



REGISTRO DE UNA TRANSICION DE POLARIDAD EN UNA SECUENCIA DE LAVAS NEOGENA EN LA ISLA DE LA GOMERA, ISLAS CANARIAS

Ana Caccavari^{1*}, Manuel Calvo Rathert^{2*}, Avto Gogichaishvili^{1,2}, Vicente Soler³, He Huaiyu⁴,
Néstor Vegas⁵, Bertha Aguilar¹

¹ Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, Sede Michoacán UNAM, 58990 Morelia, Mexico

² Departamento de Física, EPS, Universidad de Burgos, c/ Francisco de Vitoria, s/n, 09006 Burgos, Spain

³ Estación Volcanológica de Canarias, CSIC, 38206 La Laguna, Tenerife Spain

⁴ Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

⁵ Departamento de Geodinámica, Universidad del País Vasco, 48940 Leioa, Bizkaia, Spain

RESUMEN

Se presentan los resultados preliminares del estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas de cuatro secuencias de flujos de lava basáltica neógenas de la Isla de Gomera (Islas Canarias, España). Una de estas secuencias de flujo (Túnel de Hermigua) registra una transición de polaridad previamente estudiada y fechada parcialmente (9.7 Ma) por Glen *et al.*, (2003). Dado que la transición no fue muestreada en su totalidad se cuestiona si se registra una transición de polaridad o una excursión, y se realiza un nuevo trabajo en esta zona.

En este trabajo se muestrean 40 flujos de esta sección. Las direcciones obtenidas en los 31 flujos inferiores de la secuencia son normales. Estos resultados demuestran que la secuencia Túnel de Hermigua registra una transición completa polaridad NR. Por encima de los 31 flujos se encontraron dos flujos transicionales. Actualmente se analizan los 7 flujos superiores que se encuentran por encima estos. Así mismo, se llevan a cabo dataciones Ar-Ar y análisis de microscopio electrónico.

Los estudios de magnetismo de rocas permiten distinguir titanomagnetita con mayor o menor contenido de titanio como principal portador de remanencia y se sugiere que el tamaño de grano de la mayoría de las muestras corresponde a una mezcla de partículas de dominio simple y multi-dominio.

Palabras clave: Paleomagnetismo, Magnetismo de rocas, Polaridad inversa, datación $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Islas Canarias

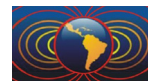
ABSTRACT

We present paleomagnetic and rock-magnetic results obtained on four Neogene lava flow sequences from the island of la Gomera (Canary Islands, Spain). One of these flow sequences (Túnel de Hermigua) records a polarity transition already partially studied and dated (40 successive lava flows in the Túnel de Hermigua sequence. Paleomagnetic yielded normal polarity directions in the 31.7 Ma) by Glen *et al.* (2003) As the transition was incompletely sampled and only reverse polarity directions recorded in flows overlying transitionally magnetized lavas were detected in that study, doubts arise whether a full polarity transition or an excursion.

We sampled lower-lying flows of the sequence. These results prove that this sequence records a full N-R polarity transition. Overlying the 31 normal-polarity flows two transitional flows were found. At present, the 7 uppermost flows of the section are under analysis. In addition, new Ar-Ar datings are being performed.

Rock-magnetic studies were carried out to find out the carriers of remanence and their stability. Analysis of thermomagnetic curves allows distinguishing titanomagnetite with varying content of titanium as the main carrier of remanence. Analysis of hysteresis parameters suggests that the grain size of most studied samples corresponds to a mixture of single-domain and multi-domain particles.

Keywords: Paleomagnetism, Rock magnetism, Reverse Polarity, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, Canarias Isles



Introducción

Las inversiones de polaridad constituyen la característica del campo geomagnético mejor documentada por los estudios paleomagnéticos, y es un hecho conocido que éste se ha invertido en centenares de ocasiones en la historia de la Tierra. La duración de los intervalos de polaridad geomagnética es muy variable y puede oscilar entre algunas decenas de miles y varios millones de años. Sin embargo, la duración de la propia transición de polaridad es muy corta, del orden de 10^3 a 10^4 años. A pesar de ello, se hallan registros de las transiciones tanto en rocas sedimentarias, como plutónicas o volcánicas.

Aunque las rocas sedimentarias ofrecen un registro magnético ininterrumpido de las variaciones del campo geomagnético, las características específicas de la magnetización remanente de las rocas sedimentarias, deposicional (DRM) o post-deposicional (pDRM), limita la obtención de datos confiables del registro de la variación. Mientras que, el registro de las rocas volcánicas, al estar ligado a erupciones volcánicas, es discontinuo, la magnetización termoremanente (TRM) de las rocas volcánicas ofrece un registro confiable del campo magnético terrestre. Además, las rocas volcánicas pueden aportar datos de paleointensidad absoluta. Por ello el estudio de los flujos de lava emitidos en intervalos de tiempo relativamente cortos resulta del mayor interés.

Las islas Canarias han sido objeto de numerosos estudios paleomagnéticos y de paleointensidad. Sin embargo, el número de trabajos sobre paleomagnetismo en La Gomera es muy escaso (Glen *et al.*, 2003; Paris *et al.*, 2005).

Glen *et al.* (2003) observan el registro parcial de una transición Neógena en la Gomera. En dicho trabajo se analiza una sección compuesta aparentemente de 20 coladas, en algunas de las cuales se observan características transicionales, puestas de manifiesto por los resultados paleomagnéticos y de paleointensidad obtenidos en dicho estudio. Sin embargo, no se reconoce la transición completa, sólo su parte final y además las direcciones paleomagnéticas de todas las coladas con magnetizaciones de carácter transicional son muy similares.

Nuevos reconocimientos sobre el terreno realizados recientemente, han puesto de manifiesto que los autores del mencionado trabajo no identificaron el total de la sucesión sobre el terreno, y que ésta abarca la transición de polaridad completa. Por otra parte, también se pudo reconocer que varias de las coladas interpretadas por Glen *et al.* (2003) como distintas, en realidad corresponde a la misma, de forma que el número de coladas transicionales analizadas en dicho trabajo en realidad es menor al indicado. Por estos motivos, un nuevo estudio de dicha secuencia Neógena de la Gomera presenta un indudable interés, ya que permitiría la observación de una transición de polaridad completa registrado en un amplio número de coladas

Contexto geológico y muestreo

El archipiélago de las Islas Canarias se forma de siete edificios volcánicos situados en el Atlántico. La existencia en Fuerteventura, una de las isla más orientales, de los materiales más antiguos y la edad mucho más joven que el Hierro y la Palma, las islas más occidentales, fue el argumento inicial para interpretar las Islas Canarias como una traza lineal a causa del desplazamiento hacia el Este de la placa Africana, aunque este modelo fue criticado por la escasa regularidad en la progresión de edades hacia el Este (Anguita y Hernán, 1975). Los datos geoquímicos y geofísicos tampoco apoyan tan claramente la hipótesis de la traza del punto caliente (Hoernle y Schmincke, 1993; Watts, 1994; Anguita y Hernán, 2000).

A pesar de hallarse situada en la parte occidental del archipiélago (fig. 1), la edad del vulcanismo de La Gomera es mayor que la de las islas cercanas de La Palma y Hierro, y a diferencia de éstas últimas, no cuenta con actividad volcánica cuaternaria (p.ej., Ancochea *et al.*, 2006). La estructura geológica de la isla se puede interpretar como formada por dos unidades básicas (fig. 1): El complejo basal (que consiste de rocas plutónicas básicas, rocas volcánicas y sedimentarias submarinas y una densa red de diques) y el vulcanismo posterior (lavas basálticas, piroclastos y domos y coladas traquíticas y fonolíticas). Este último vulcanismo

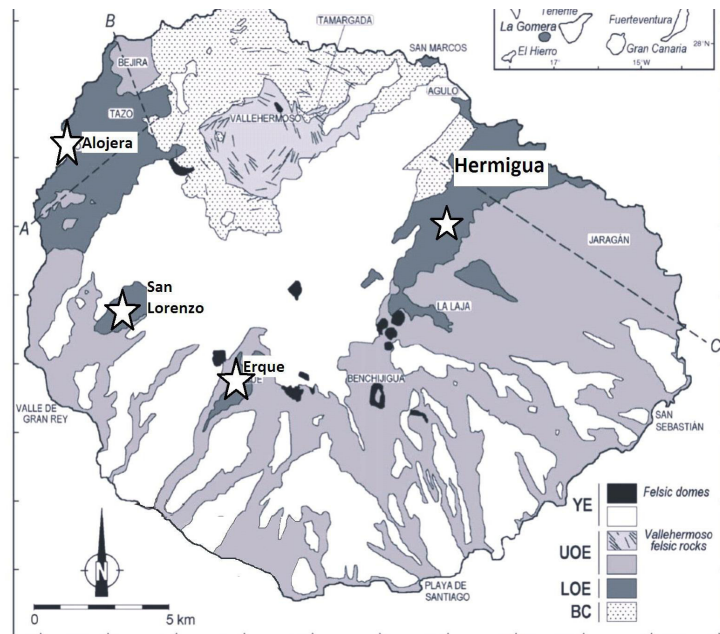


Figura 1. Mapa geológico de La Gomera con las principales unidades volcanoestratigráficas: BC: Complejo basal; LOE: Edificio Antiguo inferior; UOE: Edificio Antiguo superior; YE: Edificio Moderno. Las estrellas indican la ubicación de las 4 secuencias: Hermigua, Alojera, Erque y San Lorenzo. Mapa tomado de Ancochea *et al.* (2006)

comprende dos periodos de actividad (basaltos antiguos y modernos), separados por discordancias. Se han realizado diversos estudios isotópicos en la isla. Paris *et al.* (2005) y Cantagrel *et al.* (1984) asignan al complejo basal una edad de 9,4 a 8,0 Ma, aunque para esta unidad también se han obtenido edades mayores, con valores entre 15 y 20 Ma (Abdel Monen *et al.*, 1971; Cantagrel *et al.*, 1984). Las edades obtenidas en los basaltos antiguos oscilan entre 10,8 y 5,9 Ma (Feraud, 1981; Cantagrel *et al.*, 1984; Ancochea *et al.*, 2006) y las obtenidas en los basaltos modernos varían entre 5,7-2,8 Ma (Feraud, 1981; Cantagrel *et al.*, 1984; Ancochea *et al.*, 2006).

Se muestrean un total de 4 secuencias pertenecientes al Edificio antiguo, el periodo de actividad volcánica mas antiguo en la Isla:

TH; Tunel de Hermigua (donde se registra la transición de polaridad), en esta secuencia se muestrea un total de 40 coladas consecutivas. Edad estimada 9.7 Ma (Glen *et al.*, 2003)

AL; Alojera, Secuencia de 7 coladas, ubicada en la playa de Alojera con una edad aproximada de 9 a 10 Ma (Ancochea *et al.*, 2006)

ER; Erque, 8 coladas muestreadas, edad aproximada de 9 Ma (Ancochea *et al.*, 2006)

SL; San Lorenzo, 11 coladas, misma edad estimada.

Las muestras fueron colectadas con un taladro portátil de gasolina y orientadas con una brújula solar y una magnética. Se obtuvo un promedio de 8 muestras por flujo.

Estudios de magnetismo de rocas

Se realizaron diversos experimentos de magnetismo de rocas con el objeto de analizar los minerales portadores de magnetización y la estabilidad paleomagnética de los mismos, tales como la determinación de los parámetros de la curva de histéresis, adquisición de magnetización remanente isoterma (IRM) y medida de curvas termomagnéticas (magnetización inducida y susceptibilidad en función de la temperatura).

Temperaturas de Curie y estabilidad termica.

Se midieron curvas termomagnéticas en aire calentando la muestra hasta 600 a 700 °C y enfriándola a temperatura ambiente. Se distinguieron cuatro tipos de (fig. 2).

Tipo H, reversibles y una sola fase ferromagnética, Temperatura de Curie (TC) cercanas a 580 °C. que corresponde a Titanomagnetita con bajo contenido de Ti.

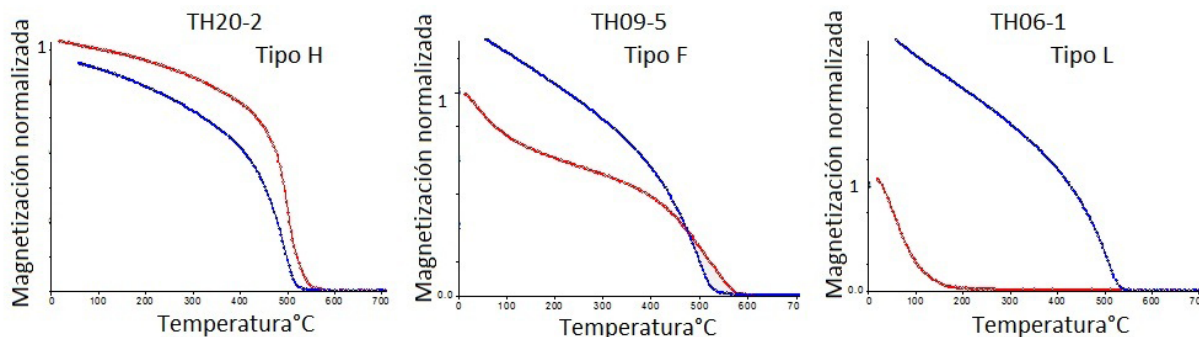
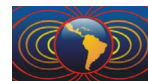


Figura 2. Curvas termomagnéticas (magnetización en función de la temperatura)

Tipo-H. TC $\approx 580^\circ\text{C}$, no reversible.

Tipo L muestras con una sola fase, TC entre 130 y 280°C , que corresponden a titanomagnetita con un mayor contenido de Ti ($x \approx 0.5-0.7$). En la curva de enfriamiento sólo se reconoce magnetita,

Tipo F. Dos fases ferromagnéticas en la curva de calentamiento: una baja o intermedia (200°C to 400°C) y una alta que corresponde a titanomagnetita, baja en Ti. Una sola fase en el enfriamiento. No reversible

En la Figura 2 se muestran ejemplos de las muestras de la secuencia del Túnel de Hermigua.

De las curvas de histéresis y de backfield, se obtienen la remanencia de saturación (M_r), la magnetización inducida (M_s), la coercitividad de la remanencia (B_{cr}) y la coercitividad (B_c). Como resultado del cociente de la remanencia de saturación y la magnetización de saturación (M_{rs}/M_s) en función del cociente de la coercitividad de la remanencia y la coercitividad (B_{cr}/B_c) de los 32 flujos de lava, se obtiene el siguiente diagrama de Day (Day *et al.*, 1977)

En la Figura 3, se puede observar que la mayoría de las coladas de la secuencia del túnel de Hermigua, caen en el campo del pseudodominio (PSD), que puede corresponder a una mezcla de tamaño de grano: (SD) Monodominio y (MD) Multidominio (Dunlop, 2002)

En la Tabla 1, se enlistan los parámetros de magnetismo de rocas de las secuencias de Alojera, Erque y San Lorenzo

Mediciones paleomagnéticas

Las mediciones se llevaron a cabo en el laboratorio paleomagnético de la Universidad de Burgos con un magnetómetro superconductor 2G (sensibilidad nominal $\sim 10^{-12}\text{Am}^2$). Se desmagnetizó un total de 296

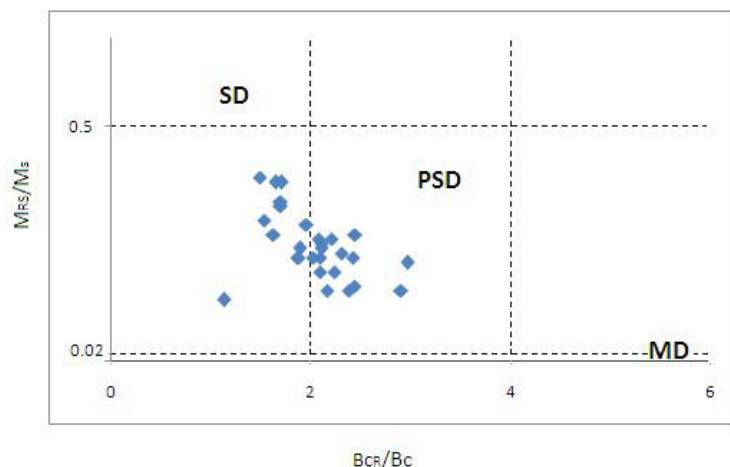
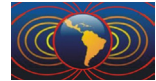


Figura 3. Representación del cociente de la remanencia de saturación y la magnetización de saturación (M_{rs}/M_s) en función del cociente de la coercitividad de la remanencia y la coercitividad (B_{cr}/B_c) de las muestras de la secuencia del Túnel de Hermigua.



Muestra		Mrs/Ms	Bcr/Bc	S(300)	Tc1(H)	Tc2(H)	Tc1(C)
Alojera							
AL01-5	F	0.15	2.14	1	500	580	560
AL02-2	F	0.14	2.4	0.94	380	550	550
AL03-3	F	0.18	2.03	0.98	500	580	550
AL04-2	H	0.35	1.6	1	580		550
AL05-3	L	0.22	1.56	0.98	300		420
AL06-4	L	0.26	1.53	0.99	300		500
AL07-7	F	0.13	2.41	1.02	320	580	550
Erque							
ER01-3	H*	0.24	2.08	0.98	590		550
ER2-4	L	0.28	1.63	0.97	200		550
ER03-4	L	0.5	1.45	0.97	300		550
ER04-8	H	0.23	1.93	1	590		550
ER05-3	L	0.37	1.28	1	160		540
ER06-3	H*	0.27	1.72	1	580		540
ER08-3	H*	0.26	2.03	0.99	590		570
ER09-2	F	0.32	1.58	1	400	570	550
San Lorenzo							
SL01-4	H	0.18	2.29	0.98	550		550
SL02-4	H	0.23	2.28	0.97	580		550
SL03-7	H*	0.22	2.18	0.97	580		550
SL04-6	H*	0.14	2.47	0.98	580		550
SL05-5	H*	0.19	2.13	0.96	590		540
SL06-3	H	0.25	2.04	0.93	590		550
SL07-1	H	0.3	2.18	0.94	590		580
SL08-8	H	0.36	1.77	0.99	590		580
SL09-2	H	0.34	1.85	0.99	580		580
SL10-6	H	0.2	2	0.98	580		550
SL11-1	F	0.16	2.14	0.99	200	550	550

Tabla 1 Parámetros de magnetismo de rocas de las secuencias de Alojera, Erque y San Lorenzo

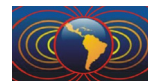
especímenes de la secuencia de Hermigua, un promedio de 7 por flujo. Se presentan 31 flujos normales y 2 transicionales. Se tiene una dirección media de

$D = 353.0^\circ$, $I = 38.4^\circ$, $\text{Alpha}(95\%) = 10.8^\circ$, $k = 6.74$ y un polo de latitud 69° y longitud 181°

Los resultados paleomagnéticos del resto de las secuencias se encuentran en proceso.

Conclusiones

Se cuenta únicamente con los resultados preliminares del estudio paleomagnético y de magnetismo de rocas decuatro secuencias de flujos de lava basáltica neogenas de las Isla de Gomera (Islas Canarias, España) previamente muestreada (Glen *et al.*, 2003) donde se registra un posible transición de polaridad. Es necesario analizar las direcciones paleomagneticas de las 3 secuencias complementarias. Así, como los resultados de la parte superior de la secuencia de Hermigua, que es la que registra la transición. Hasta el momento se han registrado 31 direcciones normales, y 2 transicionales.



Los estudios de magnetismo de rocas de las 4 coladas permiten distinguir titanomagnetita con mayor o menor contenido de titanio como principal portador de remanencia y se sugiere que el tamaño de grano de la mayoría de las muestras corresponde a una mezcla de partículas de dominio simple y multi-dominio. Así mismo, se complementará el trabajo con estudios microscopio electrónico y la datación Ar-Ar de algunas coladas de las secuencias.

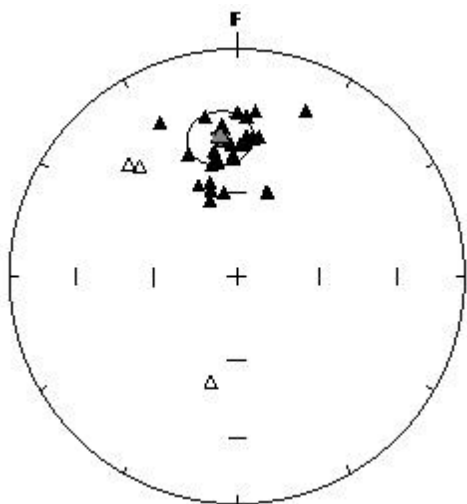


Figura 4. Proyección de igual área de las direcciones de la secuencia de Hermigua. Se observan las muestras con inclinación negativa en blanco y positiva en negro. Se marca la media y su alfa 95.

Referencias

- Abdel Monen, A., Watkins, N. D., Gast, P. W., 1971. Potassium–argon ages, volcanic stratigraphy, and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera. *Am. J. Sci.* 271, 490–521.
- Ancochea E., Hernán, F., Huertas, M. J., Brändle, J. L. & Herrera, R., 2006. A new chronostratigraphical and evolutionary model for La Gomera: Implications for the overall evolution of the Canarian Archipelago. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 157, 271-293
- Anguita, F. y Hernán, F., 1975. A propagating fracture model versus a hot spot origin for the Canary Islands. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 27, 11-19.
- Anguita, F. y Hernán, F., 2000. The Canary Islands origin: a unifying model. *J. Volcanol.. Geotherm. Res.*, 103, 1-26.
- Cantagrel, J. M., Cendrero, A., Fúster, J. M., Ibarrola, E., y Jamond, C., 1984. K-Ar chronology of the volcanic eruption in the Canarian Archipelago: Island of La Gomera. *Bull. Volcanol.* 47, 597-609.
- Cantagrel, J. M., Fuster, J. M., Pin, C., Renaud U., y Ibarrola, E., 1993. Age Miocene inférieur des carbonatites de Fuerteventure (23 Ma:U-Pb zircon) et le magmatisme précoce d'une île océanique (Iles Canaries). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 316, 1147-1153.
- Day, R., Fuller, M. & Schmidt, V. A., 1977. Hysteresis properties of titanomagnetites: Grain-size and compositional dependence. *Phys. Earth Planet. Int.*, 13, 260-267.
- Dunlop, D., 2002. Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 1. Theoretical curves and tests using titanomagnetite data. *J. Geophys. Res.*, Vol. 107, No. B3, doi: 10.1029/2001JB000486.
- Feraud, G., 1981. Datation de réseaux de dykes et de roches volcaniques sousmarines par les méthodes K-Ar et 40Ar-39Ar. Utilisation des dykes comme marqueurs de paléocontraintes. Thesis. Université de Nice. 146 p.



- Glen, J. M., Valet, J. P., Soler, V., Renne, P. R. y Elmaleh, A., 2003. A Neogene geomagnetic polarity transition record from lavas of the Canary Islands, Spain: episodic volcanism, and/or metastable transitional fields? *Geophys. J. Int.*, 154, 426-440.
- Hoernle, K. A. y Schmincke, H. U., 1993. The role of partial melting in the 15-Ma geochemical evolution of Gran Canaria: a blob model for the canary hotspot. *J. Petrol.*, 34, 599-626.
- Paris, R., Guillou, H., Carracedo, J. C., Pérez Torrado, F. J., 2005. Volcanic and morphological evolution of La Gomera (Canary Islands), based on new K-Ar ages and magnetic stratigraphy: implications for oceanic island evolution. *J. Geol. Soc. (Lond.)*, 162, 501-512.
- Valet, J. P., Brassart, X., Quidellieuer, X., Soler, V., Gillot, P. Y. y Hongre, L., 1999. Paleointensity variations across the last geomagnetic reversal at La Palma, Canary Islands, Spain. *J. Geophys. Res.*, 104, 7577-7598.
- Watts, A. B., 1994. Crustal structure, gravity anomalies and flexure of the listosphere in the vicinity of the Canary Islands. *Geophys. J. Int.*, 119, 648-666