



CURVA DIRECCIONAL DE LA VARIACIÓN PALEOSECULAR DE MESOAMERICA PARA LOS ULTIMOS TRES MILENIOS

R. García-Ruiz^{1*}, A. Goguichaishvili¹, A. Soler-Arechalde¹, J. Pavón-Carrasco²,
Juan Morales¹

¹ Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, Campus Morelia - UNAM, México.

² Universidad Complutense Madrid, Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Ciudad, España.

*e-mail: r.garcia@igeofisica.unam.mx

ABSTRACT

Paleosecular variation curves allow detecting the most relevant fluctuations of the Earth's magnetic field at regional scale for the last millennia. Its construction however, needs reliable records obtained on burned archaeological artifacts such as ceramics, furnaces, floors, burned walls and volcanic rocks. In America there are few secular variation curves despite a cultural heritage such as the case of Mesoamerica. The main objective of the present study is to build the directional curves of paleosecular variation for the last three millennia in Mesoamerica in order to reveal some fine characteristics of the Earth's Magnetic Field and to offer a reliable dating method for the involved area.

Keywords: Archaeomagnetic Master Curve, Mesoamerica.

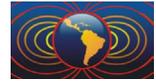
RESUMEN

Las curvas de variación secular permiten observar las fluctuaciones más relevantes del campo magnético de la Tierra de manera regional en los últimos milenios, pero su construcción necesita de registros confiables obtenidos sobre artefactos arqueológicos quemados tales como cerámicas, hornos, pisos, paredes quemadas y rocas volcánicas. En América son pocas las curvas de variación paleosecular que se han desarrollado a pesar de contar con un vasto acervo cultural como lo es Mesoamérica. El objetivo primordial del presente estudio es construir las curvas direccionales de variación paleosecular de los últimos tres milenios en Mesoamérica para poder observar los cambios más importantes en el pasado, así como ofrecer un método de datación confiable para el área involucrada.

Palabras Clave: Curva maestra arqueomagnética, Mesoamérica

1. Introducción

La construcción de las curvas de variación paleosecular se remontan a los años 80 en Francia (Pavón-Carrasco *et al.*, 2015), y desde entonces se han desarrollado un sin número de curvas de variación paleosecular tanto direccionales como de la intensidad del campo geomagnético de carácter regional, siendo Europa el continente donde se concentra la mayor densidad de curvas. En América se cuenta con pocas curvas de variación paleosecular bien definidas (Sternberg y McGuire, 1999; Eighmy *et al.*, 1990; Wolfman, 1900), debido a que su construcción necesita de datos de alta calidad concentrados en un área con un radio menor a los 1200 km y con edades determinadas por métodos radiométricos. Mesoamérica es una zona con una riqueza invaluable en artefactos arqueológicos y su área comprende además flujos de lava de recientes erupciones, los cuales son dos de los materiales primordiales en los estudios arqueomagnéticos ya que guardan información de la variación del campo magnético de la Tierra para los últimos milenios. Con el paso de los años los trabajos arqueomagnéticos correspondientes a Mesoamérica se han incrementando dando lugar a la formación de curvas de variación paleosecular para el área de México (Goguichaishvili *et*



al., 2018; Mahgoub *et al.*, 2019), las cuales desafortunadamente contienen brincos temporales denominados gaps que influyen en su confiabilidad.

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar las curvas direccionales de Mesoamérica para los últimos tres milenios y poder proveer de una herramienta de datación confiable para artefactos arqueológicos y material geológico de la región en cuestión.

2. Metodología

Dentro del presente estudio se hizo un compendio de arqueodirecciones actualizadas hasta el 2019 correspondientes al área de México y América Central (Figura 1), utilizando la base de datos Geomag50. v3 (Brown *et al.*, 2019), así como de las últimas publicaciones hasta el momento (Mahgoub *et al.*, 2019; Soler- Arechalde *et al.*, 2019).

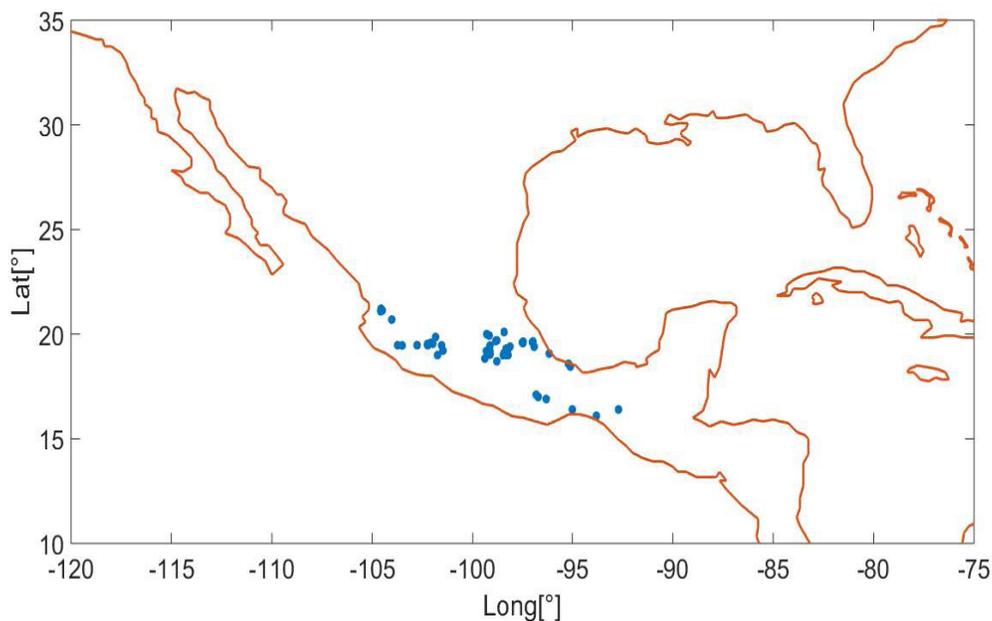


Figura 1. Localización de las arqueodirecciones utilizadas dentro del presente estudio.

La base de datos se conforma de materiales que portan magnetización termo-remanente, correspondientes a flujos volcánicos, adobes, cerámicas, fogones, paredes y pisos quemados. A dicha base de datos se le aplica un filtro para seleccionar las arqueodirecciones con $N \geq 4$ y $\alpha_{95} \leq 10$, con el fin de obtener una base de datos confiables y con el menor número de gaps.

Las arqueodirecciones se relocalizaron utilizando el método de la conversión vía polo de Noël y Batt (1990) asumiendo un dipolo ideal del campo geomagnético en donde solo se utilizaran las arqueodirecciones dentro de un radio menor a 1200 km con respecto a la Ciudad de México como lo establece Casas e Incoronato (2007).

La curva de variación paleosecular de la declinación e inclinación se formaron utilizando el método de Bootstrap para mitigar las direcciones anómalas junto a el método interpolante de splines cúbicos penalizados siguiendo una metodología similar a la establecida por Carrancho *et al.* (2013) y Mahgoub *et al.* (2019), con la diferencia de incorporar el error de relocalización a las incertidumbres de la inclinación (α_{95}) y



declinación ($\sin \alpha_{95}/\cos I$) mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2_{(I,D)} + \sigma^2_R}$$

Las curvas direccionales de variación paleo-secular se compararon con las curvas obtenidas para la Ciudad de México del modelo Sha.Dif.14k (Pavón-Carrasco *et al.*, 2015). Finalmente, mediante el método de curvatura direccional (Pavón-Carrasco 2010), se compara con la máxima intensidad de la primera curva de variación paleo-secular de la intensidad para Mesoamérica (Goguichaishvili *et al.*, 2018).

3. Resultados

La base de datos está formada por 155 arqueodirecciones, las que, después de seleccionar las de mejor calidad, disminuyen a 121 arqueodirecciones confiables, con un gap máximo de 350 años.

El error máximo de relocalización es de 4.22° y 1.05° para la inclinación y la declinación, siendo dichos errores menores al 10% y 15% de la incertidumbre original. Las arqueo-direcciones tienen una distancia menor a 800km con respecto a la Ciudad de México, distancia por debajo del máximo de la distancia considerada para una relocalización aceptable como lo establece Casas e Incoronato (2007).

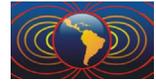
Se desarrollaron las curvas direccionales de variación paleosecular para Mesoamérica para los últimos 3500 años y se observan notables diferencias entre el modelo Sha.Dif.14k y las presentes curvas de variación paleosecular debido a la construcción y selección de la presente base de datos. Al comparar la curva direccional con de la máxima intensidad, se detecta un Jerk para 450 AC.

4. Conclusiones

La construcción de las presentes curvas direccionales de variación paleo-secular proveen de una herramienta de datación arqueo-magnética confiable para los últimos tres milenios para el área correspondiente de Mesoamérica.

Referencias:

- Brown M. C., Donadini F., Korte M., Nilsson A., Korhonen K., Lodge A., Lengyel S. N., y Constable C. G., 2015, GEOMAGIA50.v3:1. general structure and modification to the archeological and volcanic database, *Earth, Planets and Space*, 67: 83, DOI 10.1186/s40623-015-0232-0.
- Carrancho, Á., Villalaín, J. J., Pavón-Carrasco, F. J., Osete, M. L., Straus, L. G., Vergès, J. M., and Carbonell, E., 2013, First directional European palaeosecular variation curve for the Neolithic based on archaeomagnetic data. *Earth Planet. Sci. Lett*, 380, 124-137.
- Casas, Ll. and Incoronato, A. 2007, Distribution analysis of errors due to relocation of geomagnetic data using the 'Conversion via Pole' (CVP) method: implications on archaeomagnetic data. *Geophys. J. Int.*, 169 (2), 448–454.
- Eighmy, J.L., Hathaway, J.H, Kane, A.E, 1990, Archaeomagnetic Secular Variation in the American Southwest, AD. 700-900: Final Results from the Dolores Archaeological Program, in Eighmy J.L., Sternberg, R.S. (eds.), *Archaeomagnetic dating*: Tucson, The University of Arizona Press, 226–236.
- Goguitchaishvili, A., García Ruiz, R., Pavón-Carrasco, F.J., Morales, J., Soler Arechalde, A.M., Urrutia-Fucugauchia, J., 2018, Last three millennia Earth's Magnetic field strength in Mesoamerica and southern United States: implications in geomagnetism and archaeology. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 279, 79–91. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2018.04.003>.
- Mahgoub A. N., Juárez-Arriaga E., Böhnell H., Siebe C., Pavón-Carrasco F. J., 2019, Late-Quaternary secular variation data from Mexican volcanoes, *Earth and Planetary Science Letters*, 519, 28-39, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.05.001>



- Pavón-Carrasco J., Osete M. L., y Torta J.M., 2010, Regional modelling of the geomagnetic field in Europe from 6000 to 1000 B.C., *Geochemistry, Geophysics and Geosystems*, 11 (11), Q11008, doi:10.1029/2010GC003197
- Pavón-Carrasco, F.J., M.L. Osete, J.M. Torta, J.M., and A. De Santis (2014a), A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data, *Earth and Planetary Science Letters*, 388, 98 - 109.
- Pavón-Carrasco J., Osete M. L., Campuzano S.A., McIntosh G., y Martín-Hernández F., 2015, Recent developments in archeomagnetism: The story of the Earth's Past Magnetic Field, Nova Science Publishers, <http://hdl.handle.net/2122/10165>.
- Soler-Arechalde A. M., Caballero-Miranda, C., Osete-López M. L., López-Delgado V., Goguitchaichvili, A., Barrera-Huerta A, y Urrutia-Fucugauchi J., 2019, An updated catalog of pre-hispanic archaeomagnetic data for north and central Mesoamerica: Implications for the regional paleosecular variation reference curve, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 71 (2), 497-518.
- Sternberg, R.S., McGuire, R.H., 1990, Archaeomagnetic Secular Variation in American Southwest, A.D. 700-1450, in Eighmy J.L., Sternberg, R.S. (eds.), *Archaeomagnetic dating: Tucson*, The University of Arizona Press, 199–225.
- Wolfman, D., 1990, Mesoamerican Chronology and Archaeomagnetic A.D. 1-1200, in Eighmy J.L., Sternberg R.S. (eds.), *Archaeomagnetic dating: Tucson*, The University of Arizona Press, 261–308.