

Resultados paleomagnéticos preliminares en el vulcanismo neógeno de la Sierra de Las Cruces (Valle de México, México)

Preliminary palaeomagnetic results on the neogene vulcanism from Sierra de Las Cruces (Basin of México, México)

M.L. Osete (*), V.C. Ruiz (*), C. Caballero (**), y J. Urrutia - Fucugauchi (**)

(*) Dpto. de Geofísica, Facultad de CC. Físicas, Universidad Complutense, Madrid, España

(**) Instituto de Geofísica, Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM), México

ABSTRACT

A palaeomagnetic study have been carried out on the western margin of the México basin. 24 sites from Sierra de Las Cruces were sampled and analyzed in the laboratory. A total amount of 231 samples has been fully demagnetized and a simple directional magnetic behavior was observed in all samples. The mean direction obtained in this study is $D=353.1 I=31.6$ ($N=24 K=28.9 a95=5.6$), in agreement with the expected direction. Therefore this area has not been affected by significant block rotations in contrast to the counterclockwise rotations observed in the easternmost sector of the Transmexican Volcanic Belt (TMVB), towards the Gulf of México, and in its central-western part. In addition a magnetic zonation has been observed covering at least the Matuyama and Gauss polarity chrons.

Key words: Palaeomagnetism, block rotations, volcanic migration, Sierra de las Cruces, Basin of México

Geogaceta, 20 (5) (1996), 1025-1028

ISSN:0213683X

Introducción

El eje neovolcánico transmexicano (transmexican volcanic belt, TMVB) es un arco magmático continental de edad Neógena que se extiende desde el Pacífico hasta el Golfo de México y está en relación con la subducción activa de las placas de Cocos y Rivera por debajo del margen continental del sur de México. Se han propuesto varios modelos geodinámicos para explicar el origen, geometría y evolución de esta provincia volcánica, algunos de los cuales sugieren la existencia de una pequeña componente de movimiento sinistral a lo largo del eje neovolcánico.

Los estudios paleomagnéticos llevados a cabo en esta región (Urrutia - Fucugauchi y Bohnel, 1988; Soler - Arechalde, 1990, entre otros) han definido áreas donde las paleodeclinaciones están desviadas sistemáticamente hacia el oeste y otras zonas en las que los resultados paleomagnéticos no muestran rotaciones significativas. Entre las primeras se encuentran el sector más oriental y la parte central de la faja volcánica. Estas desviaciones sistemáticas se han interpretado en términos de rotaciones de pequeños bloques alrededor de ejes verticales dentro del arco magmático, como respuesta a una situación transtensiva con una componente de cizalla sinistral. Sin embargo, los resultados paleomagnéticos obtenidos en el Valle de México y en el bloque de Jalisco (México occidental) indican que en estas regiones no se han producido rotacio-

nes importantes. Parece ser, pues, que existen otros parámetros como pueden ser el espesor cortical, la orientación de estructuras existentes, la inclinación de la zona des-

ubducción, la velocidad de subducción, etc., que están controlando el tipo de deformación rotacional que ha experimentado esta región.

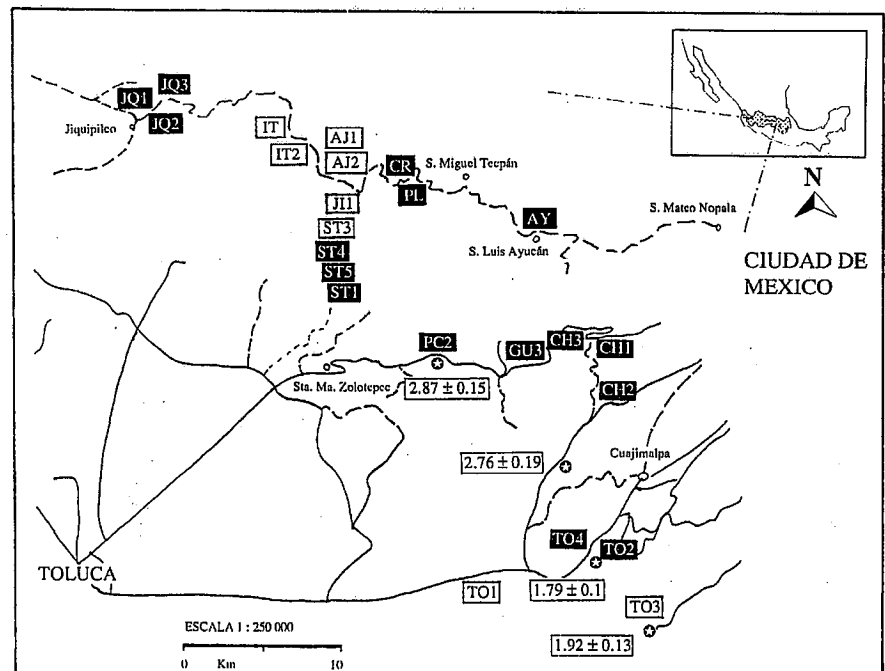


Fig. 1.- Mapa esquemático de la región de estudio. Se muestra la localización y polaridad de los afloramientos volcánicos estudiados (los recuadros negros indican polaridad normal, los blancos invertida), así como datos radiométricos previos en los sitios señalados con estrellas.

Fig. 1.- Synthetic map of the investigated region with location and polarity of the studied volcanic outcrops. Black (white) labels represent normal (reverse) polarity. Boxed italic numbers give the previously K - Ar date (in M.a.) estimated in the sites indicated by stars.

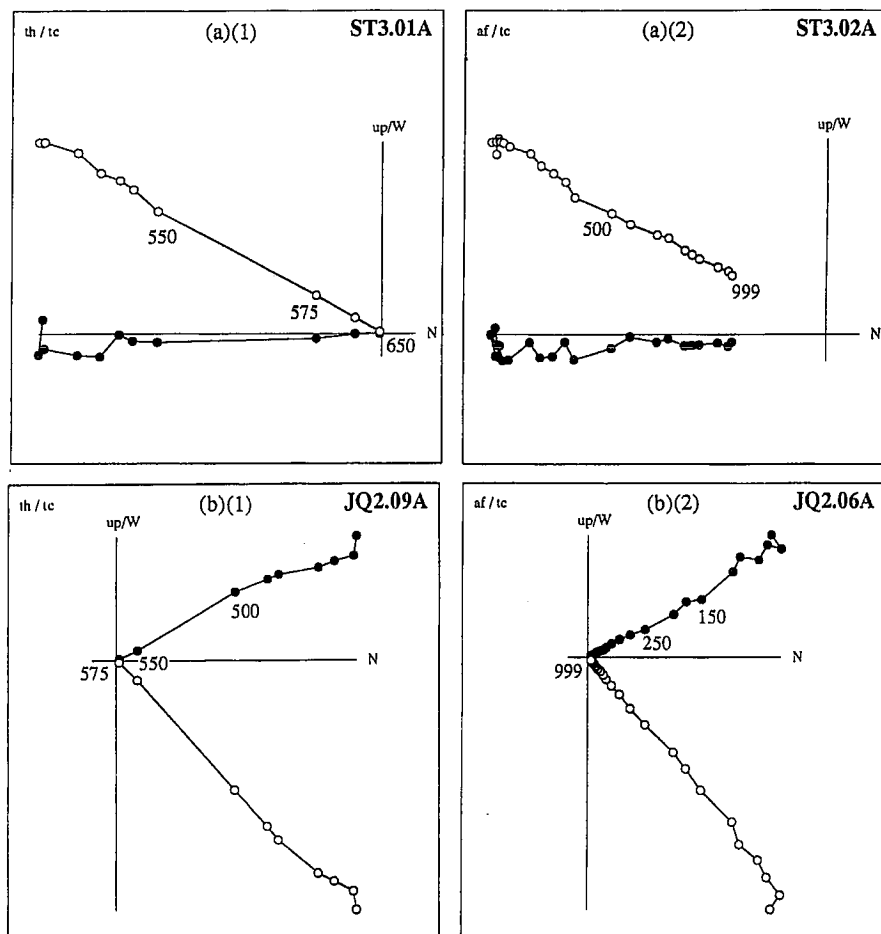


Fig. 2.- Comparación entre la desimanación térmica (1) y por campos alternos decrecientes (2) de la NRM de muestras de dos afloramientos, uno de polaridad invertida (a) y otro de polaridad normal (b). Se han representado en coordenadas geográficas los puntos finales del vector imanación como puntos negros en su proyección horizontal, y como puntos blancos en la proyección vertical orientada norte-sur. Los números en las curvas indican la temperatura en grados centígrados (1) o el campo desimanador en oersted (2)

Fig. 2.- Comparison between thermal (1) and AF (2) treatment of NRM of typical samples of two outcrops, one with reverse polarity (a) and other with normal polarity (b), plotted in geographical coordinates. Black points: projections on the horizontal plane; white points: those on the north-south vertical plane. Numbers on the curves give temperatures in degrees centigrade (1) or demagnetizer field in oersted (2).

El Valle de México se encuentra en la parte central de la faja volcánica. En esta región los resultados paleomagnéticos obtenidos en unidades volcánicas no muestran importantes rotaciones. La Sierra de las Cruces es un complejo volcánico, con orientación NNW-SSE, que forma el margen occidental de la Cuenca de México y separa esta depresión de la del Valle de Toluca. Estudios radiométricos (Mora-Alvarez *et al.*, 1991) y geomorfológicos (Lugo-Hubp, 1984), parecen indicar una migración del vulcanismo hacia el sur de la Sierra. Las investigaciones paleomagnéticas llevadas a cabo en esta zona se han concentrado fundamentalmente en la parte sur de la Sierra, donde los materiales volcánicos son más jóvenes.

Los objetivos de este estudio son: primero, investigar si los materiales más anti-

guos están afectados por rotaciones significativas; y segundo, caracterizar la región magnetoestratigráficamente. Para ello se han investigado un total de 24 afloramientos de andesitas a lo largo de la Sierra. Su localización se muestra en la figura 1.

Resultados paleomagnéticos

Se han investigado en el laboratorio un total de 231 muestras. La remanencia magnética natural (NRM) inicial de éstas oscila entre 8.5 y 0.3 A/m. Se seleccionaron 51 muestras piloto, al menos dos por cada afloramiento, y se desimanaron una térmicamente (en los siguientes intervalos de temperaturas: 100, 200, 300, 400, 450, 500, 550, 575, 600, 650 y 700°C) y la otra por campos alternos decrecientes (de 25 en 25 Oe hasta 200 Oe, y de 50 en 50 Oe desde

200 hasta 999 Oe). Las muestras piloto mostraron un comportamiento magnético estable y relativamente simple. Tanto en la desimanación por campos alternos decrecientes (AF) como durante el tratamiento térmico pudo observarse la existencia de una única componente direccional estable (componente característica) que presentó tanto polaridades normales como invertidas.

En la figura 2 se muestran cuatro ejemplos de diagramas de Zijdeveld. En las muestras representadas en los casos a.1 y a.2 la componente característica presenta polaridad invertida, mientras que en los casos b.1 y b.2 tiene polaridad normal.

Las características magnéticas indican que en todos los casos la componente característica está asociada a la presencia de minerales de baja coercitividad y temperatura de desbloqueo (T_b) comprendida entre 550 y 600°C. Es decir, a la existencia de titanomagnetitas de bajo contenido en titanio (ver por ejemplo en la figura 2 los casos b.1 y b.2). En algunos casos se ha observado que también contribuyen de forma apreciable a la NRM minerales de alta coercitividad y T_b superiores a 575oC. Sin embargo no se observan cambios direccionales asociados a esta segunda fase magnética indicadora de la existencia de titanohematites o hematites (véase el ejemplo de la figura 2 en los casos a.1 y a.2). En base a estos resultados, las 180 restantes muestras fueron desimanadas sistemáticamente por campos alternos decrecientes en intervalos de 250, 350, 450, 600, 800 y 999 Oe.

S. DE LAS CRUCES

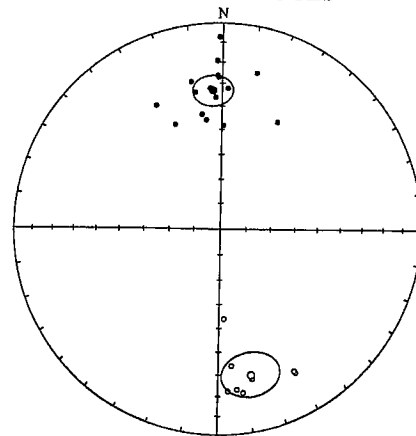


Fig. 3.- Proyección estereográfica de las direcciones medias de los afloramientos volcánicos estudiados. Los puntos negros (blancos) representan el hemisferio inferior (superior).

Fig. 3.- Stereographic projection of the mean directions of the studied volcanic outcrops. Black (white) points represent lower (upper) hemisphere.

| Site | Latitud N | Longitud W | Polarity | dec | inc | N | k | α_{95} |
|-------------------------|-----------|------------|----------|-------|-------|------|-------|---------------|
| AJ1 | 19°31' | 99°29' | REVERSE | 173.3 | -22.8 | 9 | 181.5 | 3.8 |
| AJ2 | 31' | 29' | REVERSE | 151.0 | -21.9 | 10 | 91.2 | 5.1 |
| AY | 30' | 21' | NORMAL | 348.2 | 28.2 | 10 | 80.8 | 5.4 |
| CH1 | 25' | 19' | NORMAL | 358.5 | 27.1 | 10 | 410.3 | 2.4 |
| CH2 | 23' | 19' | NORMAL | 355.2 | 32.2 | 10 | 51.6 | 6.8 |
| CH3 | 25' | 20' | NORMAL | 358.2 | 19.3 | 10 | 39.5 | 7.8 |
| CR | 31' | 25' | NORMAL | 27.6 | 41.0 | 9 | 275.9 | 3.1 |
| GU3 | 25' | 20' | NORMAL | 357.2 | 36.2 | 10 | 115.3 | 4.5 |
| IT | 31' | 29' | REVERSE | 171.3 | -20.9 | 10 | 258.2 | 3.0 |
| IT2 | 31' | 29' | REVERSE | 151.3 | -23.0 | 10 | 149.0 | 4.0 |
| J11 | 31' | 29' | REVERSE | 176.5 | -22.3 | 7 | 312.2 | 3.4 |
| JQ1 | 34' | 35' | NORMAL | 350.4 | 43.1 | 10 | 113.0 | 4.6 |
| JQ2 | 34' | 35' | NORMAL | 336.4 | 44.1 | 10 | 209.9 | 3.3 |
| JQ3 | 34' | 35' | NORMAL | 360.7 | 48.3 | 10 | 116.9 | 4.5 |
| PL | 31' | 25' | NORMAL | 12.3 | 23.5 | 10 | 225.6 | 3.2 |
| PC2 | 25' | 25' | NORMAL | 358.2 | 26.4 | 10 | 197.5 | 3.4 |
| ST1 | 27' | 29' | NORMAL | 332.3 | 33.1 | 10 | 156.8 | 3.9 |
| ST3 | 29' | 29' | REVERSE | 174.6 | -33.8 | 10 | 211.4 | 3.3 |
| ST4 | 29' | 29' | NORMAL | 349.1 | 33.1 | 10 | 57.8 | 6.4 |
| ST5 | 28' | 29' | NORMAL | 359.0 | 7.3 | 9 | 249.7 | 3.3 |
| TO1 | 17' | 24' | REVERSE | 167.3 | -26.7 | 10 | 130.5 | 4.2 |
| TO2 | 19' | 19' | NORMAL | 362.2 | 32.2 | 9 | 170.4 | 4.0 |
| TO3 | 16' | 18' | REVERSE | 177.0 | -53.9 | 10 | 80.1 | 5.4 |
| TO4 | 19' | 20' | NORMAL | 352.1 | 45.6 | 8 | 337.7 | 3.0 |
| DIRECCION MEDIA NORMAL | | | 356.2 | 33.2 | 16 | 29.6 | 6.9 | |
| DIRECCION MEDIA REVERSE | | | 167.3 | -28.4 | 8 | 30.9 | 10.1 | |
| DIRECCION MEDIA TOTAL | | | 353.1 | 31.6 | 24 | 28.9 | 5.6 | |

Tabla. 1.- Direcciones medias de cada afloramiento volcánico, de aquéllos con polaridad normal, invertida, y dirección media total de todos ellos. N es el número de muestras / afloramientos. K y α_{95} representan el parámetro estadístico de dispersión y el ángulo de confianza de la dirección media, respectivamente.

Table. 1.- Mean directions of the studied volcanic outcrops. Normal, reverse and total mean directions are also showed. N is the number of samples / outcrops plotted. K and α_{95} represent the statistical dispersion parameter and the 95% confidence angle for the mean direction, respectively.

En la tabla 1 se presentan los resultados de todos los afloramientos investigados. También se indican por separado la dirección media obtenida en las localidades que presentaron polaridad normal e invertida. En la figura 3 se muestra gráficamente la dirección media de todas los afloramientos. Como puede observarse el test de inversión resulta positivo, lo que indica que las direcciones medias tanto en las localidades que presentaron polaridad normal como invertida son estadísticamente indistinguibles.

Las muestras fueron desimanadas térmicamente con un equipo desimanador TSD-1 Schonstedt y por campos alternos decrecientes con un GSD-5 Schonstedt y se midieron con un magnetómetro spinner fluxgate (Molspin). Las medidas se realizaron en el laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad Complutense de Madrid.

Discusión y conclusiones

No se ha observado ninguna correlación entre las direcciones obtenidas en cada sitio y su situación geográfica. Las direcciones se encuentran relativamente bien agrupadas, y la dispersión que se aprecia es muy probablemente debida a la variación secular.

La dirección media obtenida es consistente con la esperada (Urrutia - Fucugauchi, 1979). Teniendo en cuenta que los estudios radiométricos dan edades que oscilan entre 1.79 ± 0.1 y 2.87 ± 0.15 para la parte sur de la región investigada (ver figura 1), y que las investigaciones geomorfológicas indican que las localidades muestreadas al norte tienen probablemente una edad superior, se puede concluir que en esta región no se han producido rotaciones significativas desde los 3 M.a. (aproximadamente) hasta la actualidad.

En la figura 1 se indica también la pola-

ridad que se ha encontrado en cada uno de los afloramientos investigados. Como se puede observar, se aprecia una clara distribución geográfica de las polaridades. Integrando estos estudios, las dataciones radiométricas existentes y los resultados paleomagnéticos previos obtenidos por Mooser *et al.* (1974) (concentrados éstos al sur de Cuajimalpa, fundamentalmente), podemos indicar una posible secuencia de eventos volcánicos. De SSE a NNW, siguiendo la orientación de la Sierra, encontramos:

Al sur de Cuajimalpa la mayor parte de los estudios paleomagnéticos realizados por Mooser *et al.* (1974) y resumidos por Mora-Alvarez *et al.* (1991) indican una polaridad invertida. Los estudios radiométricos llevados a cabo en esta región indican una edad de 1.92 ± 0.13 M.a. y 1.79 ± 0.1 M.a., por lo que los afloramientos TO1 y

TO3 se inscriben probablemente en el crono de Matuyama (de polaridad invertida). Los sitios TO2 y TO4 se encuentran próximos a la localidad que presenta una edad de 1.79 ± 0.1 M.a., por lo que podrían corresponder al sub-crono de polaridad normal Olduvai.

Al oeste de Cuajimalpa estudios radiométricos datan un afloramiento en 2.76 ± 0.19 M.a. y al noroeste de éste, próximo a la localidad PC2, otro afloramiento da una edad de 2.87 ± 0.15 M.a.. Ambos datos los sitúan en el crono de Gauss. Los afloramientos CH1, CH2, CH3, GU3 y PC2 presentan polaridad normal como corresponde a este crono.

Al norte de esta última localidad se carece de datos radiométricos, pero los estudios paleomagnéticos permiten diferenciar una zona de clara polaridad invertida (integrada por las localidades IT, IT2, AJ1, AJ2, JI1 y ST3) y otras regiones de polaridad normal. Esto indi-

ca que existe una diferencia de edad entre los materiales volcánicos de estas regiones.

Los resultados paleomagnéticos obtenidos concuerdan, pues, con los datos existentes de K-Ar. Es necesario llevar a cabo nuevos estudios radiométricos en la parte norte de la Sierra con el fin de comprobar la aparente migración del vulcanismo. Los estudios paleomagnéticos permiten realizar una zonificación magnética previa y señalan aquellas regiones que, al presentar diferente polaridad, se inscriben en intervalos de tiempo diferente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de la Unión Europea CI1 - CT94 - 0114. Publicación n° 379 del Dpto. de Geofísica de la U.C.M..

Referencias

- Mora, G., Caballero, C., Urrutia, J., and Uchiumi, Sh. (1991) : *Geofísica Internacional*, 30, 2, 61-70.
- Lugo - Hubp, J. (1984). *Serie Varia T.1, n° 9*, Inst. Geografía, UNAM, 95 pp.
- Mooser, F.; Nairn, A.E.M. and Negen-dank, J.F.W. (1974). *Geologische Rundschau*, 63, 451-483.
- Soler-Arechalde, A. (1990). *M. Sc. Tesis*. Universidad Nacional de México.
- Urrutia - Fucugauchi, J. (1979). *Geophys. J. R. astr. soc.* 56, 227-235.
- Urrutia - Fucugauchi, J. and Bohnel, H. (1988). *Phys. Earth Planet. Inter.*, 52, 320-329.