

FITOLITOS DE INTERÉS GEOARQUEOLÓGICO EN EL NOROESTE ARGENTINO: una perspectiva regional

PHYTOLITHS OF GEOARCHEOLOGICAL INTEREST
IN THE ARGENTINE NORTH WEST:
a regional perspective

María Gisela Lefebvre

Universidad Nacional de Tucumán
gisela_lefevre_2005@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5055-4536>

Recepción: 14/03/22. Aceptación: 04/07/2022
Publicación on-line: 07/07/2022

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es sintetizar los principales aportes de los fitolitos como *proxy* para la reconstrucción de paleoambientes y los usos del suelo en zonas áridas y semiáridas del Noroeste Argentino durante el Holoceno superior. Se seleccionaron todas las zonas que presentan este tipo de estudios en la región: Antofagasta de la Sierra, El Bolsón, valle Calchaquí y Santa María, valle de Tafí y Ambato. La información fue organizada de manera cronológica considerando los períodos Formativo y Desarrollos Regionales. Se llegó a la conclusión que las poáceas se establecieron como plantas silvestres durante el Formativo. Dentro de las cultivadas se determinó la presencia de chenopodiáceas, cucurbitáceas y panicoides. Para los Desarrollos Regionales se identificaron plantas silvestres de las subfamilias chloridoides, panicoides, festucoides y pooides. El conjunto de fitolitos indicaría un paleoambiente con ciclos fríos/templados durante el Formativo mientras que para los Desarrollos Regionales estarían indicando una tendencia árida.

Palabras clave: Geoarqueología; Holoceno; Medios áridos y semiáridos; Paleoambientes; Argentina.

ABSTRACT: The objective of this work is to synthesize the main contributions of phytoliths as a proxy for the reconstruction of paleoenvironments and land uses in arid and semi-arid zones of Northwest Argentina during the Upper Holocene. All the areas that present this type of studies in the region were selected: Antofagasta de la Sierra, El Bolsón, Calchaquí and Santa María valleys, Tafí valley and Ambato. The information was organized chronologically considering the Formative periods and Regional Developments. It was concluded that the poaceae were established as wild plants during the Formative. Among the cultivated ones, the presence of chenopodiaceae, cucurbitaceae and panicoides was determined. For the Regional Developments, wild plants of the chloridoides, panicoides, festucoides and pooides subfamilies were identified. The set of phytoliths would indicate a paleoenvironment with cold/temperate cycles during the Formative while for the Regional Developments they would be indicating an arid trend.

Keywords: Geoarqueology; Holocene; Drylands; Paleoenvironments; Argentina.

Como citar este artículo / How to cite this article: Lefebvre, M.^a G. (2022). Fitolitos de interés geoarqueológico en el noroeste argentino: una perspectiva regional. *Salduie*, 21: 71-85. https://doi.org/10.26754/ojs_salduie/sald.2022216982

1. INTRODUCCIÓN¹

Los estudios fitolíticos han adquirido una gran importancia en diversas regiones áridas y semiáridas del mundo. Los análisis efectuados utilizando estos *proxys* en perfiles de suelo han sido de gran ayuda para la reconstrucción paleoambiental, florística y para evaluar el efecto antrópico sobre el ambiente (Rovner 1971: 345-359; Lawrence 1971: 597-607; Fredlund y Tieszen 1994: 321-335; Trombold y Alcánara 2005: 341-353; Barboni y Bremond 2009: 29-41; Ledru *et al.* 2013: 307-321; Planella *et al.* 2014: 495-522; entre otros).

En América, la recuperación de fitolitos constituye una metodología conjunta con análisis microscópicos que permitió avanzar en el estudio del manejo de los vegetales en diferentes contextos. Éstos pueden ser obtenidos de sitios arqueológicos a partir de muestras de suelos, como del interior de cerámicas, morteros y demás artefactos utilizados por culturas pasadas (Erra 2010: 48- 514). En Argentina, dichos análisis se han utilizado especialmente para la reconstrucción arqueobotánica pero también climática y paleobotánica (Colobig 2011).

El conocimiento de las tendencias evolutivas paleoambientales del Holoceno en el Noroeste Argentino (NOA) ha avanzado notoriamente en los últimos años (Morales 2011: 279-282; Yacobaccio 2015: 7-12; Oxman 2015: 13-38; Lupo *et al.* 2015: 54; Grana *et al.* 2016: 19-32; Lupo *et al.* 2018: 54), fundamentalmente sobre la base de estudios estratigráficos y palinológicos que cubren esencialmente los últimos milenios. En este contexto, los cambios en la dinámica de la vegetación son perceptibles a través de fitolitos y almidones (Williams *et al.* 2010: 178-207; Zucol *et al.* 2010: 81-84), polen (Garralla *et al.* 2001: 91-99; Garralla 2002: 1-3), antracología (Lindskoug y Marconetto 2014: 23-37; Arnold *et al.* 2014: 64-75), geomorfología (Sampietro y Peña 2019: 177-184), suelos y sedimentos (Sampietro *et al.* 2014: 363-

375; Sampietro *et al.* 2016: 185-211; Sampietro *et al.* 2019: 104-392), entre otros.

El objetivo del presente trabajo es sintetizar los principales aportes y potencialidad de los fitolitos, como *proxy* para la reconstrucción de paleoambientes y los usos del suelo desde una perspectiva geoarqueológica, en zonas áridas y semiáridas del Noroeste Argentino durante el Holoceno superior. En este sentido, no existe hasta la fecha ningún trabajo actualizado que aborde dichas problemáticas y sintetice la información actualizada de los últimos años.

1.1. Principales características de los fitolitos

Los fitolitos son biomineralizaciones generadas por las plantas como consecuencia de su actividad metabólica y la interacción con el medio ambiente (Lowenstam 1981: 1126-1131; Osterrieth 2004: 206-218). Se acumulan en los tejidos y órganos vegetales a lo largo del ciclo de vida de las plantas, pudiendo estar compuestos por carbonatos u oxalatos de calcio (calcifitolitos), o por sílice amorfa (silicofitolitos) (Fernandez *et al.* 2009: 67-87).

Los fitolitos son generados mediante la absorción de ácido monosilícico a partir de la solución del suelo y la precipitación como sílice amorfa hidratada en los espacios inter o intracelulares (Piperno 2006: 1-238). Las monocotiledóneas, y entre ellas las gramíneas, ciperáceas y arecáceas, son las mayores productoras de fitolitos (Sangster *et al.* 2001: 85-113; Hodson *et al.* 2005: 1027-1046). Dado que el depósito de sílice amorfa puede copiar la célula en la cual se aloja, es posible asociar las morfologías fitolíticas con un tipo celular, un tejido y un taxón, lo cual les otorga relevancia taxonómica (Twiss 1992: 113-128).

La relación estrecha entre planta-producción fitolítica-suelo-ambiente, y su preservación en los suelos una vez que la planta se descompone, hace que se les considere como importantes indicadores de comunidades vegetales del pasado (Lu *et al.* 2006: 945-959; Stromberg *et al.* 2007: 18-49; Mercader *et al.* 2013: 328-336).

Es importante estudiar el ambiente general que acompañó a las plantas durante su ciclo de vida, como así también aquel que dominó durante los años sucesivos a su muerte y que pudo ocasionar cambios significativos en los fitolitos que finalmente quedaron. Es imposible que en un ambiente sedi-

¹ La presente investigación fue financiada por el proyecto PIUNT G629 (Universidad Nacional de Tucumán), PICT 2018-1119, PICT 2019-0931 de la ANPCyT (Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación). Mi agradecimiento a la doctora María Marta Sampietro, directora del Laboratorio de Geoarqueología de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán (Tucumán, Argentina).

mentario de miles de años estos se conserven tal cual fueron depositados inicialmente. Es por ello que se deben considerar los procesos tafonómicos que incluyen una serie de estudios interdisciplinarios que permiten comprender la alteración que estos sufrieron una vez entrado en su contexto sedimentario (Madella y Lancelotti 2012: 76-83).

En el caso de los fitolitos recuperados de sedimentos se debe tener en cuenta la porosidad y las sustancias que transitan por dichos poros, las cuales pueden alterar su distribución en el perfil, máxime si los índices de pluviosidad y las tasas de meteorización son altos (Alexandré 1999: 187-194).

2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la región noroeste de la República Argentina. La misma está integrada geográficamente por las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero (Pommarés 2017: 170-195) (Fig. 1).

El Noroeste muestra paisajes de gran contraste, desde picos de 6.000 m de altura hasta zonas selváticas, desiertos, valles y quebradas. Hacia el oeste la zona está recorrida por cordones montañosos de la cordillera y precordillera de los Andes y como forma de relieve destaca la puna, que constituye una gran meseta situada a 3.800 m de altura.

Según la posición geofísica y la altura se pueden observar diferentes tipos de clima. La puna es fría y seca, mientras que las selvas montañosas están caracterizadas por la lluvia, que determina un clima húmedo con temperaturas templadas. En los bosques montanos el clima es templado y los inviernos son fríos y en el sistema de valles, en el centro y hacia el sur, el clima es cálido y con pocas lluvias. (Miretti y González 2006: 17-25).

Los vientos del este descargan su humedad sobre las sierras subandinas y pampeanas y las laderas orientales de la cordillera Salta-jujeña; por eso tienen un clima subtropical serrano con abundantes lluvias, y los bosques y selvas serranas que tapizan estas montañas son conocidos como yungas. Los vientos pasan ya secos hacia el oeste y las laderas occidentales de la Cordillera Oriental y la Puna poseen un clima frío, árido y seco (Pommarés 2017: 170-195).

Dentro del NOA, para este trabajo se consideraron los pisos ecológicos correspondientes a las provincias fitogeográficas del Prepuna, Puna y Monte (Cabrera 1976: 1-85). En este sentido se describen las evidencias arqueobotánicas encontradas en Antofagasta de la Sierra (Puna) y en los valles de El Bolsón, Calchaquí, Santa María, Ambato, Amaicha (Quebrada de los Corrales) y Tafí (Fig. 1). Estos sitios se ubican dentro de las provincias fitogeográficas nombradas y se describen a continuación.

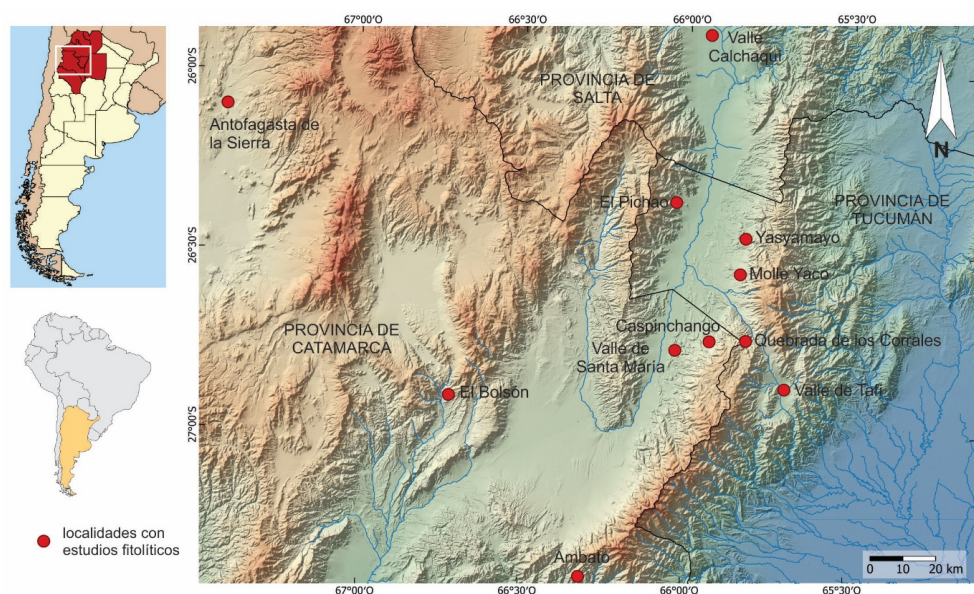


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio designados con los círculos de color rojo. (Mapa: autora)

3. UBICACIÓN, CLIMA Y VEGETACIÓN

3.1. Antofagasta de la Sierra

El departamento se ubica en la provincia de Catamarca a 3.450 msnm en la Laguna de Antofagasta y alcanza los 5.000 msnm en las montañas y volcanes que la rodean (Fig. 1). El clima es árido, con un promedio anual de precipitaciones de 100 mm concentradas en la estación cálida (diciembre-abril).

La vegetación dominante es la estepa arbustiva. También se desarrolla la estepa herbácea y halófila. Se distinguen tres tipos de asociaciones vegetales; pajonal, tolar y vega (Cabrera 1976: 1-85; Cabrera y Willink 1973: 13). Principalmente abundan especies de gramíneas de los géneros *Festuca* L., *Pappostipa* (Speg.) y otras arbustivas de los géneros *Adesmia* DC., *Baccharis* L., *Parastrephia* Nutt. y *Fabiana* (Cabrera 1976: 1-85).

3.2. Valle El Bolsón

El valle de El Bolsón está ubicado al oeste de la provincia de Catamarca en una posición intermedia entre la Puna y los valles bajos del NOA (Fig. 1), con alturas que van desde los 4.500 msnm hasta los 2.200 msnm (Korstanje 2005: 1-398). Las precipitaciones medias se calculan en unos 200 mm/año para los valles y bolsones, concentradas principalmente durante los meses estivales (julio-septiembre) (Irurzun 1978: 43-81). El Bolsón se ubica dentro de las provincias fitogeográficas de Monte, Prepuna y Puna.

En esta última, a los 3000 msnm, destaca la presencia de la estepa de *Festuca rigescens* con *Baccharis boliviensis* y *Parastrephia* sp. A los 2600 msnm aparece la estepa de *Fabiana densa* y *Ephedra andina*. La prepuna se caracteriza por laderas con *Trichocereus* sp. y *Cortaderia atacamensis*, mientras que en el monte hay bosques de *Prosopis* sp. También destaca la presencia de *Larrea divaricata* y *Zuccagnia punctata* (Cabrera 1976: 1-85).

3.3. Valles Calchaquí y Santa María

Ambos valles forman parte de la cuenca del río Juramento, recorrida de norte a sur por el río Calchaquí y de sur a norte por el río Santa María hasta

confluir en la Quebrada de las Conchas. Abarcan porciones de las provincias de Salta, Tucumán y Catamarca situadas entre los 1.500 y 3.000 msnm de altura (Fig. 1). Por encima de esa altura, se produce la mayor parte de las lluvias y nevadas, mientras que en el fondo de estos valles apenas se llegan a los 200 mm y no se supera los 350 mm anuales.

Estos valles forman parte de la región fitogeográfica del Monte donde crecen diferentes especies de *Larrea*, entre otros arbustos espinosos y resinosos. Además, hay diferentes especies de Zigofiláceas, como *Plectocarpa* sp., mientras que la comunidad arbustiva está representada por *Trichocereus terscheckii*. A su vez aparecen numerosas especies de *Prosopis* y de *Salix* formando bosques en galería (Cabrera 1971: 1-2; Cabrera, 1976: 1-85; Escudero 1991: 1; Perea 1991: 1). La Quebrada de Los Corrales se encuentra en un sector marginal y elevado del valle de Santa María, ubicada por encima de los 3.000 msnm (Fig. 1). Fitogeográficamente se ubica en la Prepuna caracterizándose por presentar suelos pobres donde alternan pastizales de altura y matorrales mesofíticos (Cabrera 1976: 1-85)

3.4. Valle de Ambato

El valle de Ambato se ubica en la provincia de Catamarca (Fig. 1). Posee clima continental cálido con precipitaciones anuales que oscilan entre los 350 y 800 mm, concentradas en enero y febrero (Saravia 1995: 1).

En lo que respecta a la vegetación pueden distinguirse tres pisos altitudinales:

1. El bosque serrano está presente entre los 800 y 1.500 msnm con dominancia de *Prosopis alba*, *Prosopis nigra*, *Fagara coco*, *Schinopsis haenkeana* y *Acacia visco*.
2. El arbustal-pastizal se desarrolla entre los 1.500 y 1.800 msnm en donde predominan distintas especies de los géneros *Stipa*, *Festuca Borthriocloa* y *Piptochaetium*, y especies arbustivas tales como *Aloysia gratisima* y *Colletia spinosissima*.
3. El pastizal de altura se desarrolla por encima de los 1.800 a 2.000 msnm donde desaparecen las leñosas y destaca la asociación entre gramíneas (*Stipa ichu*, *Stipa tenuissima* y *Festuca hieronymii*) (Marconetto 2006: 19-28).

3.5. Valle de Tafi

Se trata de cuenca tectónica alargada en dirección Norte/Sur con el fondo de valle ubicado entre los 1.800 y 2.500 msnm (Bolsi *et al.* 1992: 383-417) (Fig. 1). Posee clima semiárido con unos 400 mm de precipitaciones anuales, fundamentalmente estivales (Sesma 1987: 1).

El desarrollo de distintas formas de vegetación en el valle varía en función de las condiciones microclimáticas de cada zona. En las partes bajas la vegetación es herbácea con predominio de gramíneas, mientras que en las laderas de los barrancos abundan los matorrales (Cabrera 1976: 1-85), predominando las plantas xerófilas y distintas especies de *Larrea* sp., *Monttea aphylla* y *Bougainvillea spinosa*. Los bordes de los ríos con régimen permanente están caracterizados por la presencia de *Prosopis* sp., *Geoffroea decorticans*, *Cercidium praecox*, *Celtis spinosa* y *Atamisquea emarginata*. Entre las especies determinadas en la llanura se destacan *Discaria trinervis*, *Baccharis salicifolia* y *Juncus acutus* (Morillo 1958: 1-155).

4. LAS OCUPACIONES HUMANAS EN EL NOA DURANTE EL HOLOCENO SUPERIOR

Los sectores agrícolas prehispanicos comprendidos en el NOA fueron zonas intensamente ocupadas con fines agrarios durante el Holoceno superior. Se distinguen tres periodos culturales. El más temprano es el *Período Formativo* (ca. 500 AC-1000 DC), caracterizado por la adopción de la agricultura por parte de las sociedades de la región. El patrón de asentamiento tiende a ser de unidades residenciales dispersas entre los campos de cultivos; excepcionalmente aparecen aglutinadas en aldeas (Ruiz, 1995: 163-173). Suelen estar asentados en zonas de piedemonte, laderas y fondo de valles. La economía se basó en la agricultura de la quinoa, maíz, zapallo, papa y poroto (Caggiano y Sempé 1994).

El período siguiente es el de *Desarrollos Regionales* (ca. 1000 - 1480 DC) o Tardío, caracterizado por un patrón de asentamiento con tendencia a la urbanización representada por la aglomeración residencial. Se construyeron grandes obras comunitarias de producción agrícola tales como sistemas de terrazas, represas y canales y adquirió gran desarrollo

la textilería en lana, el pastoreo de auquénidos y la metalurgia en bronce (Caggiano y Sempé 1994).

Finalmente, el *Período Inca o Imperial* (1480 - 1535 DC) caracterizado por la imposición de la organización del imperio sobre las culturas preexistentes bajo un sistema tributario. Hacia 1535 DC se inició el *Período Hispano-indígena* con la llegada de los españoles al NOA, las guerras de rebelión, el abandono de las formas de vida nativas, el despoblamiento de las aldeas autóctonas y el surgimiento de las ciudades españolas (Stenborg 2002: 193-207).

5. METODOLOGÍA APLICADA

Se realizó una revisión exhaustiva de antecedentes de toda publicación científica donde se menciona la presencia de fitolitos como línea de evidencia. Seguidamente, se identificaron las formas más frecuentes encontradas, representativas de las secuencias pedosedimentarias de los valles áridos del Noroeste Argentino y, en caso de estar disponible la información, los ambientes con los cuales están asociadas. Además, se tuvo en cuenta el grado de antropización de los perfiles descritos.

En primer lugar, se realiza la toma de muestras de suelo o sedimento. Teniendo en cuenta la naturaleza de esta y el objetivo de estudio, se utilizan distintos métodos de extracción de fitolitos (Bertoldi de Pomar 1973: 73-86; Rovner 1986: 225-266; Kondo *et al.* 1987: 520-534; Madella 1996: 49-56; Madella *et al.* 1998: 801-803; Zucol y Osterrieth 2002: 379-382). Varía de acuerdo a la naturaleza y a la composición química y temporal de los sedimentos, siendo necesario realizar un ajuste de las técnicas en uso.

Los procedimientos utilizados en la extracción de fitolitos se basan en la separación con líquido pesado (bromoforno, bromuro de cinc, ioduro de cadmio, politungstato de sodio, etc.) (Zhao y Pearsall 1998). Las variantes en esta técnica incluyen la utilización de distintos compuestos químicos y uso de diferentes métodos para la defloculación y remoción de arcillas. Estas metodologías básicas con pequeñas variantes pueden ser aplicadas a muestras de suelos y sedimentos (Piperno 1988).

Una vez que se obtiene la muestra limpia, es decir que se eliminan carbonatos, barnices y materia orgánica, se puede o no realizar la separación granulométrica (depende de la técnica utilizada). Se

realiza el centrifugado y el secado de la muestra. A continuación, está lista para montar en bálsamo de Canadá (preparados fijos) o en aceite de inmersión (preparados móviles) para observar y fotografiar (ver Álvarez *et al.* 2008: 31-38).

La información fue organizada de manera cronológica, utilizándose como base la secuencia cultural de la región para el Holoceno superior, poniéndose el énfasis en el análisis de los períodos Formativo (ca. 500 AC - 1000 DC) y de Desarrollos Regionales (ca. 1000 - 1480 DC), dado que prácticamente no hay información de períodos previos o posteriores.

Finalmente, se elaboró su síntesis valorando la relevancia de este indicador para reconstruir el medio y los cultivos producidos en la región.

6. RESULTADOS

En diversas regiones semiáridas del mundo, las investigaciones arqueobotánicas basadas en análisis de fitolitos permitieron inferir cambios en las asociaciones vegetales para interpretar la agricultura pasada y el paleoambiente. En el caso de los estudios realizados en el NOA se incluyen investigaciones basadas en el instrumental lítico, el material cerámico y, principalmente, el sedimentario en los contextos arqueológicos, que tienen como objeto aportar información sobre el manejo de los recursos vegetales silvestres y domésticos. Así, el análisis de los fitolitos extraídos de material sedimentario permitió conocer el desarrollo de las prácticas agrícolas llevadas a cabo por sociedades pasadas como indicadores de cambios en las comunidades vegetales y de cambios climáticos o paleo-ambientales.

Las morfologías fitolíticas más comunes identificadas en las zonas estudiadas del NOA, en base al ICPN 2.0, son: bilobados (bilobate), conos truncados (rondel), en forma de silla de montar (saddle), forma de cruz (cross), polilobados (polylobate) y elongados (elongate) (Fig. 2).

6.1. Los fitolitos en el Período Formativo (ca. 500 AC - 1000 DC)

Los fitolitos encontrados en las diferentes áreas analizadas, y de las cuales se tienen registros, incluyen morfotipos relacionados en su mayoría con es-

pecies presentes en la vegetación regional y con formas domesticadas por los diferentes grupos que habitaron estas tierras. Por ello, a continuación, se presentan los diferentes trabajos relacionados a su uso como principal línea de evidencia para describir los diferentes procesos de estabilidad agrícola y paleoambiental en el período Formativo.

Los fitolitos encontrados en el sur de Pozuelos (Jujuy, Puna argentina), más al Norte de la zona de estudio, fueron recuperados de diferentes artefactos de molienda. Entre ellos se describen morfologías posibles de confrontar con las presentes en chenopodiácea (quinua). También se identificaron fitolitos con morfotipos atribuibles a las familias de gramíneas silvestres de la región y de otras plantas domésticas (Angiorama *et al.* 2019: 13-34).

En la misma provincia fitogeográfica, pero hacia los Andes Centro Sur del Noroeste argentino y chileno, se colectaron especímenes *in situ* para describir una colección de referencia de poáceas. Se correlacionaron dichas morfologías con referencias etnobotánicas de la Puna argentina y chilena que indican la persistencia del uso de las gramíneas nativas de este ambiente árido hasta tiempos modernos (Musaubach y Babot 2019: 57-72).

Uno de los primeros valles áridos donde se analizaron fitolitos en el NOA es el valle de El Bolsón (Prov. de Catamarca, Fig. 1), donde se identificaron fitolitos pertenecientes a las familias chenopodiáceas y cucurbitáceas en sedimentos extraídos de terrazas agrícolas y en suelos naturales. Esto permitió inferir que dichas especies de plantas fueron cultivadas durante el Período Formativo (Korstanje 2002 y 2005; Korstanje y Cuenya 2008: 133-147). En secuencias sedimentarias de la laguna de Cotagua, cercana al mismo valle, se determinaron procesos de estabilidad y cambios en la historia social, paleoclimática y el medio ambiente durante el Holoceno, a través de diferentes proxies, entre ellos los fitolitos. Allí se identificaron morfologías afines a las familias arecoide y chenopoide, subfamilias pooides y panicoides provenientes de vegetales que habrían sido cultivados en la época.

En lo que se refiere a la secuencia paleoambiental, concluyen que la primera parte del Holoceno superior (entre 750 años AC y 500 años DC) presenta unas condiciones climáticas relativamente húmedas, mientras que entre el 500 al 1275 años *cal.* DC la aridez se incrementa (Kulemeyer *et al.* 2013: 25-44).

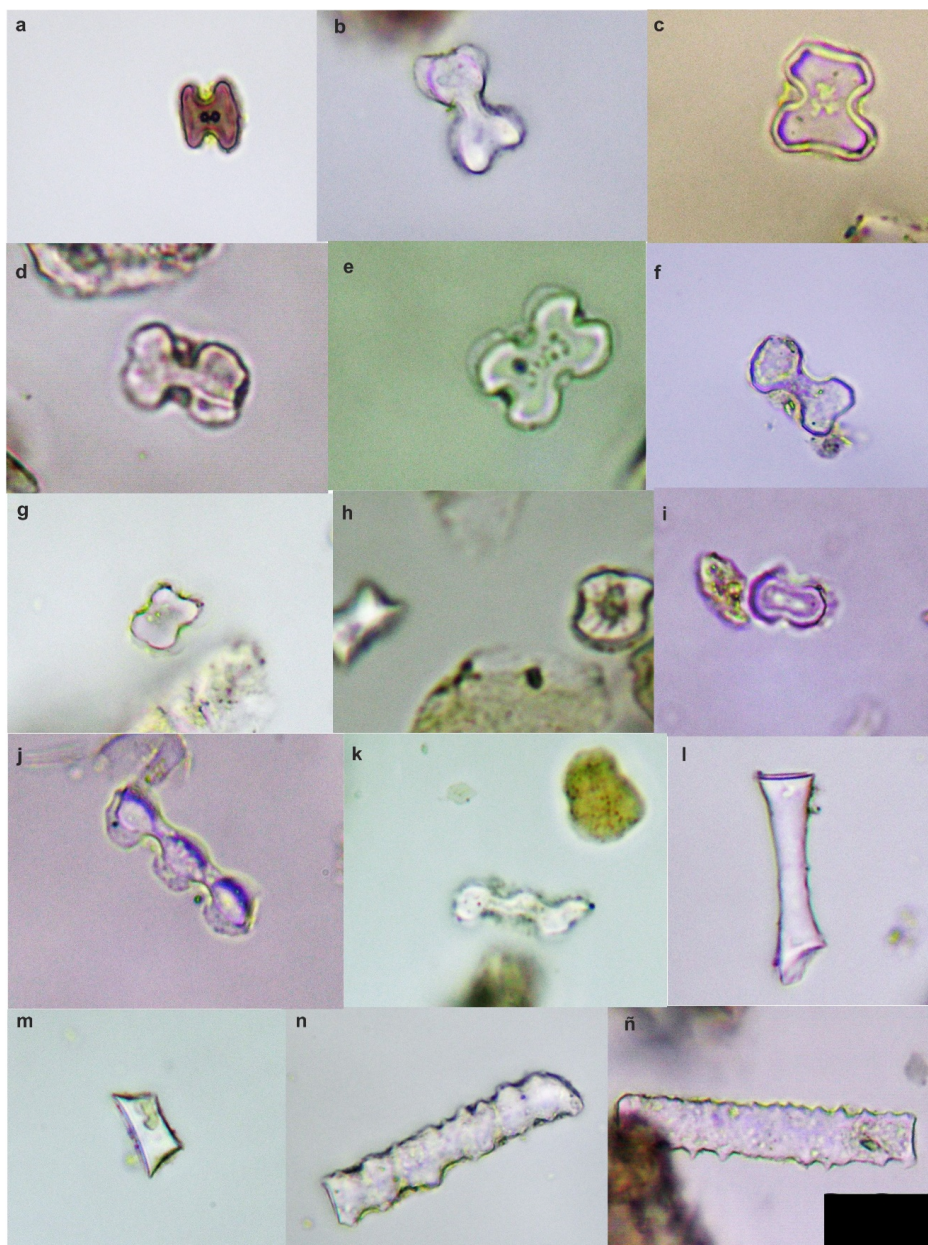


Figura 2. Fitólitos más comunes identificados en las zonas de estudio en el NOA.
 a-e) cross (cruces); f) bilobate (bilobados); g-i) saddle (silla de montar); j-k) polylobate (polilobados);
 l-m) rondel (cono truncado); n-n̄) elongate (elongado).
 Escala de 20 μm válida para todos en n̄. (Imgs: autora)

Otro antecedente en el valle El Bolsón se encuentra en la localidad de Alto Juan Pablo, donde se identificaron fitólitos pertenecientes a las subfamilias pooide, panicoide y arundinoide, que fueron extraídos de muestras tomadas de los sedimentos procedentes de estructuras agrícolas y que han servido para describir la vegetación local y cultivada (Maloberti 2014: 139-159). La integración de los resulta-

dos obtenidos permitió realizar una caracterización integral de las prácticas agrícolas desarrolladas en la zona, incluyendo en ellas el riego, abono y la quema de rastrojos (Korstanje *et al.* 2014: 252-275).

En el valle de Ambato (Provincia de Catamarca) (Fig. 1) los estudios realizados posibilitaron describir fitólitos, principalmente de gramíneas, con una escasa presencia de ciperoides, arecoides y de afinidad

dicotiledónea que fueron plantas cultivadas que formaban parte de la flora local (Zucol, *et al.* 2012: 163-179). Además, se determinó una mayor abundancia de fitolitos vegetales megatérmicos (tanto panicoides como chloridoides) juntamente con la presencia de maideas que se han podido determinar que fueron cultivadas en la zona de manera intencionada (Zucol *et al.* 2015: 425-454).

Los fitolitos encontrados en la localidad de El Paso (valle de Santa María, Tucumán), solo fueron determinados cualitativamente para complementar los estudios sedimentológicos realizados, siendo identificados dentro de la familia poácea como pertenecientes a las subfamilias pooidea y panicoidea (Maldonado 2016).

En la localidad arqueológica de Molle Yaco (valle de Santa María, Tucumán) se extrajeron fitolitos de terrazas agrícolas, para determinar las especies cultivadas. Se identificó la presencia de un morfotipo comparable al de las maideas, infiriendo que estas podrían haber pertenecido a ejemplares de maíz (*Zea mays*). En lo que respecta a la interpretación paleoambiental, la asociación fitolítica descrita por la presencia de morfologías afines a panicoide, festucoide, pooide y chloridoide; determina que durante el período Formativo el ambiente fue, en gran parte, árido con intervalos de frío y templado. El aporte de agua sería intencional dada por la presencia de diatomeas asociadas a riego en las terrazas agrícolas (Lefebvre *et al.* 2020a: 93-111).

En la Quebrada de los Corrales (valle de Santa María), entre las especies silvestres, se determinó la presencia de fitolitos afines a la familia de las poáceas. Además, se identificaron estructuras de cultivo (terrazas) y se determinó también la presencia de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y posiblemente de *Zea mays* L. (Gómez *et al.* 2008: 64; Oliszweski *et al.* 2019: 5-15).

Las investigaciones realizadas sobre esta materia en el valle de Tafí son escasas. Hasta la fecha solo se han encontrado fitolitos compatibles con morfologías presentes en *Cucurbita* sp. (zapallo) por lo que estos podrían haber sido cultivados.

Finalmente, en el sitio de La Bolsam en el sector norte del valle de Tafí, se identificaron fitolitos de gramíneas silvestres que eran típicas de la región (subfamilia panicoide, festucoide y chloridoide) lo que permitió describir la flora local (Franco *et al.* 2014: 5-22).

6.2. Los fitolitos en el Período de Desarrollo Regionales (ca. 1000 - 1480 DC)

Los fitolitos analizados en el valle Calchaquí Medio (Provincia de Salta, Argentina), fueron extraídos de muestras sedimentarias para explicar la flora local y la presencia de especies domesticadas y destacaron la muy baja frecuencia de éstos, a excepción de las poáceas (Williams *et al.* 2010: 178-207).

En la localidad de Caspinchango (valle de Santa María, Provincia de Catamarca) (Fig. 1) se analizaron conjuntos fitolíticos procedentes de un sondeo efectuado en una terraza agrícola, identificándose dos zonas;

- Zona I o inferior, dominada por morfologías afines a las pooideas-festucoides, estipoides y danthonioides que evidenció una vegetación herbácea de características climáticas frías.
- Zona II o superior del perfil, con morfologías presentes en 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 esta zona permitió proponer que las maideas (y tal vez *Zea mays*) habrían sido cultivadas en ese sector (Lanzelotti y Zucol 2019: 137-152).

A su vez, los fitolitos descriptos en Yasyamayo (Fig. 1, al norte del sitio anteriormente mencionado) señalan la presencia de una vegetación herbácea adaptada a zonas muy áridas.

En esta investigación, los fitolitos encontrados en las capas de ocupación humana son principalmente de afinidad panicoide. En particular, la presencia de cruces semejantes a maideas da cuenta probablemente de la intensidad de la producción. También es destacable la presencia de morfotipos pertenecientes a la subfamilia chloridoide y en menor cantidad a las pooideas/festucoides que describen la flora local (Lefebvre *et al.* 2020b: 77-103).

En el piedemonte oriental de Sierras de Quilmes (valle de Santa María, Argentina), en la localidad de El Pichao (Fig. 1), se llevaron adelante investigaciones con muestras de sedimentos extraídos de las terrazas agrícolas, lo que permitió registrar morfotipos presentes en *chloridoides*, *panicoides*, *festucoides* y *pooideas*. Los elementos paleoambientales inferidos a partir de los conjuntos fitolíticos analizados nos indican una tendencia árida a semiárida de la zona.

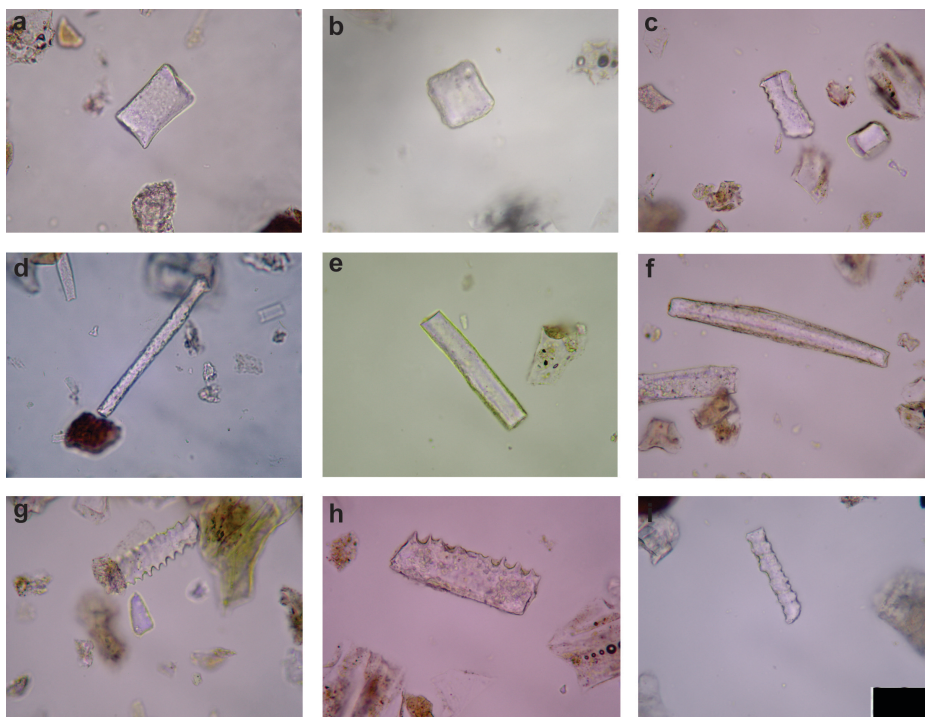


Figura 3. Fitolitos presentes en plantas silvestres de la familia Poáceas descritas para el Período Formativo. a-c) bulliform cell; d-f) elongate; g-i) elongate echinate. Escala de 20 μm válida para todos en i. (Imgs: autora)

En relación a rasgos vinculados a manipulación humana, los morfotipos en cruz se asemejan a los descritos por estos autores en los dos sitios mencionados anteriormente. Además, se destaca la presencia de fitolitos globulares y formas asociadas a dicotiledóneas entre las que se destacan representantes de la familia anacardiácea, cactácea, fabácea y poácea (*Chloris* sp., *Munroa argentina* y *Panicum urvillanum*). Estos fitolitos también se vinculan a plantas leñosas como *Prosopis* sp., *Geoffroea decorticans*, *Acacia* sp., y a otras dicotiledóneas (*Nicotiana glauca*, *Bulnesia schickendantzii* y *Larrea divaricata*) (Lefebvre et al. 2021: 1-25)

7. DISCUSIÓN

Los ambientes característicos de la zona árida y semiárida del Noroeste Argentino son propicios para el estudio de biomineralizaciones silíceas que faciliten la realización de reconstrucciones paleoambientales y también interpretaciones sobre la vegetación que habitó en el pasado y las especies que fueron domesticadas.

El poder diagnóstico reside en la asociación fitolítica, la cual permite interpretar la comunidad de plantas que los originó. Por su naturaleza mineral son altamente resistentes, estando conservados principalmente en los sedimentos arqueológicos. Presentan una baja tasa de deterioro, lo que nos facilita su identificación, aunque las plantas hayan sido manipuladas y sometidas al fuego directo (Zurro 2006: 35-54).

La asociación fitolítica depositada en el suelo está influida, además, por las características morfológicas y físico-químicas de los mismos. Se considera que los fitolitos se mantienen estables en un rango amplio de pH (entre 3 y 9), tal y como sucede en los ambientes mencionados, dentro del cual se encuentran los suelos del área de estudio.

Los fitolitos identificados pertenecen a la familia de las poáceas (gramíneas) ya que éstas son las principales productoras de sílice. A su vez se identificaron los morfotipos pertenecientes a las subfamilias pooides, festucoides, chloridoides y panicoides y gracias a ello, se pudieron diferenciar tipos de ambientes en un lugar y tiempo determinado (Fernández et al. 2009: 89-96).

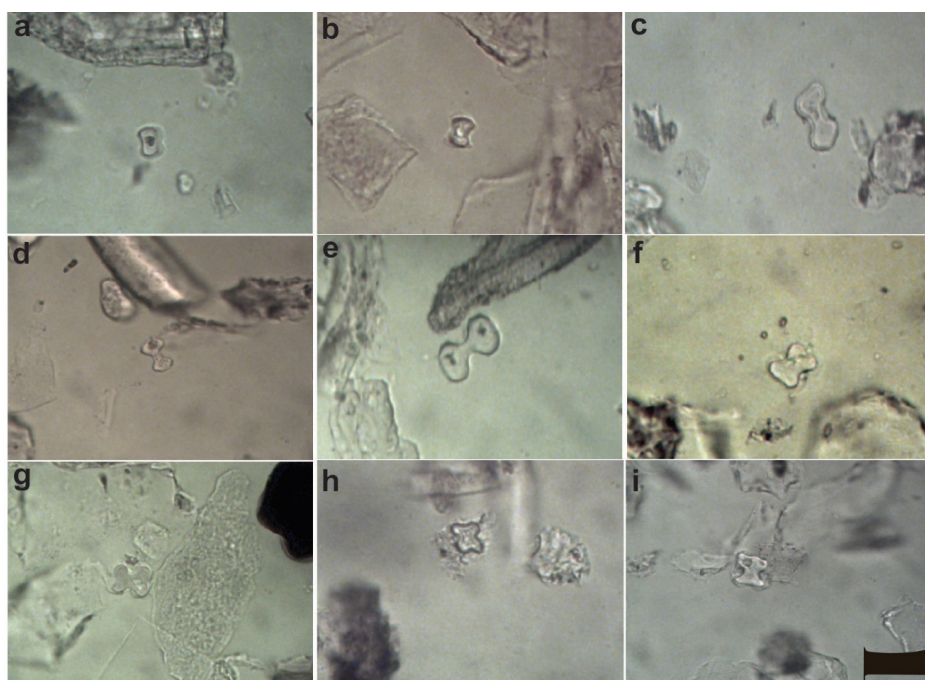


Figura 4. Diferentes fitolitos presentes en plantas descritas para el Período de Desarrollo Regionales. a-b) saddles presentes en chloridoides; c-f) bilobates presentes en panicoides; g-i) croos presentes en panicoides. (Escala de 20 µm válida para todos en i). (Imgs: autora)

Las investigaciones realizadas hasta el momento han permitido esclarecer cuáles fueron las especies cultivadas en la región y cuáles las especies silvestres. En términos generales, y tomando todos los sitios analizados en conjunto, se ha podido establecer la presencia de morfotipos afines principalmente a las gramíneas (poáceas) entre las plantas silvestres para el Formativo (Fig. 3), mientras que, dentro de las especies cultivadas en la zona, pudo determinarse la presencia de chenopodiáceas, cucurbitáceas y panicoideas dentro de la cual posiblemente se haya encontrado maíz.

Por otro lado, las asociaciones fitolíticas naturales pertenecientes al período de Desarrollos Regionales son aquellas relacionadas a las chloridoides, panicoides, festucoides y pooides (Fig. 4), en tanto que las especies cultivadas estarían vinculadas a las maideas y a *Zea mays* (maíz).

El conjunto de plantas domésticas en ambos períodos considerados es diferente (Figs. 3 y 4) solo comparten la presencia de representantes panicoides, destacando que posiblemente el maíz haya sido cultivado. Las plantas silvestres también aparecen de manera discontinua entre una sección y la siguiente.

Por lo general, las secciones inferiores presentan mayor abundancia de fitolitos afines a las danthonioides, panicoides y chloridoides que son típicos de ciclos más cálidos que el actual, mientras que la sección superior también presenta fitolitos asociados a las panicoides pero con alternancia de festucoides y pooides.

La conservación de estas formas bajo las condiciones ambientales regionales hace posible su uso como una línea de evidencia fiable para la reconstrucción de los procesos agrarios, así como también la evolución paleoambiental. En este sentido, los aportes integrales presentados por Korstanje *et al.* (2014: 133-147) en El Bolsón permitieron ir más allá proponiendo una reconstrucción de la práctica agraria y el manejo de la parcela en el período Formativo.

El uso de fitolitos para la reconstrucción paleoambiental es más escaso. Sin embargo, existen las interpretaciones realizadas por Lanzelotti y Zucol (2019: 137-152) y Lefebvre *et al.* (2020a: 93-111; 2020b: 97-103 y 2021: 1-25), que aportan información al marco general paleoambiental existente en estos ambientes áridos y semiáridos. Las reconstrucciones previas de la región (Peña y Sampietro 2018: 671-691) indican que hacia el 2800 AP se es-

tableció una época más húmeda que la actual (globalmente conocida como Evento Bond 2.8 (Bond *et al.* 1997: 1257-1266) que favoreció el desarrollo de suelos a nivel regional promoviendo el cambio de las economías de caza y recolección hacia las productivas. Posteriormente, se han registrado otros dos eventos húmedos (Sampietro *et al.* 2018: 3852-3865): el episodio frío contemporáneo durante lo que en el Hemisferio Norte se denomina Época Cálida Romana (ca. 1900-1700 AP) (Patterson 1995) y la LALIA (ca. 1400 AP) (Late Antique Little Ice Age; Büntge *et al.* 2016: 231-236) o Evento Bond 1.4 (Bond *et al.* 1997: 1257-1266).

Las asociaciones fitolíticas encontrada en el sitio Molle Yaco (valle de Santa María) por Lefebvre *et al.* (2020a: 93-111) son propias de vegetales panicoides y chloridoides, con alternancia de pooides/festucoides los cuales indicarían un paleoambiente con ciclos fríos/templados durante el período Formativo, en concordancia con el marco preexistente.

A partir del 1000 AD se detectaron una serie de procesos geomorfológicos asociados a una aridización general evidenciados por activaciones dunarias en la zona de Cafayate (Salta, Argentina) datadas en ca. 1000, 1300, 1590 y 1770 AD (Peña *et al.* 2015: 352-363). Contemporáneamente, en la localidad de El Pichao (valle de Santa María), los elementos paleoambientales inferidos incluyen fitolitos presentes en la subfamilia panicoides, festucoide y chloridoide, indicando una tendencia árida a semiáridas (Lefebvre *et al.* 2021: 1-25), correspondiente probablemente a la Anomalía Cálida Medieval (1000-1300 AD). Estas asociaciones fitolíticas son coincidentes con las descritas en la localidad de Caspinchango (Provincia de Catamarca) por Lanzelotti y Zucol (2019: 137-152) para el período de Desarrollos Regionales.

Más tarde, en la localidad de Yasyamayo, los fitolitos presentes post-ocupación prehispánica de los perfiles analizados corresponden a formas micro/mesotérmicos como las subfamilias pooides y festucoides que representan una etapa con una tendencia paleoambiental relacionada con episodios templados-fríos (Lefebvre *et al.*, 2020b: 97-103). Esto es coincidente con un momento más frío y húmedo que el actual datado en 403 ± 28 AP (Sampietro *et al.* 2018: 3852-3865) y 435 ± 15 AP en esta región (SAYAGO *et al.* 2012: 62-79) que permitió la formación de un paleosuelo en el valle (Sampietro *et al.* 2018:

3852-3865), contemporáneo a episodios fríos de la Pequeña Edad del Hielo.

En conjunto, en el sector central del valle de Santa María, las investigaciones de Lefebvre *et al.* (2020a: 93-111, 2020b: 97-103 y 2021: 1-25) refuerzan el conocimiento sobre la variabilidad ambiental del Holoceno superior propuesta a través de otros *proxies* (Sampietro *et al.* 2018: 3852-3865).

La utilización de fitolitos como línea de evidencia en los depósitos limoarenosos relativamente homogéneos, mejora la capacidad de observación de los fenómenos ambientales, lo que es posible desde el punto de vista morfoestratigráfico, y no son apreciables a través de análisis pedológicos o sedimentológicos. Por otra parte, el manejo agronómico de la zona es también detectable y puede ser puesto en contexto espacial y temporal a través de estas evidencias, lo que provee información complementaria para el desarrollo de modelos evolutivos geoarqueológicos en el sentido propuesto por Sampietro y Peña (2019: 177-184).

8. CONCLUSIONES

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. Estas fueron posibles mediante el análisis de muestras de sedimento extraídas de estructuras agrícolas correspondientes con los períodos agroalfareros.

Las principales provincias en donde se registran la mayor cantidad de antecedentes son: Catamarca y Tucumán, destacándose dentro de las mismas El valle de El Bolsón y el valle de Santa María. Se ha podido establecer la presencia principalmente de poáceas entre las plantas silvestres para el Formativo, mientras que, dentro de las especies cultivadas, sobresalen principalmente chenopodiáceas, cucurbitáceas y panicoides. Para el período Tardío se han identificado plantas silvestres asociadas a las chloridoides, panicoides, festucoides y pooides, mientras que las especies cultivadas estarían relacionadas a *Zea mays*.

El análisis de fitolitos constituye una herramienta metodológica válida que provee información y apoya las teorías de reconstrucción paleoambiental lleva-

das a cabo por otros autores. Las asociaciones fitolíticas obtenidas como resultado en Molle Yaco, refuerzan la teoría de que el paleoambiente durante el Formativo presenta una tendencia fría con intervalos áridos. Mientras que, en los otros sitios pertenecientes al período de Desarrollo Regionales (Caspinchano, Yasyamayo y El Pichao), la mayor parte de los fitolitos descritos en la secuencia paleoambiental, destacan por describir condiciones de aridez coincidente con la Anomalía Cálida Medieval.

La etapa post ocupacional inicial de los perfiles muestra evidencias relacionadas con las alternancias húmedas de la denominada Pequeña Edad del Hielo.

En el NOA, se estableció el primer modelo paleoambiental y el uso de estos *proxies* aporta un complemento más para el desarrollo de modelos evolutivos geoarqueológicos. Aportan información valiosa (a veces única) para la reconstrucción de las prácticas agrarias pretérita y ofrecen más sustento a las interpretaciones, tanto desde la perspectiva del uso y adecuación humana del paisaje, como de los aspectos paleoecológicos evolutivos de una región.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, M. G., Sampietro Vattuone, M. M., Rodríguez, M. del R. y Cano, S. F. (2020). Antracología de una unidad residencial de El Pichao (Tucumán-Argentina). *Comechingonia. Revista De Arqueología*, 24(2): 5-28.
- Albeiro Monsalve Marín, C. (2000). *Catálogo de fitolitos para plantas cultivadas asociadas a las actividades humanas en el Suroeste de Antioquia-Colombia*. Ms Tesis.
- Alexandré, A. (1999). Late Holocene phytolith and carbon isotope record from a latosol et salitre, South Central Brazil. *Quaternary Research*, Malden 51: 187-194.
- Álvarez, M. F., N. Borrelli y Osterrieth, M. (2008). Extracción de silicobiolitos en distintos sedimentos utilizando dos técnicas básicas. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (eds.): *Matices Interdisciplinarios en Estudios Fitolíticos y de Otros Microfósiles* (Capítulo 3, pp. 31-38). BAR International Series S1870. Oxford.
- Angiorama, C. I.; Becerra, M. F. y Franco, V. (2019). Historia ocupacional y prácticas productivas en Moreta (Puna de Jujuy, Argentina) durante tiempos prehispánicos y coloniales. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XLIV* (1): 13-34.
- Arnold, J., Brewer, S. C. y Dennison, P. (2014). Modeling climate-fire connections within the great basin and upper Colorado River basin, western united states. *Fire Ecology* 10(2), 64-75.
- 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 del Pomar, H. (1973). Crisostomatáceas en Sedimentos de Fondo de la Laguna de Guadalupe. *Revista Asociación Ciencias Naturales Litoral*, 4: 73-86.
- Bolsi, A., Madariaga, M. y Batista, A. E. (1992). Sociedad y naturaleza en el borde andino: el caso de Tafí del Valle. *Estudios Geográficos*, 53: 383-417.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., de Menocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. y Bonani, G., (1997). A pervasive millennial scale cycle in north Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278:1257- 1266.
- Büntgen, U., Myglan, V.S., Ljungqvist, F.C., McCormick, M., Di Cosmo, N., Sigl, M., Jungclaus, J., Wagner, S., Krusic, P.J., Esper, J., Kaplan, J. O., De Vaan, M. A. C., Luterbacher, J., Wacker, L., Tegel, W. y Kiryanov, A.V. (2016). Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660 AD. *Nature Geoscience*, 9: 231-236.
- Cabrera, A. L. (1971). Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Volumen XIV, n.º 1-2. Buenos Aires.
- Cabrera, A. L. y A. Willink. (1973). *Biogeografía de América Latina*. Serie de Biología. Monografía 13. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington D. C.:
- Cabrera, A. L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo II, editado por W.F. Kugler. Fascículo 1 (pp. 1-85). Editorial Acme. Buenos Aires.
- Caggiano, M.A. y Sempé, M. C. (1994). *América, Prehistoria y Geopolítica*. Ed. Tea. Buenos Aires.
- Colobig, M. de los M. (2011). *Estudios paleoetnobotánicos en sitios del borde oriental de las sierras de Tandilia (Provincia de Buenos Aires). Pautas de aprovechamiento y uso de recursos vegetales en las sociedades de cazadores - recolectores*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Rosario. Rosario.
- Erra, G. (2010). Fitolitos información escondida de los minerales de origen vegetal. *Museo* (3): 24, 48-51.
- 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. Ms.Tesis.
- Fernández Honaine M., Zucol A. y Osterrieth M. (2006). Conjunto de fitolito y asociación sistemática en especies de pastizales del SE Llanos Pampeanos, argentino. *Anales de Botánica*, 98: 1155-1165.
- Fernández Honaine, M., Osterrieth, M. 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.
- Franco Salvi, V., López, M. L. y Molar, R. (2014). Microrrestos vegetales en campos de cultivo del primer milenio de la era en el valle de Tafí (prov. de Tucumán, República Argentina). *Arqueología Iberoamericana*, 21: 5-22.
- Fredlund, G. y Tieszen, L. (1994). Modern phytolith assemblages from the North American great plains. *Journal of Biogeography*, 21: 321-335.
- Garralla, S., Muruaga, C. y Herbst, R. (2001). Lago El Rincón, Holoceno del departamento de Tafí del Valle, pro-

- vincia de Tucumán (Argentina): palinología y facies sedimentarias. *Publicación especial – Asociación paleontológica Argentina*: 91-99.
- Garralla, S. (2002). Palinología del perfil El Molle, Holoceno del Valle de Tafi, Provincia de Tucumán. *VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 1-3.
- Gómez Augier, J.P., Oliszewski, N. y Caria, M.A. (2008). Altitude cultivation: phytolith analysis in archaeological farming structure of Quebrada the Corrales site (El Infiernillo, Tucumán, Argentina). En M. Osterrieth, M. Fernández Honaine y N. Borelli (eds.): *International Meeting on Phytolith Research. Southamerican Meeting Phytolith Research* (pp. 64). Mar del Plata.
- Grana, L., Tchilinguirian, P., Olivera, D. E., Laprida, C., y Maidana, N. I. (2016). Paleoenvironmental synthesis in anfagasta de la sierra: Environmental heterogeneity and human occupations in the last 7200 years cal. *BP. Intersecciones en Antropología*, 17: 19-32.
- Hodson, M. J., White, P.J., Mead, A., y Broadley M. R. (2005). Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. *Annals of Botany*, 96: 1027-1046.
- Irurzun, J. (1978). Contribución al conocimiento del clima de la Provincia de Catamarca. *Geografía de Catamarca. Sociedad Argentina Estudio Geográficos*, 5: 43-81.
- Kondo, R., Sase, T. y Kato, Y. (1987). Opal Phytolith Analysis of Andisols with Regard to Interpretation of Paleovegetation. En D.I. Kinloch (ed.): *Proceedings of the Ninth International Soil Classification Workshop* (pp. 520-534). Japón.
- Korstanje, M. A. (2002). Microfósiles y Agricultura Prehispánica: Primeros resultados de un análisis múltiple en el NOA. En A. F. Zucol, M., Osterrieth, M. Brea y N. Borelli (eds.): *Análisis Fitolítico de Vegetación, Suelos, Sedimentos y Sitios Arqueológicos: Estado actual de su conocimiento en América de Sur*.
- 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. U.N.T. Tucumán.
- Korstanje, M.A. y Cuenya, P. (2008). Microfósiles y agricultura prehispánica: primeros resultados de un análisis múltiple en el Noroeste Argentino. En A.F. Zucol, M. Osterrieth, M. Brea y N. Borelli (eds.): *Fitolitos. Estado Actual de su Conocimiento en América del Sur* (pp. 133-147). Universidad del Mar del Plata, Mar del Plata.
- Korstanje, M.A., Cuenya, P. y Maloberti, M. (2014). El análisis múltiple de microfósiles como herramienta para estudiar paisajes agrícolas y prácticas campesinas: Una síntesis metodológica. En C. Belmar y V. Lema (eds.): *Avances y desafíos metodológicos en Arqueobotánica: Miradas consensuadas y diálogos compartidos desde Sudamérica* (pp. 252-275). SEK, Santiago de Chile.
- Kulemeyer, J. J., Lupo, L., Madozzo Jaén, M. C., Cruz A., Cuenya, P., Maloberti, M. Cortés, R. 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. 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.
- Lawrence, D. (1971). The nature and structure of paleoecology. *Journal of paleontology*, Tulsa, 45 (4): 597-607.
- Ledru, M. P., Jomelli, V., Samaniego, P., Vuille, M., Hidalgo, S., Herrera, M. y Ceron, C. (2013). The Medieval Climate Anomaly and the Little Ice Age in the eastern Ecuadorian Andes. *Climate of the Past*, 9: 307-321.
- Lefebvre, M. G., Colobig, M. 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. M., Zucol, A. F., Maldonado, M. G., 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. M., Zucol, A. F., Sampietro Vattuone, M. M. (2021). Caracterización fitolítica de las secuencias sedimentarias del sitio arqueológico El Pichao (NO Argentina): cambios ambientales y antrópicos durante el Holoceno superior. *Estudios Atacameños, revista chilena de antropología y arqueología surandinas*, 67: 1-25.
- Lindskoug, H.B. y Marconetto, M.B. (2014). Paleoecología de fuegos en el valle de Ambato (Catamarca). *Intersecciones en Antropología*, 15(1): 23-37.
- Lowenstam R. (1981). Minerals formed by organisms. *Science*, 211: 1126-1131.
- Lu, H. Y., Wu, N. Q., Yang, X. D., Jiang, H., Liu, K. B., y Liu, T. S. (2006). Phytoliths as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in China I: phytolith-based transfer function. *Quaternary Science Reviews*, 25: 945-959.
- Lupo, L.C., Kulemeyer, J. J., Sánchez, C., Pereira, E. y Cortés, R. G. (2015). Los archivos paleoambientales en el Borde Oriental de la Puna y sus respuestas a los cambios naturales y antrópicos durante el Holoceno. *Noroeste argentino. Estudios sociales del NOA*, 16: 39-68.
- Lupo, L., Kulemeyer, J., Torres, G., Oxman, B. y Schitteck, K. (2018). *Paleoecología del Cuaternario tardío de la Puna del Noroeste argentino*. Conservación de la Naturaleza 24: La Puna argentina: naturaleza y cultura, 54-72
- Madella, M. (1996). Phytoliths from a Central Asia loess-paleosol Sequence and Modern Soils: Their Taphonomical and Palaeoecological Implications. En A. Pinilla, J. Treserras, y M. J. Machado (eds.): *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas* (pp. 49-56). Centro de Ciencias Medioambientales. Madrid.
- Madella, M., Power Jones, A. H. y Jones, M. K. (1998). A Simple Method of Extraction of Opal Phytoliths from Sediments using a Non-Toxic Heavy Liquid. *Journal of Archaeological Science*: 801-803.
- Madella, M. y Lancelotti, C. (2012). Taphonomy and Phytoliths: user manual. *Quaternary international*, 475:76-83.
- Maloberti, M. (2014). Prácticas campesinas en emplazamientos agrícolas formativos: El caso del Alto Juan Pablo (Belén, Catamarca). *Comechingonia*, 18(1): 139-159.
- Marconetto, M. B. (2006). Casas de Fuego. Análisis antracológico de los restos de techos carbonizados del sitio Piedras Blancas (Ambato, Provincia de Catamarca, Argentina). *IV Mesa Redonda: La Cultura de La Aguada y su Dispersión* (pp. 19-28). San Pedro de Atacama.
- Martínez, J. G., Oliszewski, N., Aranda, C., Luna, L. Naharro, E. y Pérez, M. (2017). Prácticas en torno a la muer-

- te en la Quebrada de Los Corrales, El Infiernillo, Tucumán (3800-1500 años AP). *XIII Jornadas Nacionales de Antropología Biológica* (13-16 de noviembre de 2017, Necochea) (pp. 45), Buenos Aires.
- Mercader, J., Bennett, T., Esselmont, C., Simpson, S., y Walde, D. (2013). Phytoliths from Middle Stone Age habitats in the Mozambican Rift (105-29 ka). *Journal of Human Evolution*, 64: 328-336.
- Minetti, J. L. y González, J. A. (2006). El cambio climático en Tucumán. Sus impactos. *Serie Conservación de la Naturaleza*, 17: 25.
- Morales, M. R. (2011). Arqueología ambiental del Holoceno temprano y medio en la Puna Seca Argentina. Modelos paleoambientales multi escala y sus implicancias para la arqueología de cazadores-recolectores. *Arqueología*, 17: 279-282.
- Morello, J. (1958). La Provincia Fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana*, 2: 1-155.
- Musaubach, M. G. y Babot, M. del P. (2019). Elementos para explorar el uso de gramíneas silvestres de ambientes áridos de los Andes Centro Sur: primeras aproximaciones desde los conjuntos fitolíticos de inflorescencias e infrutescencias. *Revista del Museo de Antropología*, 12(1): 57-72.
- Oliszewski, N. (2005). Archaeobotany of archaeological sites from Northwest Argentina (1750-1450 B.P.): ceremonial use or rubbish dumps? *Vegetation History and Archaeobotany*, 14(4): 465-471.
- Oliszewski, N. (2012). La variabilidad racial del maíz y los cambios sociales durante el I milenio d. C. en el noroeste argentino. En M. del P. Babot, F. Pazzarelli y M. Marschoff (eds.): *Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías y otras Historias de la alimentación en Suramérica* (pp. 271-297). Córdoba.
- Oliszewski, N., Martínez, J. G., Arreguez, G., Gramajo Bühler M. y Naharro, E. (2018). La transición vista desde los valles intermontanos del noroeste argentino: nuevos datos de la Quebrada de Los Corrales (El Infiernillo, Tucumán, Argentina). *Chungará Revista de Antropología Chilena* 50(1): 71-86.
- Oliszewski, N., Molar, R., Arreguez, G., Carrizo, J. y Martínez, J. G. (2019). Identificación macro y microscópica de granos de *Zea mays* (Poaceae) en contextos prehispánicos tempranos de la Quebrada de Corrales (Tucumán, Argentina). *Darwiniana, nueva serie* 7(1): 5-15.
- Osterrieth, M. (2004). Biominerales y biomineralizaciones. En H. T. García (ed.). *Cristalografía de suelos*. Sociedad Mexicana de Cristalografía (pp. 206-218). México.
- Oxman, B., Tchilinguirian, P., Yacobaccio, H. D., y Lupo, L. C. 2015. Nuevos análisis paleoambientales y sus implicancias arqueológicas durante la Pequeña Edad de Hielo en la Puna. *Estudios sociales del NOA*, 16: 13-38.
- Perea, M.C. (1991). *Análisis de Prioridades para la Conservación en el Valle del Río Santa María, Tucumán, Sector Oriental*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán.
- Patterson, W. P. (1995). Stable isotopic record of climatic and environmental change in continental settings (Doctoral dissertation). Universidad de Michigan.
- Peña Monné, J. L., Sancho Marcén, C., Sampietro Vattuone, M. M., Rivelli, F.; Rhodes, E. J., Osácar Soriano, M. C., y García Giménez, R. (2015). Geomorphological study of the Cafayate dune field (Northwest Argentina) during the last millennium. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 438: 352-363.
- Peña Monné, J. L., y Sampietro Vattuone, M. M. (2018). Paleoambientes Holocenos del valle de Tafí (Noroeste Argentino) a partir de registros morfosedimentarios y geoarqueológicos. *Boletín Geológico y Minero*, 129 (4): 671-691.
- Piperno, D. R. (1988). The silica bodies of Tropical American grasses. *Morphology, taxonomy and implications for grass systematics and fossil phytolith identification*. *Smithsonian contributions to botany*, 85: 40.
- Piperno, D.R. (2006). *Phytoliths. A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Altamira Press. Lanham, New York, Toronto, Oxford.
- 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.
- Pommarés, N. (2017). Noroeste argentino. *Cuatremario y geomorfología de Argentina. Distribución y características de los principales depósitos y rasgos geomorfológicos* (pp. 170-195. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires.
- Rovner, I. (1971). Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. *Quaternary Research* 1: 345-359.
- Rovner, I. (1986). Plant opal phytolith analysis: Major Advances in Archaeobotanical Research. *Advances in Archaeological Method and Theory*. 6: 225-266.
- Ruiz, M. (1995-1996). Prehistoria y arqueología regional: el noroeste argentino". *Anales de Arqueología y Prehistoria*, 11-12: 163-173.
- 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 Calchaquies Summits (Tucumán, Argentina). *Journal of Archaeological Science* 52: 363-375.
- Sampietro Vattuone, M. M., J. Roldán, J. L. Peña Monné, M. G. Lefebvre 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 y J. L. Peña (eds.): *Geoarqueología de los Valles Calchaquies* (pp. 185-211). Instituto Miguel Lillo. Tucumán.
- Sampietro Vattuone, M. M. y Peña Monné, J. L. (2019). Geomorphology of Tafí valley (Tucumán, Province, Northwest Argentina). *Journal of Maps* 15(2): 177-184.
- Sampietro Vattuone, M., Peña Monne, 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 & development* 29(11): 3852-3865.
- Sampietro Vattuone, M. M., Peña Monné, J. L., Roldan, J., Dip, A. B., Maldonado, M. G., Lefebvre, M. G. y Vattuone, M. A. (2019). Land management soil degradation evidence during the Late Holocene in Northwest Argentina (La Costa 2 Tafí valley). *Catena*, 187: 104-392.
- Sangster, A. G, Hodson, M. J. y Tubb H. J. (2001). Silicon deposition in higher plants. En Le Datnoff, G. H. y Snyder, G. H. (eds.): *Komdörfer Silicon in agriculture* (pp. 85-113). Elsevier. Amsterdam.
- Saravia Toledo, C. (1995). *Recuperación y conservación de áreas críticas en la subcuenca del río Los Puestos. Primer Informe Parcial*. Secretaría de Medioambiente de la Provincia de Catamarca. Catamarca.

- Sayago, J. M., Collantes M. M. y Niz, A. (2012). El umbral de resiliencia del paisaje en el proceso de desertificación de los valles preandinos de Catamarca (Argentina). *Acta Geológica Lilloana*, 24 (1-2): 62-79.
- Sesma P. (1987). *Geología y geomorfología del valle de Tafi, Tafi del Valle, Tucumán*. Fac. de Ciencias Naturales, U.N.T. Seminario Inédito.
- Stenborg, P. (2002). Disciplinas Distintas, Discursos Diferentes: El Caso de los Pacciocas en las Fuentes Etnohistóricas y las Ruinas del Sitio STucTav7. *XIII Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Tomo II: 193-207*. Córdoba.
- Strömberg, C.A. E., Werdelin, L., Friis, L.M., y Saraç, G. (2007). The spread of grass-dominated habitats in Turkey and surrounding areas during the Cenozoic: Phytolith evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 250: 18-49.
- Trombold, Ch. D. y Alcantara, I. I. (2005). Paleambiente y cultivo de plantas en terrazas en La Quemada, Zacatecas, México: la evidencia de polen, fitolitos y diatomeas. *Journal 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 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. *Arqueología de la agricultura: Casos de estudio en la región andina argentina*, 178-207.
- Yacobaccio, H. D. (2015). Presentación. Estudios paleoambientales en el NOA y su significado para la arqueología. *Estudios Sociales del NOA*, 16: 7-12.
- Zucol, A. y Osterrieth, M. (2002). Técnicas de Preparación de Muestras para la Extracción de Fitólitos. *Ameghiana* 39 (3): 379-382.
- Zucol, A. F., Passeggi, E., Brea, M., Patterer, N.I., Fernández Pepl, 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 del Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral y 1er Workshop Argentino del Proyecto Potrok Aike MaarLake Sediment Archive Drilling Project (pp. 81-84). Proyecto Editorial PIPA. Buenos Aires Argentina.
- 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.
- 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.