

## Análisis comparativo entre dos pautas metodológicas para la extracción de fitolitos en metates de la Sierra Nevada de Santa Marta

### Comparative analysis between two methodological guidelines for the extraction of phytoliths from metates of the Sierra Nevada de Santa Marta

Roberto Sandoval Carabali\* 

**Resumen:** El presente escrito tiene como principal objetivo mostrar los resultados de la contrastación de dos pautas metodológicas utilizadas para la extracción y análisis de fitolitos en materiales de molienda (Metates) procedentes de la Sierra Nevada de Santa Marta; para observar mediante porcentajes como los de extracción, degradación, fragmentación e índices de pureza, cuál de las pautas permitía una menor pérdida de información y, por ende, una mejor extracción e interpretación de los procesos de molienda efectuados en estos artefactos. Los análisis se realizaron sobre dos metates encontrados en la terraza 2 del sitio arqueológico 15, ubicado a 074°03'44.6" W y 10°59'13.2" N, en la microcuenca de la quebrada el Congo, Sierra Nevada de Santa Marta. Los resultados del estudio comparativo situaron a la primera metodología, la cual implementó las pautas y reactivos utilizados en la extracción de fitolitos en sustratos, sobre la segunda que no empleó ningún reactivo. Además, las caracterizaciones permitieron la identificación de múltiples especies vegetales, entre las que se encuentran algunas reportadas por la etnohistoria y la arqueología como el *Zea mays*, y *Manihot esculenta*, que permite inferir que estos utensilios fueron usados para el procesamiento de múltiples especies, lo que permite que este estudio sea entendido como una primera aproximación puntual, teórica y metodológica a las dinámicas de procesamiento de los antiguos pobladores que habitaron la terraza 2 del sitio arqueológico 15 de la microcuenca el Congo, Sierra Nevada de Santa Marta.

**Palabras clave:** análisis comparativo; fitolitos; Utensilio de molienda; Sierra Nevada de Santa Marta.

Reporte de caso

**Cómo citar este artículo:** Sandoval, R. (2023). Análisis comparativo entre dos pautas metodológicas para la extracción de fitolitos en metates de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Jangwa Pana*, 22(3), 1-14. doi: <https://doi.org/10.21676/16574923.4865>

**Recibido:** 05/10/2022 | **Aceptado:** 09/10/2023 | **Disponible en línea:** 11/10/2023

**Abstract:** The main objective of this paper is to show the results of the comparison of two methodological guidelines used for the extraction and analysis of phytoliths in grinding materials (metates) from the Sierra Nevada de Santa Marta; to observe, using percentages such as extraction, degradation, fragmentation and purity indexes, which of the guidelines allowed a lower loss of information and therefore, a better extraction and interpretation of the grinding processes carried out in these artifacts. The analyses were carried out on two metates, found in terrace 2 of archaeological site 15, located at 074°03'44.6" W and 10°59'13.2" N, in the micro-watershed of the Congo stream, Sierra Nevada de Santa Marta. The results of the comparative study placed the first methodology, which implemented the guidelines and reagents used in the extraction of phytoliths in substrates, over the second, which did not use any reagents. In addition, the characterizations allowed the identification of multiple plant species, including some reported by ethnohistory and archaeology such as *Zea mays* and *Manihot esculenta*, which allows inferring that these tools were used for the processing of multiple species, which allows this study to be understood as a first theoretical and methodological approach to the processing dynamics of the ancient settlers who inhabited terrace 2 of archaeological site 15 of the Congo micro-watershed, Sierra Nevada de Santa Marta.

**Keywords:** comparative analysis; phytoliths; grinding utensils; Sierra Nevada of Santa Marta.

## Introducción

Los estudios arqueológicos en las últimas cuatro décadas se han interesado por entender dinámicas como la subsistencia y la relación que tuvo el ser humano con las plantas en épocas pretéritas (Piperno, 1985; Ariete, 1994; Piperno y Pearsall, 1998; Monsalve, 2000; Carnelli et al., 2001; Flórez y Parra, 2001; Zurro, 2006; Erra, 2010; Lancelotti, 2010; Posada, 2014; Del Puerto, 2015). Para ello han utilizado diferentes pautas metodológicas como los estudios de macro restos, polen, almidón, diatomeas, ácidos grasos y fitolitos (Piperno, 1985; Ariete, 1994; korstanje y Cuenya, 2008; Tassara y Osterrieth, 2008; Pochettino y Lema, 2008; Erra, 2010; Venegas y Salazar, 2019).

Dentro de las técnicas anteriormente enunciadas, el análisis de fitolitos ha tenido un auge en su implementación, debido a la caracterización de estos como una gran herramienta interpretativa del mundo vegetal (Posada, 2014). Al ser estas estructuras intracelulares formadas por carbonatos de calcio u oxalato de calcio, que se solidifican en el proceso de extracción efectuado por los estomas en la epidermis de las plantas, presentan una alta perdurabilidad y resistencia a la disolución al agua, a las altas y bajas temperaturas y niveles de Ph (Thorn, 2004; Borrelli et al., 2008; Pochettino y Lema, 2008; Erra, 2010; Madella y Lancelotti, 2012; Venegas y Salazar, 2019), lo cual hace que puedan conservarse en diferentes restos arqueológicos como: vasijas, moledores, morteros, metates y manos de moler (Babot, 2004; Tassara y Osterrieth 2008; Zucol y Bonomo, 2008), al igual que en restos dentales humanos (Zucol y Loponte, 2008; Ramirez et al., 2008) y sedimentos arqueológicos (Piperno y Pearsall, 1998; Zucol y Osterrieth, 2002; Brea et al., 2008; Korstanje y Cuenya, 2008; Del Puerto, 2015; Tapia, 2021).

Sin embargo, pese al potencial presentado por esta técnica, en algunas regiones de Colombia, como en el caso de la costa Caribe, son pocas las investigaciones arqueológicas en las cuales se ha utilizado el estudio de fitolitos para entender dinámicas como la subsistencia (Sandoval y Galindo, 2022). Aunado a lo anterior, está el hecho de que los trabajos que han indagado sobre la subsistencia para esta parte del país, como los de Dever (2007); Giraldo (2010); Giraldo (2018); y Rodríguez (2018), se han centrado en entender los patrones

agroalimenticios mediante la implementación del estudio de fitolitos en sustratos, lo que ha dejado un vacío en entender dinámicas como las efectuadas mediante las actividades de procesamiento por molienda y cocción, al no haber análisis efectuados en artefactos cerámicos y líticos.

Dicho vacío ha ocasionado que en el caso de los artefactos de molienda, estos sigan siendo vinculados directamente con el procesamiento de maíz y cereales, por la falta de datos arqueobotánicos (Dever, 2007; Giraldo 2010; Vargas et al., 2022), aun cuando en las últimas décadas investigaciones a lo largo de Latinoamérica, como las de Babot (2004); Capdepont et al. (2005); Tassara y Osterrieth (2008); Zucol y Bonomo (2008); Musaubach et al. (2010), han demostrado que la presencia de manos de moler, metates o morteros no indican solamente el procesamiento de maíz, puesto que estos son elementos que han sido utilizados también para la maceración de pigmentos naturales y plantas como las usadas para sazonar alimentos, además de las empleadas en posibles procesos curativos y ceremoniales.

Aunado a lo anterior, la falta de investigaciones en utensilios de molienda ha ocasionado que en esta región de Colombia no se tengan claras las pautas metodológicas a implementar para la correcta extracción de fitolitos en estos artefactos, ya que no se han contrastado trabajos como los de Babot (2004); Capdepont et al. (2005); Tassara y Osterrieth (2008); Zucol y Bonomo (2008); Musaubach et al. (2010); Portillo et al. (2014), para observar mediante los porcentajes de extracción, degradación, fragmentación e índices de pureza, cuáles son los pasos metodológicos que permiten la menor pérdida de información, la mejor extracción y visualización de estas estructuras.

Además, es importante tener en cuenta que múltiples investigadores han planteado que para una correcta extracción e interpretación de los fitolitos, las pautas metodológicas y los reactivos implementados por estas deben ser regulados según las características fisicoquímicas de las muestras para reducir al mínimo la degradación y pérdida de información causada por los procesos tafonómicos ocurridos por las disoluciones químicas utilizadas (Monsalve, 2000; Thorn, 2004; Zurro, 2006; Borrelli et al., 2008; Bertoldi de Pomar, 2013; Posada, 2014; Del puerto 2015; Tapia, 2021). Se hace visible aún más la importancia de una investigación que permita entender, según el tipo de material, cuál de las

metodologías propuestas hasta el momento permite una mejor extracción.

A partir de lo anteriormente expuesto surge la necesidad de presentar el siguiente estudio de caso, el cual tiene como objetivo principal mostrar los resultados de la contrastación de dos pautas metodológicas utilizadas para la extracción y análisis de fitolitos en materiales de molienda (Metates) procedentes de la Sierra Nevada de Santa Marta; para observar mediante los porcentajes de extracción, degradación, fragmentación e índices de pureza cuál de las pautas permitía una menor pérdida de información y, por ende, una mejor extracción e interpretación de los procesos de molienda efectuados en estos artefactos. Para ello, la investigación se suscribió al trabajo de campo realizado por el proyecto: *Arqueología de la microcuenca de la quebrada el Congo, Sierra Nevada de Santa Marta*; uno de sus objetivos era: Recuperar y evaluar utensilios arqueológicos como metates, que ofrecieran información sobre las dinámicas sociales, políticas y económicas de las comunidades prehispánicas que habitaron esta cuenca (Vargas et al., 2022).

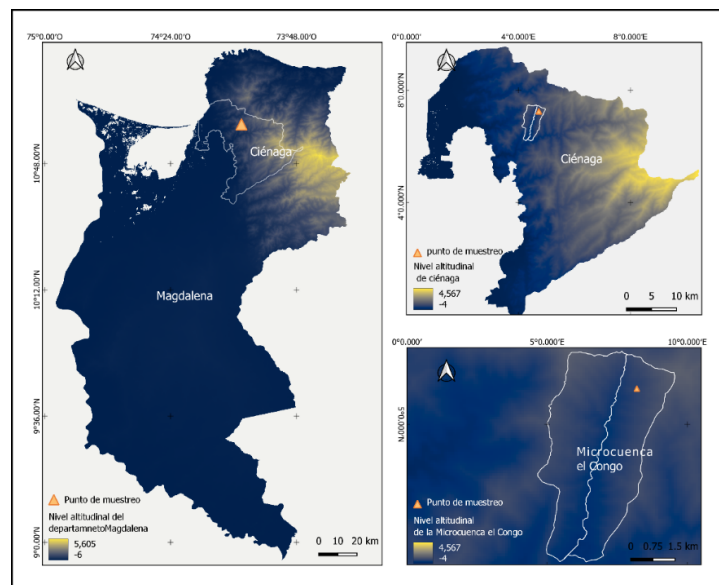
## Área de estudio

La microcuenca de la quebrada el Congo, se encuentra delimitada al noroeste con el Río Frío, al suroeste con el

cerro Águila y el filo de la Serranía la Secreta al oeste (Herrera et al., 1990), en lo que es conocido como la Sierra Nevada de Santa Marta, una cadena montañosa ubicada en el noroeste de Colombia, caracterizada como uno de los puntos más altos de la Cordillera de los Andes (Arenas, 2012). El reciente reconocimiento regional efectuado por Vargas et al. (2022), en la microcuenca de la quebrada el Congo, permitió mediante el hallazgo y la caracterización bajo un esquema jerárquico de tres categorías de sitios (sitios grandes mayores a 1 hectárea, medianos 1 hectárea a 0.5 y pequeños menores a 0.5 hectáreas), agrupar 498 aterrazamientos junto a los diversos utensilios que en estos se encontraban como metates, manos de moler y fragmentos cerámicos.

Partiendo de la caracterización preliminar realizada por Vargas et al. (2022), se realizó un muestreo aleatorio estratificado simple entre los sitios que reportaron presencia de materiales de molienda (metates), para la selección de la zona de donde se extraería la muestra. El muestreo dio como resultado la selección del sitio arqueológico 15, ubicado a 074°03'44.6" W y 10°59'13.2" N (figura 1), con una extensión de 0, 20 hectáreas, en donde se localizó en un filo con agudas pendientes 6 terrazas prehispánicas con muros en piedra de diferentes tamaños, los cuales estaban cubiertos por una vegetación de matorrales y maleza.

**Figura 1.**  
*Mapa del área de estudio*



*Nota.* La figura 1 muestra el mapa reclasificado altitudinal mente del departamento del Magdalena, el municipio de Ciénaga y la microcuenca de la quebrada El Congo (el triángulo señala la terraza donde se encontraron los metates utilizados para los análisis).

*Fuente:* Rober Sandoval

## Materiales y métodos

El análisis se realizó sobre dos de los tres utensilios de molienda (metates) encontrados en la terraza 2 del sitio arqueológico 15 (figura 2). Los metates fueron hallados boca abajo con la parte pasiva visible y la activa o de uso enterrada a unos 10 cm de profundidad. Para la extracción de la muestra, se siguieron los apartados metodológicos propuestos por: Babot (2004); Tassara y Osterrieth, (2008); Zucol y Bonomo (2008); Musaubach et

al. (2010), que consisten en: desenterramiento y limpieza en seco de la parte activa o de uso del utensilio de molienda, con un cepillo de cerda dura, raspado homogéneo de la parte activa y cepillado del área raspada con un cepillo de cerda suave, para acumular el material desprendido. El sustrato obtenido fue almacenado en bolsas plásticas ziploc, las cuales fueron previamente rotuladas bajo la nomenclatura M1A y M1B, indicando a qué metate correspondían las muestras; una vez en el laboratorio, las muestras se subdividieron para aplicar las metodologías de extracción (ver tabla 1).

### Figura 2.

*Imagen de los metates de los cuales se extrajeron las muestras para el análisis de fitolitos*



*Nota.* La figura 2 muestra los metates después de ser desenterrados. En el círculo rojo se observa un metate aun con la parte activa enterrada.

*Fuente:* Rober Sandoval

**Tabla 1.**  
*Subdivisión de las muestras en submuestras junto a su código de nomenclatura*

Códigos de muestras	Códigos de submuestras divididas
M1A	M1A
	M2A
M1B	M1B
	M2B

*Nota.* La tabla 1 señala cómo se subdividieron las muestras de los metates en el laboratorio.

*Fuente:* elaboración propia

Para la extracción de fitolitos en laboratorio, se implementaron dos pautas metodológicas. La primera se efectuó en las sub muestras M1A y M1B, y siguió los parámetros para la extracción de fitolitos en suelos propuestos por Zucol y Osterrieth (2002); Capdepon et al. (2005); Tassara y Osterrieth, (2008); Zucol y Bonomo (2008); Ortillo et al. (2014), los cuales consisten en: 1) tamizado de la muestra utilizando una malla de 1.18 mm, 2) toma de una alícuota de 5 gramos procedente del material tamizado, 3) eliminación de carbonatos mediante la aplicación de HCL al 20 %, 4) eliminación de la materia orgánica mediante oxidación utilizando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%, a baño maría, 5) neutralización de la muestra mediante lavados con agua destilada y desionizada, 6) flotación de los fitolitos con metatungstato de litio a una densidad específica (LMT 2,3 g/mL)<sup>1</sup>.

Por otro lado, el segundo método, el cual se realizó en las muestras M2A y M2B, se implementó atendiendo las sugerencias de autores que determinan que las metodologías para la extracción de estas estructuras se debe utilizar la menor cantidad de pasos y reactivos con el fin de evitar la disolución o fragmentación de los fitolitos (Posada, 2014); de este modo se implementó la técnica propuesta por Musaubach et al. (2010), que consiste en la observación directa sin pasos previos, únicamente sumergiendo las muestras en agua destilada y desionizada, para poder tomar una alícuota de cada una, la cual fue montada directamente en el

portaobjetos, utilizando únicamente aceite de inmersión para la visualización al microscopio.

Las cuatro muestras se observaron con un microscopio óptico marca Nikon X 100, de luz polarizada, utilizando el método de banda (barrido de toda la extensión de la muestra mediante el recorrido de los transectos horizontales y paralelos), planteado por Van der Plas (1962), contabilizando los fitolitos y otras biopartículas halladas hasta llegar a un total de 200 estructuras en cada una, o culminar el barrido de la laminilla. Para la clasificación e identificación de los fitolitos, se emplearon las clasificaciones morfológicas propuestas por Twiss et al. (1969); Piperno (1985); Zucol (1996); Flórez y Parra (2001); Zucol y Brea (2005); Bertoldi de Pomar (2013); Del Puerto (2015); Neumann et al. (2019).

Por otra parte, se tuvieron en cuenta los postulados de Monsalve (2000); Thorn (2004); Madella y Lancelotti (2012); Bertoldi de Pomar (2013); Posada (2014); Del puerto (2015), que plantean que los fitolitos deben ser observados desde su composición conjuntiva y no como individuos adversos. De este modo, Para la asociación de los morfotipos a un género, familia o especie, se utilizaron los sistemas de medidas bidimensionales y tridimensionales propuestos por Posada (2014); Del Puerto (2015); Neumann et al. (2019); de este modo, se tomaron las medidas de ancho, largo y radio de cada estructura con el sistema de medición de programa AmScope (ver figura 2). La información de las medidas de cada morfotipo fue contrastada con las reportadas en las diferentes colecciones de referencias como las del Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0, y Del Puerto (2015).

Por último, los resultados obtenidos fueron procesados en una hoja de cálculo del programa Excel y analizados en el programa Past 4.01, en el cual se realizaron los gráficos de abundancia. Para hacer el análisis comparativo de las metodologías, se contrastó el porcentaje de fitolitos obtenidos en cada método y se calculó el índice de pureza (*Ip*) e índice de fragmentación (*If*), para ello se utilizaron las ecuaciones propuestas por Tapia (2021)<sup>2</sup>

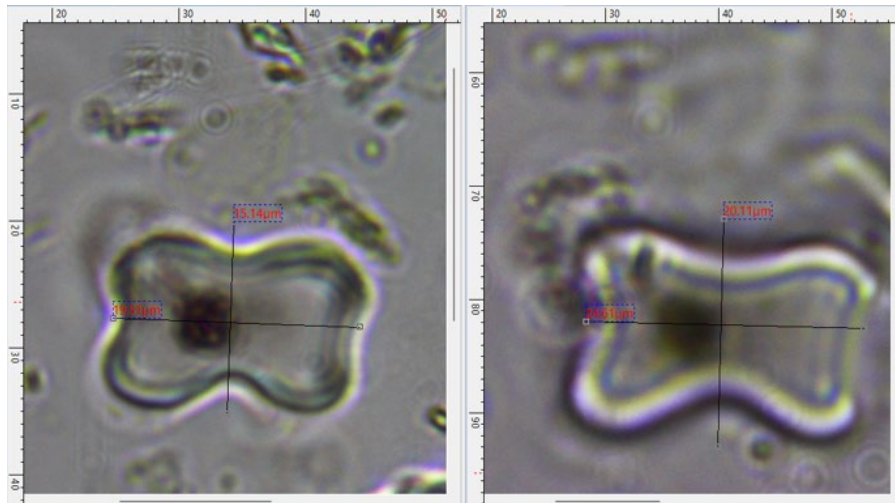
<sup>1</sup> En el paso 5 para la realización de los lavados separaron las fases utilizando centrifugación a 2500 rpm durante. 3 min, este proceso se realizó 3 veces.

<sup>2</sup> " $Ip = (\text{particulasc} - \text{fitolitosc} / \text{particulasc} \times 100)$ " (Tapia, 2021, p.35). Para definir *fitolitosc del cálculo del Ip*, se sumó la cantidad de

fitolitos completos observados en la implementación de cada pauta (se sumaron los fitolitos completos observados en la muestra M1A Y M2A, para la cantidad de fitolitos completos de la metodología 1, y de igual forma se hizo con las muestras M1B Y M2B). " $If = (\text{fitolitosc} - \text{fitolitosf} / \text{fitolitosc} \times 100)$ " (Tapia, 2021, p.35).

**Figura 3.**

*Imagen de aplicación de medida de ancho y largo con el sistema AmScope*



*Nota.* La figura 3 muestra el sistema de medición en cruz aplicado a dos fitolitos bilobados perteneciente a la familia poaceae, extraídos de la muestra M1A.

*Fuente:* Rober Sandoval

## Resultados

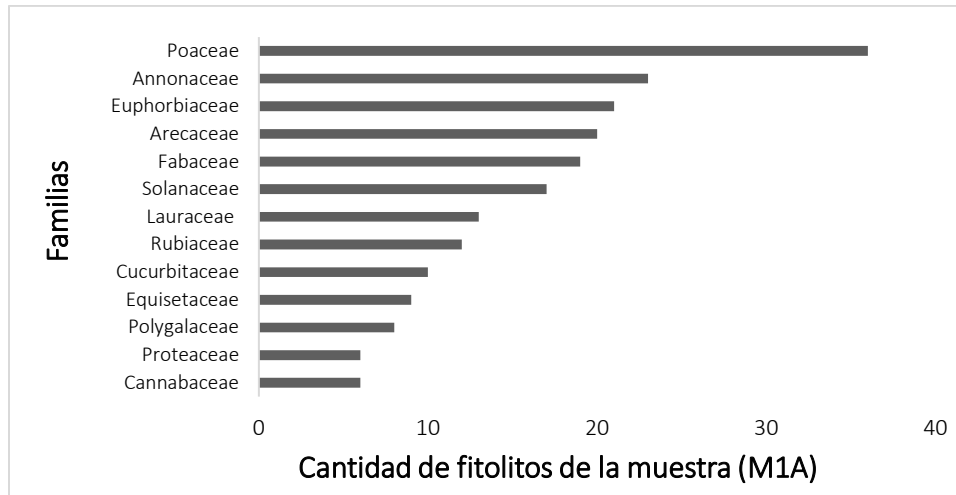
La implementación de la primera metodología realizada en las muestras M1A Y M1B dio como resultado un campo visual claro, con una baja presencia de impurezas, lo cual permitió encontrar 200 morfotipos en cada muestra (anexo 1); esto puede corroborarse con los resultados obtenidos por el cálculo de los índices de pureza o porcentaje de impurezas, que para estas muestras fue negativo (ver gráfico 3), lo cual señala una menor presencia de impurezas sobre fitolitos. Dentro de las estructuras observadas, se encontraron abundantes células largas, que señalan una correcta extracción, ya que, al tener una mayor cantidad de sílice por su tamaño, estas son propensas a la degradación y fragmentación por características físicas y químicas, por lo tanto, representan tipologías más débiles que tienden a desaparecer por malos procesos extractivos (Twiss et al., 1969; Borrelli et al., 2008; Lancelotti, 2010; Madella y Lancelotti, 2012).

No obstante, aunque la primera metodología permitió una mayor observación de estructuras, los resultados obtenidos en el cálculo del índice de fragmentación señalan que el tratamiento químico utilizado pudo ocasionar una posible degradación de algunas estructuras (ver gráfico 6). Los mayores porcentajes de estructuras afectadas se presentaron en los fitolitos agujados, en las

células largas y con forma de Abanico, de la familia Poaceae, en las globulolitas y poliédrico, de la familia Euphorbiaceae, en células largas de tejido de la familia Equisetaceae y en Células larga de la familia Solanaceae. Algunos autores como Monsalve (2000); Thorn (2004); Zurro (2006); Borrelli et al. (2008); Bertoldi de Pomar (2013); Posada (2014); Del puerto (2015); Tapia (2021) han planteado que la degradación puede darse por la implementación de altas concentraciones en los químicos utilizados para la extracción de fitolitos.

En el caso puntual de los morfotipos encontrados en la muestra M1A, la mayor concentración se dio en las estructuras de la familia Poaceae con células buliformes en forma de abanico, agujadas, cruciformes y bloques (asociados a la especie a *Zea Mays*). Además, se encontraron estructuras cuneiformes rugosas atribuidas a la especie *Reticulata*, células espinosas más o menos esféricas, asociadas a la especie *Manihot esculenta*, morfotipos subglobular equinado de la familia Arecaceae, bloques radiados de la familia Fabaceae, células largas atribuidas a la familia Solanaceae, y en menor proporción Prismatolitas, bloques facetados, células en forma de pelo, estructuras subglobulares facetadas, asociadas a las familias Lauraceae, Rubiaceae, Cucurbitaceae, Equisetaceae, Polygalaceae, Proteaceae y Cannabaceae (gráfico 1).

**Gráfico 1.**  
*Cantidad de fitolitos por familias de la muestra M1A*

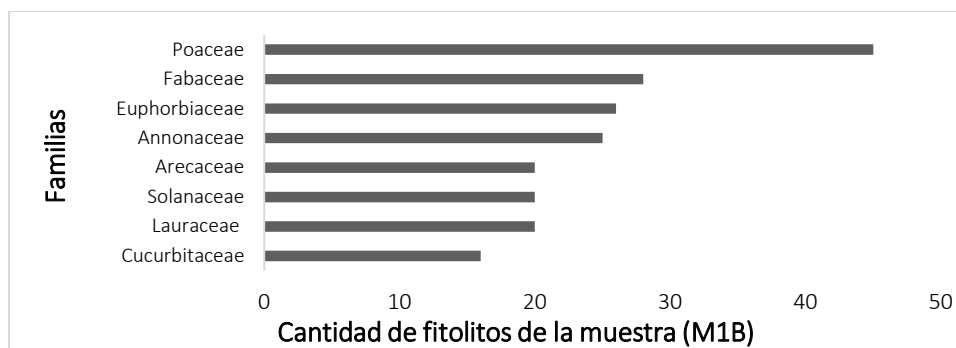


Fuente: elaboración propia

En la muestra M1B, la mayor concentración se dio de nuevo en las estructuras de la familia Poaceae con fitolitos agujadas y Bilobadas y trilobadas, los últimos asociados a la especie *Zea mays*. En menor proporción se encontraron también bloques radiados pertenecientes a la familia Fabaceae, células espinosas más o menos esféricas y globulolitas, asociados a la especie *Manihot*

*esculenta*, polígonos irregulares corniculados atribuidos a la especie *Reticulata L*, morfotipos espinosos más o menos esféricos de la familia Arecaceae, bloques tuberculosos asociados a la familia Solanaceae, Prismatolitas a la Lauraceae, y morfotipos subglobulares a globulares atribuibles a la familia Cucurbitaceae (ver gráfico 2).

**Gráfico 2.**  
*Cantidad de fitolitos por familias de la muestra M1B*



Fuente: elaboración propia

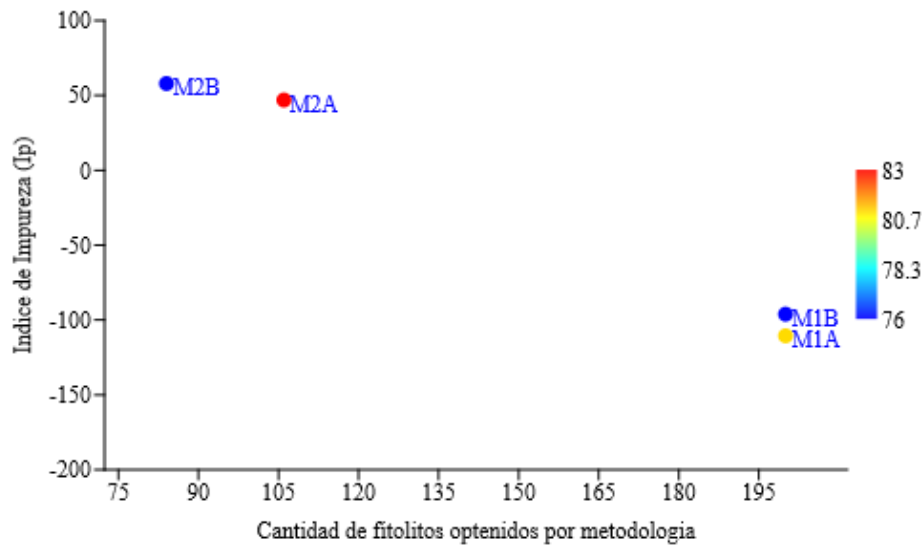
Por su parte, la implementación de la segunda metodología realizada en las muestras M2A Y M2B dio como resultado un campo visual poco claro, con una alta presencia de impurezas, lo que conllevó a que los conteos e identificaciones de los morfotipos fueran complejos de hacer (anexo 1), debido a la abundante presencia de

impurezas como materia orgánica y biopartículas, que cubrieron los fitolitos. Esto puede corroborarse con los resultados obtenidos por el cálculo de los índices de pureza o porcentaje de impurezas, que para estas muestras presentó resultados positivos, lo cual señala una mayor presencia de impurezas sobre fitolitos para las

muestras del segundo método (ver gráfico 1). En torno a los índices de fragmentación, también se observó la degradación de algunas estructuras.

### Gráfico 3.

*Cantidad de fitolitos obtenidos por metodología junto a los índices de impureza de cada muestra*



*Nota.* El gráfico 3 muestra la cantidad de fitolitos obtenidos por cada metodología al igual que los resultados del cálculo del índice de impureza.

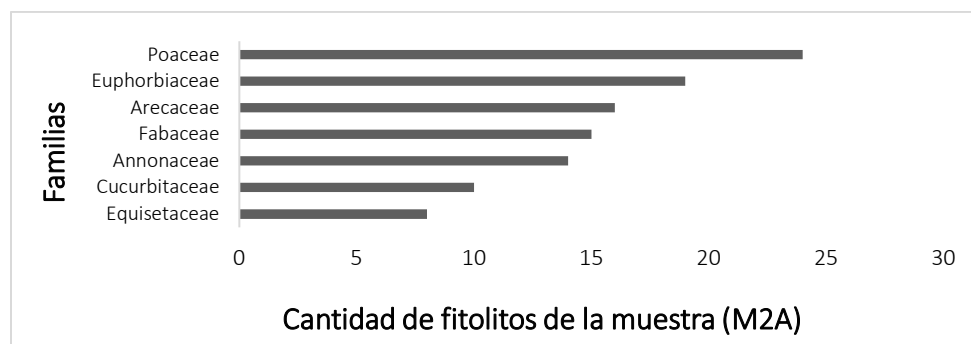
*Fuente:* elaboración propia

En el caso puntual de la muestra M2A fue posible contabilizar 106 estructuras, entre las que se presentaron una mayor cantidad de células agujadas, buliformes en forma de abanico, y bilobadas, asociados a la familia Poaceae; además se presentaron estructuras poliédricas, subglobular granuladas, bloque facetados, estructuras

facetadas tubulares psiladas, células globulares a subglobular de superficie lisa a granulada y células largas de tejidos, asociadas a las familias Euphorbiaceae, Arecaceae, Fabaceae, Annonaceae, Cucurbitaceae, Equisetaceae (ver gráfico 4).

### Gráfico 4

*Cantidad de fitolitos por familias de la muestra M2A*



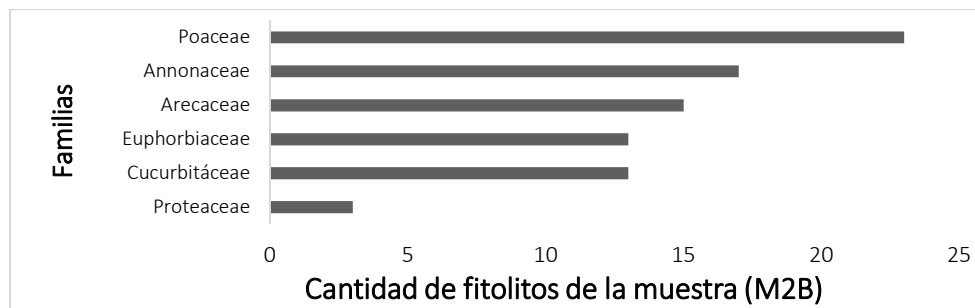
*Fuente:* elaboración propia



Por su parte, la muestra M2B, presentó 84 fitolitos, situándose con menos cantidad que la muestra M2A. La variabilidad de las familias identificadas también fue menor que la de la muestra M2A, sin embargo, nuevamente la mayor cantidad de morfotipos se presentó con estructuras cruciformes asociadas a la especie *Zea mays*, de la familia Poaceae. También se

presentaron con células largas de tejidos de la familia Annonaceae, células espinosas más o menos esféricas de la familia Arecaceae, estructuras subglobulares de la especie *Manihot esculenta*, de la familia Euphorbiaceae, estructura regulares de la familia Cucurbitáceae, y poliédricos equinados de la familia Proteaceae (ver gráfico 5).

**Gráfico 5.**  
*Cantidad de fitolitos por familias de la muestra M2B*



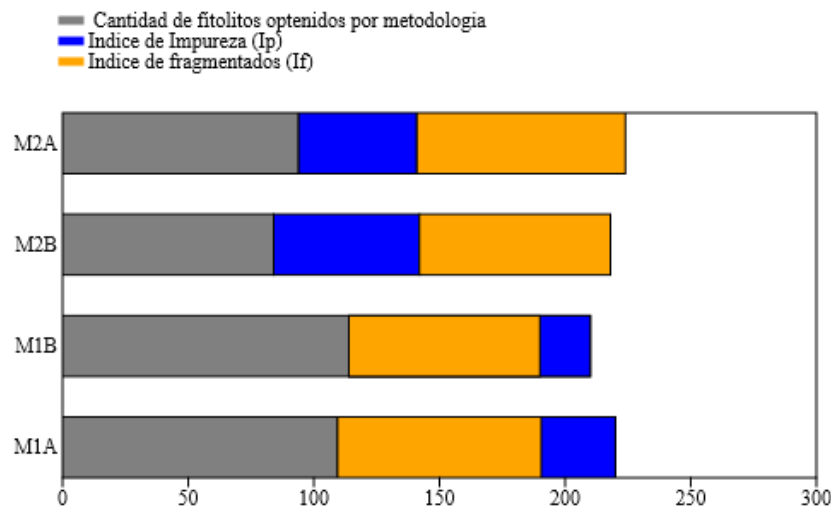
Fuente: elaboración propia

## Discusión

Los resultados permiten inferir que ambas metodologías son factibles para la extracción de fitolitos. No obstante, las proporciones en las que estos fueron hallados, junto a los datos dados por los índices de pureza y fragmentación, sitúan a la primera metodología aplicada en las muestras M1A Y M1B, sobre la segunda

implementada en las muestras M2A y M2B (ver gráficos 6). Los resultados obtenidos en los índices de pureza o porcentaje de impurezas permiten inferir que la abundante presencia de materia orgánica y biopartículas en las muestras de la segunda metodología no permitieron una correcta visualización ni conteo de los fitolitos.

**Gráfico 6.**  
*Cantidad de fitolitos, índice de impureza e índice de fragmentación*



Fuente: elaboración propia.

En torno a los índices de fragmentación, los resultados obtenidos en las muestras de la primera metodología no presentaron cambios abruptos en relación con los de la segunda metodología, lo cual señala que la degradación en los fitolitos de las muestras M1A Y M1B pudo no darse por el tratamiento químico utilizado para la extracción de estas estructuras, sino más bien por la fricción ocasionada por la acción de molienda, ya que ambas pautas metodológicas permitieron visualizar fitolitos con degradación. Lo anterior no plantea que no hubo afectación en la integridad de los fitolitos por la implementación de los reactivos, sino que establece que si esta se dio fue mínima, puesto que la presencia de morfotipos que son susceptibles a degradación por la mala aplicación de los tratamientos químicos, como las células largas de tejidos, a autores como Borrelli et al. (2008) les permiten inferir que se realizó una buena extracción con la mínima pérdida de información.

En lo que se refiere a las especies encontradas (anexo 1), algunas de las familias caracterizadas, como las Poaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Solanaceae, son usadas actualmente mediante el proceso de maceración o molienda y cocción, para el tratamiento de padecimientos y enfermedades, por personas de la comunidad étnica Kogui, asentadas en el río Palomino (Carbonó-Delahoz y Dib-Diazgranados, 2013). Dichos hallazgos permiten asociar los resultados obtenidos con posibles procesos conductuales relacionados con el procesamiento de especies vegetales por parte de las antiguas comunidades Tairona, ya que la contrastación analógica de las investigaciones etnográficas sobre el procesamiento y consumo de las especies vegetales de las comunidades actuales permiten hacer un acercamiento interpretativo de los procesos o actividades del pasado, al partir de la casual relación existente entre la conducta humana y la cultura material (Capdepon et al., 2005).

Con lo antes planteado, no se pretende afirmar o negar que la comunidad Kogui del río Palomino se encuentre relacionada de alguna forma con la antigua población prehispánica Tairona. De este modo, lo que el argumento anterior expone es que la implementación de la aplicación analógica relacionada con las estrategias de procesamiento de especies vegetales, por parte de comunidades étnicas actuales, se considera útil para generar hipótesis a contrastar con relación a la utilidad y procesamiento de las especies vegetales.

En pos de las dinámicas del procesamiento de recursos vegetales, la presencia de especies como el *Zea mays* y *Manihot esculenta* permite inferir que en estos utensilios se llevó a cabo la maceración tanto de cereales como de tubérculos por parte de las antiguas comunidades Tairona. Si bien el consumo de estas especies por parte de los Tairona ya había sido reportado en la Sierra Nevada de Santa Marta por distintas investigaciones etnohistóricas y arqueológicas como las de Herrera de Turbay (1986); Herrera (1987); Giraldo (2010), hasta la fecha no había información sobre cómo fue el procesamiento para su consumo. Los resultados permiten también afirmar los datos sobre el consumo de especies vegetales de las familias Solanaceae, Fabaceae, Annonaceae, Cucurbitaceae, reportados por Herrera de Turbay (1986); Herrera (1987); Giraldo (2010).

Además de lo expuesto anteriormente, los análisis aportan nueva información sobre el procesamiento de especies vegetales, cuyo consumo no estaba reportado en el registro arqueológico de la Sierra Nevada de Santa Marta, como es el caso de las plantas de las familias Lauraceae, Rubiaceae, Equisetaceae, Polygalaceae, Proteaceae, Cannabaceae. Sin embargo, aunque los datos son significativos, debido a la escala y cantidad del muestreo, los resultados obtenidos son muy limitados para hablar sobre la molienda de especies vegetales por parte de las comunidades prehispánicas que habitaron en la microcuenca de la quebrada el Congo. No obstante, estos sí pueden entenderse como una primera aproximación puntual, que en términos teóricos y metodológicos sirve de base contrastable a futuras investigaciones que mediante el estudio de fitolitos intenten entender los posibles procesos conductuales en los que los metates pudieron estar inmersos en la Sierra Nevada de Santa Marta.

## Conclusión

Los resultados obtenidos permiten inferir que ambas pautas metodológicas pueden ser implementadas para la extracción de fitolitos en artefactos de molienda. Sin embargo, los porcentajes de fitolitos hallados, junto a los resultados de los índices de pureza o porcentajes de impurezas e índice de fragmentación, permiten situar a la primera metodología sobre la segunda, ya que la principal dificultad en las muestras M2A y M2B fue la visibilización de los fitolitos, debido a que, al estar cubiertos por

partículas y biominerales con una densidad similar, no flotaron de manera adecuada. De este modo, se plantea siempre que sea posible utilizar las pautas metodológicas propuestas para la extracción de fitolitos en suelos, o implementar el paso de la eliminación de la materia orgánica y la flotación de los fitolitos con solventes con densidad específica, debido a que esto permitiría una mejor interpretación al conseguir una mayor visualización con la separación de los fitolitos de la materia orgánica y minerales de mayor peso.

Si bien las caracterizaciones permitieron la identificación de múltiples especies vegetales, entre las que se encuentran algunas reportadas por la etnohistoria y la arqueología para esta zona, junto a las usadas en la actualidad por comunidades étnicas de la Sierra Nevada de Santa Marta (como los Kogui, localizados en el río Palomino), que permiten, como se mencionó anteriormente, asociar los resultados obtenidos con posibles procesos conductuales relacionados con el procesamiento de especies vegetales por parte de las antiguas comunidades que habitaron la terrada 2 del sitio arqueológico 15, logrando que los resultados obtenidos sean una primera aproximación a las dinámicas de procesamiento de los antiguos pobladores de la microcuenca de la quebrada el Congo en Sierra Nevada de Santa Marta. Esta información debe ser ampliada con análisis en utensilios similares (metates), ya que en términos de escala la muestra es muy pequeña para hablar sobre posibles patrones de procesamiento de especies vegetales por parte de las antiguas comunidades Tairona.

## Declaración de aspectos éticos

El autor declara no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

## Contribuciones del autor

Rober Sandoval Carabali: investigación y redacción.

## Declaración sobre conflictos de interés

El autor declara que no incurre en conflictos de intereses.

## Referencias

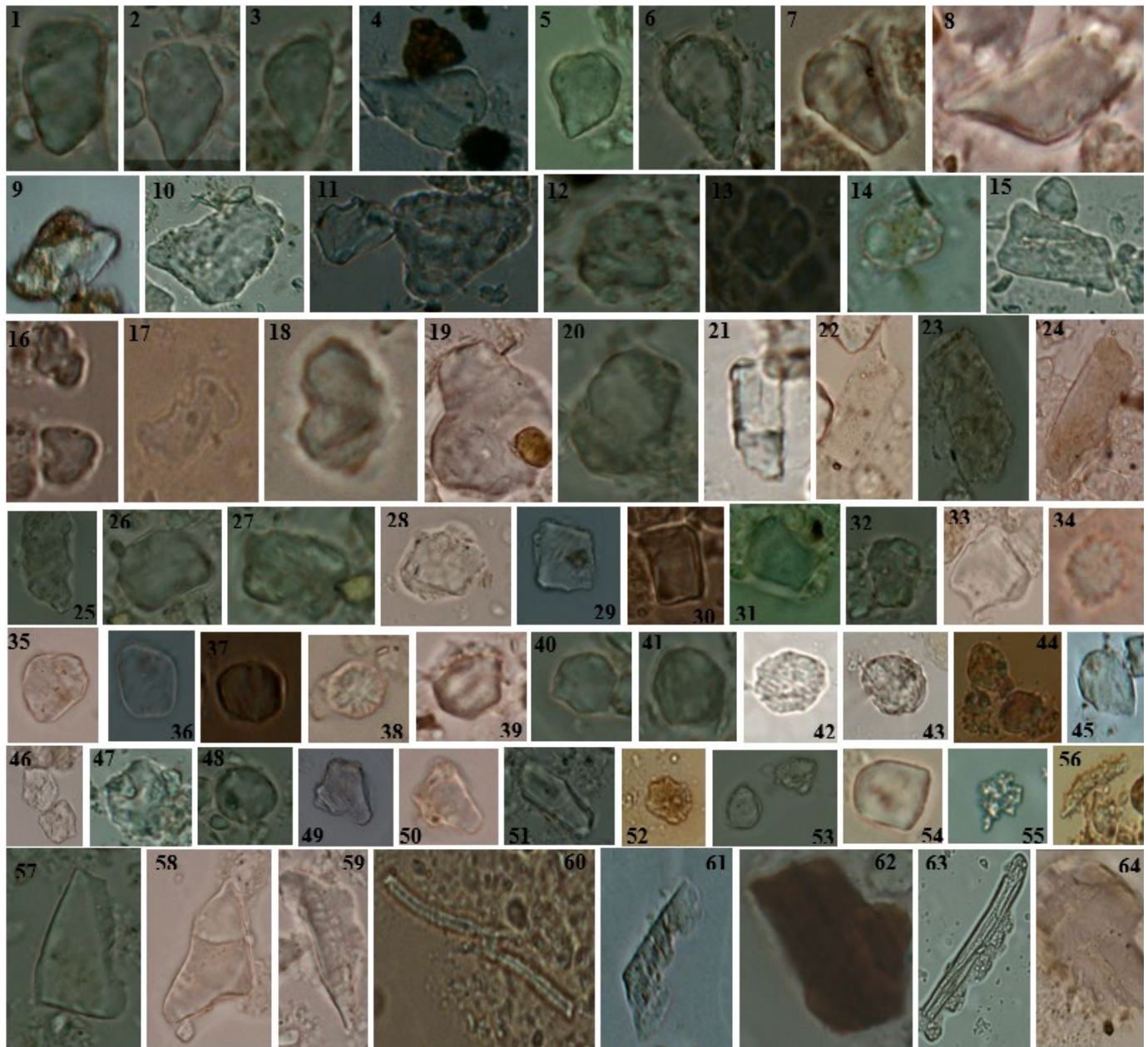
- Ariete, M. (1994). Estudio palinológico del nivel sepulcral del yacimiento arqueológico de pico ramo (muskiz, Bizkaia). *Cuadernos de selección. Prehistoria-arqueología*, 5, 161-179.
- Arenas, J. (2012). Una montaña bañada por el mar. La Sierra Nevada de Santa Marta en el Caribe Colombiano. *Revista Brasileira do Caribe*, 13(25), 73-102.
- Babot, M. (2004). Tecnología y utilización de artefactos de molienda en el Noroeste prehispánico [Tesis de Doctorado en Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán]. [https://www.academia.edu/6763539/Tesis doctoral\\_Tecnolog%C3%ADa\\_y\\_utilizaci%C3%B3n\\_de\\_artefactos\\_de\\_molienda\\_en\\_el\\_Noroeste\\_Prehisp%C3%A1nico\\_Babot\\_M\\_P](https://www.academia.edu/6763539/Tesis doctoral_Tecnolog%C3%ADa_y_utilizaci%C3%B3n_de_artefactos_de_molienda_en_el_Noroeste_Prehisp%C3%A1nico_Babot_M_P)
- Borrelli, N., Osterrieth, M. y Cabello, M. (2008). Estudio preliminar de la degradación de fitolitos de gramíneas. experimentación *in vitro*. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (Ed.), *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles* (PP. 25-30). Editorial Bar International Series S1870.
- Brea, M., Zucol, A., Raigemborn, M. y Matheos, S. (2008). Reconstrucción de paleocomunidades arbóreas mediante análisis fitolíticos en sedimentos del paleoceno superior-eoceno? (formación las flores), Chubut, Argentina. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (Ed.), *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles* (PP. 91-108). Editorial Bar International Series S1870.
- Bertoldi de Pomar, H. (2013). Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, 8(3-4), 317-328.  
<https://ameghiniana.org.ar/index.php/ameghiniana/articloe/view/1352>
- Carnelli, A. L., Madella, M. y Theurillat, J. P. (2001). Biogenic silica production in selected alpine plant species and plant communities. *Annals of botany*, 87(4), 425-434.  
<https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1355>
- Capdepon, I., Del Puerto, L. y Inda, H. (2005). Instrumentos de molienda: evidencias del procesamiento de recursos vegetales en la laguna de Castillos (Rocha, Uruguay). *Intersecciones en antropología*, (6), 153-166.  
<http://www.scielo.org.ar/pdf/iant/n6/n6a12.pdf>
- Carbonó-Delahoz, E. Y Dib-Diazgranados, J. C. (2013). PLANTAS MEDICINALES USADAS POR LOS COGUI EN EL RÍO PALOMINO, SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA (COLOMBIA). *Caldasia*, 35(2), 333-350.  
<https://www.jstor.org/stable/90008348>
- Del Puerto, L. (2015). Interrelaciones humano-ambientales durante el holoceno tardío en el este del Uruguay: cambio

- climático y dinámica culturales [tesis de doctorado, Universidad de la república Montevideo, Uruguay]. PEDECIBA. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/8184>
- Dever, A. (2007). Social and Economic Development of A Specialized Community in Chengue, Parque Tairona, Colombia. *Repositorio Universidad de Pittsburgh*. [Dissertation Doctoral. University of Pittsburgh]. <https://www.proquest.com/openview/ec971953417dbd9549dc3ede358585ae/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
- Erra, G. (2010). Asignación sistemática y paleocomunidades inferidas a partir del estudio fitolítico de sedimentos cuaternarios de Entre Ríos, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 45(3-4), 309-319. <http://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v45n3-4/v45n3-4a10.pdf>
- Flórez, M. y Parra, L. (2001). Espectros de fitolitos en tres suelos de la planicie de Puente Largo, Páramo de Frontino, departamento de Antioquia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (24), 132-148. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/326336>
- Giraldo, S. (2010). *Lords of the Snowy Ranges: Politics, Place, and Landscape Transformation In Two Tairona Towns In the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia*. [Disertación doctoral, Department of Anthropology, University of Chicago].
- Giraldo, A. (2018). *Campos y cultivos prehispánicos en el sitio San Pedro de la Depresión Momposina. Identificación de cultígenos mediante el análisis de fitolitos* [trabajo de pregrado para la obtención del título de Antropóloga, Universidad de Antioquia]. Repositorio de la universidad de Antioquia
- Herrera de Turbay, L. F. (1986). Agricultura aborigen en la Sierra Nevada de Santa Marta. *Maguaré*, (3), 47-56.
- Herrera, L. (1987). El manejo del medio ambiente natural por el hombre prehispanico en la Sierra Nevada de Santa Marta. *Boletín museo del oro*(19), 85-90. <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/bmo/article/view/7197/7460>
- Herrera, L., Rodríguez, G., Rivera, S. y Cifuentes, A. (1990). *Investigación arqueológica en la cuenca alta de la quebrada El Congo: vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta*. Bogotá D.C: Instituto Colombiano de Antropología (ICANH)
- Korstanje, A. y Cuenya, P. (2008). Arqueología de la agricultura: suelos y microfósiles en campos de cultivo del Valle del Bolsón, Catamarca, Argentina. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (Ed.), *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles* (PP. 133-148). Editorial Bar International Series S1870.
- Lancelotti, C. (2010). Alimentación de Harappan Hearths: Interacciones de medio ambiente e humanos reveladas por la explotación y el uso de combustible. [Tesis doctoral inédita, Departamento de Arqueología, Universidad de Cambridge, Cambridge]. <https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.608968>
- Monsalve, C. A. (2000). Catálogo preliminar de fitolitos producidos por algunas plantas asociadas a las actividades humanas en el suroeste de Antioquia, Colombia. *Crónica forestal y del medio ambiente*, 15(1), 1-14. <https://www.redalyc.org/pdf/113/11315104.pdf>
- Musaubach, M., Erra, G. y Osterrieth, M. (2010). Estudios arqueobotánicos en la localidad Taperá Moreira (departamento de Lihué Calel, provincia de La Pampa). Análisis fitolíticos en artefactos de molienda. En: M. Berón, L. Luna, M. Bonomo, C. Montalvo, C. Aranda y M. Carrera Aizpitarte (Eds.) *Mamül Mapu: pasado y presente desde la arqueología pampeana*, 1: 77-86, Editorial libros del Espinillo.
- Madella, M. y Lancelotti, C. (2012). Taphonomy and phytoliths: A user manual. *Quaternary International*, 275, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.09.008>
- Neumann, K., Strömberg, C., Terry Ball., Albert, R., Vrydaghs, L. & Scott, L. (2019). International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany*, 124(2), 189-199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>
- Piperno, D. R. (1985). Phytolith analysis and tropical paleoecology: Production and taxonomic significance of siliceous forms in new world plant domesticates and wild species. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 45(3-4), 185–228. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(85\)90002-8](https://doi.org/10.1016/0034-6667(85)90002-8)
- Piperno, D.R. y Pearsall, D.M. (1998). *The silica bodies of tropical American grasses: Morphology, taxonomy, and implications for grass systematics and fossil phytolith identification*. Smithsonian Contributions to Botany 85, 1–40 <https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/7002/scb-0085.pdf>
- Pochettino, L. y Lema, V. (2008). La variable tiempo en la caracterización del conocimiento botánico tradicional. *Darwiniana, nueva serie*, 46 (2), 227-239. <http://www.scielo.org.ar/pdf/darwin/v46n2/v46n2a04.pdf>
- Posada, W. (2014). Tendencias del análisis de fitolitos en Colombia. Una revisión crítica de la sistemática y las metodologías desde una perspectiva arqueológica. *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, 29(48), 164 - 186. <https://www.redalyc.org/pdf/557/55733909007.pdf>

- Portillo, M., Llergo, Y., Ferrer, A., Anglada, M., Plantalamor, L., y Albert, R. (2014). Actividades domésticas y molienda en el asentamiento talayótico de Cornia Nou (Menorca, Islas Baleares): resultados del estudio de microfósiles vegetales. *Revista d'arqueologia de Ponent*, 311-321.
- Ramírez, D., Otálora, A. y Parra, R. (2008). Identificación de Fitolitos en el Cálculo Dental de Individuos Prehispánicos del Valle del Río Cauca, Colombia. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (Ed.), *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles* (PP. 209-217). Editorial Bar International Series S1870.
- Rodríguez, J. V. (2018). Las tierras negras en la mitología y arqueología de la vertiente sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta, La Guajira. *Revista Colombiana de Antropología*, 54(1), 253-275.  
https://doi.org/10.22380/2539472x.390
- Sandoval, R. y Galindo, R. (2022, 25 de octubre). *Caracterización de restos botánicos en el Guajira-Colombia para un sitio del 1530 d.C, mediante fitolitos* [Sesión de Congreso]. VII Congreso Latinoamericano de Arqueometría (CLA) y VIII del Simposio Latinoamericano sobre Métodos Físicos y Químicos en Arqueología, Arte y Conservación del Patrimonio Cultural (LASMAR). San José de Mayo, Uruguay. https://cirat.uy/#info
- Twiss, P. C., Suess, E. y Smith, R. M (1969). Morphological Classification of Grass Phytoliths1. *Soil Science Society of America Journal*, 33(1), 109-115.
- Thorn, V. C. (2004). Phytoliths from subantarctic Campbell Island: plant production and soil surface spectra. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 132(1-2), 37 - 59. https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.04.003
- Tassara, G. y Osterrieth, M. (2008). Silicofitolitos en artefactos de molienda de sitios arqueológicos del área interserrana, buenos aires. un estudio preliminar. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (Ed.), *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles* (PP. 163-171). Editorial Bar International Series S1870.
- Tapia, D.B. (2021). Desarrollo de la técnica de micro extracción físico-química de fitolitos en suelos arqueológicos y su aplicación para la reconstrucción paleo-ambiental de sociedades pasadas. [Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación presentado como requisito previo a la obtención del Título de Química]. UCE. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25200
- Van Der Plas, L. (1962). Preliminary note on the granulometric analysis of sedimentary rocks. *Sedimentology*, 1 (2), 145-157. https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1962.tb00031.x
- Venegas, B y Salazar, C. (2019). La huella indeleble de los fitolitos. *el Herbario CICY*, 11: 76-79. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde\_Herbario/2019/2019-04-11-Venegas-Salazar-La-huella-indeleble.pdf
- Vargas, J., Londoño, W. y Soto, L. (2022). *ARQUEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA EL CONGO SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA*. EDITORIAL UNIMAGDALENA
- Zucol, A. (1996). Estudio morfológico-comparativo de especies de los géneros Stipa, Panicum y Paspalum (Poaceae) de la provincia de Entre Ríos [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. SEDICI. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/4756
- Zucol, A. F. y Osterrieth, M. (2002). Técnicas de preparación de muestras sedimentarias para la extracción de fitolitos. *Ameghiniana*, 39(3), 379-382. https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Zucol/publication/297933669\_Techniques\_for\_preparing\_sediment\_samples\_for\_phytolith\_extraction/links/5779260508ae1b18a7e61f1c/Techniques-for-preparing-sediment-samples-for-phytolith-extraction.pdf
- Zucol, A. F. y Brea, M. (2005). Sistemática de fitolitos, pautas para un sistema clasificatorio. Un caso en estudio en la Formación Alvear (Pleistoceno inferior), Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*, 42(4), 685-704. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0002-70142005000400003&script=sci\_arttext&lng=en
- Zucol, A. F. y Bonomo, M. (2008). Estudios arqueobotánicos del sitio Nutria Mansa 1 (Partido de General Alvarado, Provincia de Buenos Aires): II análisis fitolíticos comparativos de artefactos de molienda. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (Ed.), *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles* (PP. 173-186.). Editorial Bar International Series S1870.
- Zucol, A. y Loponte, D. (2008). Análisis Comparativo Metodológico y Estudio de la Abundancia Fitolítica en Tártaro de Dientes Humanos de Sitios Arqueológicos de La Provincia de Buenos Aires, Argentina. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (Ed.), *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles* (PP. 39-45). Editorial Bar International Series S1870.
- 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. https://doi.org/10.3989/tp.2006.v63.i2.16

## Anexo 1.

Imagen de algunos fitolitos observados en las muestras MA1, M2A, M1B Y M2B



*Nota.* 1,2.,3,4,6 y 7) fitolitos buliformes en forma de abanico (familia Poaceae). 8,9,10 y 11) *Aculeolithum* (familia Poaceae). 12,14,16) Fitolitos bilobados, 13) tetralobado, 17) célula polilobadas, 15) fitolito de forma de abanico liso y craneado (familia Poaceae, especie *Zea mays*). 18,19 y 20) *Halteriolita pseudocapitata* (familia Polygalaceae). 21) Prismatolita, 26 y 27) fitolito poliédrico, 30 y 31) escrobiculado tabular (familia Solanaceae). 22 y 23) Prismatolitas, subglobulares de superficie lisa y granulada, 35, 36 y 42), 33) Bloque adentado, 43 y 44) Globular granuloso (familia Fabaceae). 24) Fitolitos elongado facetado, 45 y 46) (familia Rubiaceae). 29 y 28) Fitolito poliédrico, 39) célula espinosa más o menos esférica (familia Euphorbiaceae). 25) Cilíndrico equinado, 47 y 48) fitolitos pooliforme (familia Proteaceae). 40 y 41) Globular equinado, 34 y 38) subglobular Granuloso (familia Arecaceae). 49 y 50) Fitolitos regulares 60) células de cabello a circular, 44) subglobular granuloso, 52) fitolitos facetados (familia Cucurbitaceae). 37) Esférico radiado, 55) fitolito irregular (familia Cannabaceae). 59 y 56) Fitolitos fusiformes. 57 y 58) Células larga del tejido (Equisetaceae). 24, 32, 54 y 53) No atribuibles a ninguna familia o especie. 61) célula fragmentada. 62, 63 y 64) restos vegetales encontrados en la muestra M2A y M2B.

Fuente: Rober Sandoval.