitolítica evidencia diferencias funcionales entre la unidad circular y la terraza agrícola de Yasyamayo.

En primer lugar, la estructura circular construye un espacio cerrado y reducido, mientras que las terrazas delimitan uno abierto, rectangular y mucho más amplio. Estas diferencias condicionan las actividades o performances que pudieron desarrollarse en el interior de ellas, lo que sugiere usos diferenciales.

Estratigráficamente, dentro del perfil Y-P2, la capa C3 presenta una estructura laminada horizontal, acompañada de una textura más fina (franco arcillosa) y de una coloración (2,5Y 6/3) diferente a la de las capas supra y subyacentes lo que, junto con la ausencia de hierro disponible y la presencia de raíces son indicativos de un piso de ocupación. No hay evidencia estratigráfica de que la estructura circular haya sido excavada como para conformar una estructura de almacenamiento, por lo que posiblemente fue utilizada como lugar de descanso (Roldán *et al.*, 2014).

En contraste, en el perfil Y-P3 de la terraza agraria la capa C3 presenta estructuras en bloques subangulares, lo cual indica que pudo ser irrigada o concentrar humedad y desarrollar una edafización antrópica incipiente favorecida por el parapeto de contención de la terraza. Un leve incremento en la concentración de fósforo orgánico respecto a las capas vecinas indicaría la utilización de fertilizantes orgánicos. En general los macronutrientes (fósforo disponible y orgánico y el calcio) presentan menor concentración en la superficie cultivada que en el piso de la estructura circular, coherente con el consumo por parte de las plantas y la necesidad de fertilización. Concordantemente con esto último, dos de los tres micronutrientes analizados (Fe y Mn) se presentan con mayor concentración que en la estructura circular (Roldán *et al.*, 2014).

En cuanto a los fitolitos, si bien en la capa C4 de la estructura circular se identifican morfotipos panicoides, en cantidades significativamente menores a lo observado en el perfil de la terraza de cultivo. Además, dentro de la estructura circular, los elementos asociados a las pooides son indicativos de una vegetación adaptada a condiciones más templadas. Esto, sumado a la mayor frecuencia de diatomeas, evidencian condiciones de mayor humedad que el ambiente externo a modo de "microambiente", causado posiblemente por lluvias e inundaciones, por el uso de agua para la construcción, por el uso del espacio, y mantenido por las paredes (y posible techo) de la estructura. Hacia los niveles inferiores aumenta el número de chloridoides las cuales describen condiciones áridas o semiáridas más parecidas al ambiente exterior. En contraste, la terraza agraria acumula humedad

contra el muro pero que deja espacios para el drenaje pendiente abajo, y evidencia un aumento porcentual de las diatomeas asociada a la presencia de chloridoides en torno a la superficie de cultivo, patrón asimilable al uso de riego.

Retomando las hipótesis o conjeturas de la bibliografía respecto a las funciones de almacenaje o habitacional de las estructuras circulares, las características mencionadas para la estructura circular de Yasyamayo, junto a las asociaciones fitolíticas, apoyan su uso residencial quizás como un puesto agrícola, acorde con la propuesta funcional inicial de Roldán (Roldán *et al.*, 2014).

Conclusiones

En el valle de Yocavil, los espacios agrarios prehispánicos tardíos fueron escasamente investigados, y es menor aun lo que se conoce acerca de las estructuras circulares que allí se hallan en cuanto a sus cronologías, formas, dimensiones, técnicas constructivas y funcionalidades. Es por ello que los aportes de la investigación en Yasyamayo proporcionan nuevos conocimientos en este tema. Se establecieron los efectos diferenciales de las actividades humanas en la composición fitolítica dentro de dos estructuras arquitectónicas diferentes (terracea agrícola y estructura circular) y una sin actividad antrópica. La comparación de los conjuntos fitolíticos reveló similitudes relacionadas a las condiciones paleoambientales naturales del área, conectadas con la Anomalía Climática Medieval y la Pequeña Edad del Hielo. En la estructura circular y en la terraza agrícola se identificaron además fitolitos probablemente asociados a *Zea Mays*, y en la primera se destaca la presencia de elementos globulares granulares y traqueidas facetadas que podrían estar relacionados con el cultivo de tubérculos afines a *Solanum tuberosum*. No obstante, las diferencias fitolíticas, junto con las arquitectónicas, estratigráficas y geoquímicas señalan un origen funcional y postdeposicional. En este sentido, las características registradas para la estructura circular de Yasyamayo apoyan su uso residencial, quizás como un puesto agrícola, frente a las hipótesis de usos para el almacenaje o habitacional de estructuras similares en otros espacios agrarios del valle.

Mediante la aplicación de los análisis fitolíticos, Yasyamayo se convierte en el sitio agrario Tardío con mayor cantidad de líneas de evidencias geoarqueológicas abordadas: geología, geomorfología, suelos, sedimentos, geoquímica y fitolitos. Esto proporciona una mejor comprensión de estas actividades, sus condiciones y consecuencias paleoambientales.

De manera particular, el resultado fitolítico obtenido para la estructura circular de Yasyamayo es comparable con un solo caso de estudio existente en el valle (Mesada de Agua Salada), mientras que las tendencias obtenidas para la terraza agrícola refuerzan los patrones e inferencias

obtenidos para los pocos casos conocidos en esta área. Son necesarias más investigaciones fitolíticas de este tipo de estructuras a futuro, a fines de corroborar sus funcionalidades o reconocer otras nuevas. En particular sería útil abordar la tafonomía de fitolitos para continuar dilucidando las funcionalidades y procesos postdeposicionales de estos tipos de estructuras.

Temuco, 30 de Diciembre de 2023

Agradecimientos

A la Comunidad India Quilmes y Comunidad Amaicha del Valle, por su constante acompañamiento. A los revisores del presente artículo de investigación. Este trabajo se ha llevado a cabo con los fondos del PICT218-1119 y PICT2019-0193 de la ANPCyT (Argentina) y PIUNT G629.

Bibliografía

- Barboni, D. y Bremond, L. (2009). Fitolitos de pastos de África Oriental: una evaluación de su importancia ambiental y taxonómica basada en datos florísticos. *Revisión de Paleobotánica y Palinología*, 158(1), 29–41.
- Bertoldi de Pomar, H. (1971). Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, 8(3-4), 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.
- Bradley, R. S. y Jones, P. D. (1993). Little Ice Age summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends. *The Holocene*, 3, 367–376.
- Cabrera, A. L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. En W.F. Kugler (Ed.) *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo II, Fascículo 1 (pp. 1–85). Buenos Aires, Argentina: Editorial Acmé.
- Caggiano, M. A. y Sempé, M. C. (1994). *América, prehistoria y geopolítica*. Ed. Tea. Buenos Aires.
- Catalano, S. A., Hughes, C. E., Ringelberg, J. J. y Lewis, G. P. (2023). Desintegración del género *Prosopis* I. (Leguminosae, Caesalpinoideae). 39° *Jornadas Argentinas de Botánica - Conferencias Magistrales* (pp. 1).
- Crowley, T. J. (2000). Causes of climate change over the past 1000 years. *Science* 289(5477), 270–277.
- Escudero Martínez, M. T. (1991). *Análisis de prioridades para la conservación en el valle del río Santa María - Sector occidental. Tucumán-Argentina*. Seminario de la Carrera de Biología orientación Botánica, Universidad Nacional de Tucumán.
- Fernández Honaine, M., Osterrieth, 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.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2007). *PAST – Palaeontological Statistics*, 1.75 (pp.86). Nature history museum, University of Oslo.
- Killian, V., Seldes, V., Otero, C., Rivolta, C., y Nielsen, A. (2021). Tendencias en el consumo de alimentos en las sociedades prehispánicas de Quebrada De Humahuaca (Jujuy, Argentina). *Chungará Revista de Antropología Chilena*, 53(4), 595–611.
- Kondo, R., Childs, C., y Atkinson, I. (1994). *Opal phytoliths of New Zealand*, Lincoln, Canterbury, New Zealand, Maanaki Whenua Press,
- 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 C. Belmar y V. Lema (Ed.), *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, M. 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.
- Lanzelotti, S. L. (2012). *Uso del espacio y construcción del paisaje agrícola en la cuenca del río Caspinchango, Valle de Yocavil, Provincia de Catamarca*. Tesis de Doctorado, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Tomos I y II. Ms.
- 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.
- Lefebvre, M. G., Colobig, M. de los M., Zucol, A. F., Maldonado, M. G. y Sampietro Vattuone, M. M. (2020a). Análisis fitolítico del sitio arqueológico Yasyamayo (Santa María - Tucumán - Argentina): procesos antrópicos y paleoambientales, *Chungará Revista de Antropología Chilena*,

52(1), 93–111.

- Lefebvre, M. G., Colobig, M. de los M., Zucol, A. F., Maldonado, M. G. y Sampietro Vattuone, M. M. (2020b). 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.
- Lefebvre, M. G., Colobig, M. de los M., Zucol, A. F., y Sampietro Vattuone, M. M. (2021). Caracterización fitolítica de las secuencias sedimentarias del sitio arqueológico El Pichao (Noroeste Argentino): cambios ambientales y antrópicos durante el Holoceno superior. *Estudios Atacameños*, 67, 1–25.
- 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.
- Maloberti, M. (2014). Prácticas campesinas en emplazamientos agrícolas formativos.: El caso del Alto Juan Pablo (Belén, Catamarca). *Comechingonia*, 18(1), 1391–59.
- Nastri, J. (1997-1998). Patrones de asentamiento prehispánicos tardíos en el sudoeste del Valle de Santa María (Noroeste Argentino). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 23, 247–270.
- Nalepka, D. y Walanus, A. (2003). Data processing in pollen analysis. *Acta Paleobotánica*, 43(1), 125–134.
- Neumann, K., Stromberg, C. A. E., Ball, T., Albert, R. M., Vrydagh, L. y Scott Cumming, L. (2019). International code for phytolith nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany Oxford*, 20, 1–11.
- Osterrieth, M., Fernández, M., Borrelli, N. y Álvarez, M. F. (2014). Silicophytoliths in representative soils of the southeast Pampean Plains, Argentina. En: H. Gomes Coe y M. Osterrieth (Eds.), *Synthesis Of Some Phytolith Studies In South America (Brazil And Argentina)* (pp. 215–241). Nova Science Publishers.
- Osterrieth, M., Borrelli, N., Alvarez, M. F., y Fernandez Honaine, M. (2015). Silica biogeochemical cycle in temperate ecosystems of the Pampean Plain, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 63, 172–179.
- Patterer, N. I., Passeggi, E. y 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. (1978). Phytolith analysis of archeological soils: evidence for maize cultivation in formative ecuador. *Science*, 199(4325), 177–178.
- Pearsall, D. M. (2008). Plant domestication and the shift to agriculture in the Andes. En H. Silverman y W. Isbell (Ed.). *The Handbook of South American Archaeology* (pp.105–120). Nueva York: 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 M. M. Sampietro Vattuone y J. L. Peña Monné (Eds.), *Geoarqueología de los Valles Calchaquíes*, (pp. 165-184). Tucumán: Laboratorio de Geoarqueología, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.
- Perea, M. C. (1995). Mapa de vegetación del Valle de Santa María, sector oriental. (Tucumán, Argentina). *Lilloa*, 38, 128–131.
- Petrucci, N., Lema, V., Pochettino, M., Palamarczuk, V., Spano, R. y Tarrago, M. (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. Secretaria de Medio Ambiente de la Nación, Argentina.
- Piperno, D. (1984). A Comparison and differentiation of phytoliths from maize and wild grasses: use of morphological criteria. *American Antiquity*, 49(2), 361–383.
- Piperno, D. R. (1988). *Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective*. San Diego. Academic Press.
- 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.
- Raffino, R. (1987). *Poblaciones indígenas en Argentina: urbanismo y proceso social precolombino*. Emecé.
- Roldán, J., Vattuone, M. A., y Sampietro Vattuone, M. M. (2014). Agricultura prehispánica en Yasyamayo (Valle de Santa María, Tucumán, Argentina). *Estudios Atacameños*, 47, 83–100.
- Ruiz Huidobro, O. (1972). Descripción geológica de la Hoja 11e, Santa María (Prov. De Catamarca y Tucumán). *Boletín del Servicio Nacional Minero Geológico*, 134, 1–72.
- Sampietro Vattuone, M. M. y Neder, L. (2011). Quaternary landscape evolution and human occupation in Northwestern Argentina. *Geological Society, London, Special Publications*, 352, 37–47.
- 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 Vattuone, M. A. (2016). Las prácticas agrícolas durante el Formativo y los Desarrollos Regionales en los sitios de Molle Yaco y Yasyamayo (Valle de Santa María). En M.M. Sampietro Vattuone y J. L. Peña Monné (Eds.), *Geoarqueología de los Valles Calchaquíes* (pp. 185–211). Tucumán: Laboratorio de Geoarqueología, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.
- Sampietro Vattuone, M. M., Peña Monné, J. L., Roldán, J., Maldonado, M. G., Lefebvre, M. G., y Vattuone, M. A. (2018). Human-driven geomorphological processes and soil degradation in Northwest Argentina: a geoarchaeological view. *Land Degradation and Development*, 29(11), 3852–3865.
- Sampietro Vattuone M. M. y Peña Monné, J. L. (2023). Geomorphological evolution of the western piedmont of Cumbres Calchaquíes (Tucumán Province, NW Argentina). *Journal of Maps*, 1–10.
- Sayago, J. M., Neder, L. Del V., y Puchulu, M. E. (1998). Suelos. En M. Gianfrancisco, M. E. Puchulu, J. Durango de Cabrera y F. G. Aceñolaza (Eds.), *Geología de Tucumán*, (pp. 275–284). Tucumán: Colegio de Graduados de Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Scattolin, M. C. (2010). La organización del hábitat precalchaquí (500 A.C. - 1000 D.C.). En M. E. Albeck, M. C. Scattolin y M. A. Korstanje (Eds), *El hábitat prehispánico. Arqueología de la arquitectura* (pp. 13–51). Jujuy: EDIUNJU, Universidad de Jujuy.
- Tarrago, M., Marchegiani, M., Palamarczuk, V., y Reynoso, A. (2017). Presencia del Inca en Yocavil (Catamarca, Argentina). Integración en la diversidad. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 22(1), 95–117.
- Trombold, C. D. y Alcantara, I. I. (2005). Paleoambiente y cultivo de plantas en terrazas en La Quemada, Zacatecas, México: la evidencia de polen, fitolitos y diatomeas. *Journal of Archaeological Science*, 32(3), 341–353.
- Twiss, P. C. (1992). Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En G. Jr. Rapp y S.C. Mulholland (Eds.) *Phytoliths Systematics. Emerging Issues Advances in Archaeological and Museum Science*, 1, 113–128.
- Williams, V., Korstanje, M. A., Cuenya, P., y Villegas, M. P. (2010). La dimensión social de la producción agrícola en un sector del Valle Calchaquí Medio. En A. Korstanje y M. Quesada (Eds.), *Arqueología de la Agricultura: Casos de Estudio en la Región Andina Argentina*, (pp. 178–207). San Miguel de Tucumán: Editorial Magna.
- 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., Passeggi, E., Brea, M., Patterer, N. I., Fernández Pepi, G. y Colobig, M. M. (2010). Phytolith analysis for the patrokaike lake drilling project: sample treatment protocols for the pasado microfossil manual. En H. Corbella y N. I. Maidana (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.
- Zucol, A. F., Colobig, M. M. y Figueroa, G. G. (2012). Estudio de microrrestos silíceos en sistemas de aterramiento del primer milenio DC en el Valle de Ambato (Andes del sur), Catamarca, Argentina. *Intersecciones en Antropología*, 13(1), 163–179.