



VALORES GEOMAGNÉTICOS LOCALES EN LOS FLUJOS DE LAVA HISTÓRICOS EN EL VOLCÁN PARICUTÍN, MÉXICO

Gerardo Cifuentes-Nava^{1*}, Avto Gogichaishvili¹, Esteban Hernández-Quintero¹, Ana Caccavari-Garza¹, Ana Maria Soler-Arechalde¹, Hector Lopez-Loera²

¹ Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

² División de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A. C., San Luis Potosí, México.

*e-mail: gercifue@geofisica.unam.mx

ABSTRACT

We present a summary of systematic instrumental measurements of Historic Geomagnetic Field as revealed by direct survey and besides using data from Geomagnetic Observatory and repetition stations. The former values are used as the baseline for recent (1943) volcanic eruptions (*i.e.* Paricutín, Michoacán) while direct measurements allow to estimate the local influence of the geomagnetic field (normal field) around and over these recent eruptions (disturbed field). Paleomagnetic samples were collected, in parallel way, from the sites under geomagnetic observations in order to compare main geomagnetic elements retrieved from remanence and direct measurements. The results show systematic differences between the expected normal field and the disturbed area of recent eruptions.

Keywords: Geomagnetism, paleomagnetism, historic eruptions, Paricutín.

RESUMEN

Se presenta un resumen de las actividades de estándares y operación de instrumentación para observar el campo magnético histórico y su uso tanto en Observatorios Geomagnéticos como en estaciones de repetición. Los primeros son usados como base para los registros de las erupciones volcánicas recientes (*i.e.* Paricutín, Michoacán) y los segundos como un medio de observación de la influencia local del campo geomagnético alrededor (campo normal) y sobre estas erupciones recientes (campo perturbado). Las observaciones llevadas a cabo se localizan en sitios de muestreo paleomagnético para analizar los valores obtenidos en laboratorio y el valor esperado del Campo Geomagnético. Los resultados muestran diferencias entre el campo normal esperado y el campo perturbado de las erupciones recientes, cuya variabilidad no llega a ser tan diferente como la que muestran los estudios paleomagnéticos de laboratorio.

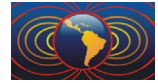
Palabras Clave: Geomagnetismo, paleomagnetismo, erupciones históricas, Paricutín.

Introducción.

Los resultados obtenidos en estudios de paleointensidad, así como las técnicas de desmagnetización con microondas arrojan en el Paricutín resultados muy dispersos (Urrutia-Fucugauchi *et al.*, 2004; Gogitchaishvili *et al.*, 2005). Estos resultados demuestran que incluso con el conocimiento de las características magnéticas de las muestras de roca y la fuerza del Campo Geomagnético durante el enfriamiento de la lava, técnicamente la determinación precisa de la paleointensidad utilizando una variedad de métodos puede aún producir resultados incorrectos.

Los objetivos para esta investigación son encontrar o limitar la existencia de condiciones de fuentes en los flujos de lava históricos del volcán Paricutín para sintetizar los resultados de los proyectos de investigación previos que arrojan valores tan dispersos.

Para lograr estas metas, se van a tomar muestras lo más completo posible en estos flujos de lava (desde lo más cercano a lo más lejano de las fisuras volcánicas, así como en diferentes niveles), para sistemáticamente



investigar valores del Campo Geomagnético *in situ* con mediciones magnéticas de alta sensibilidad (intensidad y dirección) para posteriormente integrar datos de campo y laboratorio para dar idea de una mejor interpretación de datos existentes.

Volcán Parícutín.

El Parícutín, apareció el 20 de febrero de 1943 en un campo de maíz cerca del pueblo de San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México, cuya actividad duro hasta el final de 1952. Perteneció al cinturón cuaternario volcánico trans-México (TMVB). El TMVB se ubica cerca de la depresión del Balsas, once kilómetros al sur-oeste del volcán Tancítaro (3,840m), el estrato-volcán más alto de Michoacán. La comunidad de Angahuan a 6 km al noreste del cono tiene una población aproximada de 3,800 habitantes.

Los registros paleomagnéticos de los flujos del Parícutín (Fig. 1), se caracterizan por datos de cerca de 10° por debajo de lo esperado en el sitio comparado con el Observatorio Geomagnético de Teoloyucan y estimados con el modelo International Geomagnetic Reference Field 1945 y 1950 (Urrutia-Fucugauchi *et al.*, 2004).

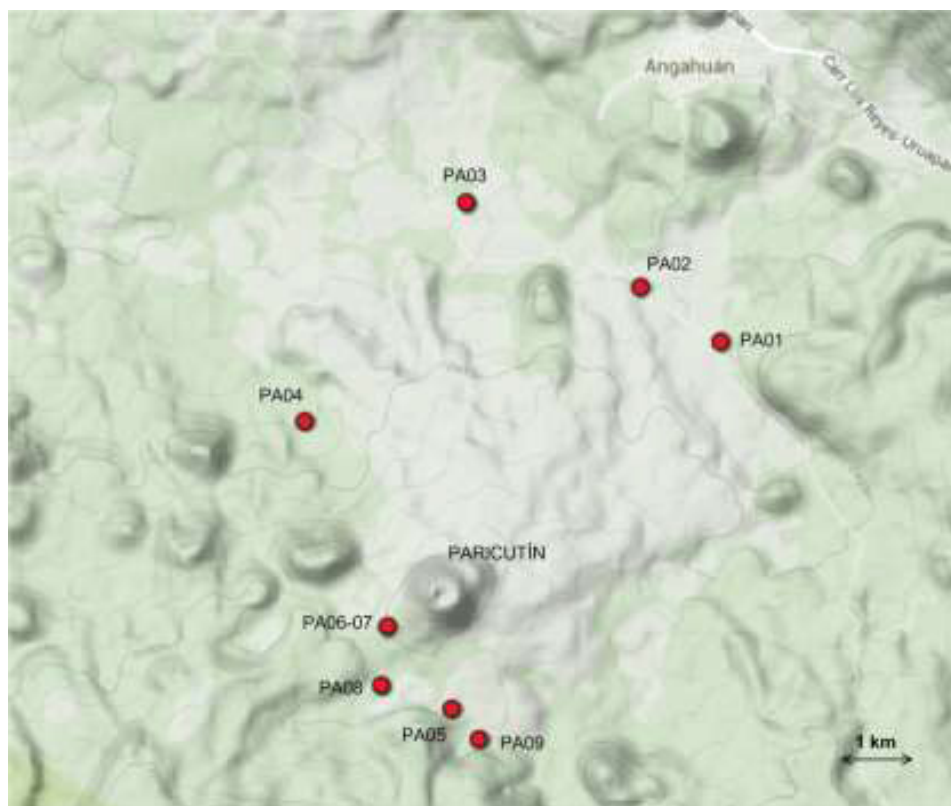
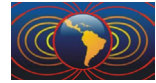


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo y observaciones geomagnéticas.

La determinación de las paleodirecciones y propiedades magnéticas de las rocas andesíticas y basálticas de los principales flujos de lava (Fig. 1), pertenecen a lo que se consideran 7 eventos de lava para el período de septiembre de 1943 a agosto de 1946 (Urrutia-Fucugauchi *et al.*, 2004). Podemos observar que los valores tienen un gran rango para las paleodirecciones obtenidas, por ejemplo de 17.6° a 51.3° para la Inclinación y de 331.9° a 32.4° para la Declinación. En general para los 12 sitios muestreados los valores medios se calcularon en: Dec = 1.8° , Inc = 37.5° , $k = 26$ y $a_{95} = 8.7^\circ$. Después de descartar los sitios 4 y 8 por problemas con los alineamientos de las perforaciones resultó: Dec = 1.7° , Inc = 34.2° , $k = 41$ y $a_{95} = 7.6^\circ$.

Los valores obtenidos en los análisis paleomagnéticos se encuentran con demasiada dispersión para los valores obtenidos a través del IGRF-12 (IAGA, 2015) y los observados en el Observatorio Geomagnético de Teoloyucan para la época en que se formaron los flujos de lava



Mediciones Geomagnéticas.

Durante los días 20 y 21 de marzo, así como el 21 de abril del 2015 se llevaron a cabo las mediciones geomagnéticas, así como muestreo de roca para determinaciones paleomagnéticas, en diversas coladas de lava en el Volcán Parícutín. Los sitios de muestreo son los 7 flujos de lava 1943-1946 referidos por Urrutia-Fucugauchi *et al.* (2004) y Goguitchaichvili *et al.* (2005) (Fig. 2).

Para llevar a cabo las mediciones del Campo Geomagnético se emplearon un magnetómetro de intensidad total GEM GSM-19 de efecto Overhauser y un magnetómetro de declinación e inclinación DI-flux MINGEO/Zeiss THEO010A que son los instrumentos usados en un Observatorio Geomagnético. En cada sitio de medición se tomó la consideración de la existencia de dos áreas: A, que se encuentra fuera de la influencia magnética de los flujos de lava, por lo menos 15 m alejado del sitio de muestreo paleomagnético y B, directamente sobre el flujo.

Resultados.

El resumen de las reducciones finales para los sitios observados en el Volcán Parícutín en los flujos de lava de 1943 a 1946 se presenta en la Tabla 2. Como era de esperarse todos los elementos magnéticos presentan un campo normal por la época en que se formaron. Sin embargo se debe comentar que los valores observados, desde el punto de vista de un observatorio magnético o de una estación de repetición, están alejados en algunos casos de los valores esperados que se pueden ver en las curvas de variación secular del modelo IGRF-12 y medido en el Observatorio Geomagnético de Teoloyucan.

En general se esperaría que las mediciones en el área A tuvieran valores muy cercanos a los que marca el modelo IGRF-12 para el Parícutín que son de Dec = 6°, Inc = 46.6° y F = 40,400 nT; mientras que para los valores B sobre los flujos de lava podrían parecer más a un valor comprendido entre 1943-1946 por el NRM asociado a estos en su formación y que son de Dec = 10°, Inc = 46° y F = 44,500 nT. Esto es que las diferencias B-A bajo este punto de vista tendrían que ser dD = 4°, dI = 0.6° y dF = 4,100 nT.

Los valores de intensidad total se muestran cercanos a valores esperados. Solo en tres casos la relación B-A es menor a cero, en PA08, PA05 y PA05, pero hay que tomar en cuenta que el sensor de este instrumento puede ser muy sensible a objetos superficiales como es el caso de unidades geológicas magnéticas que no se encuentren a la vista por debajo del sitio de medición. Para ello es mas valioso el perfil de campo total en dirección sur-norte para cada punto que para cada curva hay indicación del cambio superficial de un terreno casi normal a la presencia del flujo de lava estudiado.

Tabla1. Paleodirecciones para las rocas andesíticas y basálticas del Volcán Parícutín (tomado de Urrutia-Fucugauchi *et al.*, 2004).

Site (samples)	Eruption	N	Dec	Inc	k	α_{95}	NRM-J (A m ⁻¹)	SUSC 10 ⁻³ SI
1 (1-6)	1943 Sep-Dec	6	0.3	17.8	107	8.9	19.2 ± 7.0	8.4 ± 2.5
2 (7-12)	1943 Sep-Dec	6	7.6	40.1	241	5.9	23.8 ± 7.0	7.5 ± 2.4
3 (13-18)	1946 Mar-Aug	6	344.4	24.6	47	13.5	14.0 ± 6.4	19.2 ± 11.9
4 (19-27)	1947 Apr-Jul	7	331.9	51.3	239	5.0	17.5 ± 4.1	14.6 ± 5.5
5 (28-35)	1944 Jan-Aug	8	13.4	36.8	71	11.0	24.8 ± 14.3	8.9 ± 6.6
6 (36-44)	1945 Jun-Sep	9	3.5	42.1	70	11.1	10.9 ± 5.4	11.5 ± 2.7
7 (45-56)	1944 Oct-1945 Jan	12	7.4	46.7	27	11.8	10.3 ± 20	10.4 ± 2.1
8 (57-63)	1944 Oct-1945 Jan	7	32.3	50.5	20	15.4	9.8 ± 2.1	17.7 ± 8.8
9 (64-70)	1945 Feb-May	7	6.7	34.1	70	8.0	19.1 ± 6.8	14.8 ± 9.3
10 (71-80)	1945 Jun-Sep	10	0.0	45.0	149	6.3	31.2 ± 5.8	6.3 ± 1.7
11 (81-92)	1945 Jun-Sep	12	353.3	33.9	45	7.3	20.1 ± 6.2	14.6 ± 5.3
12 (93-101)	1945 Feb-May	9	3.6	17.6	151	4.5	20.9 ± 5.4	12.8 ± 2.6
Mean		10	1.7	34.2	41	7.6		
Mean		11	359.6	36.0	31	8.3		
All		12	1.8	37.5	26	8.7		

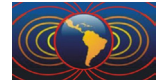


Tabla 2. Resumen de las observaciones de Campo Geomagnético para D, I y F; A, es la medición en el área considerada fuera de la influencia de los flujos de lava; B, es la medición sobre el flujo; B-A, es la diferencia entre ambas áreas.

Sitio	D [°]		I [°]		F [nT]		dD [°]	dI [°]	dF [nT]
	A	B	A	B	A	B	B-A	B-A	B-A
PA01	5.6046	9.2644	45.5709	48.9576	41,239.8	41,588.6	3.6598	3.3867	348.8
PA02	5.4470	6.7632	45.0239	45.6211	40,496.5	42,453.6	1.3162	0.5972	1,957.1
PA03	13.7398	13.3867	42.8298	46.0937	40,900.1	43,116.0	-0.3531	3.2639	2,215.9
PA06-07	5.0651	6.1315	47.3092	49.6130	39,761.5	42,204.0	1.0664	2.3038	2,442.5
PA08	5.4011	6.3087	48.4150	48.0116	41,188.1	40,318.4	0.9076	-0.4034	-869.7
PA04	9.8465	11.7917	45.4954	48.2149	39,776.3	39,155.1	1.9452	2.7195	-621.2
PA05	6.5950	2.1052	43.9190	43.0972	40,911.2	40,514.0	-4.4898	-0.8218	-397.2
PA09	6.2534	3.5131	43.3633	47.1491	41,487.7	43,936.6	-2.7403	3.7858	2,448.9
Media	7.2441	7.4081	45.2408	47.0948	40720.2	41660.8	0.1640	1.8540	940.6

Referencias

- Campbell, W.C., 1997. Introduction to Geomagnetic Field. Cambridge University Press.
- Constable, C., 2009. Centennial- to Millennial-Scale Geomagnetic Field Variations. In: Treatise on Geophysics: GEOMAGNETISM, Schubert G. (ed). Elsevier, 337-372.
- Goguitchaichvili, A., Conte, G., Urrutia-Fucugauchi, J., Alva-Valdivia, L., Morales, J., González-Moran T., 2005. Microwave paleointensity analysis of historic lavas from Parícutin volcano, Mexico. *Geofísica Internacional*, 44, 231-240.
- Hasenaka, T., Carmichael, I.S.E., 1985. The Cinder Cones of Michoacán-Guanajuato. Central México: Their Age, Volume And Distribution, And Magma Discharge Rate. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 25, 105–124.
- Herrero-Bervera, E., Valet, J.P., 2009. Testing determinations of absolute paleointensity from the 1955 and 1960 Hawaiian flows. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 287, 420-433.
- Jankowski J., Sucksdorff, C., 1996. Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice. *International Association of Geomagnetism and Aeronomy*.
- Korte M., Constable, C. G., 2005. Continuous geomagnetic field models for the past 7 millennia: 2. CALS7K. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 6: doi:10.1029/2004GC000801.
- Moshe, I., Lugo Hupb, J. L., Villers Ruiz, L., 1994. The Geomorphological Evolution of the Parícutin Cone and Lava Flows, México, 1943-1990. *Geomorphology*, 9, 57-76.
- Rasson J., Hiroaki T., Dongmei Y., 2009. The Global Geomagnetic Observatory Network. In: Geomagnetic Observations and Models, Mandea M., and Korte M. (eds), IAGA Special Sopron Books Series 5, 1-25; doi:10.1007/978-90-481-9858-0_1.
- Rolph, T.C., 1997. An investigation of the magnetic variation within two recent lava flows. *Geophys. J. Int.*, 130, 125-136.
- Urrutia-Fucugauchi J., Alva-Valdivia, L., Goguitchaichvili, A., Rivas M., Morales, J., 2004. Paleomagnetic, Rock-Magnetic and Microscopy Studies of Historic Lava Flows from Parícutin Volcano. *J. Geophys. Int.*, 156, 431-442.