



## DATACIÓN MAGNÉTICA DE CERÁMICAS PRECOLOMBINAS Y FLUJOS PIROCLÁSTICOS ASOCIADOS AL VOLCÁN COLIMA BASADOS EN MODELOS GEOMAGNÉTICOS DEL CAMPO GEOMAGNÉTICO PARA LOS ÚLTIMOS 10 KA.

G. Cifuentes<sup>1</sup>, M. Cervantes-Solano<sup>1</sup>, A. Goguitchaichvili<sup>1</sup>, H. López-Loera<sup>2</sup>, A. Cortés<sup>3</sup>,  
L. Sánchez Bettucci<sup>4</sup>, J. L. Macías<sup>5</sup>, J. Morales<sup>1</sup>, J. Rosas-Elguera<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural y Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México-Campus Morelia, 58190 Morelia, México.

<sup>2</sup> IPICYT, San Luis Potosí, México.

<sup>3</sup> Universidad de Colima, México.

<sup>4</sup> Universidad de la Republica, Observatorio Geofísico del Uruguay, Montevideo, Uruguay.

<sup>5</sup> Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México-Campus Morelia, 58190 Morelia, México.

<sup>6</sup> Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, Universidad de Guadalajara, México.

\*e-mail: [gercifue@geofisica.unam.mx](mailto:gercifue@geofisica.unam.mx)

### RESUMEN

Presentamos los resultados de un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizado en rocas de flujos piroclásticos y algunos fragmentos de cerámica precolombina asociados al complejo Volcánico de Colima. En este trabajo se reporta una edad absoluta establecida mediante el fechamiento magnético de dos erupciones volcánicas asociadas al volcán Colima (volcán de Fuego). Esta es la primera vez que el modelo de predicción de campo magnético SHADIF14K, basado en el vector completo (declinación, inclinación y paleointensidad absoluta), es utilizado en depósitos de flujos piroclásticos intercalados con cerámicas. Los resultados obtenidos concuerdan con las edades radiométricas (<sup>14</sup>C) disponibles y constituyen una determinación más precisa de la edad del momento de enfriamiento de los flujos de lava.

**Palabras clave:** Volcán Colima, fechamiento arqueomagnético, flujos piroclásticos, cerámica prehispánica.

### ABSTRACT

We present the results of a detailed rock-magnetic and paleomagnetic investigations carried out on some pyroclastic rocks and pre-Columbian pottery fragments associated to the Colima Volcanic Complex. In this paper we report absolute age determination using magnetic dating for two volcanic eruptions associated to the Colima Volcano (Volcán de Fuego). The geomagnetic field prediction model SHADIF14K, based on full vector (declination, inclination and absolute paleointensity), was used for pyroclastic flows deposits and intercalated potteries for the first time. Obtained results agree reasonably well with available radiometric (<sup>14</sup>C) data providing a more accurate determination of the age of the cooling moment of the lava flows.

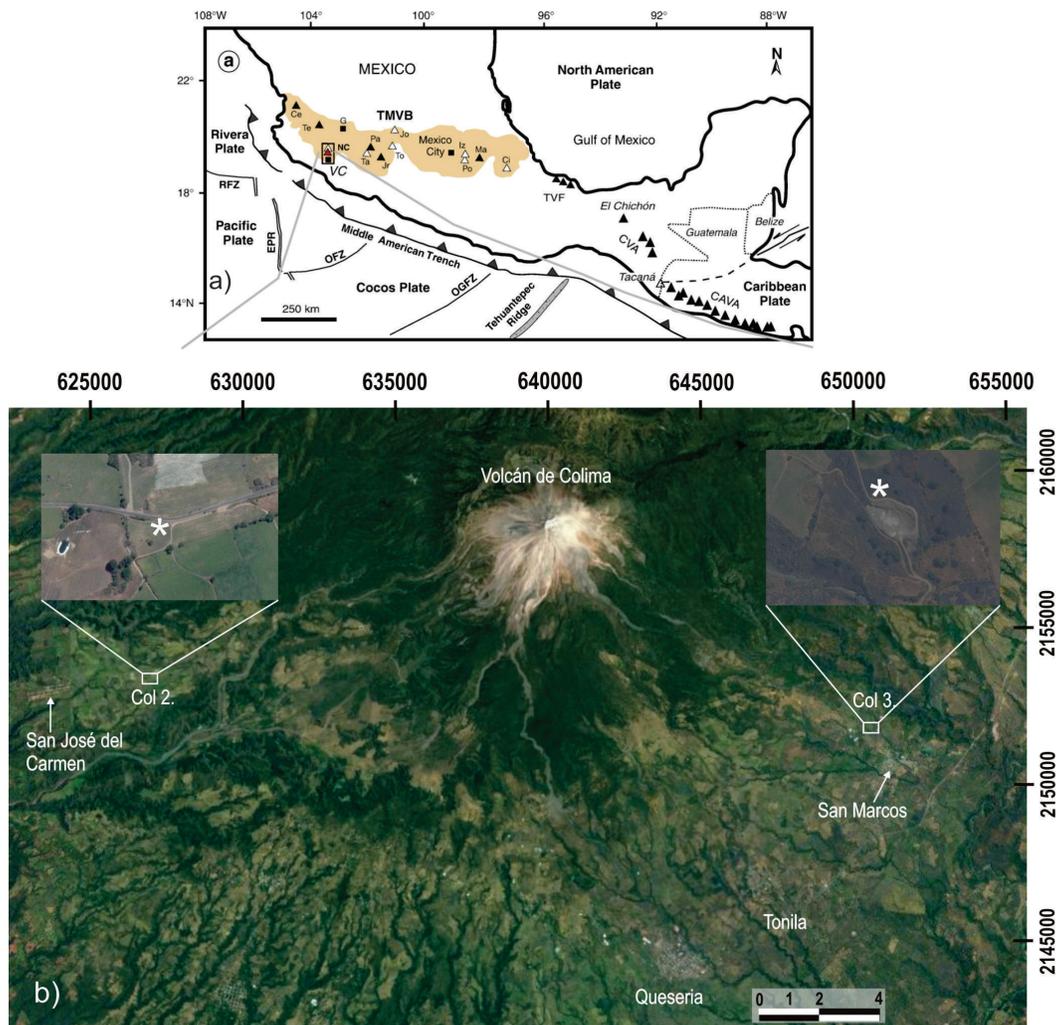
**Palabras clave:** Volcán Colima, fechamiento arqueomagnético, flujos piroclásticos, cerámica prehispánica.

### 1. Introducción

El volcán de Colima (conocido como el Volcán de fuego) es uno de los volcanes más activos en Centro y Norte América, se caracteriza por numerosos episodios eruptivos violentos durante los últimos 500 años. Más de 50 erupciones se han documentado, de las cuales cerca de 28 formaron depósitos de flujos de ceniza (Saucedo *et al.*, 2011) y por lo menos tres erupciones plinianas en 1690, 1818 y 1913 (Luhr y Carmichael 1990; De la Cruz-Reyna 1993; Saucedo *et al.*, 2005; 2010), actualmente tiene actividad eruptiva constante. Se localiza entre las ciudades de Guadalajara y Colima formando en conjunto con los volcanes Cántaro y Nevado de Colima el complejo volcánico Colima CVC en la parte occidental de la faja volcánica transmexicana. La



mayor parte de las determinaciones radiométricas disponibles de este complejo corresponden a los edificios volcánicos del Nevado y Cántaro y recientemente Cortés (2015) reportó 30 edades radiométricas utilizando  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  del CVC. Pese a esta gran cantidad de edades, pero debido a las características de los métodos utilizados, Kr/Ar o Ar/Ar, sólo pueden aplicarse para eventos mayores a los 50 ka, alcanzando su mejor precisión en los fechamientos de unidades volcánicas con edades más antiguas a los 100 ka mientras que el método de  $^{14}\text{C}$  es utilizado para datar eventos ocurridos en el Pleistoceno y Holoceno. Hay que señalar que en el caso del fechamiento por  $^{14}\text{C}$  de las erupciones volcánicas, éste se realiza sobre el carbón asociado a los flujos piroclásticos o flujos de lava (carbón de origen orgánico o paleosuelos quemados), por lo que la determinación de la edad corresponde al momento en que se formó este carbón el cual puede o no corresponder con el momento de la erupción. Por el contrario el método arqueomagnético, bajo ciertas circunstancias, permite determinar la edad del momento de las erupciones ocurridas durante los últimos 14 ka (Pavón-Carrasco *et al.*, 2011 y 2014). Este trabajo pretende realizar un fechamiento magnético de materiales cerámicos encontrados en flujos piroclásticos bien delimitados y depósitos de lava asociados al CVC mediante el estudio de sus propiedades magnéticas y sus componentes paleomagnéticas. Aunque este método ya se ha utilizado para datar flujos de lava del Holoceno (García-Quintana *et al.*, 2016; Böhnel *et al.*, 2016), este estudio representa el primer intento para fechar depósitos piroclásticos.



**Figura 1. A)** Localización del Complejo Volcánico Colima dentro de la faja volcánica Transmexicana. **B)** Localización de los sitios de muestreo San Marcos y San José del Carmen.



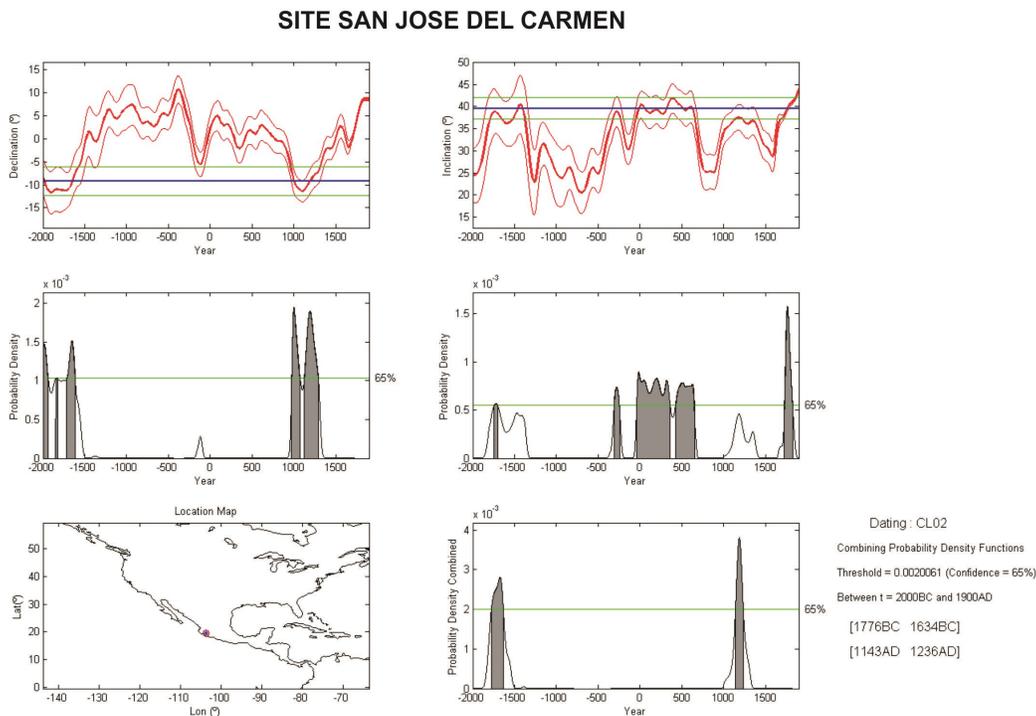
## 2. Muestreo y área de estudio

El sitio San José del Carmen (Fig. 1, Col 2) está localizado en 19°28.071' N y 103°44.204' W, en este lugar aflora un flujo piroclástico compuesto de bloques de roca dentro de una matriz de ceniza amarilla. En este sitio se recolectaron muestras de un bloque de andesita de color gris y textura fanerítica con plagioclasa y piroxenos. El afloramiento se encuentra sobre un depósito de avalancha de 3600 años causado por el colapso del edificio volcánico (Cortés *et al.*, 2010).

El sitio San Marcos se localiza a 1.5 km al NNW de la localidad del mismo nombre, 19°27.334' N y 103°30.780' W, Altitud 1217 m, sobre el camino hacia el poblado de Juan Barragán (Fig. 1, Col 3). Se recolectaron muestras de un flujo piroclástico de color amarillo de 1.5 m de espesor compuesto por ceniza y pómez. El depósito contenía numerosos fragmentos de cerámica y carbón que fueron fechados por Cortés *et al.* (2015) con una edad de  $280 \pm 65$  años antes del presente.

## 3. Resultados y discusión

Las curvas termomagnéticas para el sitio de San José del Carmen muestran una temperatura de Curie cercana a los 575°C durante el calentamiento lo cual indica la presencia de magnetita casi pura o titanomagnetita con muy bajo contenido en titanio como el mineral responsable de la magnetización, durante el enfriamiento las curvas son consideradas como reversibles sin evidencia de fases ferromagnéticas. Durante los tratamientos magnéticos, sin embargo, se observa una componente secundaria muy significativa probablemente originada por relámpagos pero que es removida aplicando campos de 30 mT. Una vez removida esta componente fue posible obtener las componentes características direccionales de la remanencia. La dirección promedio de este sitio es  $Inc = 39.6^\circ$ ,  $Dec = 350.7^\circ$  con parámetros de precisión  $N = 7$ ,  $\alpha_{95} = 2.2^\circ$  y  $k = 633$ , debido a la magnetización secundaria no fue posible determinar la paleointensidad. Por este motivo la edad de

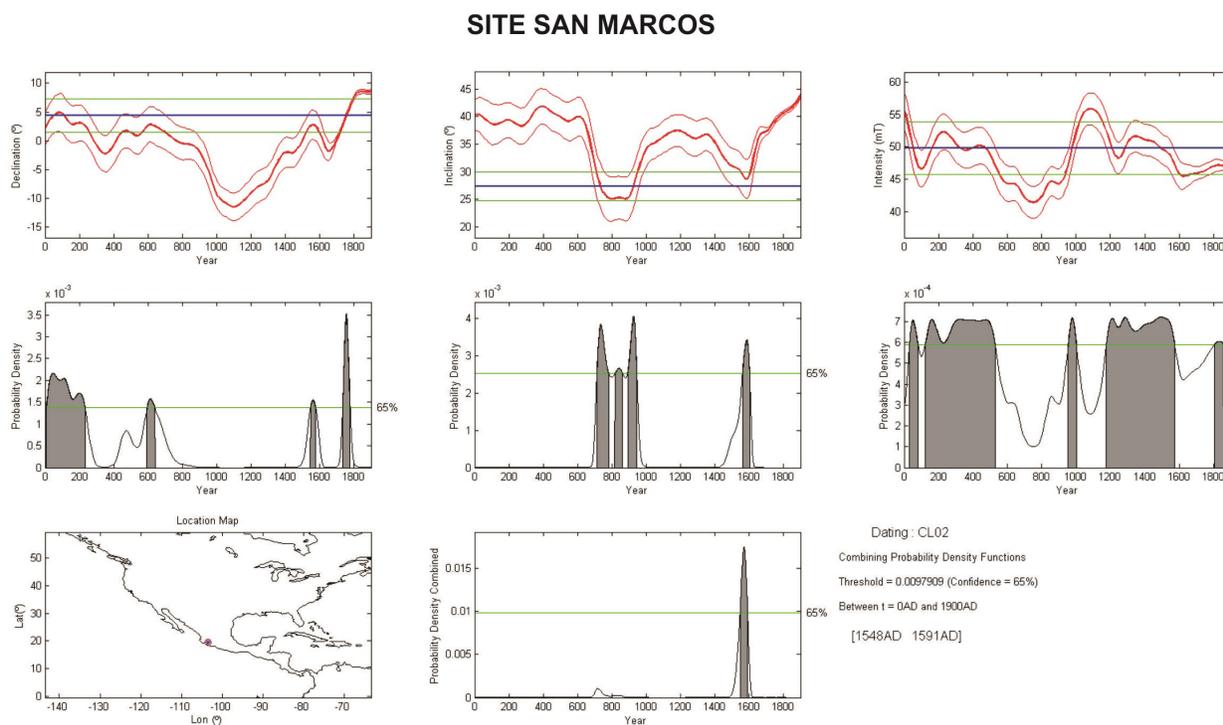


**Figura 2.** Fechamiento magnético del sitio San José Del Carmen utilizando la herramienta MatLab de Pavón-Carrasco *et al.* (2014).

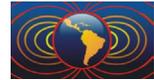


este sitio fue calculada a partir del Modelo SHADIF.14K (Pavón-Carrasco *et al.*, 2011 y 2014) utilizando solamente componentes direccionales arrojando un intervalo de edad de 1776-1634 AD; esta edad, dentro de sus incertidumbres, se correlaciona bien con las edades de radiocarbono disponibles (Fig. 2).

Debido a que en el bloque San Marcos se recolectaron tanto muestras de roca como cerámicas encontradas dentro del flujo se realizaron tratamientos magnéticos y experimentos de magnetismo de rocas por separado. La mineralogía magnética de los flujos piroclásticos es compleja ya que se observan dos fases ferromagnéticas durante el calentamiento y solo una durante el enfriamiento. La fase de baja corresponde a titanomaghemita la cual es más inestable térmicamente y la segunda a la titanomagnetita, lo que explica el comportamiento irreversible y descarta la posibilidad de realizar experimentos de paleointensidad. Después de los tratamientos de desmagnetización se observa que las muestras están caracterizadas por una pequeña magnetización viscosa inicial que luego de ser removida en los primeros pasos aplicando 10 a 15 mT. La dirección promedio de estas muestras es de  $Inc = 55.1^\circ$ ,  $Dec = 229.4^\circ$  con parámetros de precisión de  $N = 6$ ,  $\alpha_{95} = 2.1^\circ$  y  $k = 1039$ . A pesar de la precisión de este resultado, es claro que carece de significado paleomagnético y se atribuye a un posible movimiento del bloque posterior al emplazamiento del flujo piroclástico durante el enfriamiento. En el caso de los fragmentos de cerámica localizados dentro de los flujos, las curvas termomagnéticas de las muestras de cerámica exhiben la presencia de titanomagnetita pobre en titanio, magnetita y probablemente hematita, con curvas reversibles y alta estabilidad térmica. Después de los tratamientos magnéticos, los datos direccionales promedio de las cerámicas son  $Inc = 27.3^\circ$ ,  $Dec = 4.4^\circ$ ,  $N = 6$ ,  $\alpha_{95} = 2.6^\circ$  y  $k = 677$ . Gracias a su estabilidad térmica fue posible realizar los experimentos



**Figura 3.** Fechamiento magnético del sitio San Marcos utilizando la herramienta MatLab de Pavón-Carrasco *et al.* (2014).



de paleointensidad resultando en un valor de 50.3  $\mu\text{T}$ , el cuál es relativamente mayor que el campo actual en esa área. Con estos datos el intervalo de edad más probable para este evento es de 1548 a 1591 AD según el modelo SHADIF.14K (Fig. 3).

## Referencias

- Böhnel H., Pavón-Carrasco F.J., Sieron K., Mahgoub A. 2016., Palaeomagnetic dating of two recent lava flows from Ceboruco volcano, western Mexico. *Geophysical Journal International* 207, 2, 1203-1215.
- Cortés A. 2015, Historia eruptiva del volcán Nevado de Colima y su evolución dentro del Complejo Volcánico, de Colima (CVC): México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis Doctoral, 186 pp.
- Cortés A., Garduño V.H., Macías J.L., Navarro-Ochoa C., Komorowski J.C., Saucedo R. Gavilanes, J.C., 2010. Geologic mapping of Colima volcanic complex (México) and implications for hazard assessment, in Groppelli G., Viereck-Goette L. (editores). *Stratigraphy and Geology of Volcanic Areas: Geological Society of American Special Paper* 464, 1-16.
- De la Cruz-Reyna S. 1993. Random patterns of occurrence of explosive eruptions at Colima Volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 55, (1-2), 51-68.
- García-Quintana A., Goguitchaichvili A., Morales J., Cervantes-Solano M., S. Osorio-Ocampo S., Macías J.L., Urrutia-Fucugauchi J., 2016. Datación magnética de rocas volcánicas formadas durante el Holoceno: caso de flujos de lava alrededor del Lago de Pátzcuaro (campo volcánico Michoacán-Guanajuato). *Revista Mexicana Ciencias Geológicas* 33, 2, 209-220.
- Luhr J.F., Carmichael I.S.E., 1990. Geology of Volcan de Colima: Universidad Nacional Autónoma de México, *Instituto de Geología, Boletín* 107, 101 pp., 1 map.
- Pavón-Carrasco F.J., Rodríguez-González J., Osete M.L., Torta J.M, 2011. A Matlab tool for archaeomagnetic dating. *Journal of Archaeological Science* 32, 8, 408-419.
- Pavón-Carrasco, F.J., Osete, M.L., Torta, J.M., and Santis, A. D., 2014. A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data. *Earth and Planetary Science Letters* 388, 98-109.
- Saucedo R., Macías J.L., Sheridan M.F., Bursik M.I., Komorowski J.C., 2005. Modeling of pyroclastic flow of Colima Volcano, Mexico: implications for hazard assessment, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 139, 103-115.
- Saucedo R., Macías J.L., Gavilanes-Ruiz J.C., Arce J.L., Valdez-Moreno G., 2010. Eyewitness stratigraphy, chemistry and eruptive dynamics of the 1913 Plinian eruption of Volcán de Colima, México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 191, 149-166.
- Saucedo R., Macías J.L., Gavilane J.C., Arce J.L., Komorowski J.C., Gardner J.E., Valdez-Moreno G., 2011. Eyewitness, stratigraphy, chemistry, and eruptive dynamics of the 1913 Plinian eruption of Volcán de Colima, México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 191, 149-166.