



RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO DE MAGNETISMO DE ROCAS Y PALEOMAGNETISMO DE UNA SECUENCIA DE COLADAS VOLCANICAS EN LA ISLA DE LA GOMERA, ISLAS CANARIAS, ESPAÑA

Ana Caccavari¹, Manuel Calvo Rathert^{2*}, Avto Gogichaishvili¹, Vicente Soler³, Néstor Vegas⁴, Bertha Aguilar¹

¹Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, Instituto de Geofísica, Sede Michoacán UNAM – Campus Morelia, 58990 Morelia, México

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

³Estación Vulcanológica de Canarias, CSIC, Av. Astr. Fco. Sánchez 3, 38206, La Laguna, Tenerife, España

⁴Departamento de Geodinámica, Universidad del País Vasco, 48940, Leioa, Bizkaia, España

Resumen

Existen evidencias en un trabajo previo (Glen et al., 2003) sobre la existencia de una transición de polaridad neógena, observada en coladas de lava de la Isla de la Gomera, Islas Canarias, España. En el presente trabajo se estudia dicha transición buscando determinar sus características y delimitarla por completo. Para esto se estudia una secuencia de 32 coladas de lava, y se realizan estudios de magnetismo de rocas y paleodirecciones. Las curvas termomagnéticas de las 32 coladas se pueden dividir en 3 tipos: A. La Temperatura de Curie es de aproximadamente 550°C, cuenta con una sola fase, y las curvas son prácticamente reversibles, por lo que el mineral portador de la remanencia posiblemente es magnetita. B. Presentan una sola fase ferromagnética, una temperatura de curie de calentamiento de aproximadamente 100°C y una Tc de enfriamiento de 550°C. C. Tiene dos fases de calentamiento, la primera con una temperatura de Curie de alrededor de 180°C y una segunda de 580°C, mientras que tiene una única fase de enfriamiento con Tc de 500°C. Su comportamiento no es reversible. Se puede observar que la mayoría de las coladas, caen en el campo del Pseudodominio, que puede corresponder a una mezcla de tamaño de granos: (SD) Monodominio y (MD) Multidominio.

Los resultados obtenidos en las muestras piloto desmagnetizadas muestran que las direcciones de las coladas de la secuencia no tienen la misma polaridad. En este trabajo, a diferencia de el estudio previo (Glen et al., 2003), en la secuencia estudiada se abarca la totalidad de la transición de polaridad.

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, pero 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). En relación con el tema de la presente memoria, cabe mencionar que 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 reconocieron 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.

El vulcanismo de las Islas Canarias: La Gomera

El archipiélago de las Islas Canarias se forma de siete edificios volcánicos situados en el Atlántico oriental. La existencia en Fuerteventura, una de las isla más orientales, de los materiales más antiguos y la edad mucho más joven de 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 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).

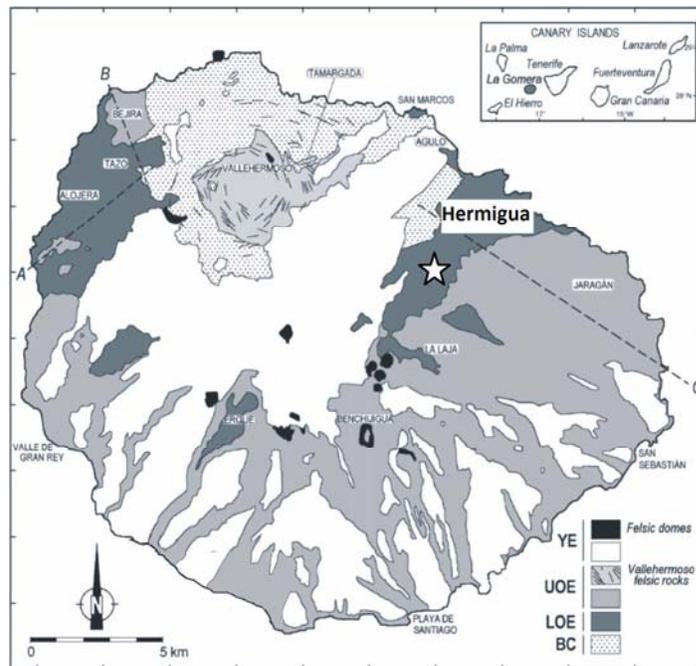


Figura 1. Mapa geológico de La Gomera con las principales unidades volcanoestratigráficas: BC: Complejo basal; LOE: Edificio Antiguo inferior; UOE: Edificio Antiguo superior; YE: Edificio Moderno. La estrella indica la localización del túnel de Hermigua. Mapa tomado de Ancochea et al. (2006)

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).

En las curvas termomagnéticas, la temperatura de Curie corresponde al punto donde la curva cae de forma importante, y representa el breve intervalo donde el material deja de ser ferromagnético. Cuando se tiene una sola fase basta con trazar la tangente a ese tramo donde la curva cae (con máxima pendiente) y determinar el punto donde corta el eje de la temperatura. Sin embargo, como puede haber más de una fase, hay que tener en cuenta lo que pasa después del tramo de caída, y restar ese efecto. Eso se logra trazando otra tangente a ese 2º tramo, determinado su punto de corte con el primero y proyectando ese punto de corte al eje de temperaturas. Esto se realiza tanto en la curva de calentamiento como en la de enfriamiento.

La Temperatura de Curie es de aproximadamente 550°C, cuenta con una sola fase, y las curvas son prácticamente reversibles, por lo que el mineral portador de la remanencia posiblemente es magnetita. B. Presentan una sola fase ferromagnética, con una temperatura de curie de calentamiento de aproximadamente 100°C y una Tc de enfriamiento de 550°C. C. Tiene dos fases de calentamiento, la primera con una temperatura de Curie de alrededor de 180°C y una segunda de 580°C, mientras que tiene una única fase de enfriamiento con Tc de 500°C. Su comportamiento no es reversible.

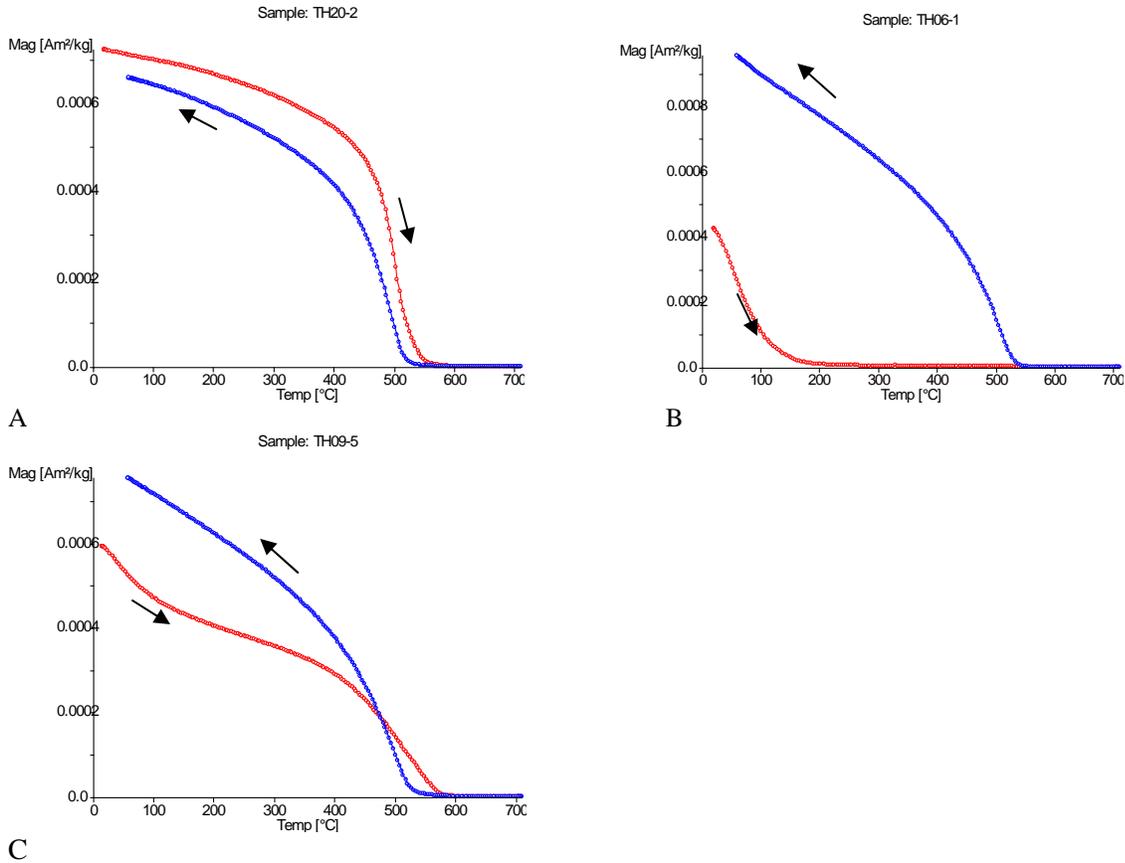


Figura.2. Curvas termomagnéticas (magnetización en función de la temperatura)

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)

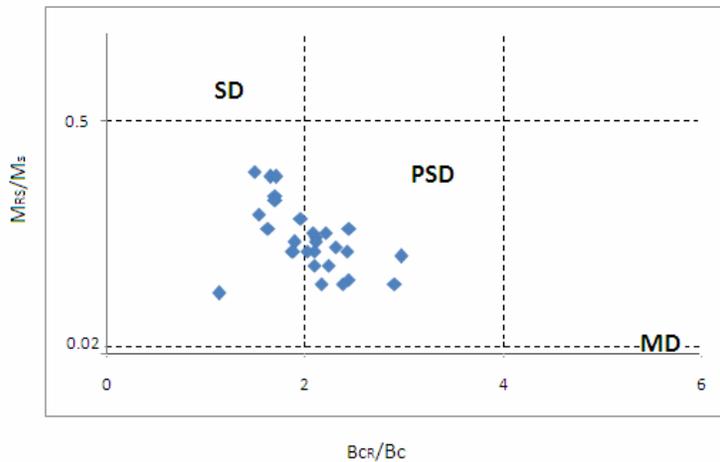


Figura 3. Representación del cociente de la remanencia de saturación y la magnetización de saturación (M_{rs}/M_s) en función del cociente de la coercitividad de la remanencia y la coercitividad (B_{cr}/B_c)

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



Paleomagnetismo

Hasta el momento se han desmagnetizado 32 muestras piloto por campos alternos y por desmagnetización térmica. De acuerdo con los resultados preliminares, obtenidos de las muestras piloto desmagnetizadas, podemos observar que la secuencia cubre por completo la transición de polaridad, a diferencia que el trabajo previo realizado (Glen et al., 2003). Teniendo direcciones tanto normales como inversas.

Conclusiones

Respecto a los experimentos de magnetismo de rocas podemos concluir que: Las curvas termomagnéticas de las 32 coladas se pueden dividir en 3 tipos A. La Temperatura de Curie es de aproximadamente 550°C, cuenta con una sola fase, y las curvas son prácticamente reversibles, por lo que el mineral portador de la remanencia posiblemente es magnetita. B. Presentan una sola fase ferromagnética, una temperatura de curie de calentamiento de aproximadamente 100°C y una Tc de enfriamiento de 550°C. C. Tiene dos fases de calentamiento, la primera con una temperatura de Curie de alrededor de 180°C y una segunda de 580°C, mientras que tiene una única fase de enfriamiento con Tc de 500°C. Su comportamiento no es reversible.

Se puede observar que la mayoría de las coladas, caen en el campo del Pseudodominio, que puede corresponder a una mezcla de tamaño de grano: (SD) Monodominio y (MD) Multidominio (Dunlop, 2002)

En los resultados preliminares de paleomagnetismo se puede observar que las direcciones no mantienen la misma polaridad, ya que en los resultados tenemos direcciones tanto normales como inversas. A diferencia del trabajo de Glen et al., 2003, la secuencia seleccionada cubre la totalidad de la transición

Agradecimientos

Este trabajo se financió con un proyecto de la Junta de Castilla y León (BU004A09) y con el apoyo de Conacyt, beca 257639

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 Canary 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 inferieur des carbonatites de Fuerteventure (23 Ma:U-Pb zircon) et le magmatisme précoce d'une ile 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 paléocontraites. Thesis. Université de Nice. 146pp.

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