



## PRIMERA CURVA DE VARIACIÓN PALEOSECULAR DE LA INTENSIDAD ABSOLUTA GEOMAGNETICA PARA MESOAMÉRICA Y EL SUR DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA.

Rafael García-Ruiz<sup>1\*</sup>, Avto Goguitchaishvili<sup>1</sup>, F. Javier Pavón-Carrasco<sup>2</sup>, Juan Julio Morales Contreras<sup>1</sup>, Ana María Soler Arechalde<sup>1</sup>.

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

<sup>2</sup> Dpto. de Física de la Tierra I, Astronomía y Astrofísica I, Facultad de C.C. Físicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid España.

\* e-mail: asrael.rafael@gmail.com

### ABSTRACT

The objective of this study is to construct the first paleosecular variation curve of absolute intensity for the last three millennia for Mesoamerica, based on the archaeointensity determinations retrieved from the literature based on archaeological artefacts and some volcanic lava flows. The selection criteria mainly involve the number of specimens used for individual intensity determination and their within -ite scatter. All the archeointensities are associated with a radiometric age. This curve is intended to be used as a dating tool. Archaeointensities of the southern United States of America were also incorporated because the relocation error is less than  $2.5\mu\text{T}$ .

**Keyword:** Earth's Magnetic Field, paleosecular variation curve, Mesoamerica, dating tool.

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio es el construir la primera curva de variación paleosecular de la intensidad absoluta para los últimos tres milenios para Mesoamérica, basándose en las arqueointensidades recopiladas de la literatura y que corresponden con artefactos arqueológicos y algunos flujos volcánicos. La curva se construye con intensidades que fueron sujetas a criterios de selección basados en el número de especímenes utilizados y su dispersión correspondiente. Todas las arqueointensidades tienen asociadas una edad radiométrica. Esta curva tiene como objetivo ser utilizada como una de herramienta de datación. Arqueointensidades de él sur de los Estados Unidos de Norte América fueron incorporadas debido a que el error de relocalización es menor a a

**Palabras Clave:** Campo Geomagnético, curva de variación paleosecular, Mesoamérica, herramienta de datación.

### 1. Introducción.

Las curvas de variación paleosecular (CVPS), ayudan a estudiar el comportamiento del campo magnético terrestre (CMT) de manera continua y a escalas finas, lo cual es sumamente importante para entender y documentar los cambios drásticos a los cuales ha sido sujeto en los últimos años. Estas CVPS tienen un carácter regional, y contribuyen con información particular de la región de interés a diferencia de los modelos de campo geomagnético los cuales interpretan de manera global las características principales del CMT. Los modelos del CMT como las CVPS han contribuido en buena manera para documentar eventos geomagnéticos conocidos como jerks o impulsos de variación geomagnética, los cuales se pueden interpretar como un cambio relativamente repentino en la segunda derivada del campo magnético de la Tierra con respecto al tiempo (De Michelis *et*



*al.*, 2005). La detección de dichos eventos ha desarrollado varias teorías, como los cambios en los patrones de flujo en el núcleo externo de la Tierra (Mandea *et al.*, 2000) o una oscilación torsional en el núcleo interno sólido de la Tierra (De Michelis *et al.*, 2005; Bloxham *et al.*, 2002), todo gracias a los modelos globales y a las CVPS.

Las CVPS se han desarrollado a lo largo de Europa (*e.g.* Genevey *et al.*, 2016 ; Gómez-Paccard *et al.*, 2016; Tema, Kondopolou, 2011) y Asia (Cai *et al.*, 2016). En América hasta la fecha no se ha desarrollado una CVPS, pese a la gran gran cantidad de artefactos arqueológicos (cerámicas, pisos y paredes quemadas) con que se cuenta, tanto en Mesoamérica como en Sudamérica. Por lo cual el objetivo del presente trabajo es el desarrollar una CVPS, mediante la generación de una base de datos actualizada de la literatura. Se pretende incorporar arqueointensidades del sur de los Estados Unidos de Norteamérica, mediante el análisis del error de relocalización.

La CVPS que se generará servirá como herramienta de datación para artefactos arqueológicos y flujos volcánicos del área en cuestión.

## 2. Base de datos y análisis de datos.

Las arqueointensidades utilizadas en el presente estudio se distribuyen entre México, Guatemala y el Salvador, y con ellas se genera una base de datos utilizando la última versión de GEOMAGIAv3 (Brown *et al.*, 2015). Las arqueointensidades recopiladas para Mesoamérica suman un total de 109, y corresponden a los últimos cuatro milenios.

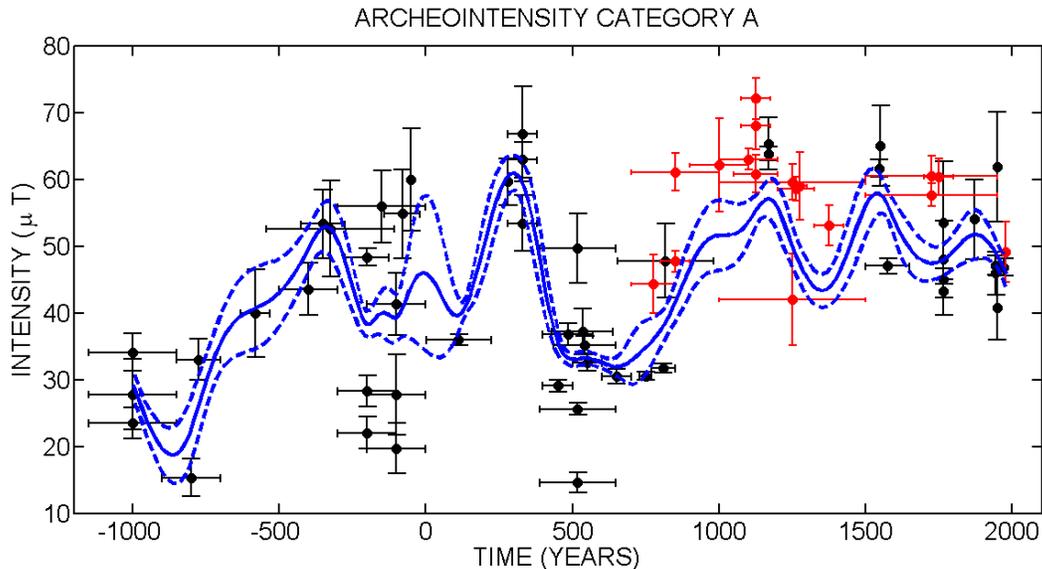
Las intensidades se relocalizaron con respecto a la ciudad de México, para evitar dependencia local y tener un análisis continuo con respecto al tiempo de él CMT, con carácter regional. Mediante el modelo virtual axial dipolar (MVAD), se realiza la relocalización.

La distancia de la ciudad de México con respecto al sitio más lejano es menor a distancia que está de acuerdo con lo establecido por Casas y Coronato (2007), como una distancia aceptable para poder realizar una relocalización y hacer uso de la intensidades que se encuentran dentro de este radio. El relocalizar intensidades a un sitio por lo común introduce un grado de error, este error se analiza y se observa que él máximo error de relocalización sea menor a , lo cual permite realizar un análisis sobre un área mayor, al poder incorporar intensidades del sur de los Estados Unidos de Norteamérica, en donde la localidad más alejada con respecto a la ciudad de México, es de y tiene un error menor a .

Esta base de datos se somete a criterios de selección en donde las intensidades se colocan dentro de una categoría A, con especímenes utilizados y una dispersión , lo cual permite acotar las intensidades a los últimos tres milenios, y su número se reduce a un total de 174 intensidades.

## 3. Generación de la curva de variación paleosecular.

La CVPS se genera mediante el uso del método de bootstrap (Thébaud, Gallet, 2010), y el ajuste de datos mediante el uso de splines cúbicos penalizados. Se generan 1500 curvas con su respectiva desviación estándar, de las cuales se obtiene una curva maestra, la que se toma como la curva de referencia para Mesoamérica y el sur de los Estados Unidos de Norteamérica (Fig. 1).



**Figura 1.** Curva de variación paleosecular para Mesoamérica y el sur de los Estados Unidos de Norte américa (en azul), con arqueointensidades de Mesoamérica (puntos en Negro) y arqueointensidades de él sur de los Estados Unidos de Norteamérica (puntos en rojo).

#### 4. Discusión de resultados.

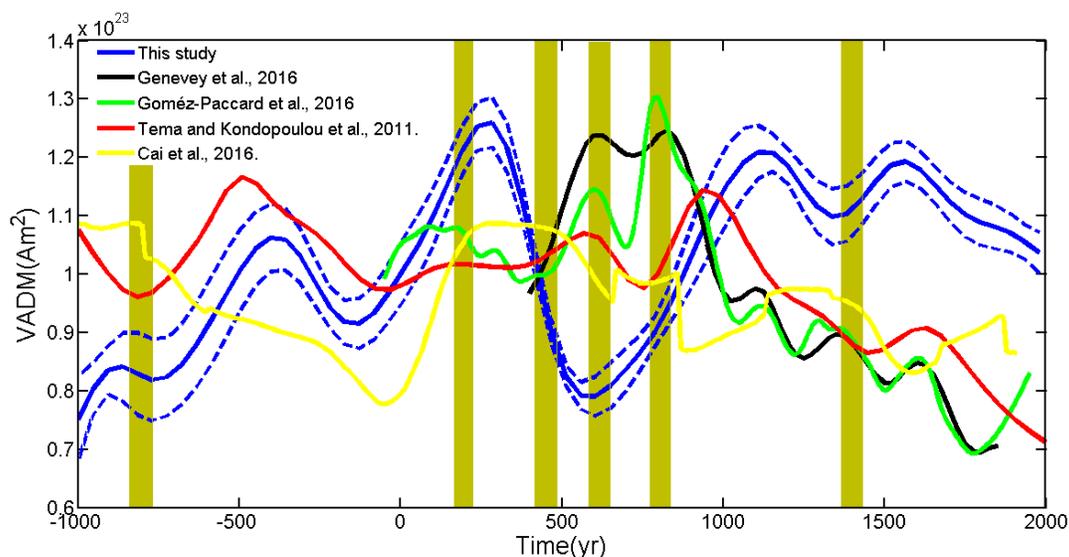
La presente CVPS se compara con las curvas para el oeste y el este de Europa mediante el uso del momento virtual axial dipolar, con el objetivo de observar si comparten alguna característica en común (Fig. 2). Al mismo tiempo se identificaron una serie de jerks, para observar si corresponden a algún cambio drástico dentro de la curva del presente estudio.

Se observa una clara diferencia entre las curvas regionales de Europa y la del presente estudio, así como con respecto a la curva de Asia. Pero se logra distinguir un movimiento de deriva hacia el Este de Europa, cuando se compara de manera sumamente cuidadosa con respecto a la curva de Europa (Tema y Kondopolou, 2011). Este movimiento se observa por un retraso de alrededor de 700 años de la curva del presente estudio con respecto a la curva del Este de Europa. Este posible movimiento concuerda con el estudio realizado por Dumberry y Finlay (2007), en el cuál se detecta un movimiento de deriva hacia el Este, que comienza en 500 BC y se observa mayormente en longitudes geográficas similares a las del presente trabajo (120°O a 90°O).

Se concluye que la presente curva de variación paleosecular es una importante contribución para el análisis continuo del cambio de la intensidad absoluta en Mesoamérica y el sur de los Estados Unidos de Norteamérica. Igualmente resulta de importancia para obtener edades aproximadas para artefactos arqueológicos y flujos de lava de México, el Salvador, Guatemala y el Sur de los Estados Unidos de Norteamérica

#### Referencias.

- Cai S., Jin G., Tauxe L., Deng C., Qin H., Pan Y., y Zhu R., (2016), Archaeointensity results spanning the past 6 kiloyears from Eastern China and implications for extreme behaviour of the geomagnetic field. *PNAS* 114, 39-44.
- Casas Ll., y 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, 448-454.



**Figura 2.** Curvas del momento dipolar axial virtual, para Europa, Asia y el presente estudio para los últimos tres milenios, con seis jerks (franjeas verdes) dentro de la temporalidad en cuestion.

- Bloxham J., Zatman S., y Bumberry M., (2002), The origin of the geomagnetic jerks, *Nature* 420, 65-68.
- Brown, M.C., Donadini F., Nilsson A., Pavnovska S., Frank U., Korhonen K., Schubert M., Korte M., y Constable C. G., (2015), A new paleomagnetic database for the lake and marine sediments. *Earth Planets and Sp*, 67, 70.
- De Michelis P., Tozzi R., Meloni A., (2009), Geomagnetic jerks: observation and theoretical modeling. *Memorie della Società Astronomica Italiana* 76, 957-960.
- Dumberry, M. y Finlay C. C., 2007, Eastward and westward of the Earth's magnetic field for the last three millennia. *Earth Planet Sci. Lett.* 254, 146-157.
- Genevey, A., Gallet Y., Jesset S., Théabault E., Bouillon J., Lefèvre A., y Le Goff M., (2016), New Archeointensity data from French Early Medieval pottery production (6<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> century AD). Tracing 1500 years of geomagnetic field intensity variations in Western Europe. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 257, 205-219.
- Gómez-Paccard M., Osete M. L., Chauvin A., Pavón-Carrasco J. P., Pérez-Asensio M., Jiménez P., y Lanos P., (2016), New constraints on the most significant paleointensity change in Western Europe over the last two millennia. A non-dipolar origin? *Earth Planet. Sci. Lett.* 454, 55-64.
- Mandea M., Bellanger E., y Le Mouél J. L., (2000), A geomagnetic jerk for the end of the 20<sup>th</sup> century?, *Earth and Planetary Science Letters* 183, 3-4, 369-373.
- Pavón-Carrasco F. J., Osete M. L., Torta J. M. y Santis A., 2014, A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flows. *Earth and Planetary Science Letters* 388, 98-109.
- Tema, E., y Kondopolou D., (2011) Secular variation of the Earth's magnetic field in the Balkan region during the last eight millennia based on archaeomagnetic data. *Geophys. J. Int.* 186, 603-614.
- Théabault, E., Gallet Y., 2010. A bootstrap algorithm for deriving the archeomagnetic field intensity variation curve in the Middle East over the past 4 millennia BC. *Geophys R. Lett.*, 37, 1-6, L22303, doi:10.1029/2010GL044788.