

RESEARCH ARTICLE

ESTUDIO MAGNÉTICO Y GEOQUÍMICO DE LA CERÁMICA PREHISPÁNICA DE LA DEPRESIÓN MOMPOSINA: ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICOS EN EL NORTE DE SUDAMÉRICA

Magnetic and Geochemical Study of Pre-Hispanic Pottery from the Momposina Depression: Archaeometric Analysis in Northern South America

*Sneider Rojas Mora,^{1,2} Rubén Cejudo,^{3,6} Mónica Marín Uribe,^{2,5}
María del Sol Hernández-Bernal,⁴ Avto Goguitchaichvili,³
Juan Morales,³ Fernando Montejo,⁵ Francisco Bautista⁶*

¹ Grupo de Investigación Medio Ambiente y Sociedad, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Universidad de Antioquia, Colombia; ² Programa de Investigación de la Depresión Momposina (PIDMO), Colombia; ³ Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM, México; ⁴ Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM, México; ⁵ Instituto Colombiano de Antropología e Historia; ⁶ Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Instituto de Geofísica y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, México (avto@geofisica.unam.mx)

RESUMEN. *En este estudio se reportan los resultados más recientes de la investigación arqueológica llevada a cabo en el norte de Sudamérica, particularmente en la depresión momposina —región colombiana ampliamente conocida por su extensa modificación del paisaje en tiempos prehispánicos—, y cuyo objetivo fue estudiar la intensidad del campo geomagnético antiguo por medio del análisis de fragmentos cerámicos del sitio San Pedro. Se investigaron muestras de cerámica para caracterizar su mineralogía magnética, composición elemental y estimar su cronología por medio del modelo geomagnético global SHA.DIF.14k. Los resultados obtenidos son pioneros en la región del Caribe colombiano y arrojan nueva luz para la arqueología de la región. Se espera que esta información arqueométrica contribuya a mejorar la datación absoluta de la zona de estudio.*

PALABRAS CLAVE. *Arqueomagnetismo; geoquímica; cerámica prehispánica; Colombia; norte de Sudamérica.*

ABSTRACT. *This study reports the most recent results of archaeological research carried out in northern South America, particularly in the Momposina Depression, a Colombian region widely known for its extensive modifi-*

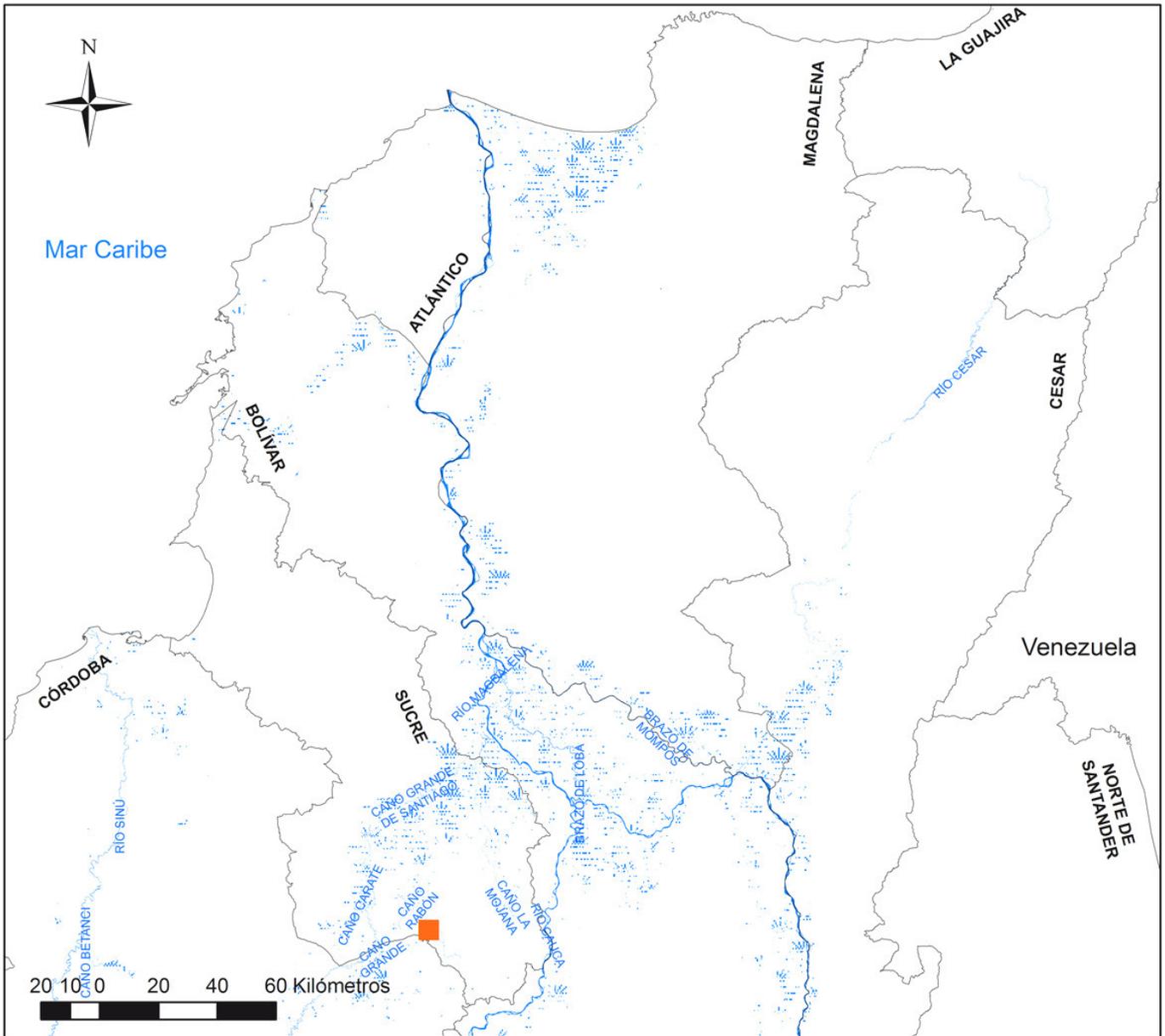
cation of the landscape in pre-Hispanic times. The main objective was to determine the absolute geomagnetic archaeointensity through the analysis of ceramic fragments obtained from the San Pedro site. Ceramic samples were analyzed to characterize their magnetic mineralogy, elemental composition, and estimate their chronology by comparison with the SHA.DIF.14k global geomagnetic field model. The results obtained are pioneers in the Colombian Caribbean region and shed new light for regional archaeology. It is expected that this archaeometric information will contribute to improve the absolute dating of the study area.

KEYWORDS. *Archaeomagnetism; geochemistry; pre-Hispanic pottery; Colombia; northern South America.*

INTRODUCCIÓN

La cerámica es uno de los registros arqueológicos que más información nos brinda acerca del modo de vida, la economía, la organización social, la política y el simbolismo de las sociedades prehispánicas; además de ser un importante marcador temporal utilizado desde los

Recibido: 25-5-2020. Aceptado: 7-7-2020. Publicado: 15-7-2020.



UBICACIÓN GENERAL DE LA DEPRESIÓN MOMPOSINA. SITIO SAN PEDRO
COORDENADAS SITIO SAN PEDRO: N: 8°30'10,734" W:74°54'11,164"
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE LA DEPRESIÓN MOMPOSINA -PIDMO-
DIGITALIZADO POR : FELIPE ARIAS L.
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1:2.000.000

Convenciones

- San Pedro
- Departamento
-  Ciénaga
- Río

Sistema de coordenadas: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Unidades: Grados



Figura 1. Localización de la depresión momposina y el sitio San Pedro en Colombia.

orígenes de la misma arqueología. El estudio de este registro, que inicialmente estaba asociado a la descripción de los objetos en variables tales como formas, diseños, decoraciones, tecnologías de elaboración y composición macroscópica de las arcillas y agregados, se ha sofisticado gracias a la alianza con la geología, la física, la química, la petrografía y la geoquímica, a partir de la cual se han hecho importantes aportes en el análisis composicional de las pastas y agregados. Con ello, ha sido posible estudiar las fuentes de materias primas utilizadas en la fabricación de cerámica, la homogeneidad local o regional de la misma, así como las variables regionales, siendo un gran aporte para el estudio de las economías y políticas locales y regionales.

En arqueometría, los análisis físicos y químicos de los materiales cerámicos son necesarios para conocer su procedencia (Glascock *et al.* 2004; Vaughn y Neff 2004; Bray *et al.* 2005; Ghezzi 2011; Bland *et al.* 2017), manufactura (Cogswell *et al.* 1996; Chapdelaine *et al.* 1997; Vaughn y Neff 2000; Tite *et al.* 2001; García-Heras *et al.* 2001; Makowski 2002; Shimada *et al.* 2003) y función (Heron y Evershed 1993; Polvorinos del Río *et al.* 2005), y con estos dar cuenta de la tecnología de la producción y elaboración de conjuntos alfareros. El camino a seguir para conocer la tecnología es la identificación de la materia prima y sus propiedades (Tite *et al.* 2001). El análisis composicional de las pastas y la procedencia de la materia prima permite identificar diferentes grupos cerámicos, afinar la tipología cerámica y localizar centros de manufactura (Ghezzi 2011: 10).

El análisis composicional comprende el análisis mineralógico y la determinación de las concentraciones de elementos (Ghezzi 2011). El análisis mineralógico permite identificar los minerales incluidos en la pasta (desgrasante) (Freestone y Middleton 1987; Middleton 1997; Stoltman *et al.* 2005) y ayudar a corregir los resultados obtenidos en los análisis químicos. Por otro lado, el análisis químico de elementos permite conocer la composición de la pasta (tanto de la arcilla como del desgrasante) (Glascock *et al.* 2004; Vaughn y Neff 2004).

El arqueomagnetismo ha experimentado un gran desarrollo en las últimas décadas en el continente europeo; un buen ejemplo de esto son los más de 200 datos arqueomagnéticos direccionales reportados en la península ibérica, que sumados con los datos del sur de Francia y el norte de Marruecos, permitirán establecer una *curva de variación paleosecular* (PSVC, por sus siglas en inglés) de la región para los últimos 3000 años (Rivero-Montero *et al.* 2016). Un panorama muy di-

ferente se tiene en Iberoamérica; los estudios relacionados con el arqueomagnetismo en esa área geográfica se han concentrado especialmente en Centroamérica (Goguitchaichvili 2018; Morales *et al.* 2009) y en particular en México, aunque en los últimos años se han llevado a cabo investigaciones en otras partes del continente (Morales *et al.* 2019; Goguitchaichvili *et al.* 2019). En el caso particular del norte de Sudamérica, se cuenta con los primeros estudios realizados en el valle del Magdalena Medio colombiano (Berkovich *et al.* 2017) y la sabana de Bogotá (Cejudo *et al.* 2019). Ambos sobre muestras de cerámicas prehispánicas de diferentes yacimientos arqueológicos. Los resultados de estos análisis aportan datos de las variaciones de la arqueointensidad y amplían nuestro conocimiento, para Colombia y la región, sobre los cambios de dicho parámetro durante los últimos tres milenios.

En este estudio se considera como principal desventaja la ausencia tanto de la cronología absoluta del material cerámico como de la composición geoquímica de la arcilla con la cual se produjeron las vasijas. Debido a lo anterior, en esta investigación se realizó un estudio exploratorio para la depresión momposina, aplicando por vez primera la técnica arqueomagnética en muestras de cerámica con fechas radiocarbónicas asociadas. Se espera que los resultados obtenidos ayuden a construir la curva maestra de arqueointensidad para la región norte de Sudamérica y, con esto, dar un gran paso para obtener en el futuro reconstrucciones cronológicas asociadas a los conjuntos cerámicos; logrando así un entendimiento de las secuencias de ocupación de los sitios y los cambios en la variabilidad formal del material. Igualmente, el análisis geoquímico aporta información para la caracterización química de la materia prima (arcilla) empleada en la manufactura de la cerámica recuperada en el sitio San Pedro y se suma al conocimiento de los conjuntos cerámicos (concentraciones de elementos) que se están conformando en el *Programa de Investigación de la Depresión Momposina* (PIDMO); lo cual permitirá más adelante una delimitación de posibles fuentes de apropiación de materia prima que conduzcan a la identificación de redes de producción y distribución de la cerámica.

ANTECEDENTES ARQUEOLÓGICOS DE LA REGIÓN

La depresión momposina es una extensa llanura inundable, ubicada al norte de Colombia, en la que

confluyen las aguas de los ríos San Jorge, Cauca, Magdalena y Cesar. Estos recorren buena parte del territorio colombiano, arrastrando gran cantidad de sedimentos que se depositan en el fondo de ciénagas permanentes y estacionales formadas en la región, las cuales se encuentran interconectadas por cursos de agua menores que rompen constantemente las terrazas aluviales y forman nuevos diques y depresiones. Tales depósitos, formados durante el Cuaternario, se asientan sobre un sustrato del Terciario de forma cóncava, en el que se presenta gran actividad tectónica debido al choque de las placas de Nazca, Caribe y Sudamérica (Smith 1986; Herrera y Berrío 1998; Herrera *et al.* 2001; Velásquez *et al.* 2019).

La región, limitada al sur por las serranías de Ayapel y San Lucas, y al norte por las estribaciones de los Montes de María, tiene una temperatura media anual de 27 y 28 °C y un régimen de lluvias bimodal que normalmente empieza en abril y continúa de manera intermitente hasta principios de diciembre, con un momento de estación entre junio y julio. Estas condiciones ambientales y geomorfológicas, sumadas a fenómenos regionales, hacen que la región permanezca inundada durante ocho meses a lo largo del año. Esta situación, según los estudios paleoecológicos, no ha cambiado en los últimos 10 000 años (Wijmstra 1967; Van der Hammen 1986; Berrío *et al.* 2001; Herrera *et al.* 2001) a pesar de importantes fluctuaciones en el nivel de las aguas por razones climáticas, las cuales parecen corresponder a fenómenos cíclicos.

Las investigaciones arqueológicas en la depresión momposina se remontan al año 1956 (Parsons y Bowen 1966), a partir de las cuales se identificó y comenzó a estudiar el complejo sistema de canales y camellones presentes en la región¹ (Plazas y Falchetti 1981; Plazas *et al.* 1993; Rojas y Montejo 2006; Rojas 2010; Rojas y Montejo 2015). Entre tanto, los estudios especializados de cerámica a nivel regional se iniciaron en la década de los ochenta del siglo pasado, momento en que Plazas y Falchetti (1981) definieron tres tradiciones

¹ Modificaciones del espacio de diferentes tipos, como canales que van desde largos paralelos y perpendiculares a las fuentes de agua hasta cortos ajedrezados en áreas extensas y cortos ajedrezados en áreas pequeñas cercanas a plataformas. También se reportan canales en forma de abanico y canales en espina de pescado, ubicados en los meandros de caños y ríos; y canales irregulares que sirvieron para la ubicación de plataformas para sitios de habitación y la conducción y regulación del agua. Igualmente, se encuentran asociadas a estas modificaciones, piezas de orfebrería y túmulos funerarios (Plazas y Falchetti 1981; Plazas *et al.* 1993; Rojas 2008).

cerámicas, consideradas cada una como «un gran conjunto con amplia dispersión geográfica, que abarca grupos cerámicos locales, los cuales estaban unidos por rasgos comunes que los señalan como pertenecientes a una misma gran familia» (Plazas y Falchetti 1981: 59). La primera tradición, *Granulosa Incisa* (GI), se fecha entre los siglos II a. C y II d. C. y se ubica en zonas de influencia del caño Rabón. La segunda, *Tradición Modelada Pintada* (TMP), abarca desde el siglo II hasta el X d. C. y se localiza en la región del río San Jorge y el caño Carate Pajalar. Finalmente, la *Tradición Incisa Alisada*, fechada desde el siglo XI hasta el XVI d. C. , se localiza hacia el curso bajo del río San Jorge (Plazas y Falchetti 1981; Plazas *et al.* 1993).

Los primeros investigadores de la región concluyeron que estas evidencias arqueológicas fueron el resultado de una forma de organización social compleja de tipo caciquil, muy estratificada y con una alta densidad poblacional (Plazas *et al.* 1993), sustentada por una agricultura intensiva y con fuertes interacciones sociales con grupos cercanos ubicados a lo largo del río Sinú.

CONTEXTO DEL MATERIAL ANALIZADO

Los resultados de este artículo forman parte del PIDMO en el sitio San Pedro (figura 1), el cual corresponde a un lugar con gran concentración de elevaciones artificiales de tierra o plataformas, asociadas con la ubicación y emplazamiento de viviendas. Durante las temporadas de campo de 2014, 2017 y 2018 se recuperaron 42 543 fragmentos de cerámica, más de cinco mil restos de fauna fragmentados y algunas decenas de semillas carbonizadas, que han sido analizados y clasificados de manera sistemática de acuerdo con los protocolos propios de cada registro.

En el caso particular de los materiales cerámicos recuperados por el PIDMO, se decidió no considerar la clasificación cerámica propuesta por Plazas y Falchetti (1981) y Plazas *et al.* (1993) para la región y proponer, en cambio, una sistematización. Para ello, se ha explorado el uso de diversos análisis del material cerámico. Para el estudio de dicho material, se adoptó el enfoque del estilo tecnológico (Lechtman 1977; Childs 1991; Stark 1999), el cual toma en cuenta las decisiones técnicas de los artesanos (selección de materias primas, herramientas y programación de las actividades) (Lemonnier 1992). Este enfoque examina la variabilidad formal que constituye la suma de las elecciones técnicas incorporadas en los pasos de producción-cadena



Figura 2. A) Vista aérea del sitio. Imagen tomada con dron a 150 m de altura desde el nivel del suelo, capturada y procesada por Tulio Ceballos Misas. B) Detalle de una plataforma de vivienda, sitio San Pedro, depresión momposina. Fotografía tomada por Sneider Rojas Mora. Unidad de Exploración 1. C) Detalle de excavación arqueológica UE-1, UR-101. Plataforma de vivienda. Fotografía tomada por Mónica Marín Uribe.

operativa (adquisición de materias primas, preparación de los materiales, técnicas de manufactura primaria, técnicas de manufactura secundaria, técnicas de modificación superficial, técnicas de secado y cocción y tratamientos poscocción) (Stark 1999; Gosselain 2000; Roux 2011; Feely 2012) para observar patrones de cambio cultural y explorar límites sociales (Feely 2012). A fin de abordar los múltiples aspectos del proceso de elaboración de los objetos cerámicos, el estilo tecnológico emplea los análisis arqueométricos.

El abundante material cerámico recuperado en estas temporadas de campo se ha analizado utilizando un mismo criterio, en el que inicialmente se hizo una clasificación del material a partir de características físicas y se ha complementado con estudios químicos, de estilos y de formas. Para conocer la composición química de los fragmentos cerámicos, se procedió con una prueba piloto realizada con el grupo de investigación «Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales» (CIDEMAT) de la Universidad de Antioquia; el cual realizó análisis de *microscopía electrónica de barrido* (SEM EDS), *espectroscopia Raman*, *espectrometría infrarroja con transformada de Fourier* (FTIR) y *difracción de rayos X* a dos muestras (cada una perteneciente a los dos conjuntos de desgrasantes, de arena y de tiesto), para determinar la composición mineralógica y elemental de la cerámica, la forma de los granos y la naturaleza de las partículas que la componen (Rojas 2016).

Esta información y la obtenida por el análisis químico sobre esas nuevas muestras permitirán indagar sobre la posible procedencia de las materias primas.

El material cerámico analizado fue recuperado en una plataforma de tierra, construcción artificial en la región de estudio, normalmente asociada con sitios de viviendas. Estas elevaciones artificiales en el paisaje responden a la lógica de inundación de la región y presentan constantes momentos de adecuación y reacomodos. Es decir, que una misma plataforma puede haber tenido diversos momentos de ocupación y, por lo tanto, diversos ajustes de su forma inicial; hechos que se hacen evidentes en la distribución de los estratos arqueológicos y la disposición de los basureros y huellas de fogones.

El sitio arqueológico San Pedro, ubicado en el área de influencia directa del caño Rabón, presenta una concentración de 53 construcciones en tierra, las cuales tienen un perímetro medio de 154.94 m (Rojas y Montejo 2015) y probablemente fueron usadas como viviendas en tiempos prehispánicos (figura 2). Durante la temporada de campo de 2014 se exploró y excavó una pla-

taforma denominada Unidad de Exploración 1 (UE-1), en la que se hicieron 106 sondeos denominados unidades de recuperación (UR). Esta UE-1 corresponde a una elevación de aproximadamente 2.50 m por encima de la zona adyacente y cuenta con un área de 2000 m², en los cuales se realizaron sondeos sistemáticos cada 3 m para identificar las áreas de concentración de material, así como tres excavaciones de mayor amplitud denominadas UR-100 (1 × 6 m) y UR-101 (2 × 1 m); las cuales se excavaron mediante niveles arbitrarios de 10 cm hasta alcanzar los 2 m de profundidad. La presencia de material fue constante a lo largo de la excavación y se obtuvieron fragmentos de cerámica, restos óseos de fauna, semillas carbonizadas y carbón vegetal.

De igual forma, durante la temporada de campo 2017 se exploró de manera sistemática el sector occidental del sitio San Pedro (unidades de exploración UE-5 a UE-16), en las que se adelantó la excavación de 70 UR, que fueron excavadas de forma sistemática en niveles artificiales de 10 cm hasta alcanzar los 2 m en cada recuperación.

Finalmente, durante la temporada 2018 se exploró con mayor detalle la Unidad de Exploración 10, en la que se llevaron a cabo cinco cortes identificados como UR 180, 181, 182, 183 y 184. La fecha asociada con el material cerámico, analizado en el Laboratorio de Arqueomagnetismo de la UNAM, corresponde a la misma unidad de exploración, pero en diferente unidad de recuperación. No obstante, la asociación es completa entre dicha fecha y el material analizado.

En este momento la clasificación cerámica se presenta de la siguiente manera.

Caracterización de grupos cerámicos

La caracterización cerámica inicial se hizo sobre una muestra de 15 664 fragmentos cerámicos. El material fue clasificado según las características microscópicas de la pasta, utilizando un estereoscopio (*Leica TL 5000 Ergo*). Para ello, se tuvo en cuenta la cantidad, tamaño y tipo de desgrasante.

Con esta clasificación inicial se determinaron tres grandes conjuntos: desgrasante de arena, desgrasante de tiesto y un tercero que correspondió a fragmentos con una pasta que presenta una granulometría muy fina (entre 100 y 200 μm); todos estos se dividieron en 11 grupos cerámicos: 1, 2, 3, 6a y 6b, 7a y 7b, 9, 9b, 10 y 10b. Las muestras analizadas en esta ocasión pertenecen a los grupos:

• DESGRASANTE DE ARENA:

Grupo 3. La pasta presenta una estructura compacta con una gran cantidad de desgrasantes de cuarzo (cristalino principalmente y lechoso), feldespato y mica (biotita principalmente y moscovita). Arcilla con contenido de hierro. Contiene cuarzos lechosos (abundantes) y cristalinos (escasos) de 0.5 a 0.8 mm y, con menor frecuencia, se observan de 1 y 2 mm; las formas son angulares y subangulares. Feldespato anguloso a redondeado de 0.5 mm principalmente; en ocasiones de 0.5 a 1 mm, pero es más escaso. Micas moscovitas y biotitas entre 0.5 y 1 mm.

Tratamiento de superficie: la gran mayoría de los fragmentos presenta superficies ásperas por erosión. Se aprecia mejor tratamiento de la superficie externa; esta fue alisada, se aplicó baño. En algunos pocos fragmentos se aprecia rastro de engobe.

Decoración: incisión y aplicación.

Formas: principalmente vasijas globulares y subglobulares. Se tienen fragmentos de soporte mamiforme, troncocónico, anular, pero sin identificación de la forma del recipiente.

Una gran cantidad de fragmentos de este grupo presenta hollín.

Grupo 10. La pasta contiene alta cantidad de cuarzo, feldespato y mica, pero de tamaño menor que el grupo 3. La estructura es compacta, con superficie alisada, cerámica de paredes delgadas y bien elaboradas (en algunos casos es visible un fragmento de tiesto). Contiene cuarzo rosa escaso, cristalino y lechoso, abundante con formas angulares y subangulares de tamaños que van de 0.2 a 0.5 mm; feldespatos entre 0.2 a 0.8 mm, subangulares principalmente, y micas moscovitas escasas de 0.2 mm. Escaso óxido de hierro con tamaños entre 0.2 y 0.5 mm.

Tratamiento de superficie: la gran mayoría de los fragmentos presenta superficies ásperas por erosión. Se aprecia mejor tratamiento de la superficie externa; esta fue alisada, se aplicó baño y, en algunos casos, engobe.

Decoración: incisión y aplicación.

Formas: se identifican algunas vasijas subglobulares, botella. Se tienen fragmentos de bases troncocónicas, anular, pero sin identificación de la forma del recipiente. Los fragmentos de este grupo no tienen hollín.

Grupo 10b. La pasta contiene cuarzo, feldespato y mica como desgrasante, pero con tamaños no tan finos como en el grupo 10. La estructura no es muy com-

pacta, presenta una proporción de desgrasantes y de matriz arcillosa del 50 % para ambos. Los desgrasantes de cuarzo, feldespato y mica tienen un tamaño de 0.5 a 1 mm; la mica (biotita) presenta mayor tamaño y frecuencia que en los grupos anteriores. La superficie está bien acabada con engobe y pintura.

Tratamiento de superficie: la gran mayoría de los fragmentos presentan superficie externa bien acabada; esta fue alisada, se aplicó baño y, en algunos casos, pintura.

Decoración: incisión, aplicación y pintura.

Formas: indeterminadas. Se tienen fragmentos de soporte mamiforme. Los fragmentos de este grupo no tienen hollín.

• DESGRASANTE DE TIESTO: a este pertenecen los grupos 6 y 7, los cuales fueron subdivididos en a y b por presentar otras inclusiones y tener diferente frecuencia.

Grupo 6a. La pasta contiene cuarzo cristalino y lechoso (principalmente), de escaso a no visible; algunos fragmentos presentan muy poco feldespato y mica y estos no son visibles a simple vista. En este tipo de elementos se encuentra arcilla de tipo caolinita. Los cuarzos tienen formas angular y redondeada de tamaños variados, siendo los más abundantes de 0.25 a 0.5 mm y los más escasos de 1 a 2 mm. El desgrasante de tiesto presenta diferentes tamaños (0.5 a 1 mm) y, en muchos casos, hasta 2 mm. Presencia de óxido de hierro. Textura friable.

Tratamiento de superficie: la gran mayoría de los fragmentos están erosionados, algunos conservan el tratamiento en ambas superficies, pero principalmente en la externa. Se presentan alisados, con baño o engobe.

Decoración: incisión, modelado/aplicación y pintura.

Formas: vasijas de boca amplia, posiblemente copas y cuencos; con menor frecuencia, vasijas subglobulares y platos. Se tienen fragmentos de bases troncocónicas. Muy pocos fragmentos de este grupo presentan hollín.

Grupo 6b. La pasta contiene desgrasante de tiesto de tamaño entre 0.5 y 2 mm; igualmente, presenta cuarzo cristalino y lechoso en mayor cantidad que el grupo 6a, además de óxido de hierro, y contiene feldespato en muy baja proporción. Presencia de mayor número de cuarzos lechosos angulares de 0.5 mm y algunos pocos de 1 mm. Posee muy escaso feldespato no superior a 0.5 mm. Tiene gran dureza, un alto contenido de arcilla caolinita y textura friable.

Tratamiento de superficie: la gran mayoría de los fragmentos están erosionados, algunos conservan el trata-

miento en ambas superficies, pero principalmente en la externa. Se presenta alisado, con baño o engobe.

Decoración: incisión, modelado/aplicación y pintura.

Formas: vasijas de boca amplia, posiblemente copas y cuencos; con menor frecuencia, vasijas subglobulares. Se tienen fragmentos de bases troncocónicas. Muy pocos fragmentos de este grupo presentan hollín.

Grupo 7a. La pasta contiene desgrasante de tiesto de tamaños que van de 0.5 a 1 mm; igualmente, presentan cuarzo cristalino y lechoso en alta y media proporción y feldespato en cantidad media a baja. Hay gran cantidad de óxido de hierro. Algunos fragmentos contienen cuarzos de color rosa (escaso) angulares y subangulares de 0.2 a 1 mm. Los feldespatos tienen formas subredondeadas a redondeadas de 0.5 a 2 mm. Las micas biotitas y moscovitas poseen tamaños de 0.3 a 0.7 mm. La textura es friable arenosa.

Tratamiento de superficie. Los fragmentos está erosionados en su gran mayoría; algunos conservan el tratamiento en ambas superficies, pero principalmente en la externa. Se presentan alisados, con baño o engobe.

Decoración: incisión y pintura.

Formas: la mayoría de los fragmentos no permite identificar una forma; se cuenta con unos cuantos trozos que corresponden a recipientes globulares y un posible cuenco. Hay pequeños pedazos de bases. Muy pocos fragmentos de este grupo presentan hollín.

CONTEXTO DE DATACIÓN

Muestras de la temporada de campo 2014

Unidad de Exploración 1; unidades de recuperación UR-100 y UR-101.

Edad convencional de radiocarbono: 1450 ± 30 AP. Resultado calibrado (95 % de probabilidad): 560-650 d. C. (1390-1300 AP). UR-100-1-18.

— UR-100-1-18 (bolsa 944), fragmento SP-8854. Grupo 3.

— UR-100-1-18 (bolsa 944), fragmento SP-8857. Grupo 10b.

Edad convencional de radiocarbono: 1410 ± 30 AP. Resultado calibrado (95 % de probabilidad): 600-660 d. C. (1350-1290 AP). UR-101-2-7.

— UR-101-2-7 (bolsa 999), fragmento SP-6537. Grupo 3.

— UR-101-2-7 (bolsa 999), fragmento SP-6423. Grupo 6a.

— UR-101-2-7 (bolsa 999), fragmento SP-6574. Grupo 7a.

Edad convencional de radiocarbono: 1400 ± 30 AP. Resultado calibrado (95 % de probabilidad): 605-665 d. C. (1345-1285 AP). UR-101-2-11.

— UR-101-2-11 (bolsa 1002), fragmento SP-7492. Grupo 3.

— UR-101-2-11 (bolsa 1002), fragmento SP-7582. Grupo 10.

Muestras de la temporada de campo 2017

Las muestras se obtuvieron en la Unidad de Recuperación 127.

Edad convencional de radiocarbono: 70 ± 30 AP. Resultado calibrado (95.4 % de probabilidad): 1810-1924 d. C. (140-26 cal. AP) (71.1 %), 1690-1730 d. C. (260-220 AP) (24.3 %). Esta fecha tiene algunas dificultades para su interpretación en el contexto arqueológico del sitio.

— UR-127-2 (bolsa 1226), fragmento SP-18546. Grupo 6b.

Esta distorsión en la fecha se debe probablemente a que la muestra es muy superficial (20 cm) y en la región se presenta gran cantidad de alteración de los sustratos debido al tipo de arcillas expandibles. Además, hay gran actividad ganadera en la zona.

Edad convencional de radiocarbono: 1380 ± 30 AP (95.4 %), 606-680 cal. d. C. (1344-1270 cal. AP).

— UR-127-15 (bolsa 1238), fragmento SP-18756. Grupo 6a.

Esta fecha corresponde a la lógica de la ocupación del sitio San Pedro.

Muestras de la temporada de campo 2018

El proyecto realizado en el año 2018 se denominó «Economías de subsistencia y aprovechamiento de recursos. Investigación arqueológica en el área de influencia del caño Rabón (Depresión Momposina)», a cargo del doctor Sneider Rojas Mora. Las labores de campo se llevaron a cabo en la Unidad de Exploración 10.

Se obtuvo fecha radiocarbónica de la UR-184, cuadrícula 2, nivel 15. Edad convencional de radiocarbono: 1260 ± 30 AP; podría asociarse con el material analizado de la UR-180, nivel 16.

— UR-180-2-16 (bolsa 1694), fragmento SP-27008. Grupo 6a.

— UR-180-2-16 (bolsa 1694), fragmento SP-26973. Grupo 3.

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

Se analizaron nueve especímenes de cerámicas que pertenecen a la Unidad de Exploración 1 (UR-100), SP-8854 y SP-8857. Los datos obtenidos de óxidos mayores, mediante la técnica de *fluorescencia de rayos X*, reflejan valores relativamente altos de Fe y Ti y bajos de K (tabla 1, fig. 3). Los valores de $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{Total}}$ varían de 6.06 a 8.91 %, mientras que los de CaO oscilan entre 0.56 y 3.23 %. El contenido de TiO_2 es de 1.33 a 1.71 % y el de K_2O de 0.17 a 0.96 %. Estos contenidos sugieren la presencia importante de silicatos máficos no descritos macroscópicamente, o bien de óxidos de hierro; es posible que la matriz esté conformada por ellos. De acuerdo con Velázquez *et al.* (2019), la cuenca del río San Jorge, perteneciente a la depresión momposina, contiene en sus sedimentos los siguientes minerales pesados, de mayor a menor abundancia: zircón, epidota, zoisita, biotita, titanita, apatito, granate, anfíbol, turmalina, rutilo y piroxeno. Es de esperar que las cerámicas sean manufacturadas con los sedimentos cercanos a las poblaciones muestreadas y que la traza química

refleje la presencia de estos minerales, particularmente el granate y la titanita.

Si bien se ha descrito la presencia de feldespatos, micas y caolín, el contenido de potasio en las muestras es bajo, de 0.17 a 0.96 %. Debido a la movilidad del K, se sugiere que este se ha lixiviado durante el proceso de manufactura. Por otra parte, los elementos traza muestran variación en su contenido (fig. 4); siendo el V, Ni, Cu, Zn, Cr y Zr los que muestran mayor variación en su contenido en las nueve muestras analizadas. Es de notar la muestra N8, que es la de mayor contenido en Fe, Cu y V. La variación en el contenido de elementos mayores y traza puede estar ligada a la diferencia en los bancos de arcilla utilizados para obtener las cerámicas, o bien a diferentes procesos de fabricación.

ESTUDIO ARQUEOMAGNÉTICO

La magnetización remanente natural (NRM, por sus siglas en inglés) se registró usando un magnetómetro tipo *spinner AGICO JR6a*. Con la finalidad de selec-

Tabla 1. Contenido de elementos mayores y traza.

Muestra	N1	N2	N3	N4	N5	N7	N8	N9	N10
óxido	% peso								
K_2O	0.83%	0.96%	0.57%	0.17%	0.18%	0.47%	0.89%	0.65%	0.36%
CaO	3.17%	2.90%	3.12%	1.81%	2.47%	3.23%	2.77%	0.87%	0.56%
TiO_2	1.36%	1.37%	1.48%	1.70%	1.33%	1.43%	1.58%	1.40%	1.71%
MnO	0.13%	0.12%	0.09%	0.05%	0.06%	0.10%	0.16%	0.05%	0.04%
$\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{Tot}}$	7.23%	7.29%	7.79%	7.72%	7.00%	7.58%	8.91%	7.52%	6.06%
elemento	[ppm]								
V	142.0	209.5	143.1	204.0	176.4	235.9	377.1	184.9	219.9
Cr	171.9	299.4	239.8	227.8	162.4	213.3	243.4	139.4	167.2
Ni	174.0	164.3	239.4	150.6	166.0	225.9	174.8	202.5	108.8
Cu	113.1	60.3	169.6	59.5	75.4	258.3	465.7	167.6	98.1
Zn	181.6	89.5	162.8	229.7	107.0	165.9	171.8	138.8	206.5
Rb	30.1	81.0	72.1	42.6	24.8	57.9	32.6	34.8	30.7
Sr	149.2	141.1	221.1	157.6	168.7	196.4	145.3	166.3	180.0
Y	9.3	7.5	16.1	10.3	11.2	14.2	8.2	10.5	12.2
Zr	20.3	79.4	5.8	194.8	50.2	n. d.	47.6	35.9	1.0
Nb	0.7	7.2	n. d.	13.1	n. d.	9.2	20.8	1.8	n. d.
Sn	7.7	36.4	28.7	7.4	22.6	30.2	9.8	36.6	19.0
Sb	n. d.	n. d.	61.4	n. d.	n. d.	n. d.	66.5	17.5	n. d.
Pb	12.3	17.7	14.7	14.6	5.8	13.4	11.5	14.7	14.7

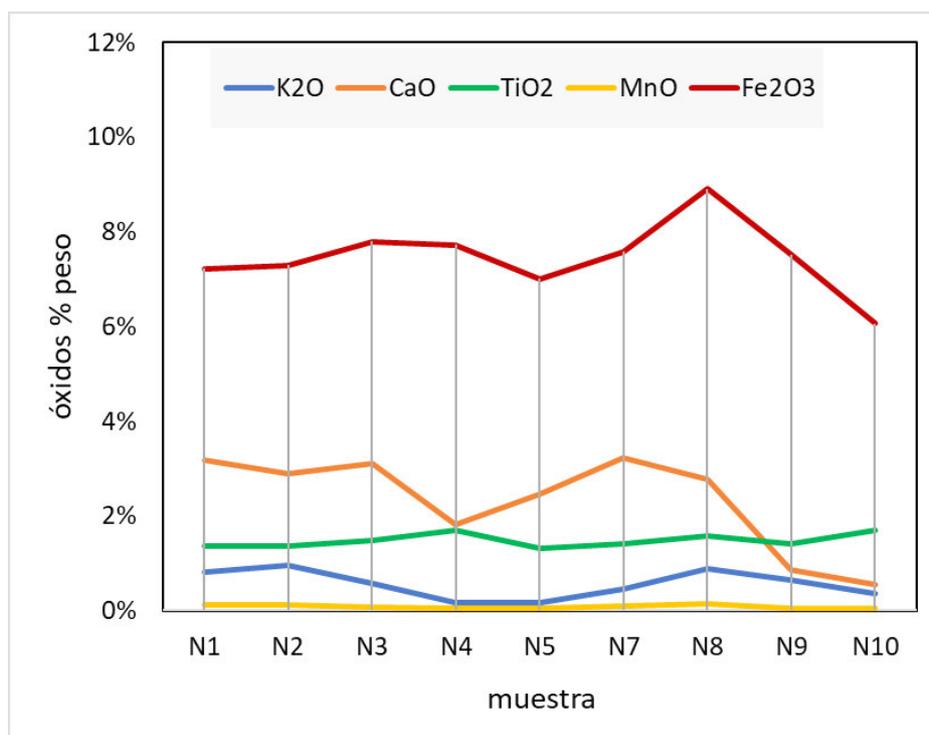


Figura 3. Contenido de óxidos de elementos mayores de cerámicas del sitio (UR-100) SP-8854 y SP-8857. Las muestras están enriquecidas en Fe y empobrecidas en K. La muestra N8 presenta un mayor contenido de Fe y Ca, mientras que la N10 es la de menor contenido en Fe, Ca y K.

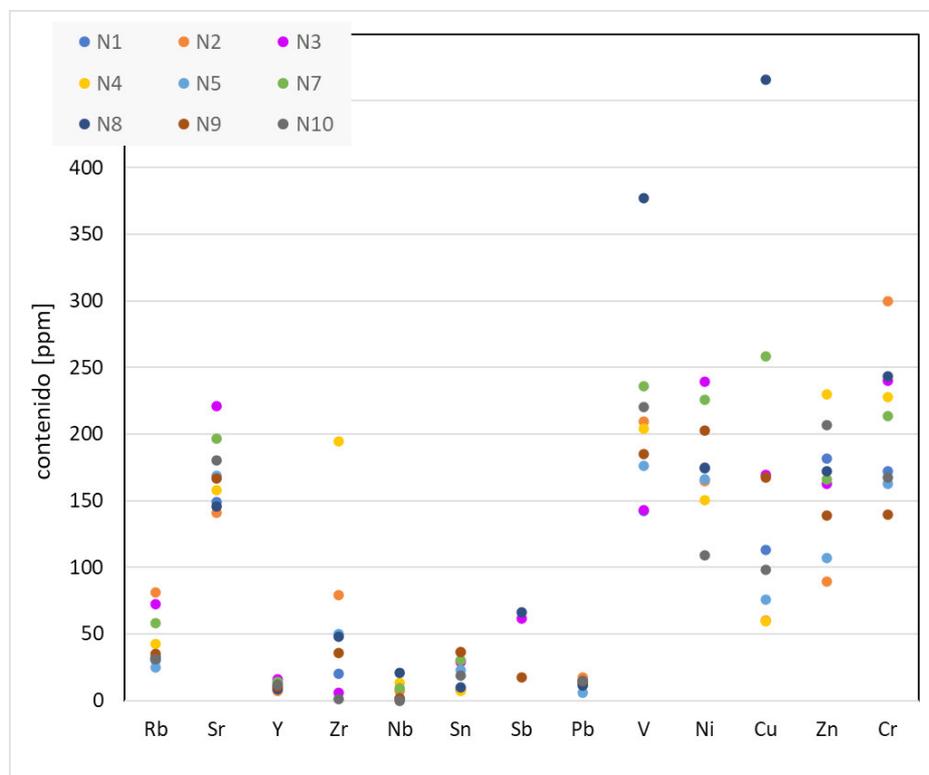


Figura 4. Contenido de elementos traza en fragmentos de cerámicos (UR-100) SP-8854 y SP-8857. El Cu, V, Cr, Zn y Ni muestran la mayor dispersión, asociada quizá a la presencia de pigmentos o heredada de las arcillas de manufactura. El Y y Pb exhiben contenidos prácticamente constantes, mientras que el Rb, Sr y Zr, una variación moderada. De forma similar al comportamiento de los óxidos de elementos mayores, la muestra N8 es la que presenta, en general, mayor contenido de elementos traza, particularmente de Cu.

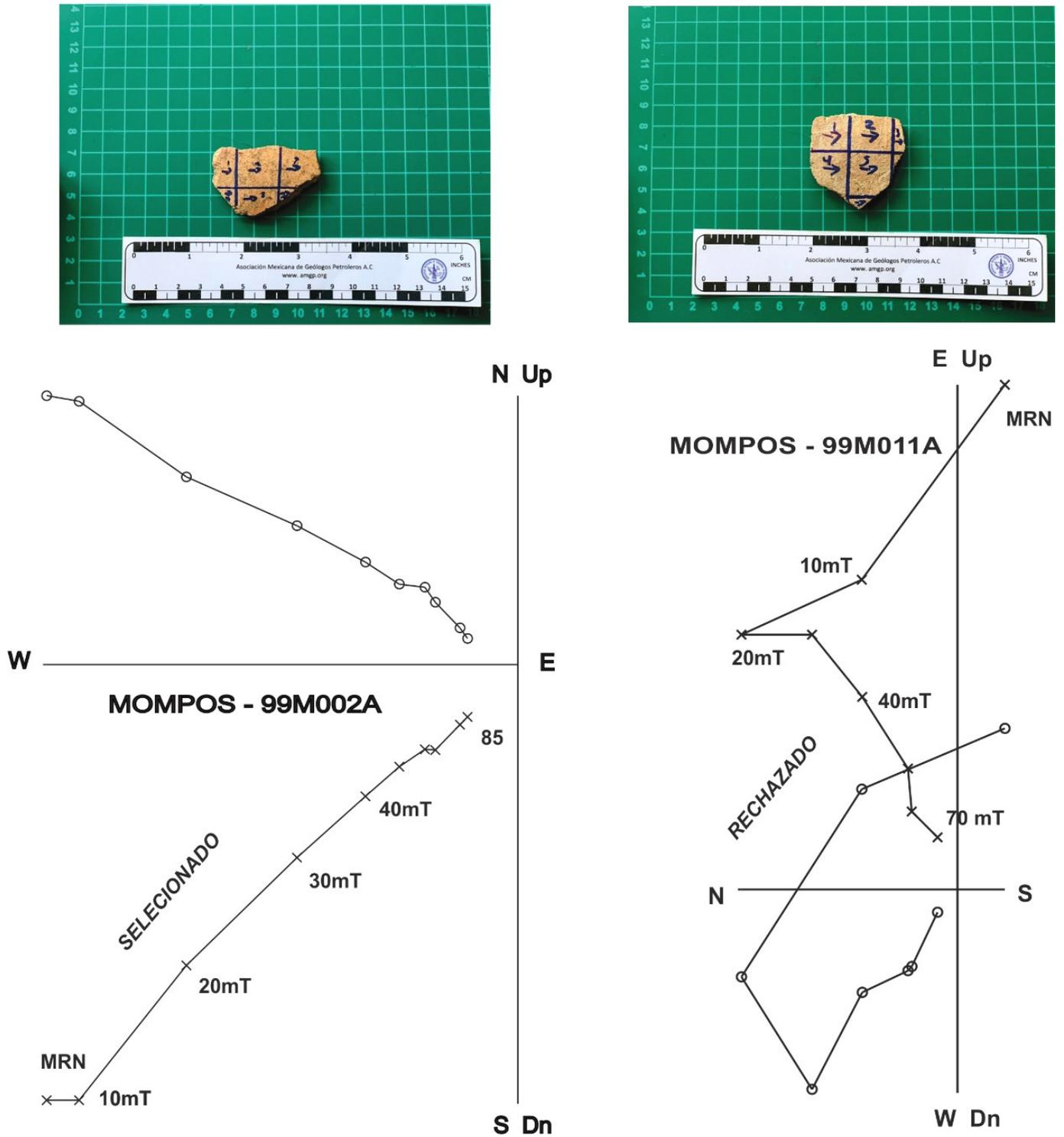


Figura 5. Ejemplos representativos de desmagnetización por campos alternos (ver texto para mayores detalles).

cionar las muestras más prometedoras para los experimentos de la intensidad absoluta geomagnética, mediante la técnica de Thellier de doble calentamiento, se procedió a la desmagnetización por pasos mediante campos alternos. Un desmagnetizador *LDA3* proporcionó campos alternos con valores pico de hasta 90 mT. En 9 de los 11 fragmentos seleccionados se observó una sola componente de magnetización tendente al origen

(figura 5, derecha). La magnetización termorremanente original fue prácticamente removida con la aplicación de 85 mT, donde los campos destructivos medianos (MDF, por sus siglas en inglés) varían entre 25 y 35 mT, indicando la presencia de minerales ferromagnéticos (probablemente de la serie de las titanomagnetitas) de dominio magnético *seudo-sencillo*. En dos casos (figura 5, izquierda), se detectó la presencia de

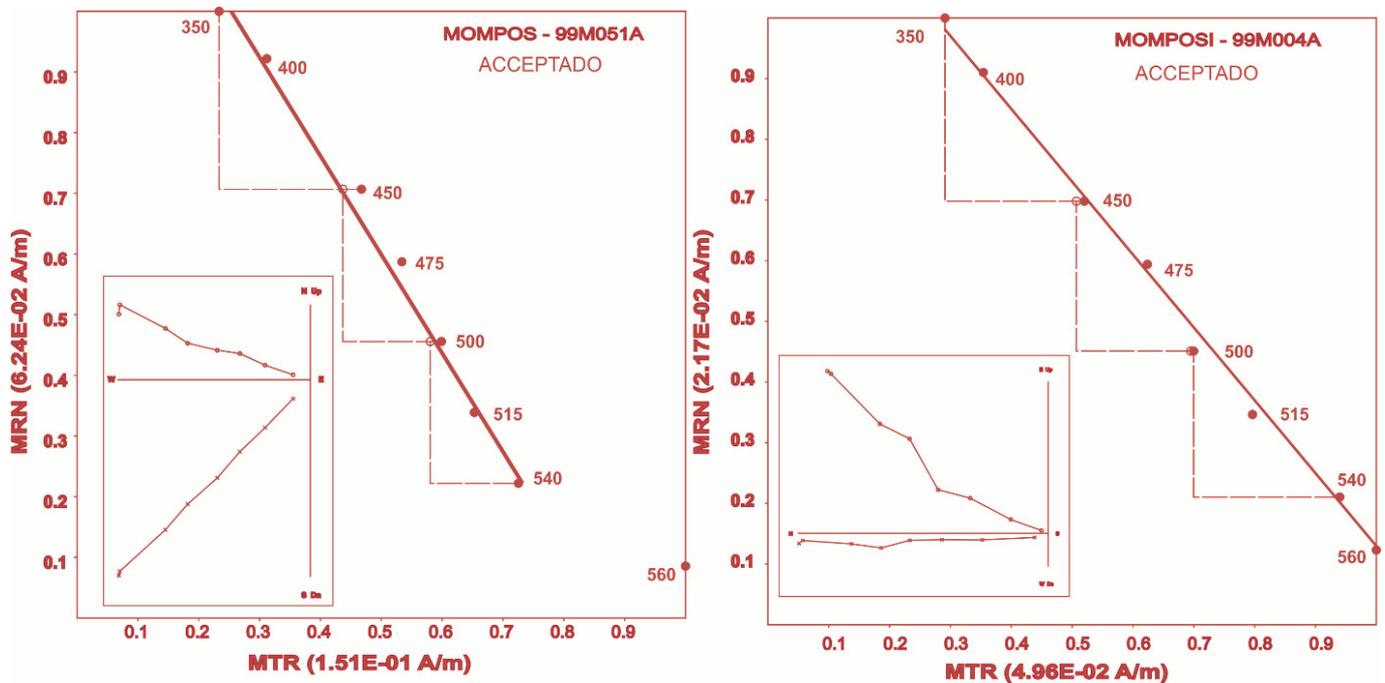


Figura 6. Ejemplos representativos de diagramas de arqueointensidad tipo *Arai-Nagata* para fragmentos cerámicos analizados. También se muestran los diagramas ortogonales (*Zijderveld*) asociados.

una magnetización secundaria superpuesta, la cual se removió hasta los 30 mT. Por tanto, estas muestras no fueron seleccionadas para la determinación de arqueointensidades.

Los experimentos de intensidad absoluta (arqueointensidad) se realizaron utilizando el método de doble calentamiento de Thellier (Thellier y Thellier 1959), revisado por Coe *et al.* (1978), en un horno con bobinas de marca *MMTD80A Thermal Demagnetizer*. Las mediciones se hicieron en ocho pasos (figura 6), entre 350 y 560 °C. Las muestras se dejaron enfriar de manera natural mientras la mitigación del efecto de la anisotropía de la remanencia fue solventado mediante el procedimiento de Morales *et al.* (2009). Se integraron tres calentamientos de control a lo largo del procedimiento experimental. Se cumplieron los requisitos para obtener determinaciones confiables de la arqueointensidad: a) en el diagrama de Arai-Nagata NRM, el número de puntos alineados debe ser mayor a cinco; b) un factor de calidad f (Coe *et al.* 1978) de aproximadamente una tercera parte de la magnetización inicial; 3) el factor de calidad q mayor a tres; 4) no se debe observar concavidad en los diagramas de arqueointensidades. Los diagramas representativos de estas determinaciones están reportados en la figura 6, mientras que las determinaciones exitosas que cumplen los criterios impuestos están desglosadas en la tabla 2.

Las arqueointensidades se han comparado con el modelo geomagnético SHA.DIF.14k (Pavón-Carrasco *et al.* 2014) utilizando el software *archaeo_dating* de Pavón-Carrasco *et al.* (2011). Sin embargo, este modelo geomagnético, al igual que el ARCH3k, no resulta apto para las estimaciones de edades en el norte de Colombia (figura 7). El modelo SED3k (Korte *et al.* 2009), basado esencialmente en datos de sedimentos lacustres parece ofrecer una mejor aproximación. Por lo anterior, se usó este último modelo para las estimaciones de probables intervalos (figura 8 y tabla 3).

DISCUSIÓN Y OBSERVACIONES FINALES

En el departamento de Sucre se distinguen tres unidades cuaternarias de diferente origen: aluvial, *fluvio-marino* y *fluviolacustre*. Los depósitos cuaternarios están constituidos por arcillas, limos, arenas, conglomerados y materiales de origen bioclástico que alternan con depósitos clásticos (IGAC 1998: 5). La Mojana reposa sobre la plataforma continental con un largo periodo de sedimentación desde el Cretácico. En esta se encuentran acumulaciones cuaternarias de origen fluvial y lacustre, denominadas *paludales* (Q2-I) o sedimentos asociados con ciénagas y pantanos, o también conocidos como lacustres de origen reciente (Convenio In-

Tabla 2/1.

	LAB CODE	N	CAMPO ANTIGUO	ΔH	FRACCIÓN MRN	AGRUPAMIENTO	FACTOR DE CALIDAD
MUESTRA 1 SP-8854	99M001A	7	32.23	2.48	0.53	0.76	5.30
	99M002A	8	32.32	2.05	0.55	0.79	6.88
	99M003A	8	29.39	1.31	0.60	0.81	10.23
	99M004A	8	27.28	0.94	0.79	0.82	14.08
	99M005A	8	21.98	0.77	0.57	0.83	13.49
	99M006A	8	18.02	1.99	0.73	0.81	5.37
			26.87	1.59			

	LAB CODE	N	CAMPO ANTIGUO	ΔH	FRACCIÓN MRN	AGRUPAMIENTO	FACTOR DE CALIDAD
MUESTRA 2 SP-8857	99M007A	8	21.88	2.06	0.70	0.79	5.85
	99M008A	8	25.98	2.22	0.69	0.81	6.38
	99M009A	8	22.51	2.18	0.70	0.82	5.96
	99M010A	8	24.46	2.93	0.71	0.79	4.77
	99M011A	8	17.23	1.76	0.75	0.80	5.91
	99M012A	8	17.07	2.36	0.73	0.78	4.16
			21.52	2.25			

	LAB CODE	N	CAMPO ANTIGUO	ΔH	FRACCIÓN MRN	AGRUPAMIENTO	FACTOR DE CALIDAD
MUESTRA 3 SP-6537	99M013A	8	26.30	2.55	0.67	0.79	5.51
	99M014A	8	41.51	3.63	0.64	0.76	3.22
	99M015A	8	28.63	2.61	0.67	0.81	5.94
	99M016A	8	32.35	3.16	0.71	0.82	5.94
	99M017A	8	18.49	1.55	0.66	0.83	6.57
	99M018A	7	22.66	3.23	0.71	0.77	3.79
			28.32	3.74			

	LAB CODE	N	CAMPO ANTIGUO	ΔH	FRACCIÓN MRN	AGRUPAMIENTO	FACTOR DE CALIDAD
MUESTRA 4 SP-6423	99M019A	6	32.82	3.92	0.61	0.64	3.26
	99M020A	7	31.78	3.77	0.64	0.67	3.60
	99M021A	8	24.55	3.89	0.64	0.75	3.01
	99M022A	8	23.99	3.01	0.71	0.74	4.15
	99M023A	8	20.70	3.03	0.72	0.74	3.62
	99M024A	8	23.21	2.91	0.73	0.76	4.44
			26.18	3.42			

Tabla 2/2.

	LAB CODE	N	CAMPO ANTIGUO	ΔH	FRACCIÓN MRN	AGRUPAMIENTO	FACTOR DE CALIDAD
MUESTRA 5 SP-6574	99M025A	8	22.79	2.00	0.70	0.81	6.46
	99M026A	8	28.11	2.34	0.74	0.82	7.27
	99M027A	8	24.02	2.59	0.71	0.81	5.33
	99M028A	8	24.38	2.55	0.74	0.81	5.74
	99M029A	8	22.35	1.69	0.72	0.81	7.68
	99M030A	8	21.69	2.17	0.71	0.80	5.62
			23.89	2.22			

	LAB CODE	N	CAMPO ANTIGUO	ΔH	FRACCIÓN MRN	AGRUPAMIENTO	FACTOR DE CALIDAD
MUESTRA 7 SP-7582	99M031A	8	23.45	2.93	0.65	0.79	4.19
	99M032A	8	20.92	1.87	0.66	0.78	5.81
	99M033A	6	27.60	4.11	0.36	0.74	3.45
	99M034A	8	20.30	4.43	0.75681	0.75	4.11
	99M035A	7	18.14	1.36	0.49054	0.69	4.56
	99M036A	8	15.35	2.98	0.72387	0.80	3.36
			20.96	2.94			

	LAB CODE	N	CAMPO ANTIGUO	ΔH	FRACCIÓN MRN	AGRUPAMIENTO	FACTOR DE CALIDAD
MUESTRA 8 SP-18543	99M037A	7	44.71	5.15	0.50	0.77	3.30
	99M038A	8	36.72	3.38	0.60	0.82	5.36
	99M039A	8	29.65	2.80	0.70	0.84	6.24
	99M040A	8	27.29	2.67	0.69	0.84	5.91
	99M041A	8	18.96	2.24	0.68	0.81	4.68
	99M042A	8	20.39	2.21	0.69	0.83	5.38
			29.62	3.07			

	LAB CODE	N	CAMPO ANTIGUO	ΔH	FRACCIÓN MRN	AGRUPAMIENTO	FACTOR DE CALIDAD
MUESTRA 10 SP-27008	99M049A	8	25.11	2.94	0.70	0.81	4.86
	99M050A	8	27.84	2.55	0.67	0.82	5.99
	99M051A	7	34.59	2.94	0.70	0.81	10.52
	99M052A	7	25.18	2.77	0.69	0.80	5.11
	99M053A	8	21.23	2.49	0.69	0.82	6.47
	99M054A	6	15.15	4.07	0.82	0.65	4.22
			24.85	2.96			

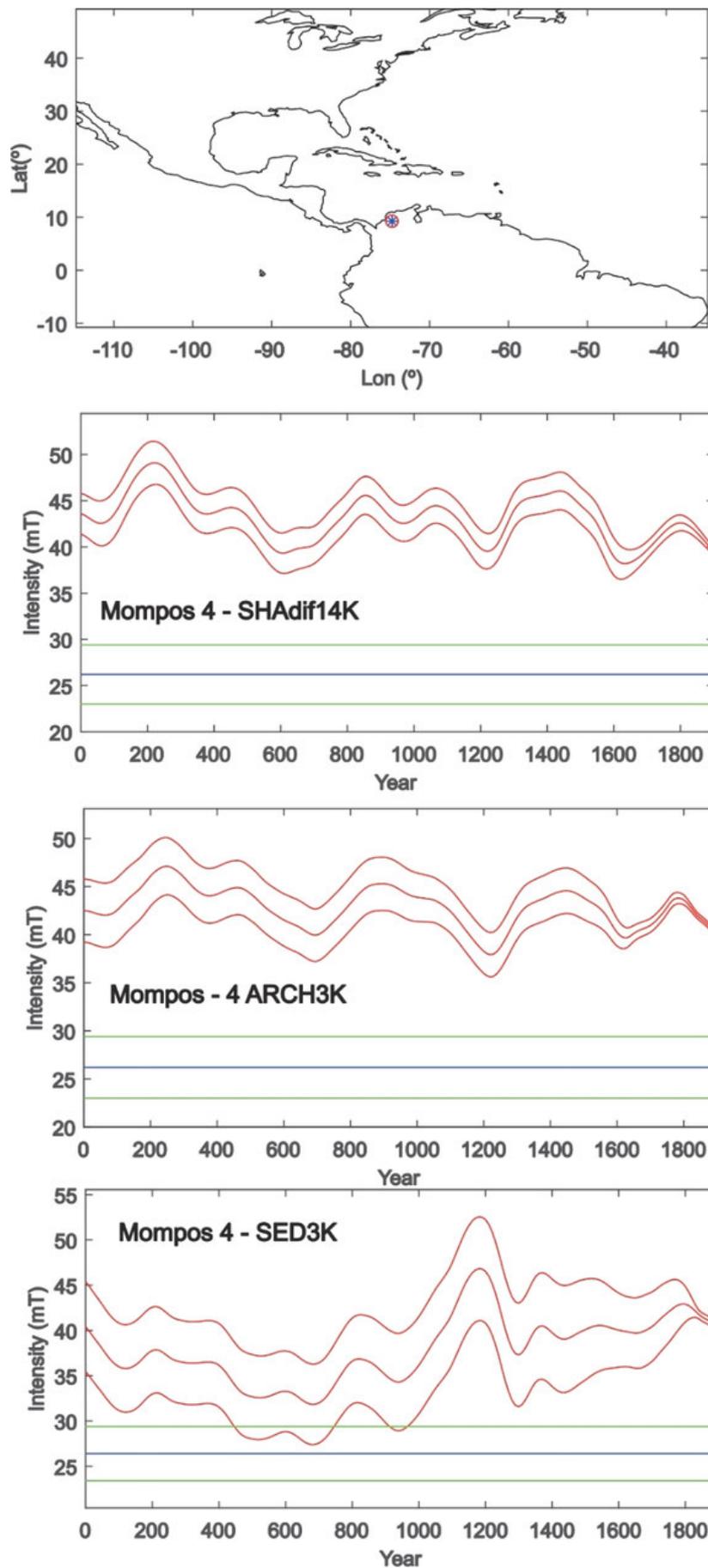


Figura 7. Intento de datación arqueomagnética (Pavón-Carrasco *et al.* 2011 y 2014; Korte *et al.* 2009) basado en las curvas globales SHA.DIF.14k, ARCH3k y SED3k.

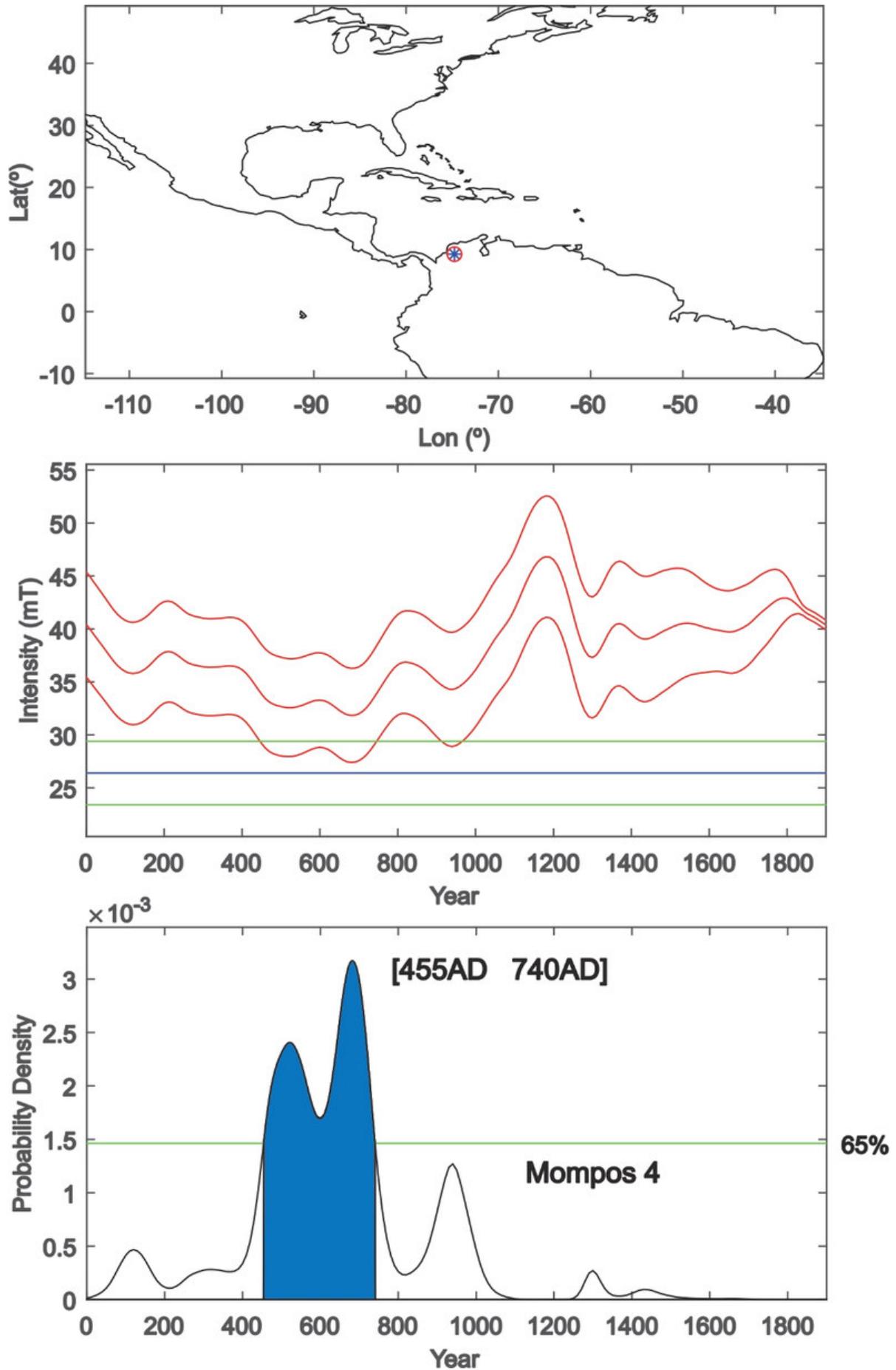


Figura 8. Ejemplo de la datación arqueomagnética usando el modelo SED3k.

Tabla 3. Resumen de edades radiométricas y arqueomagnéticas obtenidas de fragmentos cerámicos de la depresión momposina.

Fragmento	Número	Edad radiométrica AP	Intervalos calibrados d. C.	Intervalos arqueomagnéticos d. C.
SP-8854	1	1450 ± 30	cal. 560-650	463-587 / 611-733
SP-8857	2			475-558 / 635-723
SP-6537	3	1410 ± 30	cal. 600-660	428-764 /898-976
SP-6423	4			455-740
SP-6574	5			472-563 / 632-726
SP-7582	7	1400 ± 30	cal. 605-665	470-566 / 629-729
SP-18546	8	70 ± 30	cal. 1690-1730	430-762 / 901-975
SP-27008	10	1260 ± 30	cal. 660-735	462-587 / 611-733

teradministrativo UN-DNP 2012: 3-4). Geomorfológicamente, la región de la depresión momposina está conformada por suelos de planicie aluvial, valle, *lomerío*, piedemonte y montaña.

La composición mineralógica de la arcilla de todos los suelos estudiados en la depresión momposina (departamento de Sucre) indica presencia de caolinita en un 20 % y montmorillonita en niveles superiores al 50 %; esta última es muy rica en magnesio y calcio. La vermiculita, muy parecida en sus propiedades químicas a la montmorillonita, tiene una distribución más restringida localizada en algunos sectores de *lomerío* y valles. Finalmente, están las micas, con porcentajes del 15 % en todos los suelos.

Por otro lado, los minerales (arena) más abundantes en los suelos de la región son el cuarzo (más de un 50 %) y, en menor proporción, los feldspatos (con morfología prismática y superficies corroídas propias del intemperismo químico), piroxenos, anfíboles, epidota, circón, turmalina (aporta boro) y moscovita (aporta potasio). La mayoría de los suelos de la llanura *fluviodeltaica* contienen cantidades medias de magnesio y calcio y medias a bajas de potasio (IGAC 1998). Es importante resaltar que los suelos de *lomerío* ubicados hacia el occidente de la planicie aluvial son descritos como Q1-1: arcillas, turbas y arcillo-arenas, localmente lentes de gravas y/o diatomitas, sedimentos *aluvio-lacustres*. Este dato es relevante, ya que en los resultados realizados por CIDEMAT para el análisis de FTIR

para ambas muestras, se registra que en la matriz se encuentra tierra diatomácea rica en SiO₂. Con respecto a la matriz, se pudo identificar que ambas muestras están compuestas por un silicoaluminato rico en hierro, con diferentes proporciones de estos tres elementos; sin embargo, la matriz de la muestra 1002 es un poco más compleja, pues tiene presente otros elementos como fósforo y potasio. La apariencia física y el color de ambas matrices fueron muy similares entre sí. El espectro de difracción de rayos X verifica que la muestra 1002 es mucho más compleja que la 1007. Aunque los ajustes permiten identificar los nombres de algunos minerales, tales como óxidos de magnesio (MgO) y vermiculita, es posible que también se trate de otros compuestos que son mezclas complejas de distintos óxidos ya identificados (Rojas 2016).

En los fragmentos analizados de nueve cerámicas de la Unidad de Exploración 1 (UR-100, SP-8854 y SP-8857) se observan valores relativamente altos de Fe y Ti y bajos de K, sugiriendo la presencia de silicatos máficos, o bien de óxidos de hierro. Este contenido químico puede estar asociado a la presencia de piroxenos, anfíbol, granate, biotita, rutilos y esfenas en los sedimentos utilizados en la manufactura de las cerámicas. El contenido de K en los fragmentos es muy bajo, sugiriendo que este ha sido lixiviado durante el proceso de manufactura. La concentración de V, Ni, Cu, Zn, Cr y Zr muestra mayor variación en las muestras analizadas, lo cual puede asociarse a la diferencia en los ban-

cos de arcilla utilizados para obtener las cerámicas, a diferentes procesos de fabricación, o bien a la presencia de pigmentos.

Los estudios arqueomagnéticos en general son aún muy escasos en territorio colombiano. En ausencia de una curva maestra de referencia regional, se intentó emplear el modelo global SHA.DIF.14k, elaborado a partir del análisis de materiales portadores de magneti-

zación termorremanente (rocas ígneas y artefactos arqueológicos quemados). Sin embargo, el ejercicio de datación mediante este modelo arrojó datos aberrantes, no así con el uso de la curva sedimentaria SED3k. Es importante resaltar que el empleo de datos sedimentarios no es ideal. Por lo tanto, el esfuerzo debe encaminarse hacia la obtención de la curva maestra de referencia para Colombia y áreas adyacentes.

Agradecimientos

El equipo de investigación de la Universidad de Antioquia agradece a la Vicerrectoría de Investigación de la UdeA y al CODI el apoyo financiero para el desarrollo de la investigación «Economías de subsistencia y aprovechamiento de recursos. Investigación arqueológica en el área de influencia del caño Rabón (Depresión Momposina)» de la convocatoria programática. Este trabajo fue apoyado por los proyectos CONACYT n.º 252149 y UNAM-PAPIIT n.º IN101920.

BIBLIOGRAFÍA

- BERKOVICH, C. S., A. GOGUITCHAICHVILI, G. A. PEÑA LEÓN, J. MORALES. 2017. Primeros resultados de arqueointensidades de Colombia: sitios prehispánicos en el valle del río Magdalena (Honda-Tolima y Puerto Bogotá-Cundinamarca). *Arqueología Iberoamericana* 33: 10-17. <https://purl.org/aia/332>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1319091>. Publicado también en *Avances en Arqueomagnetismo y Geofísica Aplicada* I, ed. A. Goguitchaichvili, pp. 54-61, *Advances in Archaeology* 4 (2018).
- BERRÍO, J. C., A. BOOM, P. J. BOTERO, L. F. HERRERA, H. HOOGHIEMSTRA, F. ROMERO, G. SARMIENTO. 2001. Multidisciplinary evidence of the Holocene history of a cultivated floodplain area in the wetlands of northern Colombia. *Vegetation History and Archaeobotany* 10, 3: 161-174.
- BLAND, C. A., A. L. ROBERTS, R. S. POPELKA-FILCOFF, C. M. SANTORO, C. CARTER, J. W. BENNETT, A. STOPIC. 2017. 1500 Years of Pottery: Neutron Activation Analysis of Northern Chilean Domestic Ceramics from Caleta Vitor and Clay Samples from Nearby Valley, Coast and Highland Contexts. *Archaeometry* 59, 5: 815-833.
- BRAY, T. L., L. D. MINC, M. C. CERUTI, J. A. CHÁVEZ, R. PEREA, J. REINHARD. 2005. A compositional analysis of pottery vessels associated with the Inca ritual of *capacocha*. *Journal of Anthropological Archaeology* 24, 1: 82-100.
- CEJUDO, R., A. GOGUITCHAICHVILI, F. MONTEJO, R. GARCÍA RUIZ, A. BOTIVA, J. MORALES. 2019. First archaeomagnetic results from Colombia (the Bogotá Savanna Pre-Hispanic sites): Implications for the Caribbean absolute geomagnetic intensity variation curve. *Journal of Archaeological Science: Reports* 26: 101898.
- CHAPDELAINE, C., R. MINEAU, S. UCEDA. 1997. Estudio de los pigmentos de la cerámica ceremonial moche con ayuda de un microscopio electrónico de barrido. *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 26, 2: 229-245.
- CHILDS, S. T. 1991. Style, technology, and iron smelting furnaces in Bantu-speaking Africa. *Journal of Anthropological Archaeology* 10: 332-359.
- COE, R. S., S. GROMMÉ, E. A. MANKINEN. 1978. Geomagnetic paleointensities from radiocarbon-dated lava flows on Hawaii and the question of the Pacific nondipole low. *Journal of Geophysical Research* 83, B4: 1740-1756. <https://doi.org/10.1029/JB083iB04p01740>.
- COGSWELL, J. W., H. NEFF, M. GLASCOCK. 1996. The Effect of Firing Temperature on the Elemental Characterization of Pottery. *Journal of Archaeological Science* 23, 2: 283-287.
- CONVENIO INTERADMINISTRATIVO UN-DNP. 2012. *Estudios, análisis y recomendaciones para el Ordenamiento Ambiental y el Desarrollo Territorial de La Mojana. Anexo 3-1: Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial en La Mojana*. Informe Final (págs. 1-32). Departamento Nacional de Planeación n.º 336/2011. Universidad Nacional de Colombia.
- FEELY, A. 2012. El concepto de estilo tecnológico cerámico y su aplicación en un caso de estudio: los grupos formativos del oeste de Tinogasta (Catamarca). *Arqueología* 18: 49-75.

- FREESTONE, I. C., A. P. MIDDLETON. 1987. Mineralogical applications of the analytical SEM in archaeology. *Mineralogical Magazine* 51, 359: 21-31.
- GARCÍA-HERAS, M., M. J. BLACKMAN, R. FERNÁNDEZ-RUIZ, R. L. BISHOP. 2001. Assessing Ceramic Compositional Data: A Comparison of Total Reflection X-ray Fluorescence and Instrumental Neutron Activation Analysis on Late Iron Age Celtiberian Ceramics. *Archaeometry* 43, 3: 325-347.
- GHEZZI, I. 2011. El análisis composicional en el estudio de la producción y distribución de la cerámica prehispánica. *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 40, 1: 1-29.
- GLASCOCK, M. D., H. NEFF, K. J. VAUGHN. 2004. Instrumental Neutron Activation Analysis and Multivariate Statistics for Pottery Provenance. *Hyperfine Interactions* 154: 95-105.
- GOGUITCHAICHVILI, A., ED. 2018. *Avances en Arqueomagnetismo y Geofísica Aplicada I = Advances in Archaeology* 4. Graus. <https://www.laiesken.net/advances/volume/04>.
- GOGUITCHAICHVILI, A., C. GRECO, R. GARCÍA RUIZ, L. PEREYRA DOMINGORENA, R. CEJUDO, J. MORALES, C. GOGORZA, C. SCATTOLIN, M. TARRAGÓ. 2019. First archaeointensity reference paleosecular variation curve for South America and its implications for geomagnetism and archaeology. *Quaternary Research* 92, 1: 81-97. <https://doi.org/10.1017/qua.2018.119>.
- GOSSELAIN, O. 2000. Materializing Identities: An African Perspective. *Journal of Archaeological Method and Theory* 7: 187-217.
- HERON, C., R. P. EVERSLED. 1993. The Analysis of Organic Residues and the Study of Pottery Use. *Archaeological Method and Theory* 5: 247-284.
- HERRERA, L. F., J. C. BERRÍO. 1998. Vegetación natural y acción antrópica de los últimos 1000 años en el sistema prehispánico de canales artificiales del Caño Carate en San Marcos (Sucre, Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 2, 2: 35-43.
- HERRERA, L. F., G. SARMIENTO, F. ROMERO, P. J. BOTERO, J. C. BERRÍO. 2001. Evolución Ambiental de la Depresión Momposina (Colombia) desde el Pleistoceno Tardío a los Paisajes Actuales. *Geología Colombiana* 26: 95-121. <http://www.bdigital.unal.edu.co/32190/1/31562-114795-1-PB.pdf>.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 1998. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Sucre. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia.
- KORTE, M., F. DONADINI, C. G. CONSTABLE. 2009. Geomagnetic field for 0-3 ka: 2. A new series of time-varying global models. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 10, 6: 1-24.
- LECHTMAN, H. 1977. Style in Technology: Some Early Thoughts. En *Material Culture: Styles, Organization, and Dynamics of Technology*, eds. H. Lechtman, R. S. Merrill, pp. 3-20. American Ethnological Society.
- LEMONNIER, P. 1992. *Elements for An Anthropology of Technology*. Anthropological Papers 88. Museum of Anthropology, University of Michigan. Ann Arbor, Michigan.
- MAKOWSKI, K. 2002. Power and Social Ranking at the End of the Formative Period: The Lower Lurin Valley Cemeteries. En *Andean Archaeology I: Variations in Sociopolitical Organization*, eds. W. H. Isbell, H. Silverman, pp. 89-120. Boston: Springer.
- MIDDLETON, A. 1997. Ceramic Petrography. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, Supl. 2: 73-79.
- MORALES, J., A. GOGUITCHAICHVILI, G. ACOSTA, T. GONZÁLEZ-MORÁN, L. ALVA-VALDIVIA, J. ROBLES-CAMACHO, M. S. HERNÁNDEZ-BERNAL. 2009. Magnetic properties and archeointensity determination on Pre-Columbian pottery from Chiapas, Mesoamerica. *Earth, Planets and Space* 61: 83-91. <https://doi.org/10.1186/BF03352887>.
- MORALES, J., A. GOGUITCHAICHVILI, L. SÁNCHEZ-BETUCCI, I. CAPDEPONT, A. GOGUITCHAICHVILI. 2019. Estudio arqueomagnético de cerámicas del Holoceno elaboradas por sociedades indígenas del Uruguay. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 71, 2: 481-495.
- PARSONS, J. J. 1966. Los campos de cultivo pre-hispánicos del Bajo San Jorge. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 12, 48: 149-158.
- PAVÓN-CARRASCO, F. J., J. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, M. L. OSETE, J. M. TORTA. 2011. A Matlab tool for archaeomagnetic dating. *Journal of Archaeological Science* 38, 2: 408-419.
- PAVÓN-CARRASCO, F. J., M. L. OSETE, J. M. TORTA, A. DE SANTIS. 2014. A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data. *Earth and Planetary Science Letters* 388: 98-109.
- PLAZAS, C., A. M. FALCHETTI. 1981. *Asentamientos prehispánicos en el bajo río San Jorge*. Bogotá: Litografía Arco.

- PLAZAS, C., A. M. FALCHETTI, J. SÁENZ, S. ARCHILA. 1993. *La sociedad hidráulica zenú. Estudio arqueológico de 2.000 años de historia en las llanuras del Caribe colombiano*. Bogotá: Banco de la República.
- POLVORINOS DEL RÍO, A., L. GARCÍA SANJUÁN, V. HURTADO PÉREZ, M. J. HERNÁNDEZ ARNEDEO. 2005. Bronze Age ceramics in southwest Spain: An exploratory archaeometric study of technology and function. *Geoarchaeology* 20, 3: 263-284.
- RIVERO-MONTERO, M., J. C. PÉREZ-FUENTES, M. L. OSETE, F. J. PAVÓN-CARRASCO, A. PALENCIA-ORTAS, A. MOLINA-CARDÍN, S. A. CAMPUZANO, A. ADSUAR, A. MARTÍN-LÓPEZ, D. REYES, E. DELSO-CALCERRADA. 2016. La datación arqueomagnética en España: fundamentos, estado actual y perspectivas de futuro. Trabajo presentado a la 9.^a Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica, 28 al 30 de junio de 2016. Madrid.
- ROJAS, S. 2010. Análisis espacial y patrones de asentamiento en el bajo río San Jorge (Caribe colombiano). *Boletín de Antropología* 24, 41: 283-305.
- ROJAS, S. 2010. *Patrones de asentamiento y organización política en el bajo río San Jorge (Caribe colombiano)*. Disertación doctoral. México: UNAM.
- ROJAS, S. 2016. *Economía y producción alfarera. Trayectorias del cambio social en la Depresión Momposina. Investigación arqueológica del poblado San Pedro, área de influencia del Caño Rabón*. Informe de investigación. Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH), Colombia.
- ROJAS, S., F. MONTEJO. 2006. Manejo del espacio y aprovechamiento de recursos en la depresión momposina, bajo río San Jorge. En *Agricultura ancestral. Camellones y albarradas: contexto social, usos y retos del pasado y del presente*, ed. F. Valdez, pp. 81-91. Ecuador: Ediciones Abya-Yala.
- ROJAS, S., F. MONTEJO. 2015. Análisis espacial del sitio arqueológico San Pedro, ubicado en el bajo río San Jorge, Caribe colombiano. *Revista Colombiana de Antropología* 51, 2: 339-363.
- ROUX, V. 2011. Anthropological Interpretation of Ceramic Assemblages: Foundations and Implementations of Technological Analysis. En *Archaeological Ceramics: A Review of Current Research*, ed. S. Scarcella. BAR International Series.
- SHIMADA, I., W. HÄUSLER, T. HUTZELMANN, U. WAGNER, J. RIEDERER. 2003. Early pottery making in northern coastal Peru. Part III: Mössbauer study of Sican pottery. *Hyperfine Interactions* 150, 1-4: 107-123.
- SMITH, D. G. 1986. Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena river, Northwestern Colombia, South America. *Sedimentary Geology* 46, 3-4: 177-196.
- STARK, M. T. 1999. Social Dimensions of Technical Choice in Kalinga Ceramic Traditions. En *Material Meanings: Critical Approaches to the Interpretation of Material Culture*, ed. E. S. Chilton, pp. 24-43. University of Utah Press.
- STOLTMAN, J. B., J. MARCUS, K. V. FLANNERY, J. H. BURTON, R. G. MOYLE. 2005. Petrographic evidence shows that pottery exchange between the Olmec and their neighbors was two-way. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 32: 11213-11218.
- THELLIER, E., O. THELLIER. 1959. Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique. *Annales de Géophysique* 15: 285-376.
- TITE, M. S., V. KILIKOGLU, G. VEKINIS. 2001. Strength, Toughness and Thermal Shock Resistance of Ancient Ceramics, and their Influence on Technological Choice. *Archaeometry* 43, 3: 301-324.
- VAN DER HAMMEN, T. 1986. Fluctuaciones holocénicas del nivel de inundaciones en la cuenca del Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge (Colombia). *Geología Norandina* 10: 11-18.
- VAUGHN, K. J., H. NEFF. 2000. Moving Beyond Iconography: Neutron Activation Analysis of Ceramics from Marcaya, Peru, an Early Nasca Domestic Site. *Journal of Field Archaeology* 27, 1: 75-90.
- VAUGHN, K., H. NEFF. 2004. Tracing the clay source of Nasca polychrome pottery: results from a preliminary raw material survey. *Journal of Archaeological Science* 31, 11: 1577-1586.
- VELÁSQUEZ, F., A. CARDONA, C. MONTES. 2019. Caracterización de minerales pesados en sedimentos activos de la cuenca del río Magdalena, Colombia: implicaciones para el análisis de procedencia en el registro fluvial. *Boletín de Geología* 41, 2: 137-147. <https://doi.org/10.18273/revbol.v41n2-2019008>.
- WIJMSTRA, T. A. 1967. A Polen Diagram from the Upper Holocene of the Lower Magdalena Valley. *Leidse Geologische Mededelingen* 39, 1: 261-267.