

RESEARCH ADVANCE

**PRIMEROS RESULTADOS DE ARQUEOINTENSIDADES DE COLOMBIA: SITIOS PREHISPÁNICOS EN EL VALLE DEL RÍO MAGDALENA (HONDA-TOLIMA Y PUERTO BOGOTÁ-CUNDINAMARCA)**

*The First Archaeointensity Results from Colombia: Pre-Hispanic Sites Along Magdalena River (Honda-Tolima and Puerto Bogotá-Cundinamarca)*

*César S. Berkovich,<sup>1</sup> Avto Goguitchaichvili,<sup>1</sup>  
Germán A. Peña León,<sup>2</sup> Juan Morales<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM, Campus Morelia, México

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

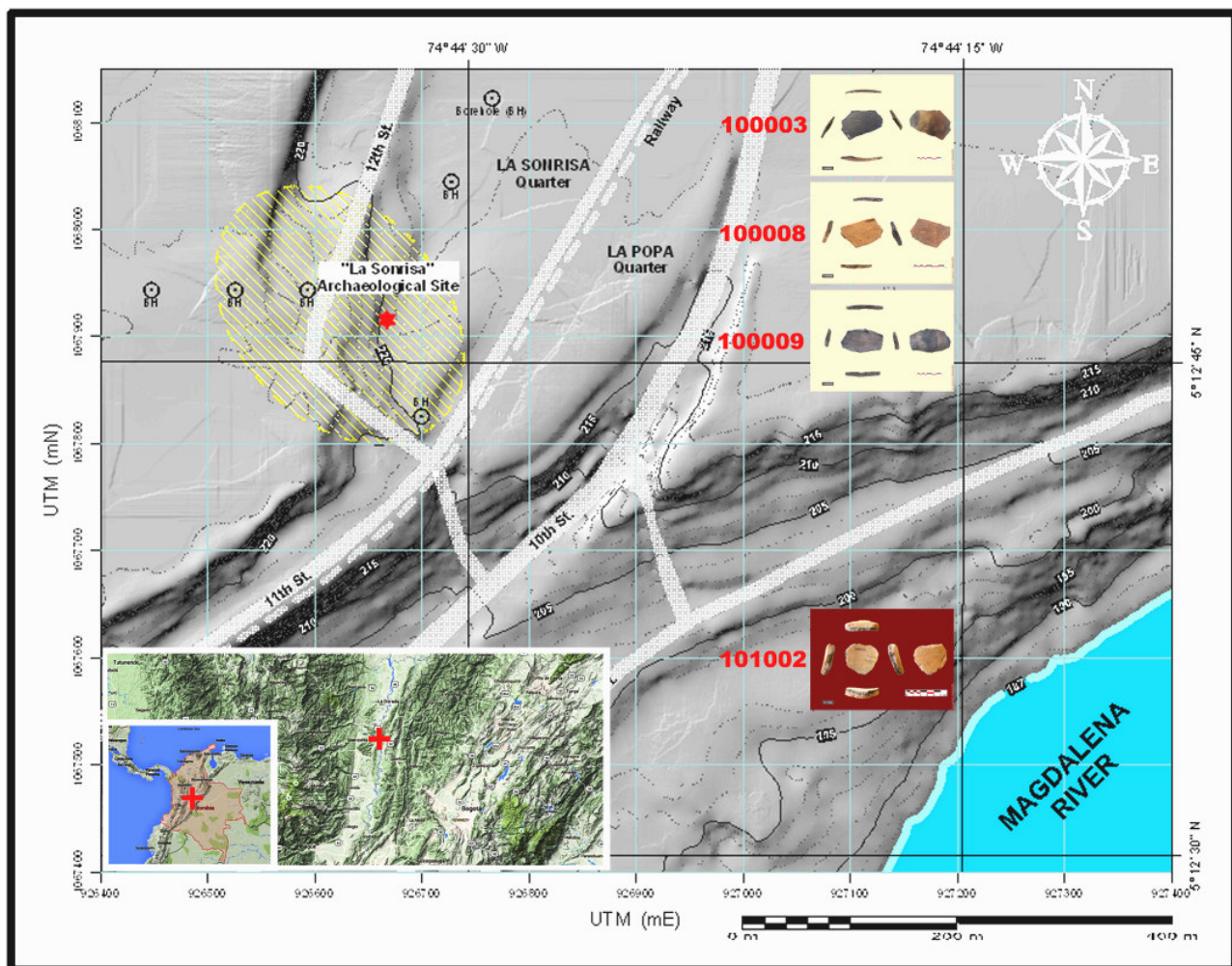


Figura 1. Sitios arqueológicos del curso medio del río Magdalena, Colombia: La Sonrisa (100000) con muestras cerámicas representativas.

*Recibido: 27-1-2017. Aceptado: 1-2-2017. Publicado: 7-2-2017.*

**RESUMEN.** Esta investigación reporta resultados de intensidad del campo geomagnético obtenidos de fragmentos cerámicos de dos sitios arqueológicos colombianos: La Sonrisa (Honda, Tolima) y La Salada (Puerto Bogotá, Cundinamarca). Se analizaron diez muestras para caracterizar la mineralogía magnética mediante las curvas de susceptibilidad magnética en función de la temperatura. Se determinaron arqueointensidades mediante experimentos tipo Thellier y se corrigieron por efectos de ritmo de enfriamiento y anisotropía magnética. La información de 60 especímenes se asoció a contextos arqueológicos con dataciones calibradas mediante el programa OxCal v4.2.4 de Ramsey y Lee (2013) y la curva atmosférica IntCal13 (Reimer et al. 2013), comparadas con modelos geomagnéticos. Los resultados son pioneros para la región porque arrojan nuevas luces para dos etapas precolombinas y el contacto con los primeros colonizadores europeos. Se pretende que los datos contribuyan a mejorar una herramienta alternativa —datación arqueomagnética— que facilite la datación directa de la zona contemplada en el presente estudio.

**PALABRAS CLAVE:** Arqueomagnetismo, cerámica prehispánica, Colombia.

**ABSTRACT.** This study reports the results of the geomagnetic field intensity retrieved from ceramic fragments of two Colombian archaeological sites: La Sonrisa (Honda, Tolima) and La Salada (Puerto Bogotá, Cundinamarca). Ten pottery fragments were analyzed to characterize the magnetic mineralogy using the susceptibility vs. temperature curves. Archaeointensities were determined by double-heating Thellier-type experiments, corrected for cooling rates and anisotropy effects. Data from 60 specimens were associated with archaeological contexts through available calibrated data using the OxCal v4.2.4 program of Ramsey and Lee (2013), the atmospheric curve IntCal13 (Reimer et al. 2013), and compared against predictions from geomagnetic models. The results may be considered as pioneering for the region because they throw new light onto two pre-Columbian episodes and the contact with the first European settlers. It is intended that the data contribute to improving an alternative tool – archaeomagnetic dating – that facilitates the direct dating of the area considered in the present study.

**KEYWORDS:** Archaeomagnetism, Pre-Hispanic pottery, Colombia.

## INTRODUCCIÓN

Los minerales magnéticos contenidos en cerámicas arqueológicas adquieren una remanencia magnética cuando se enfrían por debajo de la temperatura de Curie ( $T_c$ ); dicha termorremanencia depende de la intensidad y dirección del campo magnético terrestre (CMT) de ese instante (Thellier y Thellier 1959; Genevey y Gallet 2002). La temporalidad de dicha magnetización puede estimarse comparando los parámetros magnéticos de tales materiales con una curva maestra local de la variación magnética.

En regiones donde las variaciones pasadas del CMT y, por lo tanto, la curva maestra están bien establecidas (por ejemplo, Europa), las fechas arqueomagnéticas pueden ser tan precisas como la datación radiométrica más cara, con la ventaja de que no se depende de la disponibilidad de carbono. Tales estudios abundan en Europa, pero esca-

sean en América. Salvo algunos realizados en rocas volcánicas, son pocos los de arqueointensidad en Iberoamérica (Morales *et al.* 2009).

Los vestigios arqueológicos para los pasados 2000 años son abundantes en Colombia, pero los estudios arqueomagnéticos son casi nulos. Algunos de los precursores en otros países de Sudamérica son Goguitchaichvili *et al.* (2011) y Greco (2012), marcando la pauta para estudios de «arqueointensidad» porque no se requieren cerámicas orientadas.

Los sitios reportados en esta investigación corresponden al curso medio del río Magdalena, en las inmediaciones de Honda-Tolima y Puerto Bogotá-Cundinamarca, Colombia: La Sonrisa (Honda 1) (100000), con coordenadas 18 N 0528991 0576497 (fig. 1), del periodo Tardío (siglos XII al XVI d. C.); y La Salada (Bodegas 3) (101000), con coordenadas 18 N 0530000 0576979, del periodo Intermedio entre el Formativo Tardío y el Tardío (siglo II d. C.) (Peña 2015). Al primero correspon-

den tres momentos de la misma ocupación (L2-3, L2-1, L1-3), mientras que al segundo solo uno (tabla 1 y fig. 3).

El objetivo primordial de este trabajo es obtener las primeras determinaciones de arqueointensidad absoluta para Colombia, con la finalidad de aportar datos confiables de arqueointensidad a la incipiente curva de variación secular regional, también conocida como *curva maestra arqueomagnética*.

## CONTEXTO ARQUEOLÓGICO

En los Andes noroccidentales es común encontrar los contextos arqueológicos de carácter doméstico en pequeñas geoformas planas, distribuidas en las laderas del paisaje montañoso y valles andinos (Obregón *et al.* 2004). Ejemplo de ello es que, por medio de excavaciones o recorridos de superficie, se han registrado fragmentos cerámicos cuya distribución, en general, forma patrones vinculados con la localización y configuración de viviendas preeuropeas (Gómez y Obregón 2008). Los fragmentos corresponden, mayoritariamente, a cerámica doméstica utilitaria, presentando, en algunos casos, huellas de uso tales como hollín ahumado. En estos contextos, donde los procesos erosivos no predominan, los fragmentos se encuentran sepultados dentro de una matriz de suelo orgánico que corresponde a los horizontes superiores del perfil edáfico.

Todo indica que las antiguas viviendas se edificaban completamente con materiales perecederos (sin basamentos o muros de piedra); sin embargo, es posible identificarlas a partir de las propiedades del suelo (compactación, color, composición química), la impronta de algún poste y la distribución misma de los restos cerámicos que, con frecuencia, delimitan su figura (Gómez y Obregón 2008).

Los materiales cerámicos analizados en el presente estudio fueron facilitados por el Dr. Peña León (Universidad Nacional de Colombia) y provienen de excavaciones arqueológicas realizadas en los sitios La Sonrisa (Honda 1) y La Salada (Bodegas 3). Estos se localizan en áreas cercanas a los bordes de las terrazas aluviales no inundables, próximas al río Magdalena, en donde se ubicaron los sitios de habitación rodeados de pequeñas huertas y se realiza-

ron actividades de pesca, caza y recolección (Peña *et al.* 2015)

Desde varios siglos antes de la era común (EC), y hasta la invasión española durante el siglo XVI, estos lugares fueron ocupados por sociedades agricultoras (de maíz, frijol y yuca, primordialmente) con sistemas de movilidad reducida y patrones de asentamiento poco centralizados, que elaboraban cerámica y orfebrería muy refinadas, cestería y tejidos (algodón, palmas). Tenían, hasta donde se puede imaginar, diversas estructuras políticas poco jerarquizadas, articuladas con sistemas de intercambio a escala regional (Gómez y Obregón 2008; Obregón 2008). De las crónicas del siglo XVI se deduce que en la región hubo una enorme diversidad cultural, manifiesta en las diversas lenguas, costumbres y sistemas de organización que documentaron las avanzadas de conquistadores ibéricos. Los contextos habitacionales de donde provienen las muestras analizadas podrían ordenarse en dos grandes periodos, denominados tradicionalmente como «tempranos» y «tardíos». Entre una y otra etapa es posible registrar cambios estilísticos en la cerámica y orfebrería, así como en algunos indicadores regionales del crecimiento demográfico y de la centralización de asentamientos. Los contextos «tempranos», a pesar de sus variaciones regionales, corresponden al primer milenio de la EC, mientras que los «tardíos» se ubican con posterioridad al siglo XI, llegando hasta el XVI. Por ejemplo, en el sitio Piedras Blancas, la unidad habitacional denominada como «UIA 05» corresponde al periodo Temprano; es decir, pertenece al intervalo entre los siglos I y XI. En cambio, las unidades «UIA 36» y «UIA 167» representan una etapa de ocupación entre los siglos XII y XV (Gómez y Obregón 2008).

Los análisis arqueomagnéticos basados en cerámicas de este trabajo corresponden a yacimientos del curso medio del río Magdalena. Uno de ellos en las inmediaciones de Honda, Tolima, Colombia es La Sonrisa (100000), perteneciente al periodo Tardío (fechado entre los siglos XII y XVI d. C.). Al oriente de este sitio, cruzando el Magdalena, pero en las inmediaciones del actual poblado de Puerto Bogotá (departamento de Cundinamarca), se encuentra la finca La Salada (101000), del periodo Intermedio (fechado en el siglo II d. C.) (Peña 2015). El caso del yacimiento La Sonrisa es excep-

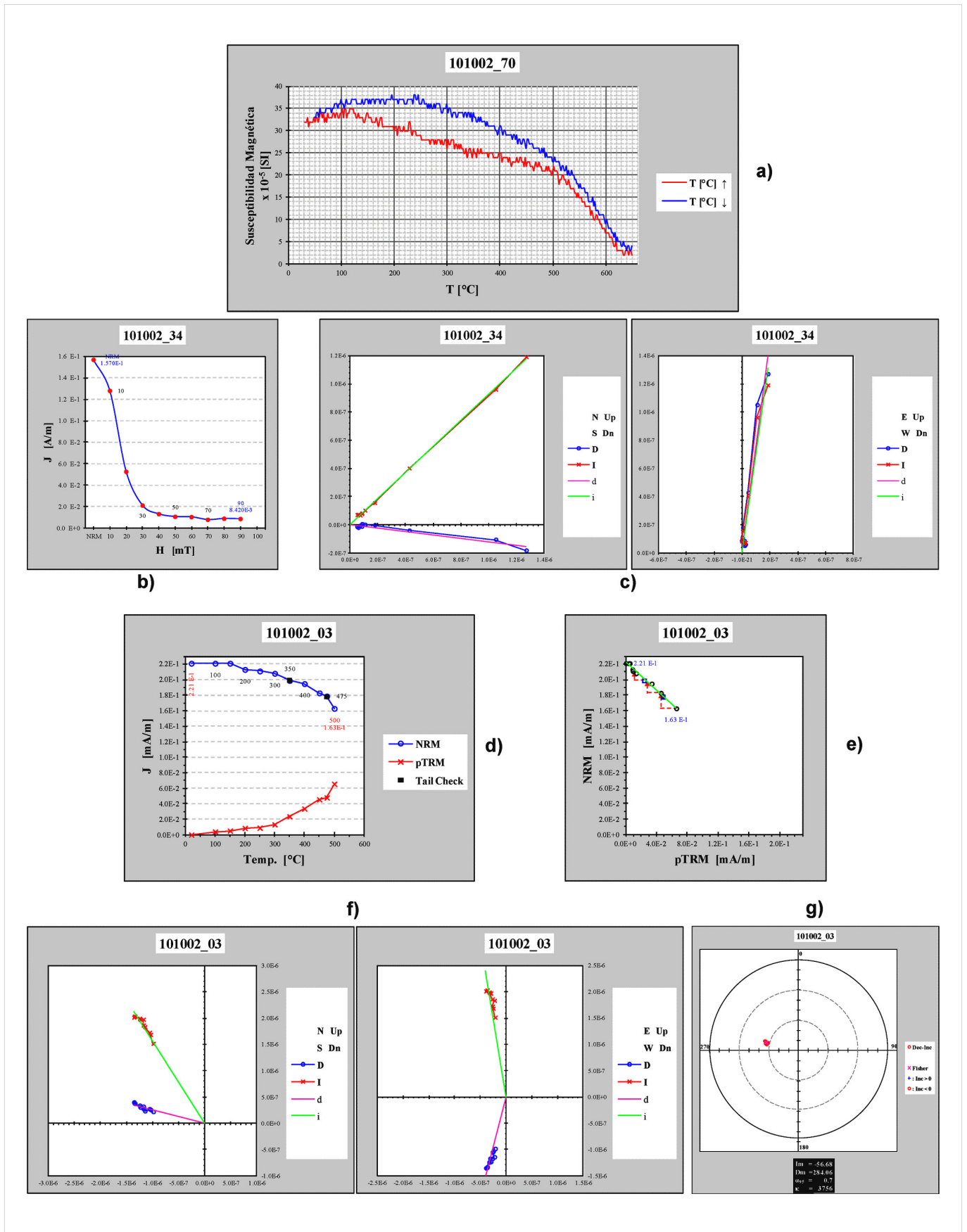


Figura 2. La Salada. Muestra 101002 y espécimen 03: a) susceptibilidad magnética vs. temperatura; b) desmagnetización por campos alternos (intensidad  $J$  vs. campo  $H$ ); c) diagrama de componentes direccionales o de Zijdeveld en la desmagnetización por campos alternos; d) pérdida-adquisición de magnetización; e) diagrama de Arai; f) diagrama de Zijdeveld en la desmagnetización térmica; g) estereograma de dispersión de inclinación-declinación.

Tabla 1. Arqueointensidades absolutas y datación de La Sonrisa y La Salada. Leyenda: las columnas enmarcadas indican discordancia en los datos, motivo por el cual fueron descartados. *Sample* = espécimen; *Lab-Cod* = clave en laboratorio; *T1-T2* = intervalo de temperaturas [°C]; *N* = etapas seleccionadas; *m* = pendiente;  $\pm \sigma m$  = error en m; *f* = fracción; *g* = espaciamiento; *q* = calidad; *H* = intensidad;  $\pm \sigma H$  = error en H; *H corr* = intensidad corregida; *Years (calBP)* = fecha calibrada; *Lab CODE* = laboratorio datación.

Sample	Lab-Cod	T1-T2	N	m	$\pm \sigma m$	f	g	q	H	$\pm \sigma H$	H corr	Years (cal BP)	Lab CODE	
100001_01	99A701A	200-515	9	-0.89	0.04	0.59	0.84	12	35.59	1.49	35.24			
100001_02	99A702A	100-540	12	-0.88	0.03	0.86	0.87	20	35.06	1.30	34.03			
100001_03	99A703A	20-560	14	-0.36	0.07	1.07	0.83	4						
100001_04	99A704A	350-540	7	-0.56	0.04	0.53	0.82	7						
100001_05	99A705A	20-560	14	-0.30	0.07	0.95	0.80	3						
100001_06	99A706A	20-560	14	-0.18	0.08	0.47	0.60	1						
									Mean =	35.3	34.6			
									1 s =	0.4	0.9			
100003_01	99A707A	450-560	6	-0.86	0.07	0.58	0.69	5	34.25	2.83	33.68			
100003_02	99A708A	475-560	5	-0.99	0.10	0.55	0.66	3						
100003_03	99A709A	20-560	14	-2.33	0.51	0.70	0.78	2						
100003_04	99A710A	475-560	5	-1.15	0.11	0.51	0.70	4						
100003_05	99A711A	20-560	14	-1.97	0.28	0.89	0.85	5						
100003_06	99A712A	500-560	4	-0.84	0.05	0.47	0.66	5	33.72	2.11	33.14			
									Mean =	34.0	33.4			
									1 s =	0.4	0.4			
									T Mean =	34.7	34.0			
									T 1 s =	0.8	0.9			
													La Sonrisa L2-3	
													789 ± 74	Beta-185965
100007_01	99A713A	200-450	6	-1.46	0.08	0.59	0.73	8						
100007_02	99A714A	20-560	14	-1.14	0.14	0.84	0.73	5						
100007_03	99A715A	20-560	14	-2.08	0.26	0.91	0.59	4						
100007_04	99A716A	150-450	6	-1.24	0.06	0.55	0.47	6						
100007_05	99A717A	20-560	14	-0.92	0.11	0.71	0.84	5	36.73	4.31	35.43			
100007_06	99A718A	150-450	6	-1.11	0.07	0.60	0.42	4						
									Mean =	36.7	35.4			
									1 s =	0.0	0.0			
100008_01	99A719A	400-560	7	-1.01	0.08	0.46	0.80	5	40.42	3.06	35.78			
100008_02	99A720A	450-560	5	-1.05	0.07	0.41	0.74	4						
100008_03	99A721A	350-560	8	-0.87	0.06	0.51	0.80	6	34.69	2.30	30.24			
100008_04	99A722A	450-560	5	-0.94	0.03	0.39	0.62	7	37.58	1.37	33.71			
100008_05	99A723A	300-560	8	-0.82	0.05	0.54	0.80	8						
100008_06	99A724A	400-560	7	-0.87	0.04	0.61	0.78	10	34.65	1.70	31.03			
									Mean =	36.8	32.7			
									1 s =	2.8	2.5			
									T Mean =	36.8	33.2			
									T 1 s =	2.4	2.5			
													La Sonrisa L2-1	
													749 ± 37	Beta-346779
100009_01	99A725A	475-560	5	-0.73	0.06	0.60	0.67	5	29.10	2.23	27.83			
100009_02	99A726A	475-560	5	-0.75	0.04	0.65	0.70	9	30.11	1.58	27.77			
100009_03	99A727A	475-560	5	-0.73	0.06	0.67	0.69	5	29.08	2.54	27.66			
100009_04	99A728A	475-560	5	-0.79	0.04	0.57	0.70	7	31.60	1.69	29.57			
100009_05	99A729A	475-560	5	-0.74	0.10	0.46	0.72	2						
100009_06	99A730A	475-560	5	-0.62	0.03	0.58	0.70	10						
									Mean =	30.0	28.2			
									1 s =	1.2	0.9			
									T Mean =	30.0	28.2			
									T 1 s =	1.2	0.9			
													La Sonrisa L1-3	
													348 ± 93	INAH-2522
101002_01	99B407A	100-515	13	-1.24	0.02	0.50	0.87	24	43.39	0.78	41.55			
101002_02	99B408A	400-560	7	-1.08	0.03	0.34	0.80	10	37.97	1.01	36.42			
101002_03	99B409A	400-560	7	-1.10	0.02	0.37	0.80	15	38.54	0.75	37.48			
101002_04	99B410A	100-560	13	-1.21	0.02	0.58	0.85	31	42.21	0.67	41.45			
101002_05	99B411A	150-560	7	-0.88	0.02	0.43	0.32	7						
101002_06	99B412A	200-560	9	-0.87	0.03	0.46	0.84	10						
									Mean =	40.5	39.2			
									1 s =	2.7	2.7			
									T Mean =	40.5	39.2			
									T 1 s =	2.7	2.7			
													F. La Salada	
													1714 ± 56	Beta-332404

cional, puesto que los análisis corresponden a distintos momentos de la misma ocupación (L2-3 pertenece a la más antigua:  $789 \pm 74$  años cal AP; L2-1:  $749 \pm 37$  años cal AP; y L1-3:  $348 \pm 93$  años cal AP).

Las investigaciones arqueológicas realizadas en las últimas décadas en el valle del río Magdalena demuestran la importancia de estas áreas para el estudio de los grupos humanos que poblaron Colombia durante la época prehispánica. Se consolidó como una ruta natural muy importante, de paso o para asentamiento tanto por grupos cazadores-recolectores como por sociedades agrícolas y alfareras, debido a la gran variedad de recursos naturales para la subsistencia (Peña 2013, 2015).

## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

### 1. Preparación de especímenes

Los tiestos cerámicos son marcados arbitrariamente, con flechas paralelas en un solo sentido, y se subdividen en 7 fragmentos para ser prensados individualmente en pastillas de sal de forma cilíndrica de dimensiones estándares (2.5 cm diámetro x 2.5 cm altura); 6 son orientados en las posiciones espaciales (x, -x, y, -y, z, -z) para su tratamiento térmico y disminuir con esto los efectos de la anisotropía magnética. El séptimo espécimen es utilizado para desmagnetización por campos alternos. La preparación de las pastillas de sal se realiza mediante el empleo de un dispositivo especial: un dado para prensado de núcleos paleomagnéticos, elaborado en acero inoxidable no magnético, acoplado a una prensa hidráulica (Morales 2008).

### 2. Experimentos

#### a) Susceptibilidad magnética vs. temperatura

Los experimentos para determinar las variaciones de la susceptibilidad magnética en función de la temperatura (curvas  $\kappa$ -T) se realizan en un horno *Bartington MS2WF*. La muestra se calienta a un ritmo de  $2^\circ\text{C}$  por minuto hasta alcanzar los  $700^\circ\text{C}$ , y se enfrían hasta  $50^\circ\text{C}$  con la misma razón,

obteniéndose de esta forma dos curvas: una de la etapa de calentamiento y la otra del enfriamiento (fig. 2a).

#### b) Desmagnetización por campos alternos

Mediante un desmagnetizador *AGICO LDA-3A*, los especímenes son expuestos, en diferentes etapas, a diversos campos magnéticos alternos de intensidad decreciente con el tiempo, hasta alcanzar los 100 mT de amplitud con incrementos de 10 mT. Después de cada etapa, se mide su magnetización en un magnetómetro *AGICO JR6*. A partir de estas mediciones, es posible determinar la utilidad de los tiestos para la determinación de arqueointensidad por medio del método de Thellier (fig. 2b-c).

#### c) Determinación de arqueointensidades

El método de Thellier y Thellier (1959), modificado por Coe (1967), consiste en calentar gradualmente las muestras a diferentes temperaturas en pasos dobles: en ausencia de campo magnético en el primero de ellos, y bajo la influencia de un campo magnético de laboratorio durante el segundo. Después de cada paso, es medida la magnetización resultante: la magnetización remanente natural (NRM) restante tras el primer calentamiento, y la magnetización termorremanente parcial (pTRM) adquirida durante el segundo de estos. Para la realización de esta investigación se utilizó un protocolo que consistió en 37 etapas térmicas, en el intervalo de  $100$ - $560^\circ\text{C}$ , y se utilizó un horno *ASC Scientific* y un magnetómetro de giro *AGICO JR6*. La figura 2d-2g muestra la gráfica de pérdida-adquisición de magnetización, los diagramas de Arai (NRM-pTRM), Zijderveld (componentes direccionales) y el estereograma (inclinación-declinación) de los resultados de este experimento para el espécimen 101002\_3 de La Salada.

#### d) Arqueointensidades absolutas

Las arqueointensidades obtenidas mediante las remanencias magnéticas fueron corregidas por los efectos de ritmo de enfriamiento. Estos datos, aso-

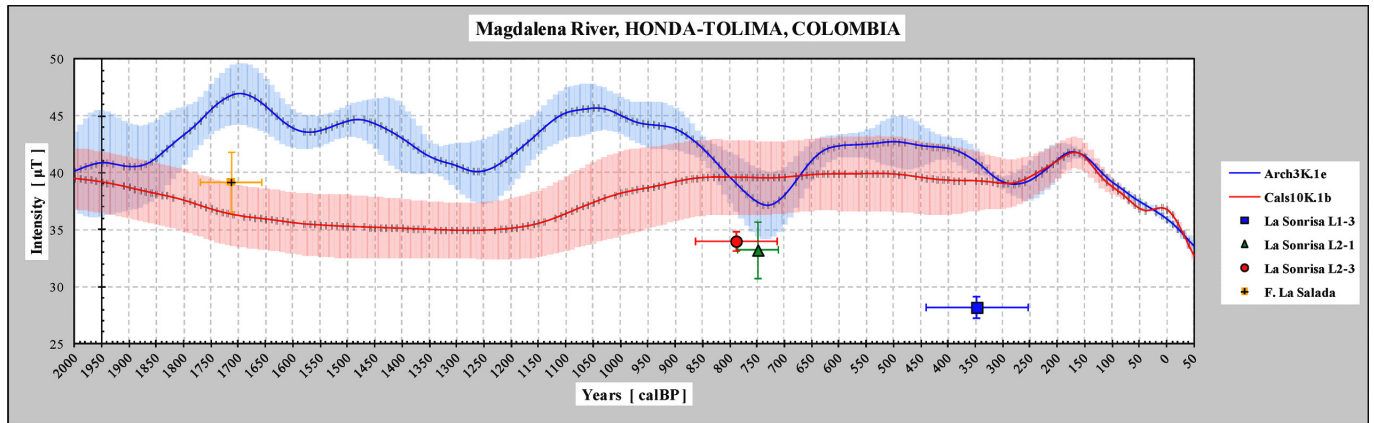


Figura 3. Comparación de las arqueointensidades absolutas obtenidas de los sitios arqueológicos La Sonrisa y La Salada con los modelos *ARCH3K.1e* y *CALS10K.1b* (*GEOMAGIA v3*).

ciados con las dataciones radiométricas calibradas con el *OxCal v4.2.4* (Ramsey y Lee 2013) y la *IntCal13* (Reimer *et al.* 2013) se compararon con los modelos *ARCH3K.1* y *CALS10K.1b* mostrados en la tabla 1 y figura 3.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los materiales arqueológicos permiten estudiar las variaciones del CMT tanto en sus componentes direccionales como en su intensidad, proporcionando un registro de alta precisión temporal.

El presente análisis de cerámicas arqueológicas aporta información sobre las variaciones de la intensidad del CMT en las márgenes del curso medio del río Magdalena, Colombia, en el lapso 2000-400 años AP.

A partir de los resultados obtenidos, no es posible aún establecer una tendencia de las variaciones de la arqueointensidad en la región, debido a la disparidad en la cantidad y calidad de datos con respecto a otras partes del mundo. Prueba de ello es la gran discordancia de datos en el último nivel de La Sonrisa, muy por debajo de lo predicho por los modelos geomagnéticos. Sin embargo, se consideran importantes los resultados obtenidos de esta investigación por el aporte que proporcionan a las variaciones de intensidad en esta área.

Se pretende que los datos contribuyan a mejorar una herramienta que facilite la datación arqueomagnética directa de la zona contemplada en el presente estudio.

## Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada financieramente por el proyecto CONACYT n.º 252149 y, parcialmente, por UNAM-PAPIIT IN101717.

## Sobre los autores

CÉSAR S. BERKOVICH ([berkovich.cesar@gmail.com](mailto:berkovich.cesar@gmail.com)) es Licenciado en Arqueología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia, Maestro en Ciencias en el área de Geología Ambiental por el Instituto de Geología de la UNAM y aspirante a Doctor en la sección de magnetismo por el Instituto de Geofísica de la UNAM. Ha participado en más de una decena de proyectos arqueológicos en varias regiones de México y ha hecho investigaciones sobre paleosuelos del Altiplano Central.

AVTO GOGUITCHACHVILI ([avto@geofisica.unam.mx](mailto:avto@geofisica.unam.mx)) es Licenciado en Física por la Universidad Estatal de Tbilisi (República de Georgia), Maestro y Doctor en Geofísica con especialidad en geomagnetismo por la Universidad de Montpellier, Francia. Actualmente es Investigador Titular del Instituto de Geofísica, Campus Morelia de la UNAM, y corresponsable del Servicio Arqueomagnético Nacional (SAN).

GERMÁN A. PEÑA LEÓN ([gapenal@unal.edu.co](mailto:gapenal@unal.edu.co)) es Antropólogo con tesis de grado en Arqueología de la Universidad Nacional de Colombia y Doctor en Arqueología y Prehistoria de la Universidad Autónoma de Madrid. Se desempeña como Profesor Asociado del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. Ha realizado investigaciones

en la vertiente suroccidental de la Sabana de Bogotá y en el valle medio del río Magdalena. Su principal campo de interés es la Arqueozoología.

JUAN MORALES ([jmorales@geofisica.unam.mx](mailto:jmorales@geofisica.unam.mx)) es Licenciado en Física, Maestro y Doctor en Geofísica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Entre sus líneas de investigación destaca el arqueomagnetismo, con contribuciones importantes tanto en Mesoamérica como en otras partes del mundo. Actualmente es responsable del Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural (LIMNA) y corresponsable del Servicio Arqueomagnético Nacional.

## REFERENCIAS

- COE, R. S. 1967. Paleo-intensities of the earth's magnetic field determined from Tertiary and Quaternary rocks. *Journal of Geophysical Research* 72/12: 3247-3262.
- GENEVEY, A., Y. GALLET. 2002. Intensity of the geomagnetic field in western Europe over the past 2000 years: New data from ancient French pottery. *Journal of Geophysical Research* 107/B11: 2285.
- GOGUITCHAICHVILI, A., C. GRECO, J. MORALES. 2011. Geomagnetic field intensity behavior in South America between 400 AD and 1800 AD: First archeointensity results from Argentina. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 186: 191-197.
- GÓMEZ L., L. I., M. OBREGÓN C. 2008. Unidades habitacionales y cambio social en el noroccidente de Suramérica. *International Journal of South American Archaeology* 3: 46-57.
- GRECO, C. 2012. *Integración de datos arqueológicos, radiocarbónicos y geofísicos para la construcción de una cronología de Yocavil y alrededores*. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 499 pp.
- MORALES, J. 2008. *Sistema para prensado de núcleos paleomagnéticos*. Manual interno de laboratorio. Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural (LIMNA), Instituto de Geofísica, UNAM, Campus Morelia. 4pp.
- MORALES, J., A. GOGUITCHAICHVILI, G. ACOSTA, T. GONZÁLEZ-MORÁN, L. ALVA-VALDIVIA, J. ROBLES-CAMACHO, M. HERNÁNDEZ-BERNAL. 2009. Magnetic properties and archeointensity determination on pre-Columbian pottery from Chiapas, Mesoamerica. *Earth, Planets and Space* 61/1: 83-91.
- OBREGÓN, M. 2008. *Unidades habitacionales y cambio social. Una mirada comparativa a contextos del área intermedia en Mesoamérica*. Tesis de maestría. Facultad de Filosofía y Letras e Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PEÑA, G. 2013. *Pescadores de los raudales del río Magdalena durante el periodo Formativo Tardío (siglos V al I a. C)*. Universidad Nacional de Colombia, Vicerrectoría de Investigación. Colección Dirección de Investigación, Sede Bogotá.
- PEÑA, G., R. SALAS, J. M. DÍAZ, J. M. LLANOS. 2015. *Estudio arqueológico del impacto de la pesca precolombina en la zona de raudales del río Magdalena durante el periodo Tardío (siglos XI al XII d. C)*. Colciencias-Universidad Nacional de Colombia. Inédito.
- RAMSEY, C. B., S. LEE. 2013. Recent and planned developments of the program OxCal. *Radiocarbon* 55/2-3: 720-730.
- REIMER, P. J., E. BARD, A. BAYLISS, J. W. BECK, P. G. BLACKWELL, C. B. RAMSEY, C. E. BUCK, H. CHENG, R. L. EDWARDS, M. FRIEDRICH, P. M. GROOTES, T. P. GUILDERTSON, H. HAFLIDASON, I. HAJDAS, C. HATTÉ, T. J. HEATON, D. L. HOFFMANN, A. G. HOGG, K. A. HUGHEN, K. F. KAISER, B. KROMER, S. W. MANNING, M. NIU, R. W. REIMER, D. A. RICHARDS, E. M. SCOTT, J. R. SOUTHON, R. A. STAFF, C. S. M. TURNEY, J. VAN DER PLICHT. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55/4: 1869-1887.
- THELLIER, E., O. THELLIER. 1959. Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique. *Annales de Géophysique* 15: 285-376.