

PRIMERA APROXIMACIÓN A LA CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DE FITOLITOS
DIAGNÓSTICOS DE MAÍZ ACTUAL (*ZEA MAYS*) COMO HERRAMIENTA
EN LA INVESTIGACIÓN ARQUEOLÓGICA EN EL NORESTE ARGENTINO

FIRST APPROACH TO THE QUANTITATIVE CHARACTERIZATION OF DIAGNOSTIC
PHYTOLITHS OF CURRENT CORN (*ZEA MAYS*) AS A TOOL IN ARCHAEOLOGICAL
RESEARCH IN ARGENTINIAN NORTHEAST

María de los Milagros Colobig¹, Aldana Tavarone², Soledad R. Ramos³, Esteban Passeggi⁴

¹ Laboratorio de Arqueología. Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción, CICYTTP-CONICET- Prov. E. R.- UADER, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Diamante, Entre Ríos, Argentina. Email: colobig.milagros@uader.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0002-5886-0965>

² Instituto de Antropología de Córdoba, IDACOR-CONICET, Museo de Antropologías, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Email: aldana.tavarone@unc.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0002-2645-3986>

³ Laboratorio de Arqueología- Laboratorio de Paleobotánica. Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción, CICYTTP-CONICET- Prov E. R.- UADER.

Email: soledadramos.sr@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-4866-8037>

⁴ Laboratorio de Procesamiento de Material Sedimentológico-Paleontológico, CICYTTP-CONICET Prov. E. R.- UADER, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Diamante, Entre Ríos, Argentina. Email: estepass@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-4061-0869>

Palabras clave **Resumen**

Expansión agrícola prehispanica microrrestos silíceos Zea mays Noreste argentino estimación de abundancia *El presente estudio aborda la identificación y estimación de microrrestos silíceos diagnósticos de maíz (*Zea mays*) en plantas actuales y sitios arqueológicos del Noreste argentino, contribuyendo a la comprensión de la expansión agrícola prehispanica en la región. La metodología involucró la aplicación de protocolos de procesamiento para plantas y sedimentos actuales y arqueológicos, estableciendo correlaciones entre las muestras. El resultado de este proceso permitió calcular la cantidad de morfotipos en forma de cruz por gramo de material seco en hojas de maíz actual, información clave para estimar la abundancia relativa de elementos diagnósticos en áreas de cultivo arqueológicas, proporcionando un índice de estimación aplicable a otros contextos. Este análisis no solo revela la ubicuidad de *Zea mays* en los sitios, sino que también ofrece una medida para calcular el volumen aproximado de su producción en sitios arqueológicos, abordando preguntas pendientes sobre rutas de intercambio, modalidades hortícolas y necesidades y demandas de los grupos humanos en el pasado.*

Presentado 16/02/2024; Recibido con correcciones 12/04/2024; Aceptado: 24/06/2024

COMECHINGONIA. Revista de Arqueología. Vol. 28, n° 2. Colobig *et al*, pp. 229-250

<https://doi.org/10.37603/2250.7728.v28.n2.44314>

ISSN 0326-791/E-ISSN 2250-7728

Keywords

*Prehispanic
agricultural
expansion
siliceous
microremains
Zea mays
North-east
Argentina
abundance
estimation*

Abstract

*The present study addresses the identification and estimation of siliceous diagnostic microremains of maize (*Zea mays*) in archaeological contexts of North-east Argentina, contributing to the understanding of pre-Hispanic agricultural expansion in the region. The methodology involved the application of processing protocols for current and archaeological plants and sediments, establishing correlations between samples. The result of this process allowed us to calculate the number of cross-shaped morphotypes per gram of dry material in contemporary maize leaves, key information to estimate the relative abundance of diagnostic elements in archaeological cultivation areas, providing an estimation index applicable to other contexts. This analysis not only reveals the ubiquity of *Zea mays* at sites, but also provides a measure to estimate the approximate volume of its production at archaeological sites, addressing outstanding questions about exchange routes, horticultural modalities and needs of human groups in the past.*

Introducción

Los avances en las investigaciones arqueobotánicas desarrolladas a lo largo de los últimos años, han generado interrogantes que plantean la necesidad de realizar estudios actualísticos centrados en la principal especie cultivada en parcelas domésticas con el fin de obtener una comprensión más precisa de la morfología y abundancia de los fitolitos presentes en las hojas de maíz (*Zea mays*) actual. Este enfoque propone establecer comparaciones con los morfotipos diagnósticos asignables a hojas de maíz (*Zea mays*) identificados en los registros arqueológicos. Se busca especialmente indagar el volumen aproximado de los elementos silíceos en forma de cruz en el sustrato, en relación con su proporción en las hojas de la planta de maíz (*Zea mays*). Para este análisis comparativo, se seleccionaron dos sitios arqueológicos: Los Tres Cerros 1 (LTC1) en el delta superior del río Paraná, Isla Las Moras, Victoria, provincia de Entre Ríos y Cerro de las Pajas Blancas 1 (CDLPB1) en el departamento San Jerónimo, provincia de Santa Fe. Ambos sitios se caracterizan por la presencia sistemática de cruces de maíz (*Zea mays*) en sus sedimentos y por ser “cerritos” donde se realizaron actividades múltiples. Además, se recolectaron ejemplares de maíz (*Zea mays*) actual y se muestreó un suelo de

cultivo contemporáneo, ambos en la localidad de Diamante, provincia de Entre Ríos.

Diversos interrogantes surgen respecto del aprovechamiento de los montículos conocidos como “cerritos” en las Tierras Bajas Sudamericanas para la producción de especies vegetales destinadas a la subsistencia. Algunos de ellos son ¿en qué cronología puede ubicarse el inicio del manejo de plantas? ¿Cuáles fueron las modalidades hortícolas que se emplearon para el manejo del suelo?, ¿Existió alternancia de cultivos o la práctica de multicultivo? ¿Cuál fue la cantidad, capacidad y necesidad de producción por parte de cada grupo o asentamiento prehispánico? ¿Cuáles fueron las rutas de intercambio de semillas? Aunque algunos de estos interrogantes escapan a los objetivos del trabajo, representan un punto de partida para explorar y eventualmente responder estas preguntas, contribuyendo al conocimiento de la gestión agrícola.

Antecedentes de los estudios arqueobotánicos en el Noreste argentino

La recuperación del registro vegetal pasado en el centro-este argentino es una línea de investigación relativamente reciente en comparación con otras áreas del país y a nivel mundial. En estos años, se ha

reconocido el gran potencial de esta temática para la reconstrucción de las estrategias de subsistencia de las poblaciones arqueológicas que habitaron ambientes fluviales. Durante más de una década, nuestro equipo de investigación ha contribuido significativamente a la arqueobotánica, recuperando evidencia que abarca aproximadamente 2000 años hasta la época colonial. Estos estudios han identificado plantas silvestres y cultivadas, nativas e introducidas, en diferentes sitios de la región (Brea *et al.*, 2013; Colobig *et al.* 2023; Colobig *et al.* en prensa; Ramos *et al.* 2021; Sánchez *et al.* 2013).

Uno de los principales temas de interés que se abordan localmente, y que es también una preocupación clásica de la arqueología a nivel internacional, es acerca del proceso, aún poco definido temporalmente, durante el cual las comunidades humanas comenzaron a manipular selectivamente una pequeña parte de los recursos, dando origen a un sistema de producción de alimentos (Casas *et al.* 1997). Este cambio en la manipulación de los recursos vegetales transformó el estilo de vida de los cazadores-recolectores, favoreciendo los asentamientos sedentarios y propiciando la creación de nuevas herramientas vinculadas a las demandas de la domesticación de plantas y animales. Aunque la domesticación de plantas -aun siendo previa- no implica necesariamente el establecimiento de sistemas agrícolas (Harlan 1992), puede derivar en sistemas hortícolas de pequeña escala, integrándose a prácticas ya existentes, prosperando o desapareciendo con el tiempo (Hather y Mason 2002; Smith 2007).

Es decir, el estudio de la domesticación no siempre se relaciona con eventos de grandes cambios sociales, sino más bien con pequeñas transformaciones en las prácticas, dinámicas interpersonales y toma de decisiones que, al menos en una etapa inicial, se desarrollaron a una escala localizada. La perspectiva paleoetnobotánica se enfoca en estos aspectos,

considerando a la domesticación como un fenómeno relacional (Lema *et al.* 2008, 2009). En este sentido, Argentina cuenta con destacados registros paleobotánicos de este largo proceso, que buscan reconstruir las formas de apropiación, selección y uso de plantas que en algún momento comenzaron a reproducirse mediante la intervención humana (Babot *et al.* 2007; Korstanje 2013; López y Pastor 2013; Medina y Pastor 2006; Paez *et al.* 2012; Pastor y Gil 2014; Quesada 2013).

Para abordar esos registros, entre las diversas líneas de evidencias arqueobotánicas, el análisis de fitolitos se considera actualmente uno de los *proxies* más importantes para estudiar el origen y la dispersión de los cultivos a nivel global (Ball *et al.* 2016). En los últimos años, se ha registrado la presencia de fitolitos de maíz (*Zea mays*) en una gran variedad de contextos arqueológicos, desde el sur de Centroamérica hasta el norte de Sudamérica, datando de al menos 7000 años ¹⁴C AP. Estos hallazgos demuestran que el maíz (*Zea mays*) fue domesticado y dispersado fuera de México en épocas tempranas. De hecho, muchos de los alimentos básicos que sostenían a los pueblos indígenas cuando los europeos llegaron a América se originaron en los bosques neotropicales (Bozarth 1993; Pearsall 1978; Piperno 2006). En las tierras bajas sudamericanas, los análisis basados en macrorrestos y microrrestos vegetales han proporcionado evidencia de granos carbonizados y fragmentos de mazorcas, fitolitos y almidones asignables a maíz en sedimentos arqueológicos del Delta del río Paraná (Bonomo *et al.* 2011a, 2011b; Colobig *et al.* 2018; Sánchez *et al.* 2013; Torino *et al.* 2023) y en el este de Uruguay (del Puerto 2015; del Puerto *et al.* 2016; Iriarte 2003; Iriarte *et al.* 2004).

Ocupación de ambientes fluviales en el Noreste argentino

En la cuenca del río de La Plata, se observa una modalidad específica de ocupación de los entornos fluviales propicios para el desarrollo

de los asentamientos humanos y su sistema productivo, caracterizada por la presencia de elevaciones terrestres llamadas “cerritos” o “aterros”. Estos montículos de origen antropogénico se han registrado en Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil (Bonomo y Politis 2020). La composición predominante de estas estructuras de altura variable consiste en sedimentos y tierras quemadas, pero también pueden contener otros elementos como tiestos, huesos y valvas para fortalecer su estructura (Castiñeira *et al.* 2017). Los cerritos varían en diámetro, oscilando entre 30 y 60 m, mientras que su altura puede variar desde menos de un metro hasta aproximadamente 7 metros. (Gianotti y Bonomo 2013).

Estos cerritos antropogénicos presentan una riqueza de restos de fauna y botánica, fragmentos cerámicos, herramientas óseas y, frecuentemente, sepulturas humanas. Su distribución espacial se extiende a lo largo del terreno plano de las tierras bajas y está principalmente vinculada a las unidades edáficas como llanuras de inundaciones y ambientes pantanosos (Bracco *et al.* 2000; Bonomo *et al.* 2011b; Gianotti 2000; López Mazz y Bracco 2010).

La arquitectura en tierra o “cerrito”, indica una profunda comprensión de las técnicas de construcción y selección de los materiales para hacerlas perdurables, siendo hoy en día la característica arqueológica más visible de la región. Las diversas estrategias de modificación de la textura de la superficie terrestre todavía sobreviven después de siglos de erosión y perturbaciones modernas como la introducción de ganado y la deforestación (Gianotti 2005; Gianotti y Bonomo 2013).

Estas estructuras continúan siendo lugares de asentamiento para los grupos humanos, donde coexisten actividades ganaderas y, en algunos casos, huertas familiares que han complementado tradicionalmente la dieta de las

poblaciones fluviales (Bonomo *et al.* 2011b). La capacidad de adaptación y el aprovechamiento sostenible de estas construcciones revelan no solo la importancia arqueológica de la arquitectura en tierra, sino también su relevancia continua en la vida contemporánea de estas comunidades.

Registros etnohistóricos y etnoarqueológicos documentan las ocupaciones de los “cerritos” y coinciden en la práctica de los cultivos *in situ*, junto con una serie de prácticas asociadas a la preparación de la tierra. Según fuentes históricas, al llegar los primeros españoles a las islas del río Paraná, los Chaná, identificados arqueológicamente como Goya Malabrigo y habitantes de los “cerritos”, contaban con pequeñas parcelas hortícolas donde cultivaban principalmente maíz, calabaza y porotos (García [1528] en Madero 1902; Ramírez [1528] en Madero 1902; Villalta [1536-56] en Lafone Quevedo 1903).

Por su parte, en esta dinámica de uso de la tierra en los “cerritos”, los registros etnoarqueológicos relevados en el sur de Brasil para construcciones en tierra, indican que existe una preparación especial del suelo para plantar, depositando sedimento rico en materia orgánica (Milheira *et al.* 2019). Posteriormente, estos sedimentos pasan por un tiempo de “maduración” de cuatro a cinco años antes de comenzar el proceso de siembra. Esta es la técnica de formar *terra preta*, conocida por su alta productividad, como se observa en sitios de la región amazónica (Arroyo-Kalin 2017; Moraes y Neves 2012).

La práctica de recolección de sedimentos con determinadas características mineralógicas, se ha identificado tanto en sitios de Argentina como Brasil, y sugiere la utilización de tipos específicos de sedimentos que, mediante el uso del fuego, experimentan una transformación en sus composiciones, buscando obtener un tipo de sedimento más agregado y con mejor soporte de la tierra. El fuego desempeña un papel

constante en este proceso, siendo utilizado tanto para mantener la higiene del espacio como, posiblemente, para la preparación del sedimento destinado a la construcción y preparación de áreas de plantación (Castiñeira *et al.* 2017; Eremites de Oliveira y Milheira 2020).

La evidencia directa del uso de los recursos vegetales se ha obtenido a través del análisis de fitolitos en sedimentos, ya que el ambiente húmedo no favorece la preservación de los restos botánicos (Sánchez *et al.* 2013). En términos generales, estos análisis permitieron constatar de manera directa las parcelas hortícolas e identificar la presencia de elementos biosilíceos panicoides, afines a maideas, oryzoideas y arcoideas, en los sedimentos arqueológicos en la región del delta superior del río Paraná (Bonomo *et al.* 2011a; Colobig *et al.* 2018; Sánchez *et al.* 2013), indicando que estos recursos vegetales silvestres y domesticados, fueron aprovechados en los asentamientos ubicados en los “cerritos” desde hace más de 1200 años, previo a la llegada de los grupos Guaraníes, por pueblos asignados a la Entidad arqueológica Goya Malabrigo (Politis y Bonomo 2012, 2018). Esta Entidad es atribuida a pueblos indígenas que habitaron la llanura aluvial de los ríos Paraná Medio y Bajo y Uruguay Bajo desde aproximadamente 2400 años AP, hasta el siglo XVII. Se caracteriza por poseer una tecnología orientada a la adaptación de los ambientes fluviales, elementos que conforman una vida hidrocéntrica, y una producción de cerámica, que constituye el componente más abundante del registro arqueológico de este grupo (Politis y Bonomo 2012, 2018).

En diferentes elevaciones ocupadas, como Los Tres Cerros I (LTC1), Cerro Tapera Vázquez (CTV), Laguna de los Gansos 1 (LDLG1) y Cerro de las Pajas Blancas 1 (CDLPB1) (Bonomo *et al.* 2011a, 2011b, 2016; Sánchez *et al.* 2013), se registraron microrrestos asignables a poroto, calabaza y maíz. Esto sugiere la posibilidad de cultivos *in situ* y/o en sitios cercanos, aplicando

la práctica del multicultivo. Esta práctica, común en Centroamérica, implica la plantación de maíz y semillas de calabaza en el mismo orificio. A medida que el maíz crece, la planta de grano se eleva por encima de la calabaza para alcanzar la luz solar, mientras que la calabaza se extiende a lo largo del suelo, impidiendo el desarrollo de las malezas (von Baeyer 2010).

Los fitolitos como herramienta de análisis

Los fitolitos son estructuras microscópicas de sílice producidas al interior de las células y en los espacios intercelulares de las plantas (Piperno 2006). Se encuentran en casi todos los tipos de tejidos vegetales y en todos los clados de plantas vivas, ya sea como rellenos de células individuales o como secciones de tejido silicificado, representando hasta el 10 % del peso seco de la planta (Katz 2014; Trembath-Reichert *et al.* 2015).

Al morir las plantas, los fitolitos se incorporan al suelo y otros sedimentos, donde pueden permanecer estables dentro de un amplio rango de pH (pH 3-8 y en diversos ambientes, ya sean climas húmedos, secos o alternados entre ambos (Piperno 2006). Esta estabilidad puede extenderse durante millones de años (Alexandre *et al.* 2011; Strömberg *et al.* 2013) donde quedan incorporados y conservados en suelos, sedimentos o restos arqueológicos (Cabanes *et al.* 2011; Gao *et al.* 2018). También pueden disolverse y participar así en el ciclo del silicio (ej. Opalinska y Cowling 2015; Sutton *et al.* 2018).

La dinámica del silicio (Si) en los ecosistemas terrestres esta principalmente regulada por procesos pedogenéticos (Cornelis y Delvaux 2016). Las raíces de las plantas absorben predominantemente silicio en forma de ácido monosilícico, el cual se libera en las aguas intersticiales del suelo (Kumar *et al.* 2017; Opalinska y Cowling 2015). Muchos factores, incluido el tipo de suelo, la disponibilidad de

agua, el clima, el fuego y la presión del pastoreo, influyen en la concentración de sílice disuelta disponible para la absorción y deposición por parte de las plantas (Katz *et al.* 2015; Piperno 1988).

A pesar de que se ha estudiado extensamente el proceso de desarrollo de los fitolitos dentro de las plantas (Rudall *et al.* 2014; entre otros), el mecanismo preciso de formación aún no se comprende completamente (Kumar *et al.* 2017).

El análisis de fitolitos se ha convertido en una herramienta metodológica sólida para responder a una amplia variedad de preguntas arqueológicas y paleoambientales (Hart 2016). En arqueología, puede proporcionar información sobre el origen y dispersión de especies vegetales domesticadas, dietas humanas, prácticas agrícolas y procesamiento de plantas (Ball *et al.* 2016; Neumann *et al.* 2017). A pesar de su utilidad, la sistemática de fitolitos sigue representando un desafío persistente para esta disciplina en desarrollo (Ball *et al.* 2016).

Hasta el momento, se han identificado alrededor de 260 tipos no duplicados de fitolitos en suelos modernos, de los cuales 110 corresponden a gramíneas, 50 a helechos, plantas leñosas y otras angiospermas, mientras que los 100 restantes aún se encuentran en investigación (Wen *et al.* 2018). Para disponer de material comparativo, se extraen fitolitos de material vegetal actual para comprender su morfología, composición química, procesos de biomineralización, y realizar análisis isotópicos. Una vez extraídos de las plantas modernas, se llevan a cabo estudios comparativos de fitolitos (colecciones de referencia) para identificar con precisión los conjuntos de fitolitos antiguos (Córdoba 2013; Rossouw *et al.* 2009).

La identificación de la riqueza de fitolitos se ha utilizado como indicador tanto de ocupaciones humanas como de condiciones climáticas. El manejo de especies cultivadas constituye

un foco importante en la investigación de fitolitos, y diversos trabajos han identificado morfotipos diagnósticos para especies de interés económico, como el arroz (*Oryza sativa* L.) (Zuo *et al.* 2017), diferentes tipos de *Oryza* (Hilbert *et al.* 2017), plátano (*Musa* sp.) (Mindzie *et al.* 2001), trigo (*Triticum* sp.) (Ball *et al.* 1999) o poroto (*Phaseolus vulgaris*) (Babot *et al.* 2007; Bozarth 1990), entre otros. El estudio del cultivo de plantas y las actividades agrícolas durante el Holoceno es un área de interés particular dentro de las investigaciones sobre fitolitos (Piperno 1994). Las prácticas agrícolas específicas de interés incluyen el riego (Zucol *et al.* 2012; Madella *et al.* 2009), el cultivo de arrozales (Zuo *et al.* 2017), de maíz (*Zea mays*) y frutas (Colobig *et al.* 2019; Iriarte *et al.* 2004; Pastor y López 2010), los métodos de tala y quema (Piperno y Jones 2003; Sarra 2021), el abandono del cultivo (Denham *et al.* 2003) y el surgimiento de la producción de alimentos (Piperno y Stothert 2003; Würschmidt y Korstanje 1998-1999), por citar algunos ejemplos.

En el caso del maíz cultivado, se han logrado avances en la sistemática y la identificación de morfotipos afines a esta planta. Esto posibilita, a través de la función discriminante, detectar la presencia con alta probabilidad estadística de morfotipos en forma de cruz vinculados al maíz (*Zea mays*) (Piperno 2006). Por consiguiente, se pueden aislar esas formas en el sedimento arqueológico y cuantificarlas con el fin de establecer asociaciones con las formas procedentes de las plantas actuales. En Uruguay, se han realizado análisis métricos de los morfotipos asignables al maíz, sumando criterios de identificación en estos casos (Gianotti *et al.* 2013). Asimismo, trabajos realizados en Argentina han proporcionado evidencias sólidas para caracterizar de manera confiable estos morfotipos (Pastor y López 2010; Pérez y Erra 2010; Würschmidt y Korstanje 1998-1999).

Área de estudio

El área de estudio (Figura 1) abarca los sitios de referencia para el análisis del material arqueológico y la Localidad de Diamante, de donde se obtuvieron las muestras de suelo y los ejemplares de plantas actuales de maíz. Este territorio se encuentra ubicado en la Ecorregión del Delta e Islas del Paraná (*sensu* Burkart *et al.* 1999), recientemente renombrado como distrito de las sabanas inundables del Paraná por Arana *et al.* (2021), caracterizado por su constante presencia de cuerpos de agua, lo que produce un efecto climático local de alta humedad y baja amplitud térmica. A pesar de encontrarse en una zona templada, presenta especies típicas de climas de ecorregiones subtropicales. La vegetación tiene un patrón de distribución típico de bosques y matorrales, dispuestos en franjas en las laderas de las colinas, pastizales y pastos del interior de las islas, así como comunidades acuáticas en riberas, canales y lagunas.

Entre las especies presentes en los bosques se encuentran *Salix humboldtiana* (sauce criollo), *Tessaria integrifolia* (aliso de río), *Erythrina crista-galli* (ceibo), *Sapium haemospermum* (curupí), *Pouteria salicifolia* (mataojo), *Syagrus romanzoffiana* (pindó), *Myrsine laetevirens* (canelón), *Pseudalbizia inundata* (timbó blanco). Los matorrales están compuestos por *Vachellia caven* (espinillo), *Baccharis latifolia* (chilca), *Conyza bonariensis* (rama negra), *Cestrum parqui* (duraznillo negro), mientras que los pastizales se componen de *Cortaderia selloana* (cortadera), *Typha latifolia* (totora) y numerosas especies de pastos y juncos. Finalmente, las comunidades acuáticas están dominadas por *Eichhornia crassipes* (camalote), *Victoria cruziana* (irupé) (Burkart *et al.* 1999).

El sitio Los Tres Cerros 1 (Isla Las Moras, Victoria, Entre Ríos) es el más alto de tres montículos que conforman la localidad arqueológica Los Tres Cerros. Con una altura

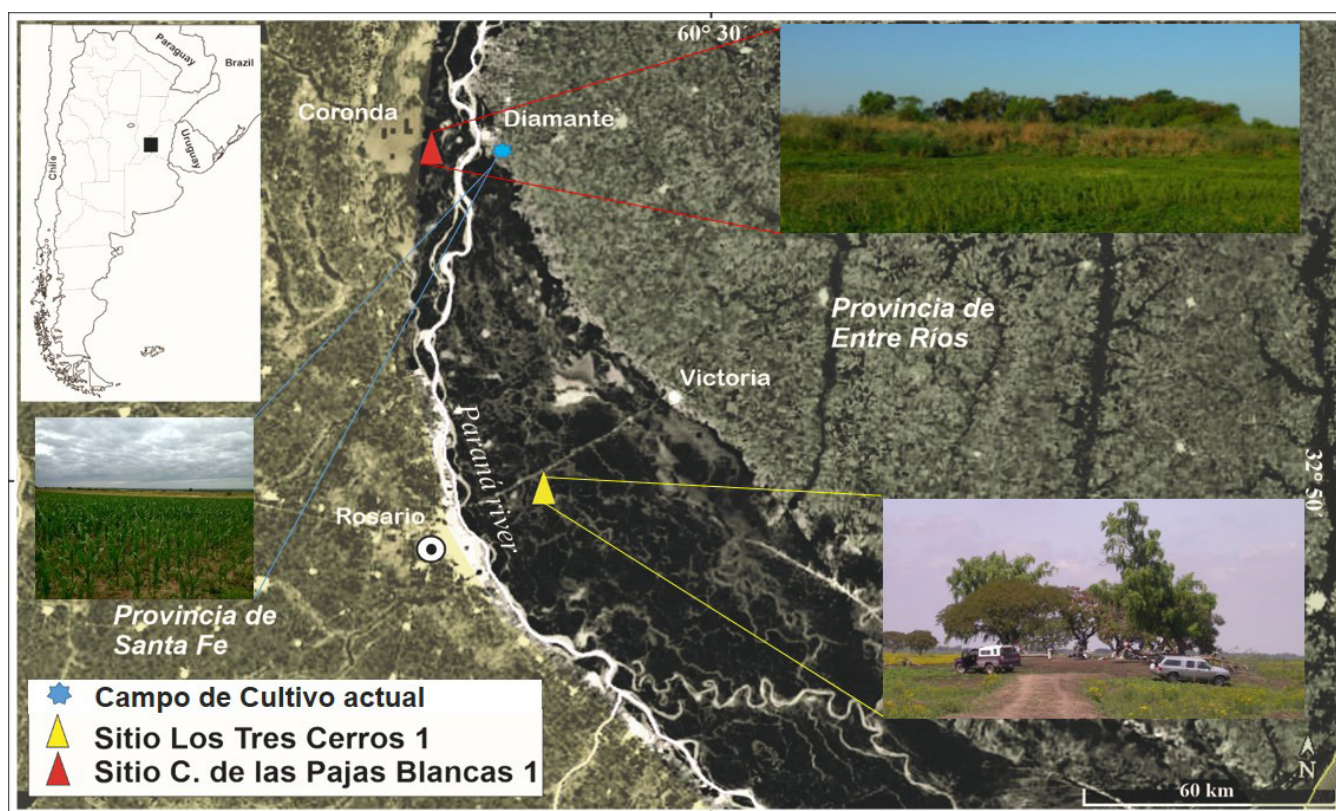


Figura 1. Mapa de Ubicación de los sitios arqueológicos y del campo de cultivo actual estudiados para el análisis arqueobotánico.

de 2,10 metros y un diámetro máximo de 66,6 metros, este montículo central ha sido el foco de la mayoría de las excavaciones extendidas y sistemáticas. Se caracteriza como un sitio de actividades múltiples, con abundante material cerámico asociado a la Entidad Arqueológica Goya Malabrigo¹ (Politis *et al.* 2011). En tanto, el sitio Cerro de las Pajas Blancas 1 (Isla La Vencida, San Jerónimo, Santa Fe) se presenta como un relieve elevado, con una longitud de 179 metros de largo y una altura de casi 4 metros. Este también es considerado un sitio de actividades múltiples, con materiales asociados a la Entidad Arqueológica Goya Malabrigo. Además, se constató la presencia de grupos Guaraní poco antes de la llegada de los españoles a esta latitud (Torino *et al.* 2023).

Materiales y métodos

Con el objetivo de establecer un índice de abundancia de morfotipos en forma de cruz asignables a maíz (*Zea mays*), se realizaron los siguientes pasos: a) elaboración de material comparativo referente al contenido silíceo presente en las hojas procedentes de plantas de maíz de campo de cultivo actual, b) comparación de dicho contenido con los elementos biosilíceos hallados en niveles arqueológicos c) comparación adicional con muestras de suelo de campo de cultivo actual d) elaboración de un índice que permita estimar el volumen de peso seco que podría haber estado presente en un nivel específico de un sitio arqueológico e) utilización de este índice para determinar la posibilidad de identificar acumulaciones de elementos silíceos diagnósticos de maíz en el sedimento, con el fin de detectar áreas hortícolas en sitios situados en “cerritos” con una antigüedad máxima aproximada de 1500 años AP.

Procesamiento de muestras vegetales (Zea mays)

Para llevar a cabo este objetivo, se colectaron 10 hojas maduras completas de maíz (*Zea mays*) (1

hoja por individuo), procedentes de campos de cultivos actuales de la localidad de Diamante (Entre Ríos) a 2 km del Parque Nacional Pre-Delta hacia el sudeste (Figura 1), las cuales fueron herborizadas para su posterior procesamiento. Adicionalmente, se secaron hojas de dos individuos enteros de *Zea mays* (Individuo 1= 19 hojas, Individuo 2= 24 hojas) para calcular el volumen total de peso seco de las hojas de una planta completa, también obtenidas en la localidad de Diamante. Independientemente de si los maíces de esta región son híbridos o transgénicos, los caracteres vegetativos, como el número y tamaño de las hojas por planta, junto con otros aspectos no considerados en este trabajo, como el color amarillo del grano o semilla, y longitud de la mazorca, muestran correlación con el maíz “raza amarillo” de la región noreste de Argentina según la clasificación de Cámara Hernández *et al* (2012).

La extracción de fitolitos a partir de tejidos vegetales actuales se realizó mediante la aplicación de dos procedimientos comúnmente utilizados: la digestión química y la calcinación. La digestión química implica el uso de un agente oxidante que digiere los componentes orgánicos, permaneciendo los componentes inorgánicos, como los silicofitolitos. La calcinación, por su parte, consiste en la incineración de los tejidos vegetales, con el mismo propósito de eliminar el componente orgánico y preservar el inorgánico. En este caso, el material fue sometido a un tratamiento combinado que involucró la digestión química y un procesamiento a distintas temperaturas en la mufla para carbonizar y posteriormente calcinar el material (Labouriau 1983; Pearsall 1979).

El procesamiento se inició con el pre-tratamiento de los tejidos vegetales utilizando una solución al 2% de detergente para laboratorio. Después de agitar y dejar reposar la hoja vegetal en la solución durante la noche, se procedió a lavarla con abundante agua destilada utilizando

un tamiz. Posteriormente, la hoja limpia se transfirió a una caja de Petri y se secó en estufa a temperatura baja (no superior a 50°C). El material seco se pesó (Peso Seco inicial) y colocó en crisoles con tapa, donde se carbonizó en una mufla a 400°C durante dos horas. Cada muestra carbonizada se introdujo en vasos de precipitado de 250 ml, a los cuales se les agregó 100 ml de una solución de ácido clorhídrico al 50 %. Estos recipientes se llevaron a ebullición, agitando con frecuencia mediante una varilla de vidrio. Posteriormente, la muestra se filtró sobre papel de filtro analítico (libre de cenizas) y se lavó con agua destilada hasta la eliminación total de los residuos de ácido. Una vez seca, la muestra con su correspondiente papel de filtro se colocó en un crisol y se llevó nuevamente a la mufla para su calcinación a 800°C durante dos horas. Después de enfriarse, el remanente se transfirió a un tubo etiquetado, registrando el peso final obtenido (Peso Total ceniza).

Procesamiento de muestras edáficas y de sedimentos arqueológicos

Se recolectaron cinco muestras de sedimento en cada uno de los sitios arqueológicos: Los Tres Cerros 1 (LTC1) y Cerro de las Pajas Blancas 1 (CDLPB1). A su vez, se obtuvieron seis muestras superficiales (cinco cm de profundidad) de suelos a lo largo de una transecta en un campo de cultivo actual, en el cual al menos se han realizado ocho siembras y sus correspondientes cosechas de maíz sobre la ruta 11 en el trayecto hacia el Parque Nacional Pre-Delta (Diamante, Entre Ríos).

La extracción de la fracción fitolítica a partir de estas muestras se realizó siguiendo el protocolo propuesto por Zucol y colaboradores (2010) y Zurro (2010). Este procedimiento consiste en las siguientes etapas: una alícuota inicial de muestra se sometió a un tratamiento preliminar con peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 33 % (100 volúmenes) y ácido clorhídrico diluido al 10 %, para eliminar sales solubles, carbonatos,

barnices, cementos y materia orgánica; mediante una separación granométrica por tamizado y sifonado se separó la fracción de tamaño 4 - 53 micrones obteniéndose así, para cada muestra la Fracción Insoluble al Ácido (FIA) la cual, una vez seca se pesó (Peso FIA inicial). Posteriormente, una subalícuota de peso conocido de esta fracción se sometió a una separación densimétrica utilizando politungstato de sodio con densidad ajustada a 2,345 gr/cm³ para extracción final de la fracción fitolítica, cuyo peso fue registrado (Peso total fracción fitolítica).

Análisis microscópicos

Tanto las cenizas resultantes de la calcinación del material vegetal (*Zea mays*) como la fracción fitolítica extraída del material sedimentario fueron montadas en preparados microscópicos utilizando aceite de inmersión. Posteriormente, se registró el peso de la fracción depositada en el portaobjeto (Peso ceniza en preparado microscópico) que, en este caso, fue de aproximadamente 0,004 gr en todos los preparados.

En las muestras actuales (hojas y suelo), se realizó un recuento del número de morfotipos en forma de cruz asignables a maíz (*Zea mays*), detallando sus características y medidas diagnósticas por gramo de material seco. Para cuantificar los morfotipos diagnósticos, se utilizó un microscopio modelo Arcano Trinocular XSZ100 con su cámara acoplada Arcano modelo 5.0. Cada preparación se escaneó sistemáticamente de extremo a extremo, utilizando un aumento total de 400x. Los microrrestos fueron fotografiados y referenciados para su posterior conteo.

En las muestras procedentes de ambos sitios arqueológicos, se aplicó el análisis de la función discriminante (Pearsall 1978, 2006), para identificar la presencia de fitolitos en forma de cruz asignables a maíz (*Zea mays*).

Recuento y cálculo del Índice relativo de abundancia de cruces Zm (*Zea mays*)

Se contabilizó un mínimo de 20 cruces diagnósticas de maíz (cruces Zm) por preparado para la aplicación de la función discriminante. En los casos donde no se alcanzó este mínimo, se aplicaron las mediciones y características propias de las cruces variante 1 (Piperno 2006). En todos los casos, se relevó el preparado completo.

A partir del recuento de cruces Zm en cada preparado y conociendo el Peso total de ceniza o fracción fitolítica, se realizó el cálculo del número total de cruces (Zm) en cenizas o fracción fitolítica mediante la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de cruces Zm en total de cenizas o fracción fitolítica} = \frac{N^{\circ} \text{ de cruces Zm en preparado} \times \text{Peso total de ceniza o fracción fitolítica}}{\text{Peso ceniza en preparado microscópico}}$$

Finalmente, se calculó el ratio cruces Zm : gr muestra de la siguiente manera:

$$\text{Ratio cruces Zm : gr muestra (vegetal)} = \frac{N^{\circ} \text{ de cruces Zm en total de cenizas}}{\text{Peso seco inicial}}$$

$$\text{Ratio cruces Zm : gr muestra (sedimento)} = \frac{N^{\circ} \text{ de cruces Zm en total de fracción fitolítica}}{\text{Peso FIA inicial}}$$

Resultados

Se analizaron sistemáticamente la totalidad de las muestras procesadas, proporcionando los siguientes resultados: En las 10 hojas de maíz (*Zea mays*) actual analizadas, se identificó un promedio de 32 morfotipos en forma de cruz diagnósticas de la especie por preparado, con un promedio total de 8482 en el conjunto de las cenizas obtenidas (Figura 2a). Este dato permite establecer un ratio promedio de cruces Zm: gr muestra de 472 en la hoja actual (Tabla 1). La construcción de este índice se fundamenta en la consideración del total de cruces por muestra, su promedio y el peso seco inicial.

En otras palabras, el promedio en las 10 hojas actuales indica 32 cruces asignables a maíz (*Zea mays*) por preparado. Al dividir el número total de cruces por el peso seco inicial, da como resultado el número de cruces por gramo de muestra.

$$N^{\circ} \text{ cruces Zm : gr muestra (vegetal)} = \frac{N^{\circ} \text{ de cruces Zm en total de cenizas}}{\text{Peso seco inicial (gr)}}$$

En los sedimentos analizados del campo de cultivo actual, se hallaron un promedio de ocho cruces (Figura 2d), asignables a maíz (*Zea mays*) en el total de la fracción fitolítica se estimó en 828, lo que equivale a un Ratio cruces Zm : gr muestra promedio de 134 (Tabla 1).

Respecto al recuento de cruces Zm en muestras arqueológicas (Figura 2b y Figura 2c), se observa en la Tabla 2 que, aunque el promedio del número de cruces Zm por preparado es similar para ambos sitios (53 para LTC1 y 57 para CDLPB1), al relacionar estas cantidades con peso total de fracción fitolítica y al peso FIA inicial, el Ratio cruces Zm: gr muestra revela diferencias significativas entre los dos sitios (517 para LTC1 y 283 para CDLPB1).

Es importante señalar que en el caso de la hoja de maíz (*Zea mays*) actual, el cálculo de las cruces se realiza por gramo de peso seco, que corresponde a la ceniza resultante del procesamiento químico. Esta distinción representa una limitación metodológica a tener en cuenta, ya que, al comparar ambos grupos de muestras, no se está comparando exactamente el mismo producto. Por lo tanto, la propuesta es utilizar un índice de estimación, el cual no implica una correspondencia directa y se interpreta como un cálculo aproximado.

Muestras de hojas de <i>Zea mays</i> (Zm) actual						
Muestra	Peso seco inicial (gr)	Peso total ceniza (gr)	Peso ceniza en prep. micr. (gr)	Nº cruces Zm en prep. micr.	Nº cruces Zm en total cenizas	Nº cruces Zm por gr de muestra
1	21.089	1.201	0.004	49	14716	698
2	20.411	1.088	0.004	19	5166	253
3	21.191	1.017	0.004	45	11438	540
4	15.141	1.013	0.004	2	506	33
5	15.691	1.105	0.004	22	6078	387
6	17.522	1.300	0.004	39	12673	723
7	15.255	1.195	0.004	15	4482	294
8	14.491	1.228	0.004	63	19347	1335
9	24.031	0.359	0.004	56	5027	209
10	22.169	2.153	0.004	10	5383	243
Promedio				32	8482	472
Desvío estándar				21.0	5784.5	374.8
Muestras de suelo bajo cultivo actual						
Muestra	Peso F.I.A. inicial (gr)	Peso total fracción liviana (gr)	Peso fitolitos en prep. micr. (gr)	Nº cruces Zm en prep. micr.	Nº cruces Zm en total fracción liviana	Nº cruces Zm por gr de muestra
1	6,2002	0,3480	0.004	15	1305	210
2	6,2758	0,4790	0.004	13	1557	248
3	6,1839	0,3320	0.004	7	581	94
4	6,1515	0,4235	0.004	6	635	103
5	5,8901	0,4534	0.004	5	567	96
6	6,0860	0,3256	0.004	4	326	54
Promedio				8	828	134
Desvío estándar				4,5	485,2	76,6

Tabla 1. Recuentos de cruces (Cruces Zm) asignables a maíz (*Zea mays*) en hojas de individuos actuales y suelo actual.

Sitio	Muestra	Peso F.I.A. inicial (gr)	Peso total fracción liviana (gr)	Peso fitolitos en prep. micr. (gr)	Nº Cruces Zm en prep.micr.	Nº Cruces Zm en total fracción liviana	Nº Cruces Zm por gr de muestra
LTC1	2670	7,9242	0,1769	0.004	26	1150	145
	2650	6,1099	0,2637	0.004	87	5736	939
	2645	5,9202	0,2473	0.004	51	3153	533
	2643	5,4287	0,2311	0.004	50	2889	532
	2641	5,7920	0,2066	0.004	49	2531	437
	Promedio				53	3092	517
	Desvío estándar				21,9	1667,4	284,2
CDLPB	4639	14,1474	0,3753	0.004	32	3002	212
	4638	15,5757	0,5374	0.004	50	6717	431
	4636	15,7307	0,2898	0.004	51	3696	235
	4633	16,5466	0,3005	0.004	87	6537	395
	4629	12,8632	0,1118	0.004	66	1844	143
	Promedio				57	4359	283
	Desvío estándar				20,6	2174,2	123,8

Tabla 2. Recuentos de las cruces (Cruces Zm) asignables a maíz (*Zea mays*) en las muestras arqueológicas.

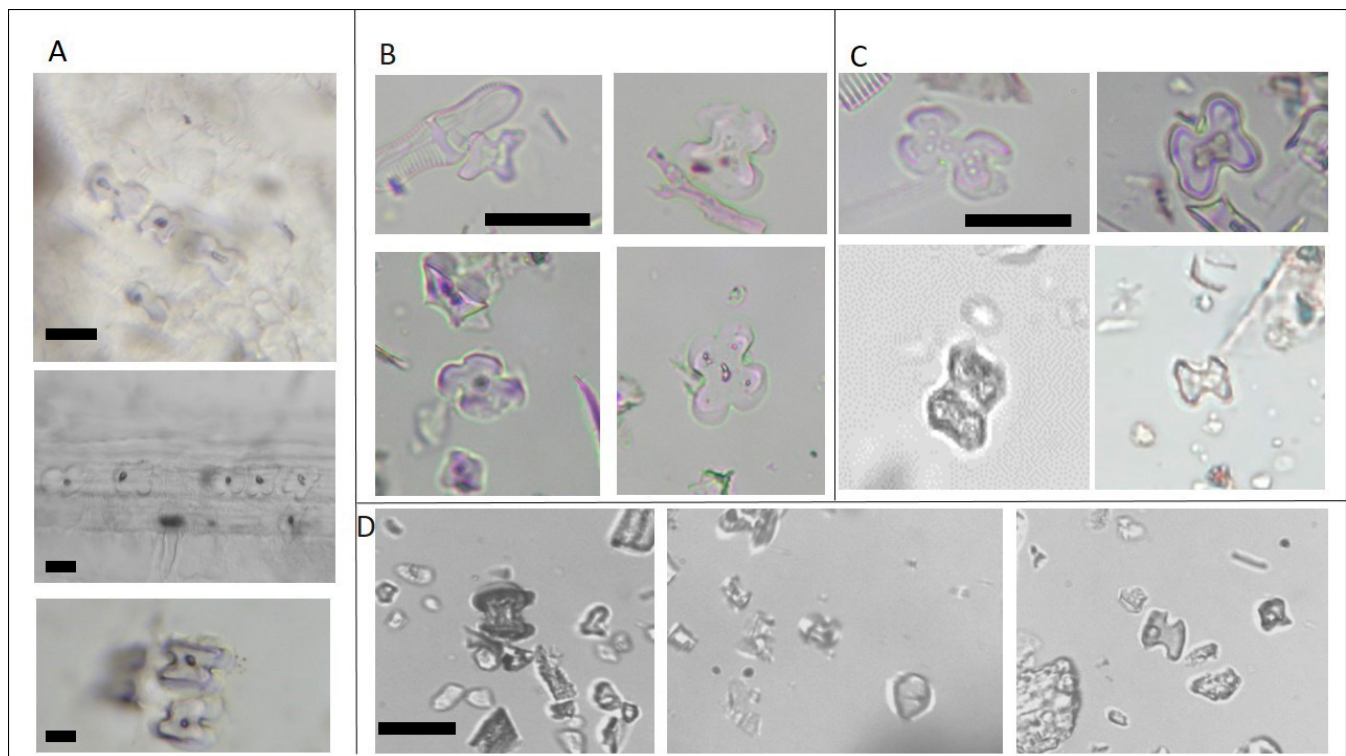


Figura 2. Diferentes formas de cruces halladas en las muestras estudiadas. a) Maíz actual; b) Sedimento del sitio LTC1; c) Sedimento del sitio CDLPB1; d) Sedimento del campo de cultivo actual. Escala: 20 μ m.

Según datos de la bibliografía consultada, se establece que, en promedio, las hojas de una planta de maíz (*Zea mays*) actual pesan 11,65 gramos en peso seco (Publicación Incap/MEP-ONU. Roma 1993). No obstante, en nuestros estudios, se observó una relativa variabilidad en los pesos de las hojas, oscilando entre 26,5 y 17,6 gramos, lo cual puede atribuirse al tamaño variable de las plantas. El estudio morfométrico de los maíces por región en Argentina realizado por Cámara Hernández y colaboradores (2012), indica que los maíces del noreste tienden a tener un mayor tamaño, en parte debido a factores ambientales. Atribuimos a este patrón morfométrico los datos obtenidos sobre el peso seco de las hojas de maíz analizadas en este estudio. En la región, es común el uso de tres variedades de maíces modificados para la producción: el maíz Bt, que produce un insecticida; el maíz tolerante a los herbicidas;

y un tercer tipo que combina ambos efectos (Szwarc 2019). Sin embargo, no hemos encontrado evidencia que demuestre que estas modificaciones tengan efecto directo en la morfología celular y/o estructural de la hoja. Por lo tanto, nuestro análisis de las hojas es válido para cualquier raza o variedad de maíz.

En las dos plantas actuales relevadas, los pesos de sus hojas secas fueron de 26,5 gramos, equivalente a 12508 cruces de sílice diagnósticas en una planta, y de 17,6 gramos en la otra, lo que se traduce en 8307 cruces diagnósticas según el índice establecido. Considerando el promedio, se obtiene un total de 10408 cruces diagnósticas por planta entera. Es decir, si extrapolamos estos números al sedimento arqueológico, podemos estimar que, en promedio, en las cinco muestras analizadas por sitio se representa aproximadamente el 29,7 % de la planta entera en LTC1 y el 41,88 % en CDLPB1. Mientras que, en los sedimentos del campo de cultivo actual, este porcentaje promedio representa el 7,95 % de una planta entera actual.

Discusión

En las estructuras monticulares construidas y habitadas en las Tierras Bajas Sudamericanas, se desarrollaron estrategias de economía mixta. Este modo de vida implicaba un complejo mecanismo de adquisición de recursos para sostener poblaciones equilibradas nutricionalmente y con alimentos suficientes durante todo el año. Esto suponía un complemento entre actividades como caza, recolección, pesca y horticultura (Ahedo *et al.* 2021).

Este modelo, sustentado por evidencia etnohistórica y arqueobotánica, contextualiza la producción de vegetales a pequeña escala, tal como se observa en casos propuestos para los cultivos en humedales de Argentina, Brasil y Uruguay (Colobig *et al.* 2019; del Puerto *et al.* 2016; Eremites y Milheira, 2020; García [1528] en Madero 1902). Basándonos en los datos conocidos y respaldados materialmente, especialmente mediante los fitolitos diagnósticos con morfologías afines a maíz (*Zea mays*), el índice de estimación desarrollado proporciona un parámetro para calcular el volumen aproximado de lo producido, considerando la sílice depositada en el sustrato.

Los sitios arqueológicos estudiados (LTC1 y CDLPB1) presentan niveles sedimentarios densamente poblados de cruces asignables a maíz (*Zea mays*), identificadas mediante la función discriminante, lo cual sugiere un manejo de este cultivo sobre las elevaciones, por lo menos desde hace 1200 años. La evidencia disponible permite estimar que la producción hortícola se realizaba a muy baja escala, con la siembra rotativa de varias especies, incluyendo calabaza (*Cucurbita* sp.) y maíz (*Zea mays*), como estrategia para preservar las propiedades del suelo (Colobig *et al.* 2019).

En el caso particular de LTC1, se observaron parámetros que se correlacionan con la actividad

de labranza de la tierra, tales como aumentos en los índices de materia orgánica, fluctuaciones en los niveles hídricos y alternancia con otro cultivo (Colobig *et al.* 2019). Mientras que en CDLPB1 se identificaron en los niveles cultivados incrementos en los indicadores de disponibilidad hídrica.

Si bien el porcentaje de cruces asignables a maíz (*Zea mays*) que permanece en el sustrato es relativamente bajo en ambos sitios arqueológicos, es importante considerar que el muestreo se limitó a cinco muestras por sitio. Al comparar este porcentaje con el remanente registrado en el suelo del campo de cultivo actual, se observa que las cruces no se depositan masivamente una vez que la planta es cosechada. Esto sugiere que, aunque el cultivo haya sido más o menos intensivo, la señal registrada a través del análisis de fitolitos de sílice es baja (Osterrieth *et al.* 2019; Piperno 2006).

Específicamente, el índice de estimación de cruces asignables a maíz (*Zea mays*) en los sitios arqueológicos indica porcentajes bajos de representatividad por muestra de una planta de maíz, oscilando entre el 30 % y el 40 %. En contraste, el remanente de cruces asignables a maíz en el suelo de cultivo actual es significativamente inferior, aproximándose al 8 %.

Lo encontrado en el sedimento representa sólo una pequeña fracción del registro total, sesgado por la representatividad de los fitolitos procedentes de la hoja de la planta. Los elementos en forma de cruz son solo una parte de los fitolitos de la hoja y este sesgo se ve afectado por procesos postdepositacionales, la pedogénesis, la disponibilidad hídrica y el pastoreo, que pueden interferir en la integridad del registro (Katz *et al.* 2015; Piperno 1988). Además, es importante considerar las limitaciones inherentes al proceso de muestreo y procesamiento. En términos generales, los

fitolitos constituyen hasta un 10 % del peso seco total de la planta (Katz 2014; Trembath-Reichert *et al.* 2015), un porcentaje relativamente bajo cuando se busca identificar la presencia de sílice en sedimentos arqueológicos.

No obstante, esta metodología constituye una primera aproximación que plantea diferentes consideraciones y más preguntas que respuestas, basadas en las siguientes consideraciones: a) el registro de sílice recuperable es muy escaso, b) se evidencia una actividad hortícola a muy baja escala, lo que resulta en una baja señal, c) la limitación del muestreo sugiere la necesidad de ampliar la zona de estudio, ya que actualmente se basa en un perfil por sitio, y no todas las muestras (N= 5) de estos perfiles contenían cruces asignables a maíz (*Zea mays*). Además, es importante ampliar tanto las muestras de plantas actuales como de sedimentos, d) la evaluación cualitativa de los recuentos de los fitolitos en hojas de maíz actual, sugiere que las formas de cruz reproducidas en las células de la hoja de la planta de *Zea mays* constituyen, en general, un porcentaje bajo del registro, lo cual se traduce en un bajo porcentaje en el sustrato, en comparación con otras formas, e) las abundancias y concentraciones de sílice pueden variar al comparar muestras arqueológicas con plantas actuales, f) la labranza actual de la tierra incluye maquinaria agrícola, lo cual impacta en el sedimento de manera muy diferente a la labranza manual y g) el desvío estándar indica en todas las muestras que hay una amplia variabilidad, por lo cual es un elemento a considerar, aunque se aplica el promedio para obtener un parámetro general.

La baja representatividad de morfotipos silíceos en forma de cruz en el sustrato arqueológico también puede deberse a la limitada extensión del cultivo de maíz (*Zea mays*), ya que esta planta no ocupaba un papel central en la dieta y solo funcionaba como un complemento, tal como se sugiere para poblaciones que habitan territorios próximos a cursos de agua (Ahedo *et al.* 2021).

También es posible que su plantación estuviera asociada únicamente a propósitos rituales, tal como sugiere en otros grupos precolombinos de América (Echeverría y Muñoz 1988). Sin embargo, se observa baja presencia relativa de cruces asignables a *Zea mays*, en sedimentos provenientes del campo de cultivo actual, por lo cual el impacto de este indicador biosilíceo de acuerdo con lo registrado en este trabajo no parece ser contundente pero sí suficiente para analizar los procesos de manejo de plantas cultivadas.

Consideraciones Finales

La elaboración de un índice para estimar la abundancia relativa de fitolitos afines a maíz (*Zea mays*) en sedimentos arqueológicos constituye un primer avance en proceso de desarrollo. A medida que se acumula mayor información, este índice tiene el potencial de generar estimaciones cada vez más precisas y, en el futuro, podrá aplicarse a otros cultivos (o morfotipos asignables a plantas silvestres o cultivadas) y distintos contextos arqueológicos.

Este análisis permitió estimar la cantidad de elementos diagnósticos por gramo de peso seco, incrementando así la información s del nivel de ubicuidad del maíz (*Zea mays*) en los sitios arqueológicos. Además, proporciona una medida para calcular el volumen aproximado de su producción en estos yacimientos.

En síntesis, a futuro se pretende ampliar el número de hojas de plantas actuales analizadas. Se proyecta calcinar más plantas enteras con el objetivo de obtener datos precisos sobre su peso seco en plantaciones locales. Por su parte, también se propone realizar recuentos de las formas diagnósticas de maíz en relación al total de formas que aparecen en las hojas para estimar cuantitativamente su volumen. Además, se espera obtener muestras arqueológicas, no solo de perfiles sedimentarios, sino también de muestreos de planta y perfiles testigo para

poder conocer la distribución espacial de maíz (*Zea mays*) en los asentamientos.

Si bien se trata de un estudio preliminar, el aumento en el número de muestras (N) tanto actuales como arqueológicas, permitirá ajustar el índice y realizar estimaciones cada vez más precisas. Actualmente, nuestra investigación se basa en un conjunto limitado de muestras, lo cual, aunque suficiente para una primera aproximación, introduce ciertas limitaciones. Incrementar el número de muestras actuales permitirá obtener una representación más completa de la variabilidad de los morfotipos silíceos en maíz (*Zea mays*) en distintas condiciones ambientales y de cultivo. Esto mejorará nuestra comprensión de cómo estos morfotipos se preservan y aparecen en diferentes contextos y ayudará a afinar los

Agradecimientos: Este trabajo se enmarca en los siguientes proyectos: PICTO 2023- 69. “Estudio de las variaciones paleoambientales y su relación con las poblaciones humanas en las terrazas altas del río Paraná de la provincia de Entre Ríos durante el Holoceno”, investigadora responsable Dra. María de los Milagros Colobig; PIDAC 133- 20 UADER, “Abordajes multidisciplinares para el estudio de las ocupaciones arqueológicas en las Cuencas de los ríos Uruguay y Paraná (pcia. de Entre Ríos)”, dirigido por la Dra. María de los Milagros Colobig y co-dirigido por el Dr. Rodrigo

Notas

¹ La entidad arqueológica Goya-Malabrigo (González 1977) es una de las unidades de análisis más estables y consensuadas en el ámbito de la arqueología del Nordeste argentino (NEA). Deriva su nombre de la unión de dos

Bibliografía citada

Ahedo, V., D. Zurro, J. Caro y J. M. Galán 2021 Let's go fishing: A quantitative analysis of

criterios de identificación y cuantificación. De manera similar, aumentar el número de muestras arqueológicas permitirá validar y calibrar el índice en contextos más diversos. Al abarcar una mayor variedad de sitios y períodos, podremos evaluar la consistencia del índice y ajustar los modelos para tener en cuenta factores adicionales que podrían afectar la presencia y abundancia de morfotipos silíceos en los restos arqueológicos. En resumen, un mayor número de muestras contribuirá a construir una base de datos más sólida, lo que permitirá ajustar y refinar el índice propuesto. Esto resultará en estimaciones más precisas de la abundancia de maíz en sitios arqueológicos, facilitando una comprensión más detallada de las prácticas agrícolas y la subsistencia de las sociedades pasadas.

Costa Angrizani, PICT 2021-11960060, “Estudio arqueológico de las dinámicas sociales y ambientales en las cuencas de los ríos Uruguay y Paraná (pcia. de Entre Ríos)”, investigadora responsable Dra. Clara Scabuzzo y PICT 2020-00252 “Arqueología del Delta Superior del río Paraná: historia indígena y ecología histórica desde un abordaje multidisciplinario” dirigido por el Dr. Mariano Bonomo. Lxs autorxs desean agradecer a los/las revisores anónimos por sus valiosas sugerencias y contribuciones, que han mejorado significativamente la versión original del manuscrito.

localidades estudiadas en los inicios de la arqueología regional: Goya, en la provincia de Corrientes, y Malabrigo, en la provincia de Santa Fe. Un rasgo distintivo de esta entidad es la presencia de apéndices zoomorfos en la cerámica (Politis y Bonomo 2018; Serrano 1972).

subsistence choices with a special focus on mixed economies among small-scale societies. *PLoS one* 16(8): e0254539. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254539>

- Alexandre, A., M. Bouvet y L. Abbadie
2011 The role of savannas in the terrestrial Si cycle: a case-study from Lamto, Ivory Coast. *Global and Planetary Change* 78: 162-169. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.06.007>
- Arana, M., E. Natale, N. Ferretti, G. Romano, A. Oggero, G. Martínez, P. Posadas y J. Morrone
2021 Esquema biogeográfico de la República Argentina. *Opera Lilloana* 56: 13-238.
- Arroyo-Kálin, M.
2017 Las tierras antrópicas amazónicas: algo más que un puñado de tierra. *Las siete maravillas de la Amazonía precolombina* (ed. por S. Rostain y C. J. Betancourt), pp. 99-117.
- Babot, M. P., N. Oliszewski y A. Grau
2007 Análisis de caracteres macroscópicos y microscópicos de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae, Faboideae) silvestres y cultivados del noroeste argentino. Una aplicación en arqueobotánica. *Darwiniana* 45(2): 149-162.
- Ball, T., K. Chandler-Ezell, R. Dickau, N. Duncan, T. C. Hart, J. Iriarte, C. Lentifer, A. Logani, H. Lu, M. Madellak, D. Pearsall, D. Piperno, A. Rosen, L. Vrydaghs, A. Weisskopf y J. Zhang
2016 Phytoliths as a tool for investigations of agricultural origins and dispersals around the world. *Journal of Archaeological Science* 68: 32-45. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.08.010>
- Ball, T., J. Gardner y N. Anderson
1999 Identifying inflorescence phytoliths from selected species of wheat (*Triticum monococcum*, *T. dicoccon*, *T. dicoccoides*, and *T. aestivum*) and barley (*Hordeum vulgare* and *H. spontaneum*) (Gramineae). *American Journal of Botany* 86: 1615-1623. <https://doi.org/10.2307/2656798>
- Bonomo, M., M. Colobig, E. Passeggi, A. Zucol y M. Brea
2011a Multidisciplinary studies at Cerro Tapera Vázquez site, Pre-Delta National Park, Argentina: The archaeological, sedimentological and paleobotanical evidence. *Quaternary International* 245: 48-61. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.11.018>
- Bonomo, M., F. Aceituno, G. Politis y L. Pochettino
2011b Pre-Hispanic Horticulture in the Paraná Delta (Argentina): archaeological and historical evidence. *World Archaeology* 43(4): 557-579. <https://doi.org/10.1080/00438243.2011.624710>
- Bonomo, M. y G. Politis
2020 Mound building, social complexity and horticulture in the lower Paraná River. *Encyclopedia of Global Archaeology* (ed. por C. Smith), pp. 7420-7441.
- Bozarth, S.
1990 Diagnostic opal phytoliths from pods of selected varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *American Antiquity* 55: 98-104. <https://doi.org/10.2307/281495>
- Bozarth, S.
1993 Maize (*Zea mays*) Cob Phytoliths From A Central Kansas Great Bend Aspect Archaeological Site. *Plains Anthropologist* 43(166): 279-286. <https://doi.org/10.1080/2052546.1998.11931908>
- Bracco, R., J. Montaña, O. Nadal y F. Gancio
2000 Técnicas de construcción y estructuras monticulares, termiteros y cerritos: de lo analógico a lo estructural. *Arqueología de las tierras bajas* (ed. por A. Durán y R. Bracco), pp. 285-300.
- Brea, M., M. J. Franco, M. Bonomo y G. Politis
2013 Análisis antracológico preliminar del sitio arqueológico Los Tres Cerros 1 (Delta Superior del río Paraná), provincia de Entre Ríos. *Revista del Museo de La Plata* 13(87): 345-360.
- Burkart, R., N. Bárbaro, R. Sánchez y D. Gómez
1999 *Eco-regiones de la Argentina*. Administración

de Parques Nacionales (A.P.N.) y Programa Desarrollo Institucional Ambiental (PRODIA), Buenos Aires.

Cabanes, D., S. Weiner y R. Shahack-Gross
2011 Stability of phytoliths in the archaeological record: a dissolution study of modern and fossil phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 38(9): 2480-2490. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.05.020>

Cámara-Hernández J., A. M. Miente Alzogaray, R. Bellon y A. J. Galmarini
2012 *Razas de maíz nativas de la Argentina*. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Casas A., J. Caballero y S. Zarate
1997 Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica* 61: 31-47. <https://doi.org/10.17129/botsci.1537>

Castiñeira, C., E. Apolinaire, A. Blasi, G. Politis, M. Bonomo y F. Mari
2017 Pre-hispanic earthwork engineering variability in the upper delta of the Paraná River: a comparative study between Los Tres Cerros mounds (Entre Ríos province, Argentina). *Journal of Archaeological Science: Reports* 13: 322-332. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.04.002>

Colobig, M., R. S. Ramos, A. Tavarone, M. Fabra, A. Zucol y M. Brea
2023 Advances in Archaeobotany of central-eastern Argentina. Dynamics in the use of plants from the Early Holocene to colonial times, through the analysis of micro and macro plant remains. *Nature/s in construction: ethnobiology in the confluence of actors, territories and disciplines*. Editorial Springer. En prensa.

Colobig, M., A. Zucol y C. Silva
2018 Análisis de microrrestos de secuencias sedimentarias del sitio Laguna de los Gansos 1

y 2 (Delta superior del río Paraná, Argentina). *Arqueología de una Sociedad Indígena del Noreste Argentino Goya Malabrigo* (ed. por G. Politis y M. Bonomo), pp. 333-346. UNICEN.

Colobig, M. M., J. Iriarte y A. Zucol
2019 Evidencia de manejo de *Zea mays* durante el Holoceno tardío en el sitio Los Tres Cerros 1, Delta superior del río Paraná. *Libro de Resúmenes XX Congreso Nacional de Arqueología Argentina*: 110-111. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.

Colobig, M., A. Zucol, E. Passeggi, A. Azkarate, G. Cocco e I. Sánchez-Pinto
2023 La colonización española en Sudamérica: Estudio del primer asentamiento en la Cuenca del Plata mediante el registro de los microrrestos biosilíceos. *Latin American Antiquity* 34(4): 873-890. <https://doi.org/10.1017/laq.2022.81>

Cordova, C.
2013 C3 Poaceae and Restionaceae phytoliths as potential proxies for reconstructing winter rainfall in South Africa. *Quaternary International* 287: 121-140. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.04.022>

Cornelis, J. y B. Delvaux
2016 Soil processes drive the biological silicon feedback loop. *Functional Ecology* 30: 1298-1310. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12704>

Del Puerto, L.
2015 *Interrelaciones Humano-Ambientales Durante el Holoceno Tardío en el Este del Uruguay: Cambio Climático y Dinámica Cultural*. Tesis Doctoral Inédita, Universidad de la República, Montevideo.

Del Puerto, L., C. Ganotti y H. Inda
2016 Gestión del medio y producción de recursos en las tierras bajas del Noreste de Uruguay: análisis paleoetnobotánico del sitio Pago Lindo. *Cadernos do LEPAARQ* 13(25): 198-222.

- Denham, T., S. Haberle, C. Lentfer, R. Fullagar, J. Field, M. Therin, N. Porch, J. Echeverría y C. Muñoz
1988 *Maíz. Regalo de los Dioses*. Edición del Instituto Otavaleño de Antropología, Ecuador.
- Eremites de Oliveira, J. y R. Milheira
2020 Etnoarqueología de dois aterros guató no Pantanal: Dinâmica construtiva e história e lugares persistentes. *MANA* 26(3): 1-39. <https://doi.org/10.1590/1678-49442020v26n3a208>
- Gao, G., D. Jie, Y. Wang, L. Liu, H. Liu, D. Li, N. Li, J. Shi y C. Leng
2018 Do soil phytoliths accurately represent plant communities in a temperate region? A case study of Northeast China. *Vegetation History and Archaeobotany* 27: 753-765. <https://doi.org/10.1007/s00334-018-0670-2>
- Gianotti, C., L. Del Puerto, H. Inda e I. Capdepon
2013 Construir para producir. Pequeñas elevaciones en tierra para el cultivo de maíz en el sitio Cañada de los Caponcitos, Tacuarembó (Uruguay). *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano - Series Especiales* 1(1): 12-25.
- Gianotti, C. y M. Bonomo
2013 De montículos a paisajes: procesos de transformación y construcción de paisajes en el sur de la cuenca del Plata. *Comechingonia. Revista de Arqueología* 17(2): 129-163.
- Gianotti, C.
2000 Monumentalidad, ceremonialismo y continuidad ritual. *Paisajes Culturales Sudamericanos* (coord. por C. Gianotti), pp. 87-102. TAPA 19 - Laboratorio de Arqueología e Formas Culturais (USC), Santiago de Compostela.
- González, A. R.
1977 *Arte Precolombino de la Argentina. Introducción a su Historia Cultural*. Imprenta Coni, Buenos Aires.
- Guedes Milheira, R., J. Mazz y D. Bracco
2010 Mínuanos. Apuntes y notas para la historia y la arqueología del territorio Guenoa-Minúan (Indígenas de Uruguay, Argentina y Brasil). *Revista de Arqueología* 24(1): 130-134. <https://doi.org/10.24885/sab.v24i1.319>
- Harlan, J.
1992 *Crops and man*. American Society of Agronomy and Crop Science Society, Madison.
- Hart, T.
2016 Issues and directions in phytolith analysis. *Journal of Archaeological Science* 68: 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.03.001>
- Hather, J. y S. Mason
2002 Introduction: some issues in the archaeobotany of hunter-gatherers. *Hunter-gatherer archaeobotany: perspectives from the northern temperate zone* (ed. por S. Mason y J. Hather), pp 1-14. University College, Institute of Archaeology, London.
- Iriarte, J.
2003 Assessing the feasibility of identifying maize through the analysis of cross shaped size and three-dimensional morphology of phytoliths in the grasslands of southeastern South America. *Journal of Archaeological Science* 30: 1085-1094. [https://doi.org/10.1016/S0305-4403\(02\)00164-4](https://doi.org/10.1016/S0305-4403(02)00164-4)
- Iriarte, J., I. Holst, O. Marozzi, C. Listopad, E. Alonso, A. Rinderknecht y J. Montaña
2004 Evidence for cultivar adoption and emerging complexity during the mid-Holocene in the la Plata basin. *Nature* 432: 614-617.
- Katz, O.
2014 Beyond grasses: the potential benefits of studying silicon accumulation in non-grass species. *Frontiers in Plant Science* 5: 376. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00376>

- Katz, S., L. Izmesteva, S. Hampton, T. Ozersky, K. Shchapov, M. Moore, S. Shimaraeva y E. Silow
2015 The "Melosira years" of Lake Baikal: Winter environmental conditions at ice onset predict under-ice algal blooms in spring. *Limnology and Oceanography* 60: 1950-1964. <https://doi.org/10.1002/lno.10143>
- Kaufman, P., W. Bigelow, L. Petering y F. Drogosz
1969 Silica in developing epidermal cells of Avena Internodes: Electron Microprobe Analysis. *Science* 166(3908): 1015-1017. <https://doi.org/10.1126/science.166.3908.1015>
- Korstanje, A.
2013 Producción y consume agrícola en el Valle del Bolsón (1992-2005). *Arqueología de la agricultura. Casos de estudio en la Región Andina Argentina* (ed. por A. Korstanje y M. Quesada), pp. 48-75. Ediciones Magna, San Miguel de Tucumán.
- Kumar, S., M. Soukup y R. Elbaum
2017 Silicification in grasses: variation between different cell types. *Frontiers in Plant Science* 8: 438. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00438>
- Labouriau, L.
1983 Phytolith work in Brazil: a mini review. *Phytolitharien Newsletter* 2: 6-10.
- Lafone Quevedo, S.
1903 Apéndices. *Viaje de Ulrich Schmidel al Río de La Plata*, pp. 303-491. Cabaut, Buenos Aires.
- Lema, V.
2009 *Domesticación vegetal y grados de dependencia ser humano-planta en el desarrollo cultural pre-hispánico del noroeste argentino*. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Lema, V.
2010 Procesos de domesticación vegetal en el pasado prehispánico del Noroeste argentino: estudio de las prácticas más allá de los orígenes. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXXV: 121-142.
- Lema, V., A. Capparelli y L. Pochettino
2008 Taxonomic identification of Cucurbita species through seed coat micromorphology: implications for dry and carbonized archaeobotanical remains. *Vegetation History and Archaeobotany* 17(1): 277-286.
- Madella, M., M. Jones, P. Echlin, A. Powers-Jones y M. Moore
2009 Plant water availability and analytical microscopy of phytoliths: implications for ancient irrigation in arid zones. *Quaternary International* 193: 32-40.
- Medina, M. y S. Pastor
2006 Chacras dispersas. Una aproximación etnográfica y arqueológica al estudio de la agricultura prehispánica en la región serrana de Córdoba (Argentina). *Comechingonia* 9: 103-121.
- Milheira, R., J. De Souza y J. Iriarte
2019 Water, movement and landscape ordering: A GIS-based analysis for understanding the mobility system of late Holocene mound-builders in southern Brazil. *Journal of Archaeological Science* 111: 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.105014>
- Mindzie, C., H. Doutrelepont, L. Vrydaghs, R. Swennen, H. Beeckman y P. De Maret
2001 First archaeological evidence of banana cultivation in Central Africa during the third millennium before present. *Vegetation History and Archaeobotany* 10: 1-6.
- Moraes, C. y E. Neves
2012 O Ano 1000: adensamento populacional, interação e conflito na Amazônia Central. *Amazônica* 4(1): 122-148. <https://doi.org/10.18542/amazonica.v4i1.884>

- Opalinska, B. y S. Cowling
2015 Modelling the movement of biogenic silica from terrestrial vegetation to riverine systems within the continental USA. *Ecological Modelling* 312: 104-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.05.012>
- Osterrieth, M., L. Frayssinet, L. Benvenuto, R. Donna, M. Paolicchi, C. Frayssinet, N. Borrelli, M. Fernández Honaine y E. Morel
2019 Sílice amorfa y biogeoquímica del silicio en secuencias pedosedimentarias del sudeste bonaerense. V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie. 12-14 de Junio, La Plata.
- Páez, M., M. Giovannetti y R. Raffino
2012 Las Pailas. Nuevos aportes para la comprensión de la agricultura prehispánica en el Valle Calchaquí Norte. *Revista Española de Antropología Americana* 42: 339-357. Madrid.
- Pastor S. y L. López
2013 Consideraciones sobre la agricultura prehispánica en el sector central de las sierras de Córdoba (Argentina). *Arqueología de la agricultura. Casos de estudio en la Región Andina Argentina* (ed. por A. Korstanje y M. Quesada), pp. 208-233. Ediciones Magna, San Miguel de Tucumán.
- Pastor, S. y A. Gil
2014 Procesos de domesticación y dispersión de la agricultura en el sur de Sudamérica. *Revista Española de Antropología Americana* 44(2): 453-464.
- Pearsall, D.
1978 Phytolith Analysis of Archeological Soils: Evidence for Maize Cultivation in Formative Ecuador. *Science* 199: 177-178. <https://doi.org/10.1126/science.199.4325.177>
1979 *The Application of Ethnobotanical Techniques to the Problem of Subsistence in the Ecuadorian Formative*. Ph.D. Dissertation, University of Illinois, Ann Arbor.
- Pérez, A. y G. Erra
2010 Identificación de maíz de vasijas recuperadas de la Patagonia noroccidental argentina. *Magallania* 39(2): 309-316.
- Piperno, D.
1988 *Phytolith Analysis: An Archaeological and Geological Perspective*. Academic Press, San Diego.
1994 Phytolith and charcoal evidence for prehistoric slash and burn agriculture in the Darien rain forest of Panama. *The Holocene* 4: 321-325. <https://doi.org/10.1177/0959683694004003>
2006 *Phytoliths. A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleocologists*. Alta Mira Press, Lanham - New York - Toronto - Oxford:
- Piperno, D. y J. Jones
2003 Paleoeological and archaeological implications of a late Pleistocene/early Holocene record of vegetation and climate from the Pacific coastal plain of Panama. *Quaternary Research* 59: 79-87. [https://doi.org/10.1016/S0033-5894\(02\)00021-2](https://doi.org/10.1016/S0033-5894(02)00021-2)
- Piperno, D. y K. Stothert
2003 Phytolith evidence for early Holocene Cucurbita domestication in Southwest Ecuador. *Science* 299: 1054-1057. <https://doi.org/10.1126/science.1080365>
- Politis, G., M. Bonomo, C. Castiñeira y A. Blasi
2011 Archaeology of the Upper Delta of the Paraná River (Argentina): Mound Construction and Anthropic Landscapes in the Los Tres Cerros locality. *Quaternary International* 245: 74-88. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.02.007>
- Politis, G. y M. Bonomo
2012 La entidad arqueológica Goya-Malabrigo (Ríos Paraná y Uruguay) y su filiación Arawak. *Revista de Arqueología* 25(1): 10-46.
- Politis, G. y M. Bonomo
2018 Estado actual y perspectivas de Goya-

Malabrigo, una sociedad indígena del noreste argentino. *Goya-Malabrigo: Arqueología de una sociedad indígena del Noreste argentino* (ed. por G. Politis y M. Bonomo), pp. 9-44. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires.

Quesada, M.

2013 Los límites de la autonomía doméstica en la agricultura de regadío. Antofalla y Tebenquiche Chico (s. III a XII d.C.). *Arqueología de la agricultura. Casos de estudio en la Región Andina Argentina* (ed. por A. Korstanje y M. Quesada), pp. 130-143. Ediciones Magna, San Miguel de Tucumán.

Ramos, R. S., C. Silva y M. Brea

2019 Análisis antracológico preliminar del sitio arqueológico Cerro Farall (Diamante, Entre Ríos). *Arqueología* 25(3): 59-85. <https://doi.org/10.34096/arqueologia.t25.n3.7324>

Ramos, R. S., M. Franco, M. Brea, M. Bonomo y G. Politis

2021 The use of wood during prehispanic times in the Upper Paraná Delta revealed through analysis of ancient charcoal. *Vegetarian History Archaeobotany* 30: 193-212.

Rossouw, L., D. Stynder y P. Haarhof

2009 Evidences for opal phytolith preservation in the Lange baanweg E Quarry Vars water formation in its potential for palaeohabitate reconstruction. *South African Journal of Science* 105: 223-227. <https://hdl.handle.net/10520/EJC96920>

Rudall, P., C. Prychid y T. Gregory

2014 Epidermal patterning and silica phytoliths in grasses: an evolutionary history. *The Botanical Review* 80: 59-71. <https://doi.org/10.1007/s12229-014-9133-3>

Sánchez, J., M. Colobig, A. Zucol, G. Politis, M. Bonomo y C. Castiñeira

2013 Primeros resultados sobre el uso

prehispanico de los vegetales en el sitio arqueológico Los Tres Cerros 1 (Victoria, Entre Ríos, Argentina): análisis del registro biosilíceo. *Darwiniana* 1(2): 201-219. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2013.12.541>

Sarra, S.

2021 *Historia entreverada. Los guaraní en Calilegua (Jujuy)*. Tiraxi Ediciones, San Salvador de Jujuy.

Serrano, A.

1972 Líneas fundamentales de la arqueología del litoral (una tentativa de periodización). *Revista del Instituto de Antropología XXXII*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.

Smith, B.

2007 Niche construction and the behavioural context of plant and animal domestication. *Evolutionary Anthropology* 16: 188-199. <https://doi.org/10.1002/evan.20135>

Strömberg, C., R. Dunn, R. Madden, M. Kohn y A. Carlini

2013 Decoupling the spread of grasslands from the evolution of grazer-type herbivores in South America. *Nature Communications* 4: 1478. <https://doi.org/10.1038/ncomms2508>

Szwarc, D.

2019 Maíz Bt: Manejo de la resistencia del "gusano cogollero". *Voces y Ecos* (41): 26-29.

Sutton, J., L. André, D. Cardinal, D. Conley, G. de Souza, J. Dean, J. Dodd, C. Ehlert, M. Ellwood, P. Frings, P. Grasse, K. Hendry, M. Leng, P. Michalopoulos, V. Panizzo y G. Swann

2018 A review of the stable isotope biogeochemistry of the global silicon cycle and its associated trace elements. *Frontiers in Earth Science* 5: 112. <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00112>

Torino, R., M. Loperfido, M. Alvarez, J. Rodríguez, R. Bidegain, C. Scabuzzo, R. Costa Angrizani y M. Bonomo

2023 New evidence to discuss Guaraní occupations in the lower Parana River. The case of Cerro de las Pajas Blancas 1 archaeological site (Santa FE, Argentina). *Journal of Archaeological Science. Reports* 47: 103770. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103770>

Trembath-Reichert, E., J. Wilson, S. McGlynn y W. Fischer

2015 Four hundred million years of silica biomineralization in land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112: 5449-5454. <https://doi.org/10.1073/pnas.150028911>

Von Baeyer, E.

2010 The development and history of horticulture. *World Environmental History*. UNESCO - Encyclopedia of Life Support Systems, United Kingdom.

Wen C., H. Lu, X. Zuo e Y. Ge

2018 Advance of research on modern soil phytolith. *Science China Earth Science* 61: 1169-1182.

Winsborough, B.

2003 Origins of agriculture at Kuk Swamp in the highlands of New Guinea. *Science* 301(5630): 189-193. <https://doi.org/10.1126/science.1085255>

Wurschmith A. y A. Korstanje

1998-1999 Maíz en la Cocina: Evidencias de fitolitos en sitios arqueológicos del NO argentino. *Cuadernos del instituto de Antropología y Pensamiento Latinoamericano* 18.

Zucol, A., E. Passeggi, M. Brea, N. Patterer, G. Fernández Pepi y M. Colobig

2010 Phytolith analysis for the potrok aike lake drilling project: Sample treatment protocols for the pasado microfossil manual. *1º Reunión Internodal del Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral y 1er Workshop Argentino del Proyecto Potrok Aike Maar Lake Sediment Archive Drilling Project* (ed. por H. Corbella y N. Maidana), pp. 81-84. Proyecto Editorial PIPA, Buenos Aires.

Zuo, X., H. Lu, L. Jiang, J. Zhang, X. Yang, X. Huan, K. He, C. Wang y N. Wu

2017 Dating rice remains through phytolith carbon-14 study reveals domestication at the beginning of the Holocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114: 6486-6491. <https://doi.org/10.1073/pnas.170430411>

Zurro, D.

2010 *Ni carne ni pescado (consumo de recursos vegetales en la Prehistoria)*. Análisis de la variabilidad de los conjuntos fitolitológicos en contextos cazadores recolectores. Tesis doctoral, Departamento de Prehistoria, Universidad Autónoma de Barcelona. <https://ddd.uab.cat/record/99195>