



DETERMINACION DE ARQUEOINTENSIDADES EN CERÁMICAS PROCEDENTES DE YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS DEL NORTE ANDINO Y DEL OCCIDENTE DE MESOAMÉRICA EN LOS ÚLTIMOS 2 MILENIOS: RESULTADOS PRELIMINARES

C.S. Berkovich^{1*}, J. Morales², A. Gogichaishvili², B. Aguilar Reyes², E. Cárdenas³, G. Peña⁴

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, Doctorante en Ciencias de la Tierra, México

²Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, LIMNA, México

³El Colegio de Michoacán, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México

⁴Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Colombia

RESUMEN

La determinación de arqueointensidades del campo magnético terrestre basado en experimentos sobre cerámicas prehispánicas del occidente de México y del norte de Los Andes para los últimos 2 milenios resulta ser un proceso eficiente para comprender su comportamiento desde estas regiones, pero también contribuye en la reconstrucción histórica de sus sitios arqueológicos debido a la factibilidad de obtener fechamientos confiables realizando este tipo de investigaciones.

Partiendo de la señal magnética registrada en las cerámicas del pasado, se determinan tanto sus rasgos como las alteraciones a que estuvieron expuestas. Mediante el registro arqueológico se esbozan los tipos cerámicos, su distribución y correlación dentro y fuera del yacimiento para finalmente, articular los vínculos de las etapas de ocupación humana (tradiciones cerámicas) con las oscilaciones de la intensidad magnética terrestre.

Palabras clave:

ABSTRACT

Determining of absolute archaeointensity of Earth's magnetic field based on pre-Hispanic ceramics from western Mexico and northern Andes for the last 2 millennia proved to be an efficient tool to retrieve paleosecular variation record. It also contributes to the historical reconstruction of archaeological sites because to the feasibility to obtain reliable magnetic dating.

Based on the magnetic signal recorded in the studied pottery samples, both main magnetic characteristics and potential alterations were detected. The main goal of this study is to establish the relationship between the fluctuations of Earth's Magnetic Field and the timing of human occupation at studied sites.

Keywords:

Introducción

La relevancia de realizar estudios sobre arqueointensidad del campo geomagnético en cerámicas arqueológicas radica en que contribuye, a la par de los que se enfocan en las direcciones del mismo, a documentar la historia de la Tierra.

Desde un enfoque muy particular como lo es la arqueología, es una herramienta que ayuda para contrastar y complementar las secuencias temporales de ocupaciones humanas en un determinado espacio. Su notoriedad también se fundamenta en el objeto de estudio (excepto, obviamente, para las culturas acerámicas) puesto que, si de algo se precian los sitios arqueológicos considerados en el presente escrito, es de la gran cantidad de tuestos encontrados en ellos. Sin embargo, casi por regla general (salvo ciertas excepciones, un horno,



por ejemplo) los elementos cerámicos se localizan fuera del contexto de su elaboración, motivo por el cual difícilmente se pudiera considerar la componente direccional recurriéndose a la otra componente del campo magnético terrestre (CMT) como lo es su intensidad.

La mayoría de las cerámicas arqueológicas adquieren una remanencia cuando se enfrían por debajo de la temperatura de Curie (T_c) en el proceso de horneado, dicha remanencia depende de la intensidad y dirección del campo geomagnético de ese instante (Thellier *et Thellier*, 1959; Aitken, 1990; Chauvin *et al.*, 2000; Genevey y Gallet, 2002). La época en que se adquirió la magnetización remanente se puede calcular verificando los parámetros paleomagnéticos de tales materiales arqueológicos con una fecha ya registrada del CMT pasado en la misma región, es decir, contrastando con datos que se ya se hayan establecido en una curva maestra local.

Para México y Sudamérica, en los últimos 2000 años, los restos arqueológicos son abundantes; sin embargo, los estudios arqueomagnéticos aún son escasos. Un estudio precursor de este tipo fue hecho por Wolfman (1973; 1990), reportando direcciones arqueomagnéticas de sitios del este y centro de México, pero una de las limitantes primordiales es que la mayoría de los materiales no estaban orientados. La opción son los estudios basados en medir las arqueointensidades puesto que para ello no es necesario que las cerámicas estén orientadas. Tales estudios abundan en Europa (Schnepp y Lanos, 2006; Gómez-Paccard *et al.*, 2006) pero son escasos en América (Bowles *et al.*, 2002). Fuera de algunos estudios en rocas volcánicas recientes (Nagata *et al.*, 1965; Bucha *et al.*, 1970; Lee, 1975; Aitken *et al.*, 1991; González *et al.*, 1997; Morales *et al.*, 2001; 2006; 2009, han sido pocos los utilizados para determinar arqueointensidades en Latinoamérica y México.

Los sitios arqueológicos mexicanos considerados en el presente escrito son Ihuatzio y Loma Santa María del estado de Michoacán, Peralta y Cerrito de Jerez en Guanajuato y; en Sudamérica, La Sonrisa 1 en Honda-Tolima, Colombia. Los experimentos y análisis consisten en: a) fechamientos relativos y de ^{14}C ; b) preparación de muestras; c) caracterización de propiedades previas mediante el comportamiento termomagnético (curvas k-T) y desmagnetización por campos alternos (de 10 a 100 mT, a cada 10 mT); d) desmagnetización térmica (de 100°C a 560°C) utilizando el Método Thellier-Thellier (1959) con las adaptaciones de Coe (1967); e) aplicación de los modelos CALS3k y CALS7k a las particularidades de los resultados aquí obtenidos.

Primeros Resultados

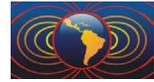
De todos los métodos para determinar intensidades, el de Thellier y Thellier (1959) es el más empleado. Originalmente este método fue desarrollado para la determinación de arqueointensidades del campo geomagnético (CMT) en los años 30.

Esta técnica posee el inconveniente de que un mal alineamiento de los especímenes, causado por las imperfecciones de puede dar como resultado un aumento en el índice de errores experimentales (Kono y Tanaka, 1984).

A través del tiempo, se ha comprobado que el método de Thellier-Thellier es la técnica más confiable para la determinación de PI, varios trabajos así lo asumen: demostraciones sobre la validez del método: Kono, 1969; Coe y Grommé, 1973; Tanaka, 1980. Otros tantos que explican las posibles causas de experimentos fallidos y cómo prevenirlos: Coe, 1967; Levi, 1977; Khodair y Coe, 1975; Kono y Ueno, 1977; Yongjae y Dunlop, 2003; sobre la dependencia con el tamaño de las partículas magnéticas: Levi, 1977 y; sobre el rango de aplicabilidad del campo magnético de laboratorio: Tanaka y Kono, 1984.

El método requiere de calentar las muestras a diferentes temperaturas con campo y sin campo magnético y estar midiendo cada ejemplar en todas las etapas. Para aplicar este experimento se cuenta con un magnetómetro de giro JR5 para medir intensidades y direcciones. En otra parte de este mismo proceso se utiliza un horno ASC Scientific para inducir campo por medio de calentamiento.

Para el cálculo de las arqueointensidades, además de las desmagnetizaciones térmicas, se realizaron los



denominados ritmos de enfriamiento a los 560°C y con ellos tener la termorremanencia final.

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.

Hasta el momento, el presente estudio arqueomagnético basado en el análisis de cerámicas arqueológicas aporta información sobre las oscilaciones de la intensidad del CMT en las regiones mesoamericana y andina prehispanica en los casi últimos 2000 años.

Los fechamientos de las muestras procesadas de los sitios del occidente de México van de 1700 a 500 AP y las del norte andino se encuentra entre 800 y 400 AP.

Los resultados obtenidos indican que aún es difícil establecer una tendencia en las variaciones de la arqueointensidad en Mesoamérica y en la región andina utilizando las predicciones de los modelos (fig. 1) existentes (ARCH3k, CALS3k, SED3k Y CALS7k) debido a la disparidad en cantidad y calidad de datos con respecto a otras regiones del mundo. Por tal motivo, se consideran importantes los resultados que se obtengan de esta investigación por el aporte que sobre las fluctuaciones de la intensidad en estas áreas pudiera proporcionar.

Se pretende que, en el futuro, los datos derivados contribuyan a adecuar una herramienta que facilite el fechamiento arqueomagnético directo en las zonas contempladas en el presente estudio.

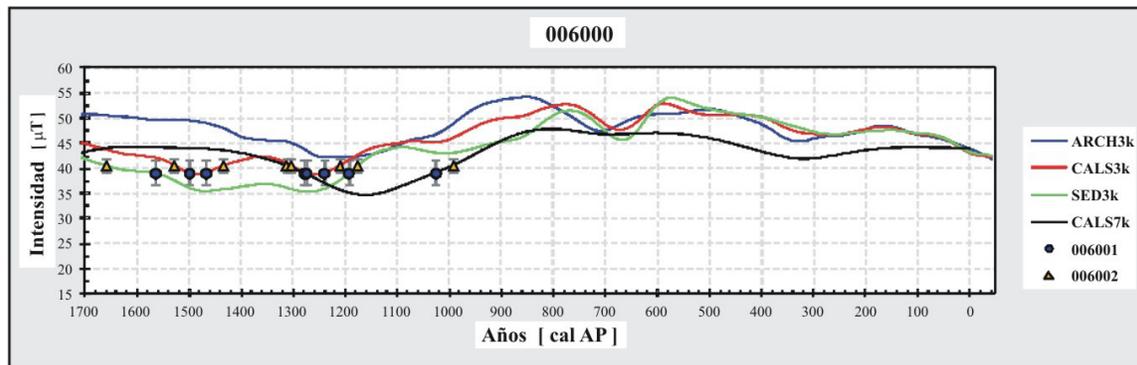


Figura 1. La variación de la intensidad absoluta geomagnética obtenida en muestras de cerámica estudiadas y las curvas derivadas de los modelos CALS3k y CALS7k.

Referencias

- Aitken, M.J., 1990, Science-based dating in archaeology, *Longman Archaeology Series*, 225-259.
- Aitken, M. J., L. J. Pesonen, M. Leino, 1991. The Thellier paleointensity technique: Minisamples versus standard size, *J. Geomagn. Geoelectr.*, 43, 325-331.
- Bowles, J., J. Gee, J. Hildebrand, L. Tauxe, 2002. Archeomagnetic intensity results from California and Ecuador: evaluation of regional data, *Earth and Planetary Science Letters*, 203, 967-981.
- Bucha, V., R. E. Taylor, R. Bergen, E. W. Haury, 1970. Geomagnetic intensity: Changes during the Past 3000 years in Western Hemisphere, *Science*, 168, 111-114.
- Chauvin, A., Garcia, A., Lanos, Ph., Laubenheimer, F., 2000. Paleointensity of the geomagnetic field recovered on archaeomagnetic sites from France, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 120, 111-136, doi:10.1016/S0031-9201(00)00148-5.
- Coe, R. S., 1967. Paleo-intensities of the earth's magnetic field determined from Tertiary and Quaternary Rocks, *Journal of Geophys. Res.*, 72, No. 12, 3247-3262.
- Coe, R. S., C. S. Grommé, 1973. A comparison of three methods of determining paleointensities. *J. R. Astron. Soc.*, 42, 107-115.
- Genevey, A. and Y. Gallet, 2002. Intensity of the geomagnetic field in western Europe over the past



- 2000 years: New data from ancient french pottery, *Journal of Geophys. Res.*, 107 (B11), 2285, doi: 10.1029/2001JB000701.
- Gómez-Paccard, M., A. Chauvin, P. Lanos, J. Thiriot, P. Jiménez-Castillo, 2006. Archeomagnetic study of seven contemporaneous kilns from Murcia (Spain), *Phys. Earth Planet. Inter.*, 157, 16–32, doi:10.1016/j.pepi.2006.03.001.
- González, S., G. Sherwood, H. Böhnell, E. Schnepp, 1997. Paleosecular variation in central Mexico over the last 30,000 years: The record from lavas, *Geophys. J. Int.*, 130, 20–219, doi:10.1111/j.1365-246X.1997.tb00999.x.
- Khodair, A. A., R. S. Coe, 1975. Determination of geomagnetic paleointensities in vacuum, *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 42, 107-115.
- Kono, M., 1969. Intensity of the earth's magnetic field in Pliocene and Pleistocene, D.Sc. thesis, University of Tokyo, Japan, 58 pp.
- Kono, M., N. Ueno, 1977. Paleointensity determination by a modified Thellier Method, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 13, 305-314.
- Kono, M., H. Tanaka, 1984. Analysis of the Thellier's Method of Paleointensity Determination 1: Estimation of statistical errors, *J. Geomag. Geoelectr.*, 36, 267-284.
- Lee, S. S., 1975. Secular variation of the intensity of the geomagnetic field during the past 3,000 years in North, Central and South America, Ph.D. thesis, Univ. of Oklahoma.
- Levi, S., 1977. The effect of magnetite particle size on paleointensity determinations of the geomagnetic field, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 13, 245-259.
- Morales, J., A. Goguitchaichvili, J. Urrutia-Fucugauchi, 2001. A rockmagnetic and paleointensity study of some Mexican volcanic lava flows during the latest Pleistocene to the Holocene, *Earth Planets Space*, 53(9), 893–902.
- Morales, J., L. M. Alva-Valdivia, A. Goguitchaichvili, J. Urrutia-Fucugauchi, 2006. Cooling rate corrected paleointensities from the Xitle lava flow: Evaluation of within-site scatter for single spot-reading cooling units, *Earth Planets Space*, 58(10), 1341–1347.
- 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 Space*, 61 (1), 83–91.
- Nagata, T., K. Kobayashi, E.J. Schwarz, 1965. Archeomagnetic intensity studies of South and Central America. *J. Geomag. Geoelectr.*, 17, 3-4, 399-405.
- Schnepp, E., Ph. Lanos, 2006. A preliminary secular variation reference curve for archaeomagnetic dating in Austria. *Geophys. J. Int.*, 166, (1), 91-96.
- Tanaka, H., 1980. Paleointensities of the geomagnetic field determined from recent four lava flows of Sakurajima Volcano. *J. Geomag. Geoelectr.*, 32, 171-179.
- Tanaka, H., M. Kono, 1984. Analysis of the Thellier's Method of paleointensity determination 2: Applicability to high and low magnetic fields, *J. Geomag. Geoelectr.*, 36, 285-297.
- Thellier, E., Thellier, O., 1959. Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique, *Ann. Géophysique*, 15, 285-376.
- Wolfman, D., 1973, A re-evaluation of Mesoamerican chronology: A.D. 1–1200, Ph.D. thesis, University of Colorado, Denver.
- Wolfman, D., 1990. Mesoamerican chronology and archaeomagnetic dating, AD 1-1200, Archaeomagnetic dating, J.L. Eghmy y R.S. Sternberg (Eds.), University of Arizona Press, Tucson.
- Yongjae, Y., D. Dunlop, 2003, Multivectorial paleointensity determination from the Cordova Gabbro, southern Ontario, *Earth Planetary Science Letters*, 203, 983-998.