



VARIACIÓN SECULAR DEL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA REGISTRADA EN UNIDADES ÍGNEAS ASOCIADAS AL RIFT TEPIC ZACOALCO, JALISCO, MÉXICO.

Miguel Ángel Cervantes-Solano^{1*}, Ulises Días Ortega², Avto Goguitchaichvili³, José Rosas-Elguera⁴, Rubén Cejudo-Ruiz³, Juan Morales Contreras³, Rafael García-Ruiz³.

¹ Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM, México.

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica Unidad Michoacán, UNAM, México

³ Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, IGUM-UNAM, Morelia, México

⁴ Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, México

* e-mail: miguel_cervantes@enesmorelia.unam.mx

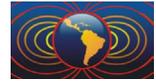
ABSTRACT

In this work we present the results of a paleomagnetic and rock magnetism study carried out on the igneous units of the volcanic formations associated to the Tepic-Zacoalco Rift. Rock samples were collected from 33 sites distributed over the extension of the Rift, all with radiometric ages previously published. Rock magnetism experiments show that, in most cases, the carrier of the remanence is titanomagnetite with variable titanium content. After performing the magnetic treatments, it was possible to determine the paleomagnetic directions in 28 of the units studied, 12 of them show normal polarity, 11 reverse polarity and 5 intermediate polarity if a 45° cut off angle is applied. Considering the available geochronological information, it is possible to cluster these results according to their age. The first group of 11 sites correspond to ages between 61-83 Ma (Late Cretaceous-Paleocene) and a second group of 22 sites with ages between 3 and 5 Ma (Pliocene- Pleistocene). For the first group the main paleomagnetic direction and its corresponding virtual geomagnetic pole agrees well with other poles proposed for the same region and age, however, for the second group, both the average paleodirection and the position of the virtual geomagnetic pole have a significant difference with respect to the reference poles. This difference cannot be attributed statistically to the dispersion of the paleosecular variation, suggesting tectonic movements after the emplacement of these rocks.

Keywords: Paleomagnetism, Tepic-Zacoalco, Transmexican volcanic belt

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas realizado en las unidades ígneas de las formaciones volcánicas asociadas al Rift Tepic - Zacoalco. Se recolectaron muestras de rocas provenientes de 33 sitios distribuidos sobre la extensión del Rift, todos con edades radiométricas publicadas. Los experimentos de magnetismo de rocas muestran que, en la mayoría de los casos, el mineral portador de la remanencia magnética es titanomagnetita con contenido variable de titanio. Después de realizar los tratamientos magnéticos fue posible determinar las direcciones paleomagnéticas en 28 de las unidades estudiadas de las cuales 12 tienen polaridad normal, 11 polaridad invertida y 5 polaridad intermedia si se considera un ángulo de corte de 45°. Tomando en cuenta la información geocronológica disponible es posible agrupar estos resultados según su edad, el primero de 11 sitios con edades entre 61-83 Ma (Cretácico Tardío- Paleoceno) y un segundo grupo de 22 sitios con edades entre los 3 y 5 Ma (Plioceno-Pleistoceno). Para el primer grupo la dirección paleomagnética promedio y su correspondiente polo geomagnético virtual concuerdan bien con otros polos propuestos para la misma región y edad, en cambio, para el segundo grupo tanto la paleodirección promedio como la posición del polo geomagnético virtual presentan una diferencia significativa respecto a los polos referencia la cual estadísticamente no puede atribuirse a la dispersión de la variación paleosecular por lo que posiblemente sea el resultado de movimientos tectónicos



posteriores al emplazamiento de las unidades estudiadas.

Palabras clave: Paleomagnetismo, Tepic-Zacoalco, Faja Volcánica Transmexicana

1. Descripción el área de estudio

El área de estudio forma parte de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) la cual es un arco volcánico formado sobre el margen sudoccidental de la Placa de Norteamérica como resultado de la subducción de las Placas Cocos y Rivera. Entre sus rasgos significativos están la gran variabilidad del estilo volcánico y la presencia de un vulcanismo tipo intraplaca asociado a la subducción (Ferrari, 2000). Los sitios estudiados en este trabajo se localizan en la región occidental de la FVTM, en el área del Rift Tepic-Zacoalco, un corredor con orientación Noroeste de aproximadamente 50 km de ancho por 250 km de largo y que se extiende desde la costa del Pacífico hasta la ciudad de Guadalajara en Jalisco, México (Figura 1). El tipo de roca predominante del basamento son las tobas riolíticas y lavas. Los sitios estudiados fueron seleccionados según las edades radiométricas publicadas por Frey *et al.*, (2007), en total se obtuvieron 270 muestras provenientes de 33 sitios diferentes con edades entre los 3.02 y 83.3 Ma distribuidos a largo

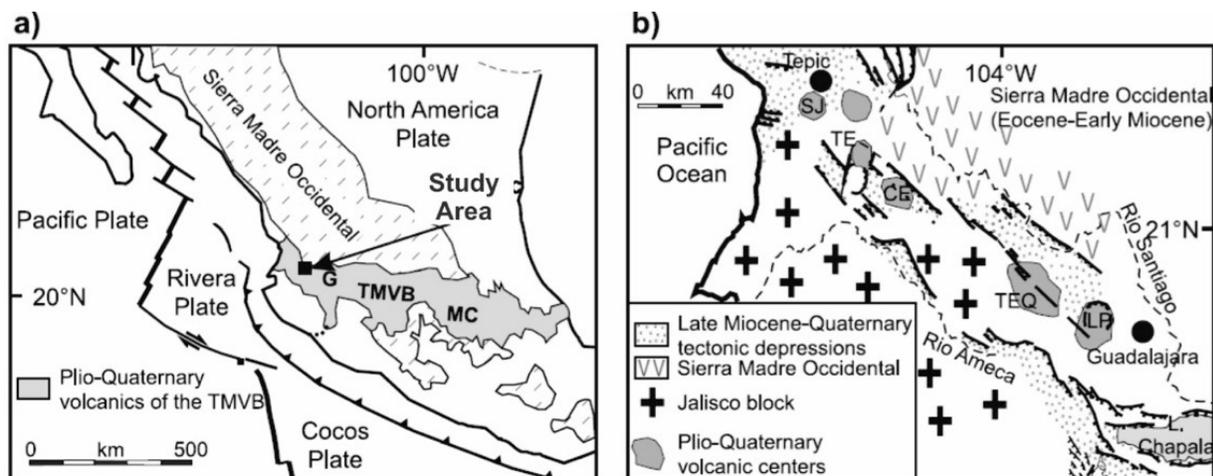


Figura 1. a) Mapa geológico de la faja volcánica Transmexicana. **b)** Mapa geológico esquemático del Rift Tépico-Zacoalco y los principales volcanes; SJ: Volcán San Juan; TE: Volcán Tepeltitic; CE: Volcán Ceboruco; TEQ: Volcán Tequila; LP: Caldera La Primavera Modificado de Calvo *et al.*, (2013). de la extensión del Rift.

2. Metodología

Con la finalidad de identificar a los minerales magnéticos responsables de la remanencia y comprobar su estabilidad magnética se realizaron mediciones de susceptibilidad en función de la temperatura (curvas termomagnéticas k-T). Las curvas indican que en la mayoría de las muestras se observa la presencia de una sola fase ferromagnética con una temperatura de Curie entre los 540° C y 580° C compatible con la titanomagnetita. En otro grupo de muestras se manifiesta la presencia de dos fases ferromagnéticas durante el calentamiento y una sola durante el enfriamiento, su punto de Curie más bajo se encuentra entre los 240° C y 360° C y el mayor entre los 440° C y 580° C; este comportamiento se debe posiblemente a la coexistencia de titanomagnetitas ricas en titanio para la primera fase y titanomagnetita pobre en titanio para la segunda.

Para determinar las componentes direccionales de la magnetización remanente característica se realizaron desmagnetizaciones progresivas mediante campos alternos. En general las muestras estudiadas presentan dos componentes durante la desmagnetización, la primer componente es removida en los primeros pasos



de desmagnetización aplicando campos entre 5 y 15 mT y se le considera de origen viscoso. Una vez que esta primera componente es removida, el comportamiento observado es lineal con tendencia hacia el origen de coordenadas en los diagramas ortogonales, (Figura 2A y 2B). También se observó que en algunas muestras persiste una magnetización significativa, superior al 50% de la original, luego de haberles aplicado campos de hasta 90 mT (Figura 2C). A pesar de esto se puede distinguir una tendencia lineal hacia el origen por lo que se considera que es de origen primario. Las componentes direccionales características fueron calculadas mediante el método de componentes principales (PCA) de Kirshvink (1980). En las muestras provenientes de un sitio no fue posible obtener las componentes direccionales debido al comportamiento errático de las mismas durante los experimentos (Figura 2D). Para obtener las direcciones paleomagnéticas promedio de cada sitio se utilizó la estadística de Fisher (1956) pudiéndose obtener en 27 casos mientras

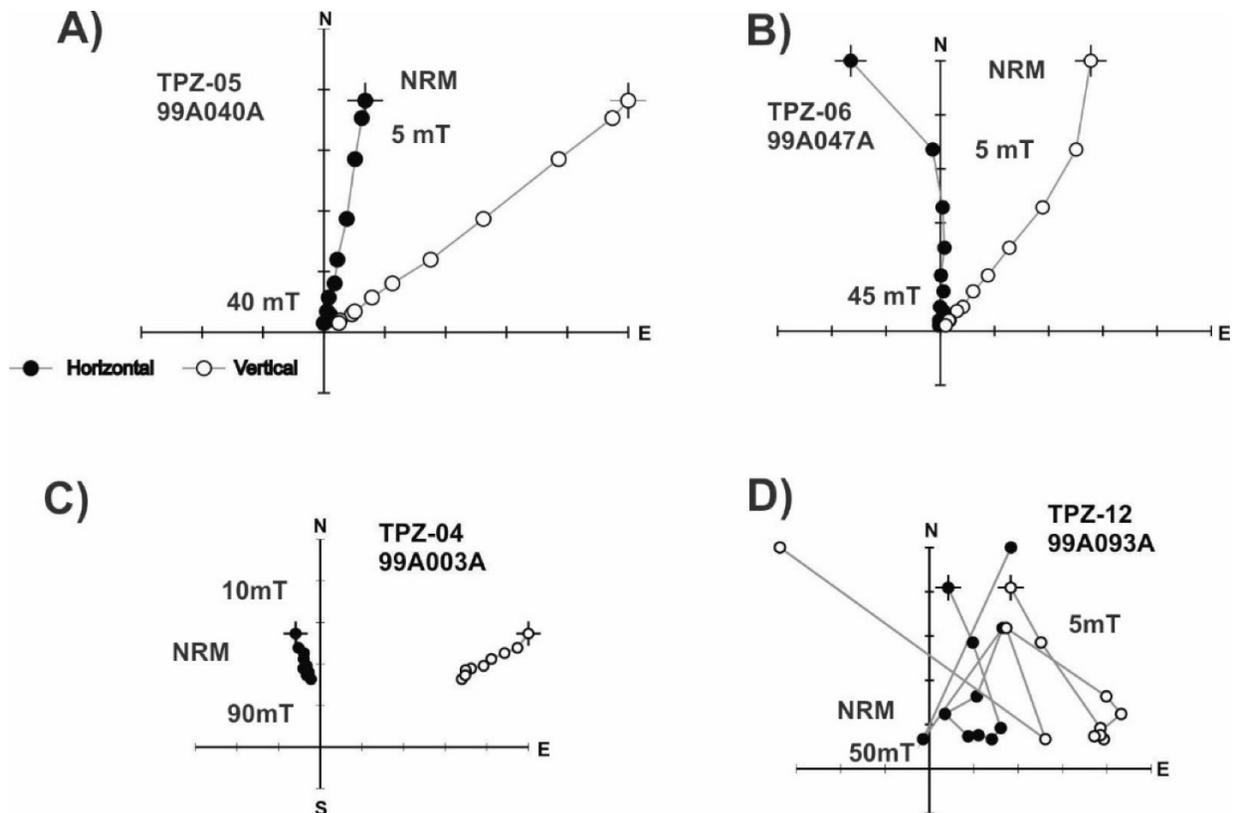


Figura 2. Diagramas ortogonales de desmagnetización por campos alternos. Los números pertenecen al valor pico del campo aplicado en cada paso de desmagnetización en mT que en los otros 6 no se observó un agrupamiento coherente.

3. Principales resultados

Grupo Plioceno-Pleistoceno

Se determinó la paleodirección promedio en 17 de los sitios, 4 son de polaridad normal, 8 de polaridad invertida bien definida y 5 sitios tienen polaridades intermedias si se aplica un ángulo de corte de 45° . Los sitios con polaridad invertida resultaron ser antipodales a los de polaridad normal según la prueba de inversión de McFadden y McElhinny (1990). Después de descartar las polaridades intermedias y realizando una inversión de las polaridades invertidas, fue posible calcular el promedio paleomagnético con $Dec = 347.4^\circ$, $Inc = 29.2^\circ$, $N = 12$, $\alpha_{95} = 9.7^\circ$, (figura 3 A). La posición del polo geomagnético virtual obtenido es $P_{Lat} = 77.9^\circ N$, $P_{Long} = 160.3^\circ E$, $A_{95} = 6.83^\circ$. Comparando el polo obtenido con las curvas de deriva



polar aparente para América del Norte publicadas por Besse y Courtillot (2002) y Torsvik *et al.* (2008) calculadas para una ventana de 5Ma, existe una diferencia significativa la cual puede atribuirse a un posible desplazamiento independiente del Bloque Jalisco respecto de la placa norteamericana ocurrido posterior al emplazamiento.

Grupo Cretácico Tardío- Paleoceno

Los resultados de los tratamientos magnéticos permitieron determinar las direcciones paleomagnéticas en 11 de los sitios encontrándose 8 de polaridad normal y 3 de polaridad invertida, que resultaron ser antipodales. La dirección paleomagnética promedio obtenida es $Dec = 344.7^\circ$, $Inc = 43.2^\circ$, $N = 11$, $\alpha_{95} = 13.2^\circ$, (figura 3 B). El polo geomagnético virtual promedio de los once sitios es de $P_{Lat} = 77.1^\circ N$, $P_{Long} = 182.2^\circ E$, $A_{95} = 11^\circ$. Este polo paleomagnético concuerda bien con otros polos propuestos para la misma región y edad (Besse y Courtillot, 2002; Torsvik *et al.*, 2008), sin embargo, debido a su incertidumbre y a falta de un modelo geodinámico regional, no puede descartarse la posibilidad de que esta incertidumbre sea el resultado de movimientos tectónicos no considerados.

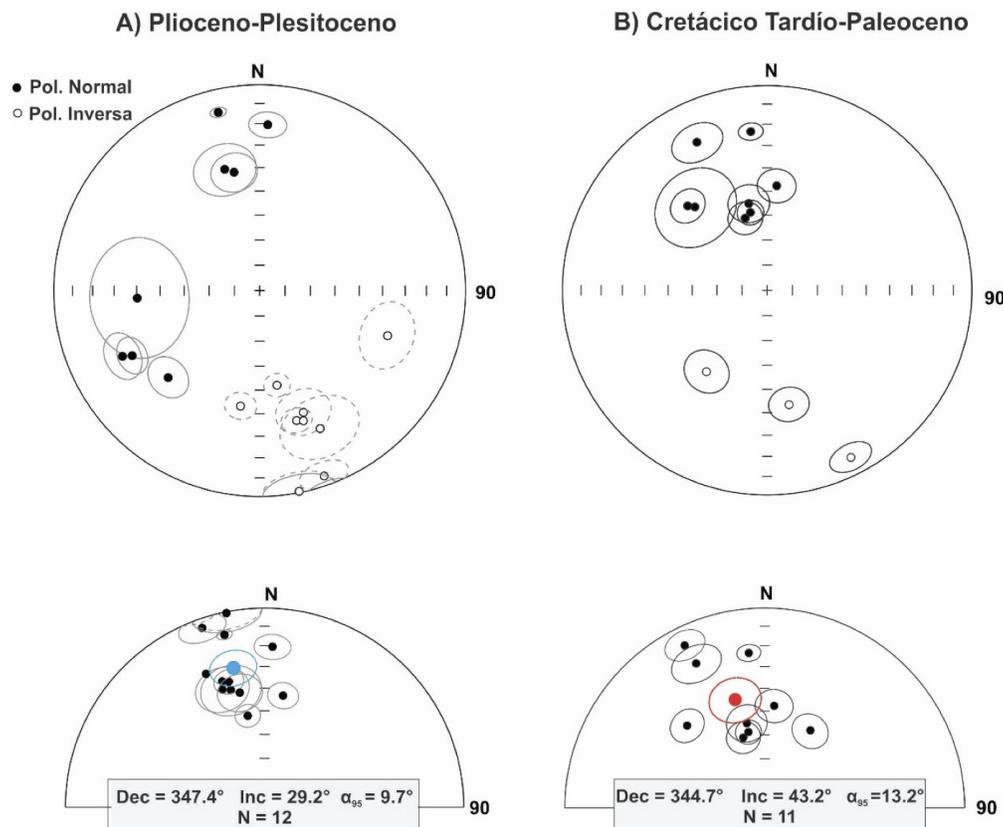
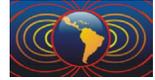


Figura 3. Proyecciones de igual área de las paleodirecciones por sitio y sus promedios de Fisher: **A)** En color azul se muestra el promedio del grupo Plioceno-Plesitoceno y **B)** El promedio del grupo Cretácico Tardío-Paleoceno.

Agradecimientos: Se agradece el apoyo del proyecto UNAM PAPIIT IN116619.

Referencias

- Besse, J., Courtillot, V. 2002. Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107 (B11), EPM- 6.
- Calvo-Rathert, M., Reyes, B. A., Goguitchaichvili, A., Elguera, J. R., Franco, H., Morales, J., Soto, R., Carrancho, A., Delgado, H. 2013. Rock-magnetic and paleomagnetic results from the Tepic-Zacoalco



- rift region (western Mexico). *Studia Geophysica et Geodaetica*, 57 (2), 309- 331.
- Ferrari, L., 2000. Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Trans-mexicana durante la última década. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, LIII, pp. 84-92.
- Fisher, R. A. 1953. Dispersion on a Sphere. *Proceedings of Royal Society*, London. A217, pp 295-307.
- Frey, H. M., Lange, R. A., Hall, C. M., Delgado-Granados, H., y Carmichael, I. S., 2007. A Pliocene ignimbrite flare-up along the Tepic-Zacoalco rift: Evidence for the initial stages of rifting between the Jalisco block (Mexico) and North America. *Geological Society of America Bulletin*, 119 (1-2), 49-64.
- Kirshvink, J.L., 1980. The least square line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal International*, 62 (3), 699-718.
- McFadden P.L. y McElhinny M.W., 1990. Classification of the reversal test in palaeomagnetism, *Geophysical Journal International*, 103, 3, 725-729.
- Torsvik, T. H., Müller, R. D., Van der Voo, R., Steinberger, B., Gaina, C. 2008. Global plate motion frames: toward a unified model. *Reviews of Geophysics*, 46 (3).