

RESEARCH REPORT

# ANÁLISIS ARQUEOMAGNÉTICO DE LOS FRAGMENTOS CERÁMICOS PERTENECIENTES A LA CULTURA MUISCA DE COLOMBIA PREVIAMENTE DATADOS POR RESONANCIA PARAMAGNÉTICA ELECTRÓNICA

## *Archaeomagnetic Analysis of Ceramic Sherds Belonging to the Muisca Culture from Colombia Previously Dated by Electron Paramagnetic Resonance*

*Miguel Cervantes-Solano,<sup>1</sup> Ali D. Öcal,<sup>2</sup> Rubén Cejudo,<sup>1</sup> Avto Gogitchaichvili,<sup>1</sup> Juan Morales<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, Unidad Michoacán, UNAM, México

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Antropología  
(✉ [miguel\\_cervantes@enesmorelia.unam.mx](mailto:miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx))

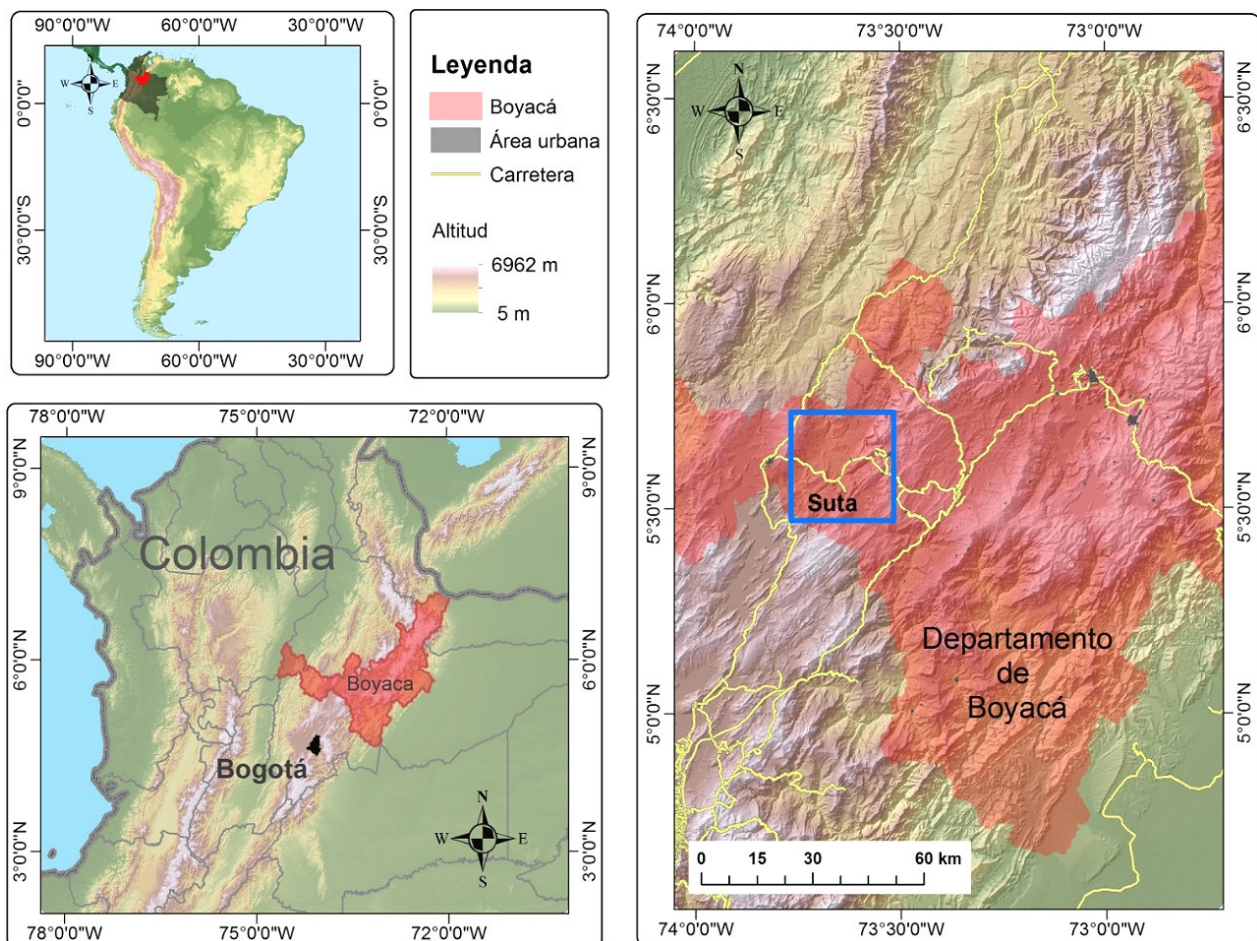


Figura 1. Ubicación del sitio arqueológico de Suta, valle de Leyva, en Boyacá, Colombia.

*Recibido: 13/6/2024. Aceptado: 9/7/2024. Publicado: 20/7/2024.*

**RESUMEN.** En la actualidad existen deficiencias significativas acerca de la cronología absoluta en las investigaciones del periodo muisca. Recientemente, se ha realizado un estudio pionero en Colombia empleando el método de la resonancia paramagnética electrónica (RPE) con el fin de datar fragmentos cerámicos, obteniendo edades entre 665 y 1049 DC para los periodos temprano y tardío, respectivamente. En el presente trabajo se presentan nuevas fechas absolutas obtenidas mediante datación arqueomagnética realizada sobre fragmentos cerámicos y se comparan estas nuevas edades con las obtenidas mediante RPE, además de aportar nuevos datos absolutos a la cronología de la cultura muisca. Las muestras cerámicas que corresponden al periodo Muisca Temprano se caracterizaron por una alta inestabilidad magnética observada en las curvas termomagnéticas, por lo que estas muestras fueron descartadas para los experimentos de arqueointensidad y no fue posible obtener sus probables intervalos cronológicos. En cambio, seis especímenes de la cerámica muisca asociada al periodo tardío proporcionaron fechas fiables, arrojando un marco temporal entre 810 y 1005 DC, el cual concuerda con la determinación realizada mediante RPE bajo incertidumbre. Aceptando estas nuevas estimaciones sobre la datación del sitio, parece insostenible la clasificación temporal actual para el periodo Muisca Tardío (1200-1600 DC). Por lo anterior, resulta indispensable reconsiderar y actualizar las fases cronológicas para la cultura muisca a partir del análisis de distintos fragmentos cerámicos provenientes de otras excavaciones.

**PALABRAS CLAVE.** Arqueointensidad, propiedades magnéticas, datación, cerámica, muisca, Suta, Colombia.

**ABSTRACT.** Currently, there are significant deficiencies in the absolute chronology of research on the Muisca period. Recently, a pioneering study has been carried out in Colombia using the electron paramagnetic resonance (EPR) method for dating ceramic sherds, obtaining ages between AD 665 and 1049 for the early and late periods, respectively. This paper presents new absolute dates obtained by archaeomagnetic dating on ceramic fragments and compares these new ages with those obtained by EPR, in addition to providing new absolute data to the chronology of the Muisca culture. The ceramic samples corresponding to the Early Muisca period were characterized by a high magnetic instability observed in the thermomagnetic curves, so these samples were discarded for the archaeointensity experiments and it was not possible to obtain their probable chronological intervals. In contrast, six specimens of pottery associated with the Late Muisca period provided reliable dates, yielding a time frame between AD 810 and 1005, which is consistent with the determination made by EPR under uncertainty. Accepting these new estimates on the dating of the site, the current temporal classification for the Late Muisca period (AD 1200–1600) seems unsustainable. Therefore, it is essential to reconsider and update the chronological phases for the Muisca culture based on the analysis of different ceramic sherds from other excavations.

**KEYWORDS.** Archaeointensity, magnetic properties, dating, pottery, Muisca, Suta, Colombia.

## INTRODUCCIÓN

El yacimiento arqueológico muisca de Suta está ubicado en el valle de Leyva, cerca del municipio de Sutamarchán, Departamento de Boyacá, Colombia. Situado a 5° 61' de latitud norte y 73° 59' de longitud este, tiene una altitud de aproximadamente 2100 m sobre el nivel del mar y se localiza a 170 km al norte de Bogotá (figura 1).

Suta es uno de los dos centros demográficos que, junto con El Infiernito, se consolidaron durante el Muisca Temprano en la secuencia cultural del valle de Leyva. Es un centro caciquil con información detallada a nivel de la comunidad (Henderson y Ostler 2005; González 2013; Langebaek 2001). Por sus características especiales, Suta ha sido y es uno de los sitios arqueo-

lógicos más importantes y particulares del mundo muisca. En las excavaciones anteriores (Henderson y Ostler 2005; Fajardo 2011) se identificaron 102 unidades domésticas, de las cuales 58 representaban al Muisca Temprano (1000-1200 DC) y las 54 restantes estaban vinculadas al periodo Muisca Tardío (1200-1600 DC). Entre estas unidades domésticas solamente 10 fueron ocupadas durante los dos periodos y estaban dispersas por el yacimiento.

La tipología cerámica para el municipio de Sutamarchán de Boyacá, relacionada con los periodos Muisca Temprano y Muisca Tardío, fue precisada por Falchetti (1975).

Las cerámicas utilizadas en este estudio representan a dos tipos conocidos como «Suta Arenoso» y «Suta Naranja Pulido».

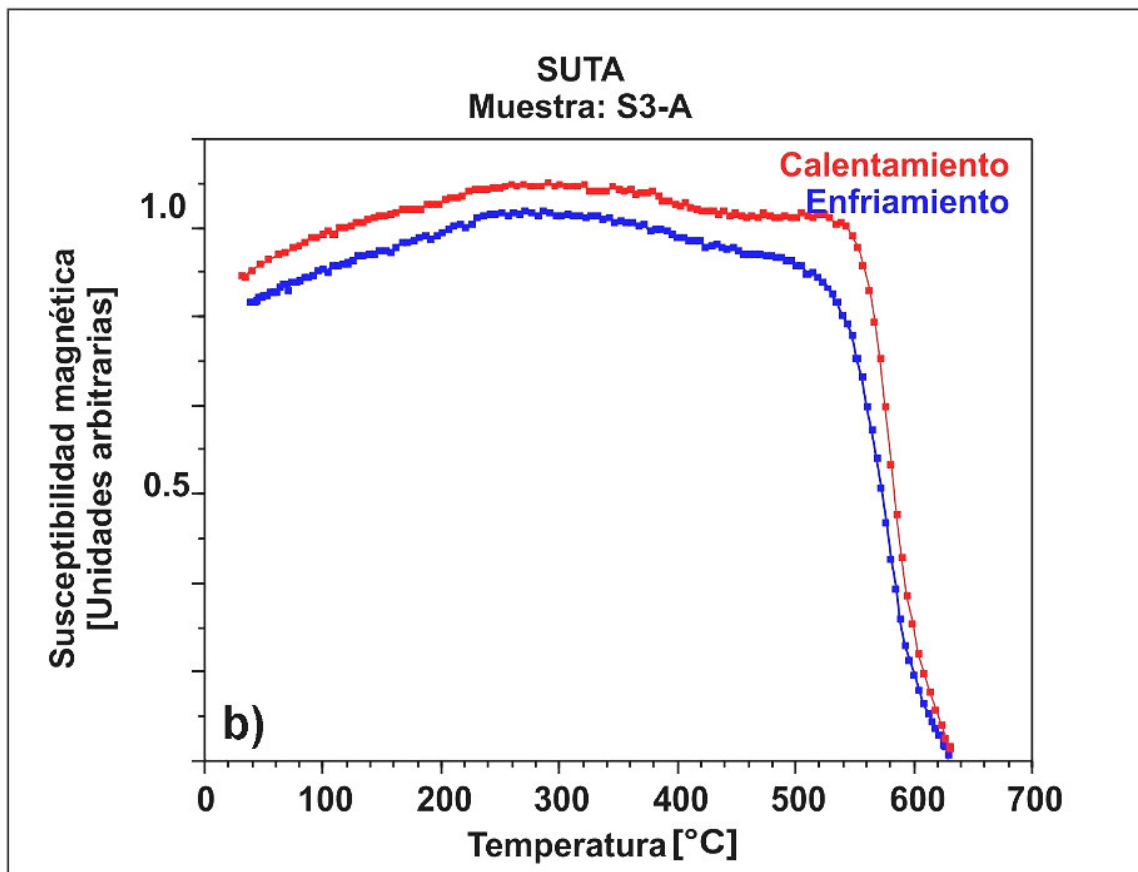
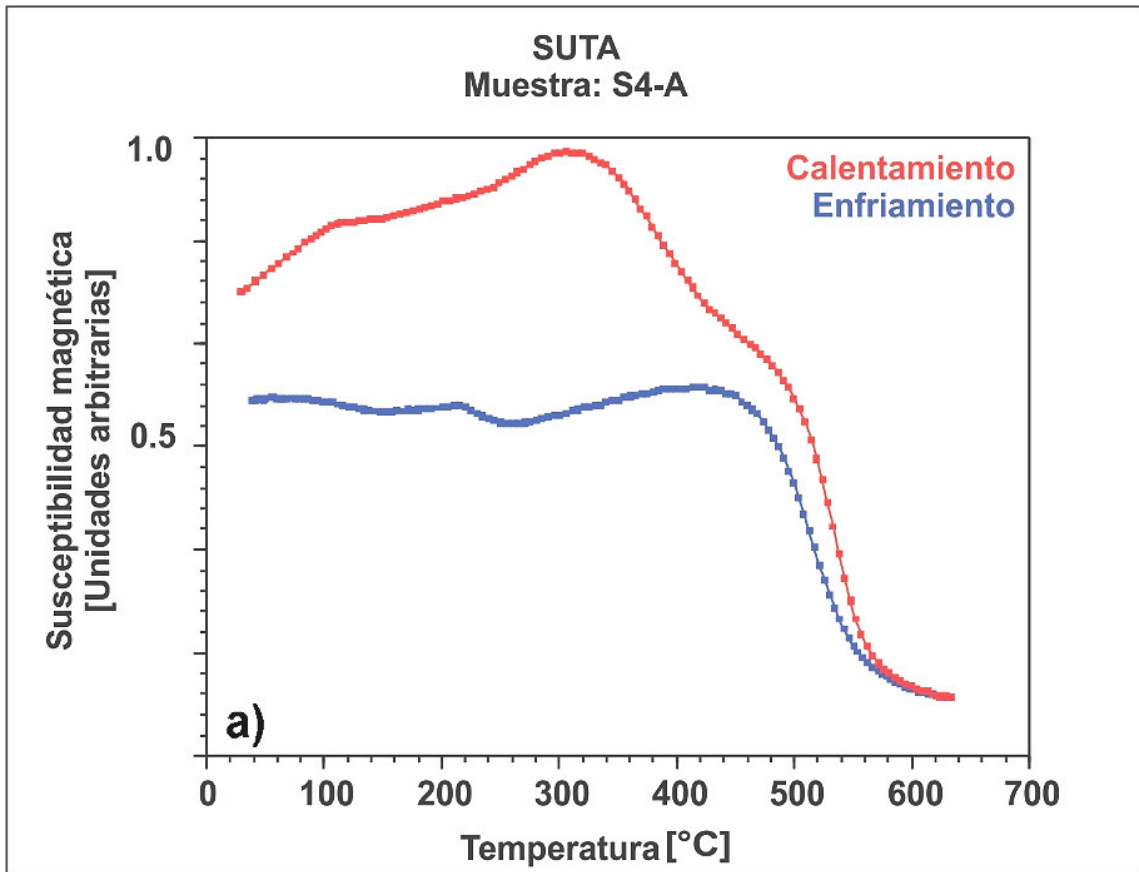


Figura 2. Susceptibilidad magnética en función de la temperatura de fragmentos cerámicos representativos correspondientes al periodo Muisca Temprano (a) y Muisca Tardío (b).



Tabla 1. Determinación de arqueointensidades absolutas consideradas técnicamente aceptables (ver texto para mayores detalles). T1-T2: intervalo de temperatura en °C involucrado en la determinación; N: cantidad de puntos pares NRM-TRM; f: fracción de la NRM; g: factor de espaciamiento; q: factor de calidad del espécimen; F(an): intensidad del CMT antiguo y su error asociado correspondiente.

Código Lab	N	T1-T2, °C	f	g	q	F(an), $\mu\text{T}$
ST001A	12	200-575	0.84	0.85	28.3	<b>58.4 ± 1.5</b>
ST002A	9	250-540	0.53	0.78	4.6	<b>52.3 ± 2.8</b>
ST003A	12	200-575	0.77	0.84	22.5	<b>56.6 ± 0.9</b>
ST004A	9	250-540	0.58	0.83	26.4	<b>49.8 ± 2.1</b>
ST008A	8	300-540	0.69	0.83	12.1	<b>54.1 ± 0.8</b>
ST009A	10	200-515	0.71	0.87	23.6	<b>51.3 ± 1.1</b>

De los dos tipos cerámicos establecidos, el tipo «Suta Arenoso» corresponde al Muisca Temprano y el «Suta Naranja Pulido» pertenece al periodo Muisca Tardío, los cuales fueron tomados como la base de nuestra investigación.

Los fragmentos de las cerámicas que fueron recolectadas en el sitio Suta, utilizadas en el desarrollo de este proyecto, también concuerdan con la descripción de Falchetti (1975) y presentaban todas las características de las cerámicas de estos dos periodos.

La pasta de la cerámica del Muisca Temprano del tipo «Suta Arenoso» muestra una textura que varía desde media hasta muy gruesa, maciza, claramente irregular con poros causados por la arena utilizada como desgrasante (Falchetti 1975); y el color de sus fragmentos presenta generalmente tonalidades de anaranjado.

La cerámica del tipo cerámico «Suta Naranja Pulido» del periodo Muisca Tardío presenta una textura granulosa y levemente esponjosa de la pasta. La arena de río de grano fino fue utilizada como desgrasante. Son predominantes las tonalidades del color anaranjado en los fragmentos, pero también se observan otros colores como crema, carmelita y gris.

Öcal y colaboradores (2024) realizaron un estudio pionero en Colombia empleando el método de la resonancia paramagnética electrónica (RPE) con la finalidad de datar fragmentos cerámicos. Se reportaron dos edades absolutas:  $665.3 \pm 130$  y  $1048.8 \pm 110$  DC.

Estos resultados apuntan a un largo periodo de asentamiento de aproximadamente 380 años. Dichos autores establecen que la primera fecha correspondería al periodo Muisca Temprano (presuntamente entre 800-1200 DC), mientras que la segunda datación pertenecería posiblemente al periodo Muisca Tardío (1200-1600 DC).

El objetivo de este trabajo es, por un lado, a partir de una aproximación experimental, obtener nuevas edades y compararlas con las obtenidas mediante RPE y, por otro lado, aportar nuevos datos cronológicos absolutos de las muestras pertenecientes a la cultura muisca.

## PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

Se realizaron experimentos de susceptibilidad magnética en función de la temperatura (figura 2) con dos objetivos. El primero consiste en establecer la mineralogía magnética de las muestras mediante la determinación de los puntos de Curie, y el segundo en seleccionar las muestras más adecuadas (estables térmica y magnéticamente para los experimentos de arqueointensidad tipo Thellier (Thellier y Thellier 1959; Coe *et al.* 1978). Estos registros, también conocidos como curvas k-T, fueron obtenidos mediante el *susceptibilímetro* AGICO *Kappabridge* MFK1 equipado con el horno. Las muestras se trituraron con un mortero de ágata y luego fueron calentadas hasta los 630 °C a un ritmo de 15 °C por minuto; posteriormente fueron enfriadas al mismo ritmo hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Los experimentos de paleointensidad se llevaron a cabo utilizando un desmagnetizador térmico ASC-TD48 equipado con bobinas para producir campos magnéticos directos.

La magnetización remanente se midió empleando el magnetómetro de giro AGICO JR6. Para estos experimentos fueron marcados arbitrariamente los pequeños fragmentos de cerámica para crear una orientación de referencia.

Posteriormente, cada fragmento de cerámica se dividió en seis submuestras de aproximadamente  $1 \text{ cm}^3$  y

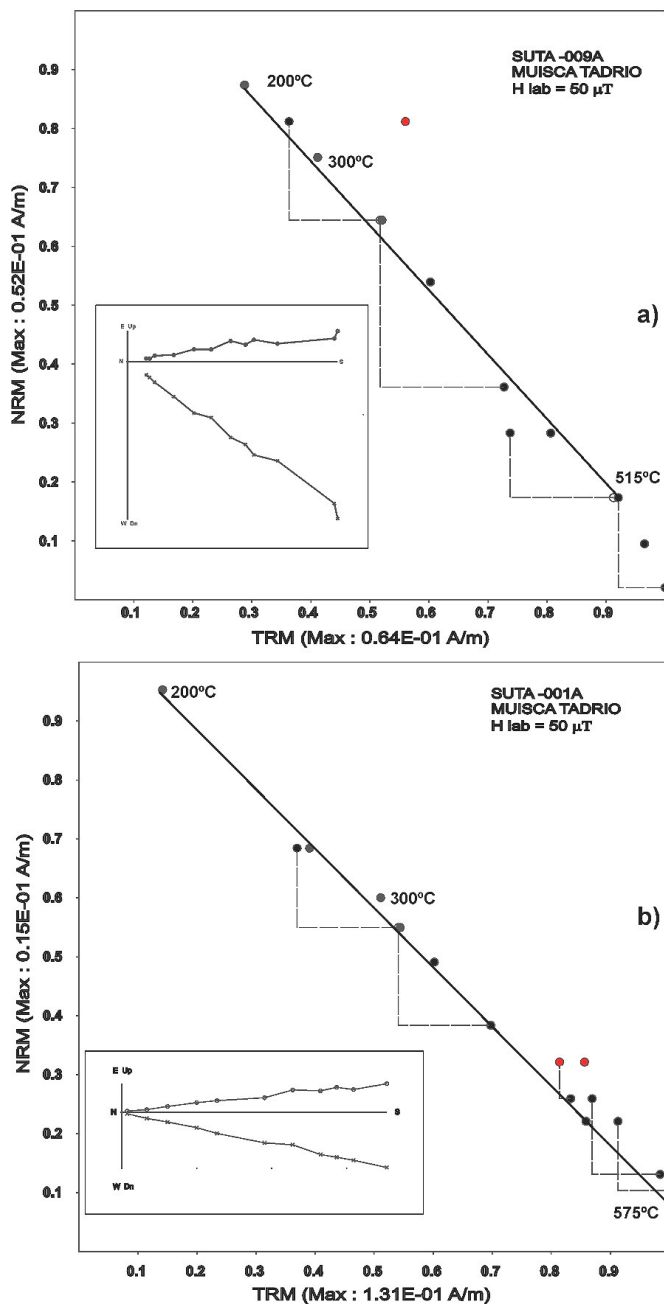


Figura 3. Diagramas de Arai-Nagata representativos de las muestras UR-52 del periodo Muisca Tardío.

se incrustaron en pastillas de sal comprimidas con una prensa hidráulica no magnética para tratarlas como núcleos cilíndricos paleomagnéticos estándar (Morales *et al.* 2009).

Para la determinación de la arqueointensidad se empleó el método de Thellier-Coe (Thellier y Thellier 1959; Coe *et al.* 1978) (figura 3).

Se distribuyeron varias temperaturas, desde la temperatura ambiente hasta un máximo de 575 °C mientras se mantenía un campo de laboratorio de 50  $\mu$ T. A lo largo de todo el experimento se registraron de cuatro a cinco calentamientos de control.

Todos los calentamientos se llevaron a cabo en presencia de aire mientras las muestras se enfriaban de forma natural con una duración de hasta siete horas.

## PRINCIPALES RESULTADOS

Las curvas termomagnéticas continuas para la muestra proveniente de la fase temprana muisca (UR-33) exhiben un comportamiento claramente irreversible (por lo tanto, inestable) entre los segmentos de calentamiento y enfriamiento (figura 2a).

Se observan dos fases magnéticas en el calentamiento y una única fase durante el enfriamiento, muy probablemente de magnetita o titanomagnetita pobre en Ti. La fase intermedia alrededor de los 350 °C contemplada en el ciclo de calentamiento posiblemente se debe a la inversión de la titanomaghemita. A juzgar por el comportamiento mostrado en las curvas termomagnéticas, estas muestras no son aptas para los experimentos de doble calentamiento tipo Thellier y, por lo tanto, no fueron seleccionadas.

Por el contrario, en los fragmentos cerámicos pertenecientes a la fase Muisca Tardía (UR52) se observó una sola fase magnética tanto en el calentamiento como durante el enfriamiento. Ambos segmentos son razonablemente reversibles (figura 2b), lo cual los califica para ser empleados en los experimentos de paleointensidad arqueomagnética absoluta. También hay evidencias de que, además de la fase magnetita casi pura, exista una pequeña fracción de hematita o miembros extremos de la solución sólida de hemoilmenitas.

Se llevaron a cabo experimentos de arqueointensidad en once especímenes, de los cuales seis arrojaron resultados técnicamente aceptables (tabla 1) según los factores de calidad descritos por Coe *et al.* (1978). En la figura 3 se muestran los diagramas de Arai-Nagata más representativos.

Las determinaciones individuales de arqueointensidad varían de  $49.8 \pm 2.1$  a  $58.4 \pm 1.5$   $\mu$ T, definiendo un promedio de  $53.8 \pm 3.3$   $\mu$ T.

La estimación del intervalo arqueomagnético más probable (figura 4) se ha realizado mediante el modelo geomagnético SHAWQ2k de Campuzano *et al.* (2019).

Si bien se observan intervalos duales, resulta obvio afirmar que la fecha de elaboración de dicho fragmento cerámico oscila entre 810 y 1005 DC, intervalo que, dentro de su incertidumbre experimental, coincide razonablemente con la datación proporcionada por RPE ( $1048.8 \pm 110$  DC).

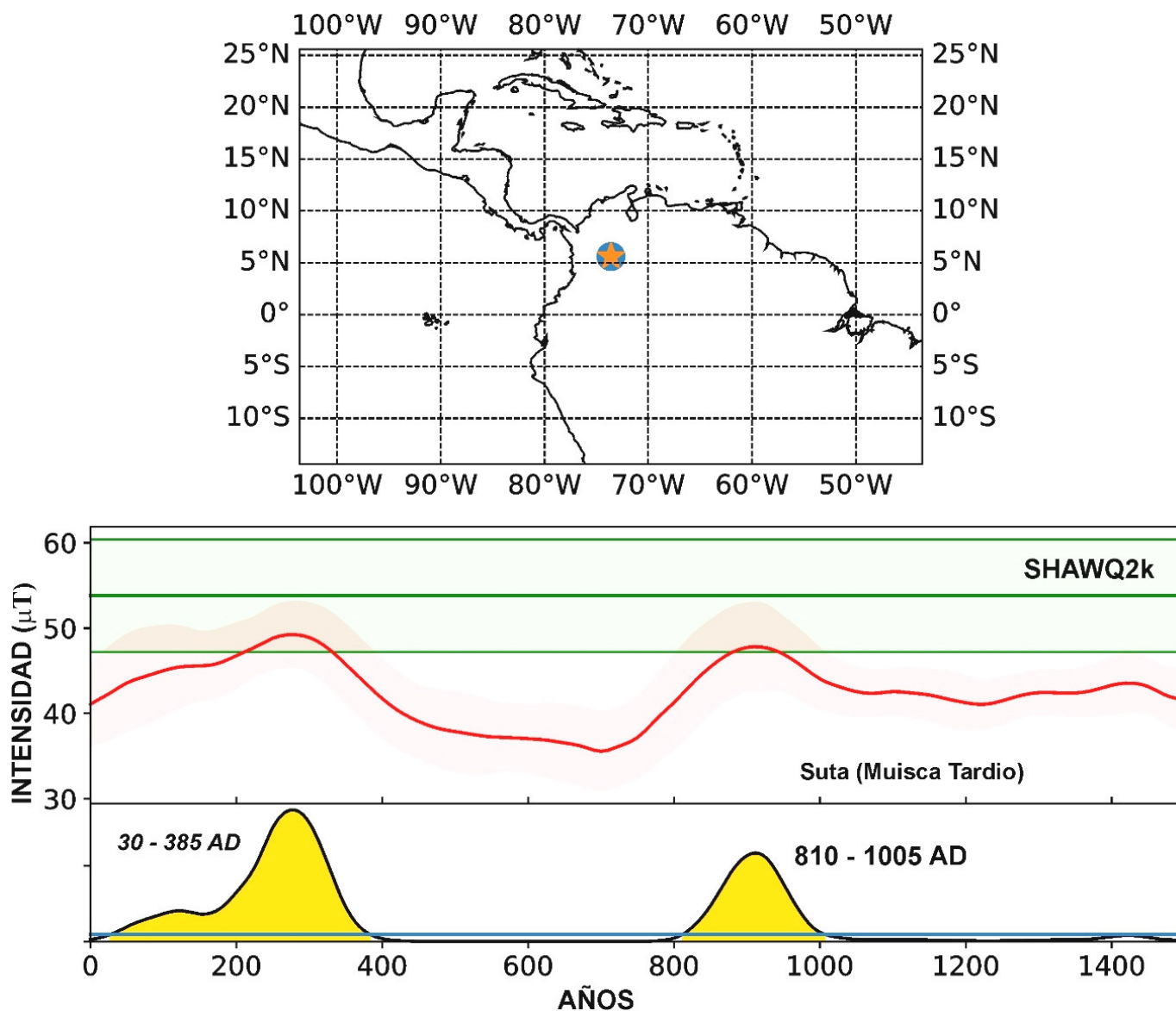


Figura 4. Ejemplo de datación de la cerámica UR52 del periodo Muisca Tardío mediante el modelo geomagnético SHAWQ2k (Campuzano *et al.* 2019). La plataforma usada para la datación es *ArchaeoPyDating*, desarrollada por Serrano y colaboradores (2024).

## CONCLUSIÓN

A la luz de estas nuevas estimaciones temporales, parece insostenible la cronología aceptada hasta hoy para el periodo Muisca Tardío (1200-1600 DC). En este contexto es necesario reconsiderar y actualizar las fases cronológicas para la cultura muisca y analizar, al mis-

mo tiempo, fragmentos cerámicos provenientes de otras excavaciones.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del proyecto UNAM-DGA-PA-PAPIIT IN100224.

## REFERENCIAS

CAMPUZANO, S. A.; M. GÓMEZ-PACCARD; F. J. PAVÓN-CARRASCO; M. L. OSETE. 2019. Emergence and evolution of the South Atlantic Anomaly revealed by the new paleomagnetic reconstruction SHAWQ2k. *Earth and Planetary Science Letters* 512: 17-26.

- 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: Solid Earth* 83, B4: 1740-1756.
- FAJARDO, S. 2011. *Jerarquía social de una comunidad en el valle de Leiva: unidades domésticas y agencia entre los siglos XI y XVII*. Bogotá: Instituto Colombiano de Arqueología e Historia.
- FAJARDO, S.; L. F. NAVARRO; J. D. MAHECHA. 2015. Población dispersa durante los periodos prehispánico y colonial en áreas de difícil acceso en límites de los valles de Sogamoso y Duitama. *Revista Colombiana de Antropología* 51, 2: 265-292.
- FALCHETTI, A. M. 1975. *Arqueología de Sutamarchán, Boyacá*. Bogotá: Banco Popular.
- GONZÁLEZ, V. 2013. Studies of the Community and Settlement Patterns at Various Scales in the Trajectories of Chiefdom Development in Colombia. En *Multiscalar Approaches to Studying Social Organization and Change in the Isthmo-Colombian Area*, edited by S. D. Palumbo, A. M. Boada, W. A. Locascio & A. C. J. Menzies, pp. 71-86. Bogotá.
- HENDERSON, H.; N. OSTLER. 2005. Muisca settlement organization and chiefly authority at Suta, Valle de Leyva, Colombia: A critical appraisal of native concepts of house for studies of complex societies. *Journal of Anthropological Archaeology* 24, 2: 148-178.
- LANGENBAEK, C. H. 2001. *Arqueología regional en el valle de Leiva: procesos de ocupación humana en una región de los Andes orientales de Colombia*. Informes Arqueológicos del Instituto Colombiano de Antropología e Historia 2. Bogotá.
- MORALES, J.; A. GOGUITCHAICHVILI; G. ACOSTA; T. GONZÁLEZ-MORAN; 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.
- ÖCAL, A. D.; M. HEMMIDA; O. ALMANZA. 2024. Datación por resonancia paramagnética electrónica (RPE) de cerámicas del sitio arqueológico de Suta, Colombia. *Arqueología Iberoamericana* 53: 10-17.
- SERRANO, M.; F. J. PAVÓN-CARRASCO; S. A. CAMPUZANO; M. L. OSETE. 2024. ArchaeoPyDating: A new user-friendly release for archaeomagnetic dating. *Archaeometry*. <<https://doi.org/10.1111/arcm.13009>>.
- THELLIER, E.; O. THELLIER. 1959. Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique. *Annales de géophysique* 15: 285-376.