

Efectos tectónicos recientes en el Campo de Calatrava deducidos de los datos paleomagnéticos del volcanismo neógeno

Recent tectonic effects in the Campo de Calatrava deduced from the paleomagnetic data of the neogene volcanism

J.L. Gallardo Millán

Departamento de Ingeniería Geológica y Minera. Universidad de Castilla – La Mancha. Plaza Manuel Meca, 1.13400 Almadén (Ciudad Real).
Jose Luis.GMillan@uclm.es

ABSTRACT

The Campo de Calatrava region shows some effects of the recent tectonics related to origin of the Betic orogen. Some of the effect recognizable at Campo de Calatrava was: vertical blocks movements leading to depressions where neogene sediments began to deposit giving rise to the tertiary basins located in the center of the Ciudad Real province.

The neotectonic also has influenced in the distribution of the volcanism, which appears aligned with the main structures activity.

The analysis of the variations of the magnetic declination of some of existing volcanoes allows detect the block rotations over vertical axis. Nevertheless the results show that the declination values do not prove that there has been a generalized rotation of all the area.

Key word: Neotectonic, block rotation, volcanism, magnetic declination, Campo de Calatrava.

Geogaceta, 39 (2006), 35-38

ISSN: 0213683X

Introducción

La región del Campo de Calatrava muestra rasgos, de haber sufrido los efectos de la tectónica reciente proveniente del sureste de la Placa Ibérica. Entre las principales consecuencias que se pueden mencionarse están la formación de depresiones en las que se formarán las cuencas neógenas, así como formación y distribución del volcanismo de esta región, Gallardo (2005).

En la geometría de la deformación han jugado un papel muy importante la estructura tectónica preexistente, la cual es heredada de la tectónica varisca.

Como se sabe, una de las formas más efectivas para distribuir la deformación continental a lo largo de centenares de kilómetros es mediante bloques que se desplazan y rotan al mismo tiempo (Mc Kenzie y Jackson, 1983). Hay numerosos modelos que explican estas rotaciones sobre ejes verticales, a favor de cizallas, (Beck, 1976, Garfunkel y Ron, 1985 y Nur *et al.*, 1986). Los aspectos más importantes que hay que tener en cuenta para caracterizar las rotaciones de bloques son: la forma y tamaños de los bloques, la velocidad de giro, la geometría de las fallas por las que se distribuye la rota-

ción, la profundidad de los bloques y el contexto geológico en el que son más importantes las rotaciones (Osete, 1992).

Existen muchos trabajos que justifican, mediante desgarres, la distribución de las deformaciones recientes desde los bordes de la Placa Ibérica hacia el interior, apote *et al.* (1990). Así como para justificar esta forma a la disipación lateral de la deformación alpina en el Sistema Central, Vicente *et al.* (1992). También se ha relacionado esta tectónica con la reactivación de fracturas preexistentes (Vegas y Banda, 1982 y Vegas *et al.*, 1990).

Por otra parte, el paleomagnetismo permite detectar en algunos casos los movimientos que sufren los bloques o placas en un momento determinado. De modo que, si un bloque se moviliza respecto a otro, el vector de la magnetización, si esta es simultánea, va a permitir reconocer los movimientos sufridos por los bloques, al verificar que la orientación observada, no coincide con la esperada.

La rotación de la declinación paleomagnética permite explicar los cambios de posición de un bloque en el espacio respecto al paleopolo magnético. La forma de deducir la aproximación a la dirección espacial se ilustra en

la figura 1a (Butler, 1992); en ella se representa, la inclinación y la declinación esperada (I_x , D_x), y se compara con la orientación paleomagnética obtenida (I_o , D_o). La inclinación F viene dada por: $F = I_x - I_o$ y la rotación de la declinación se calcula según: $R = D_x - D_o$. Tomando R en sentido positivo, cuando D_o se mueve en sentido horario respecto a D_x .

Los límites de confianza de las direcciones observadas y de las esperadas se indican a_{95} y toman los valores DF y DR . De modo que, las direcciones esperadas son $R \pm DR$ y $F \pm DF$. El resultado será que cualquier dirección que se desvíe significativamente respecto a la esperada ($F > DF$ y/o $R > DR$) será una dirección discordante y cualquier otra dirección que no varíe del valor esperado será una dirección concordante.

La aproximación espacial del polo se representa en la figura 1b (Butler, 1992). En ella el Polo de Referencia (PR), se mueve respecto al Polo Observado (PO). Mediante trigonometría esférica en el triángulo $S-PO-PR$ se pueden medir los desplazamientos hacia el polo de referencia. La distancia angular $S-PO$ es po , mientras que la distancia angular $S-PR$ es pr . Sí se comparan las distancias, el bloque se aproxima o se aleja

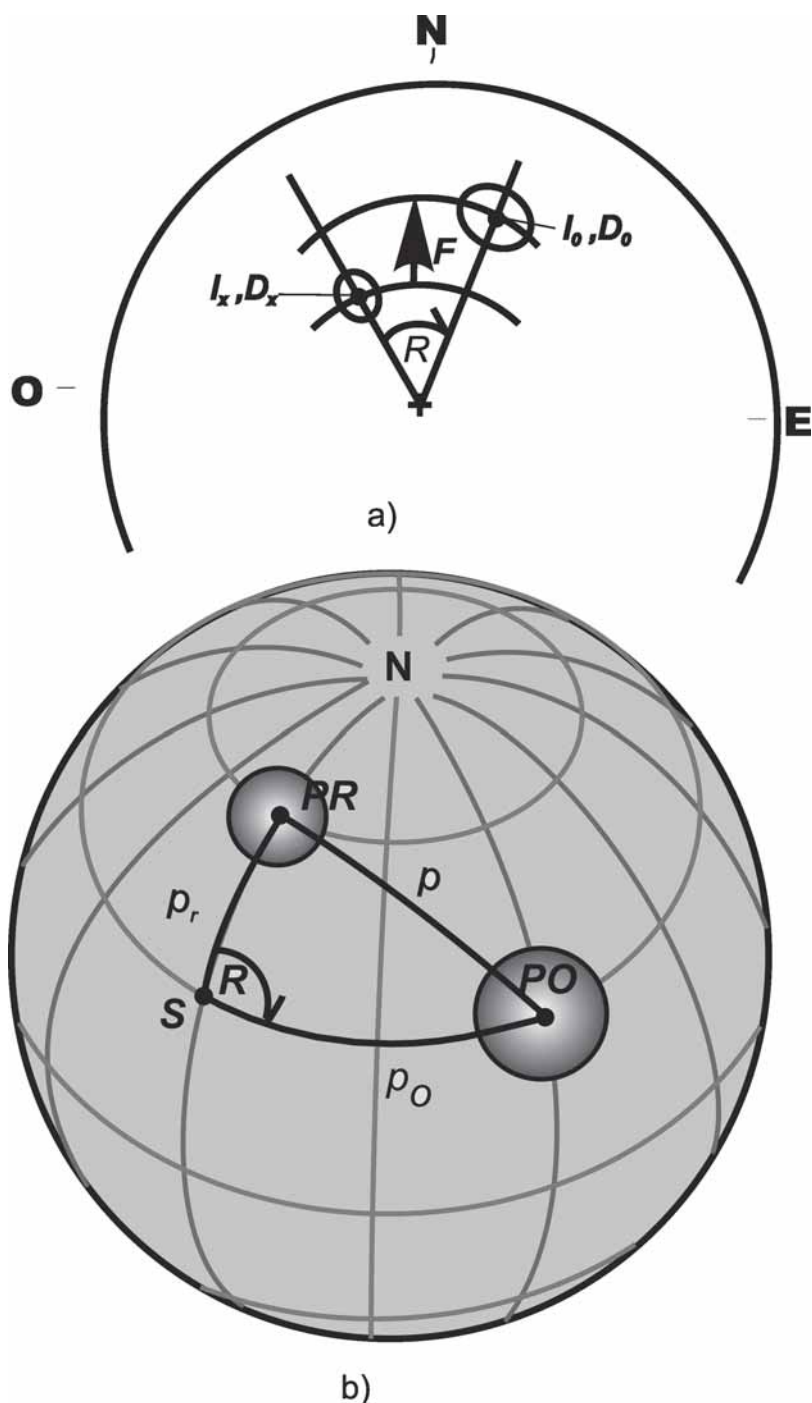


Fig. 1.- Análisis de la discordancia paleomagnética. a) Proyección equiareal entre la dirección paleomagnética observada que tiene una inclinación I_o y una declinación D_o y la esperada (I_x , D_x). La inclinación está más tendida, con un valor angular $F = I_x - I_o$. La declinación ha sufrido una rotación en sentido horario (positivo), que es el ángulo R . b) Ángulo entre el polo observado PO y el de referencia PR , en el triángulo $S-PO-PR$. La distancia p_r = distancia medida sobre el círculo máximo entre S y PR ; p_o = es la distancia medida entre S y PO . El transporte polar es $p = p_o - p_r$. La rotación sobre el eje vertical S , es el ángulo R medido sobre la esfera, (tomado de Butler, 1992).

Fig. 1.- Analysis of paleomagnetic discordance. a) Equal-area projection of an observed discordant paleomagnetic direction with inclination I_o and declination D_o compared to an expected (I_x y D_x), the observed direction by the flattening angle F from the expected declination by the rotation angle R . b) Relation of observed pole PO and reference paleomagnetic poles PR . The discordant paleomagnetic was determined from paleomagnetic analysis of rocks at the collection location labelled S , PR is the referent paleomagnetic pole; the spherical triangle with apices at S , PO , and PR is shown by the heavy lines; p_r = great-circle distance from S to PR , p_o = great-circle distance from S to PO ; poleward transport $p = p_o - p_r$, vertical-axis rotation, R = angle of spherical triangle at S . (In Butler, 1992).

respecto al polo de referencia, y su deriva polar P , será: $P = p_o - p_r$. Tomándose en sentido positivo, si el bloque se mueve hacia el polo de referencia.

Resultados obtenidos

Los datos paleomagnéticos proceden de 365 muestras volcánicas recogidas en 51 estaciones (Tabla I). En ella se indica, el nombre del volcán, la estación de muestreo (se toma la nomenclatura de Ancochea, 1983), N = número de muestras, DEC = declinación, INC = Inclinación, K = parámetros de precisión y a_{95} es el ángulo del cono de confianza.

Para el cálculo de la dirección media de la zona se han tomado las 23 estaciones más significativas, que se destacan en negrita en la tabla I. El resto de estaciones tienen resultados más dispersos y cuyas declinaciones muestran signos de haber sufrido rotaciones.

De estas estaciones 11 tienen polaridad normal y su dirección media es: $I = 52^\circ$, $D = 357^\circ$ y $a_{95} = 6,4^\circ$. Las 12 restantes son inversas y su media es: $I = -60,6^\circ$, $D = 173,8^\circ$, $a_{95} = 14,9^\circ$. Se ha realizado el test de la inversión y la dirección obtenida de todos los datos ha sido de: $I_o = 54,5^\circ$, $D_o = 357,7^\circ$ y $a_{95} = 4,5^\circ$.

Se toma a continuación un punto de referencia centrado en la zona (de latitud $39^\circ N$ y $4^\circ O$ de longitud). El Polo Geomagnético Virtual (PGV) así obtenido está definido por la latitud (l_o) y la longitud (F_o): $l_o = 83,9^\circ$ y $F_o = 200^\circ$, con un $A_{95} = 5^\circ$. Con estos datos se puede considerar que con el muestreo realizado se eliminan los efectos de la variación secular.

Para calcular la declinación de estas zona respecto al polo geomagnético del periodo Mioceno-Plioceno, se cuenta con los datos de Besse y Courtillot (1991), Bogalo *et al.* (1994) y Barberá *et al.* (1996). El PGV tiene una $l_r = 2,9^\circ$ y de $F_r = 50,6^\circ$ con un $A_{95} = 2,6^\circ$.

Con el punto de referencia centrado, resulta que la dirección esperada para el periodo considerado en la zona del Campo de Calatrava es: $I_x = 83,9^\circ \pm 4,7^\circ$ y $D_x = 200^\circ \pm 6,9^\circ$. Si se compara esta dirección con la dirección media observada $R \pm DR = 357^\circ \pm 9^\circ$, y con una inclinación $F \pm DF = 3,3^\circ \pm 6,5$ se demuestra que los datos observados son concordantes, por lo que no se puede justificar una rotación de toda

zona que haya sido lo suficientemente importante para que se pueda medir.

Conclusiones y discusión de resultados

Con los resultados obtenidos no se puede justificar que haya habido un desplazamiento hacia el polo de referencia, al ser concordante éste con el polo que se ha obtenido (observado), y dado que la distancia p observada es mínima $p \pm Dp = 2,18 \pm 8,2$

Por lo tanto, se concluye que no ha existido una rotación generalizada, o al menos en el mismo sentido, que afecte a la zona volcánica del Campo de Calatrava, respecto al resto de la Placa Ibérica durante el Mioceno - Plioceno.

Sin embargo, frente a estos resultados, se pueden hacer las siguientes consideraciones:

1° Las rotaciones de bloques, de haber existido, han podido ser en sentidos opuestos, debido a las múltiples situaciones que pueden surgir en el esquema de disipación de esfuerzos de desgarre.

2° Dado que la evolución geodinámica reciente del Campo de Calatrava está relacionada con los esfuerzos transmitidos desde el Orógeno Bético, es muy probable que estas rotaciones, de haberse producido, hayan sido anteriores a la aparición del volcanismo, que es donde se han medido las polaridades.

Sin embargo se observan que hay algunas estaciones (marcadas en la Tabla I con *letra cursiva y subrayada*) cuyas declinaciones paleomagnéticas sufren importantes giros de la declinación tanto en un sentido como en otro.

El hecho de que sólo algunas estaciones sufran giros, se puede justificar de la siguiente forma:

a) Que estas estaciones se encuentren próximas a las fracturas que han producido los desgarres.

b) Que las declinaciones anómalas coincidan en el periodo de tiempo de una excursión de los polos magnéticos, dada la instantaneidad de las erupciones volcánicas, aunque es un porcentaje alto de estaciones las que presentan estas anomalías.

Referencias

Ancochea, E. (1983). *Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de España Central*. Tesis Doctoral, Univ.Complutense de Madrid,

VOLCÁN	ESTACIÓN	N	DEC.	INC.	K	α_{05}
<i>Higueruelas inf.</i>	HGL1	6	<u>221,4</u>	<u>64,5</u>	15	19,7
Cb°. del Moro	78403	7	6,5	21,1	160,1	4,8
Juan de la Puerta	78404	8	183,8	-64,2	58,7	7,8
Los Corrales	78406	7	188,6	-50,9	61,1	8,4
Peñarroya	78411	12	165,2	-75,8	122,4	3,9
Las Higueras	78431	7	7	68	51	8,5
<i>N-420</i>	CLH	7	<u>126,3</u>	<u>8,2</u>	4	34,6
La Zurriaga	78435a	7	184	11		
<i>La Zurriaga</i>	78435b	7	<u>234</u>	<u>-57</u>	33	11,5
Cerro Moreno	78510	8	<u>56,1</u>	<u>-23</u>	65,4	8,1
<i>Las Herrerías</i>	78510	6	<u>51,0</u>	<u>2,3</u>	1,7	76,7
Mesnera	78528	4	166,6	-52,2	34,3	12,8
Cerro Gurugú	78601	7	181,6	-64,0	42,8	10,1
Casas Canaleja	80902	7	14,6	38,5	25,1	13,3
<i>La Viñuela</i>	80903a	7	<u>91,1</u>	<u>16,9</u>	70,2	8,1
<i>La Viñuela</i>	80903b	7	<u>236,9</u>	<u>35,4</u>	52,2	8,4
Conejera	81004	7	158,5	-14,1	13,4	17,9
Cerro Pelado	81005	7	186,0	-23	74	7,6
Los Frailes	81008	7	340,0	55	168,6	5
Cabeza Parda	81009	7	188,3	-32,7	244,5	3,9
La Encina	81014	6	343,0	36,3	21,7	14,7
Cd°. Del Tesorillo	81018	7	348,9	41,4	104,3	5,9
<i>La Vaqueriza</i>	81021	5	<u>305,6</u>	<u>-15,7</u>	7,3	30,3
Las Mesas	81023	7	2,4	68	561,0	2,6
Cuesta Berrocal	81025	6	325,5	49,6	8,3	24,7
<i>La Coscoja</i>	81103	7	<u>150,4</u>	<u>-52,7</u>	58,9	7,9
<i>Casablanca</i>	CSB	4	<u>239,4</u>	<u>-38,8</u>	56,7	12,3
Cabezuelo	81010	7	5,1	43,5	199,5	5,5
Casa Fourier	81014	7	186,8	-68,7	74,8	7,0
<i>Sacristanía</i>	81115	8	<u>210,4</u>	<u>-63,2</u>	16,9	13,9
Encinar Padrón	81116	5	174,6	-69,2	113,3	4,3
Corral Moreno	81119b	11	193,9	-56,2	157,3	3,7
<i>La Bienvenida</i>	83401	7	<u>65,6</u>	<u>14,3</u>	1,7	69
<i>Casjo. Bienvenida</i>	83501	9	<u>359,0</u>	<u>-7,1</u>	43,9	7,9
Retamar	83502	6	172,4	13,9	19,3	15,6
Asdrubal	83601b	7	15,3	33,4	15,2	16,0
<i>Quintería Ladrón</i>	83603	7	<u>332,5</u>	<u>21,6</u>	5,6	27,9
El Villar	83604a	7	358,3	54,6	101	6,0
El Villar	83604b	9	8,6	61,9	83,4	5,7
<i>Colada Ojailén</i>	83605a	7	<u>259,1</u>	<u>43,4</u>	15,8	14,4
<i>Colada Ojailén</i>	83605b	7	<u>83,0</u>	<u>-11,5</u>	52	9,1
Vva. San Carlos	83606a	3	6,2	75,3	129	10,9
Vva. San Carlos	83606b	9	177,0	-51,1	17,6	13,4
Puerto del Roble	83607	7	346,3	32,1	13,5	17,1
Villalba	836610	7	<u>51,1</u>	<u>36,0</u>	23,4	12,7
Cortijo Alhorín	83617	7	350,8	62,9	30	11,2
Las Yeguas	83701	12	184,8	-59,8	33,2	7,7
<i>La Atalaya</i>	83702a	6	<u>31,0</u>	<u>37,6</u>	18,7	15,9
La Atalaya	83702b	7	180,4	-46,1	16,1	15,5
Casa de los tontos	83703a	7	183,3	-53,9	76,2	7,0
<i>Casa de los tontos</i>	83703b	9	<u>332,2</u>	<u>68,8</u>	10	17,1

Tabla I.- Tabla resumen de los datos paleomagnéticos obtenidos en volcanes (ver texto).

Table I.- Summary table of the paleomagnetics data of volcanoes (see the text).

657 pp.
Barberá, X., Cabrera, L., Gomis, E. y Parés, J.M. (1996). *Geogaceta*, 20,

1014-1016.
Beck, M.E. (1976). *American Journal of Science*, 276, 694-712.

- Besse, J. y Courtillot, V. (1991). *Journal of Geophysical Research*, 96 (B3), 4029-4050.
- Bogalo, M.F., Osete, M.L., Ancochea, E. y Villalaín, J.J. (1994). *Geogaceta*, 15, 109-113.
- Butler, R.F. (1992). *Paleomagnetism*. Blackwell Scientifics Publications, 319 pp.
- Capote, R., Vicente, G. de y González Casado, J.M. (1990). *Geogaceta* 7, 20-21.
- Gallardo Millán, J.L. (2005): *Evolución geodinámica de las cuencas neógenas del Campo de Calatrava y su relación con el volcanismo reciente*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 334 pp.
- Garfunkel, Z. y Ron, H. (1985). *Journal of Geophysical Research*, 90, 8589-8602.
- McKenzie, D. y Jackson, J. (1983). *Earth Planetary Science Letter*, 65, 182-202.
- Nur, A., Ron, H. y Scotti, O. (1986). *Geology*, 14, 746-749.
- Osete, M. L. (1992). *Física de la Tierra. Paleomagnetismo y Tectónica de las Cordilleras Béticas*. (M.L. Osete y M. Calvo. Eds.) nº4, 151-163.
- Vicente, G. de, González Casado, J.M., Bergamín, J.F., Tejero, R., Babín, R., Rivas, A. y Enrile, J.L. (1992). En: *III Congreso Geológico de España*, Comunicaciones, 1, 284-288.
- Vegas, R. y Banda, E. (1982). *Earth Evolution Sciences*, 4, 320-343.
- Vegas, R., Suriñach, E y Marcos, A. (1990). *Tectonophysics*, 184, 367-378.