

Diques de lamproítas a lo largo de la Falla de Socovos (Béticas orientales)

Lamproite dikes along the Socovos Fault (Eastern Betics)

Luis Alfonso Pérez-Valera ⁽¹⁾, Mario Sánchez-Gómez ⁽¹⁾, José Manuel Fernández-Soler ⁽²⁾, Fernando Pérez-Valera ⁽¹⁾ y Antonio Azor ⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Geología. Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas s/n. laperez@ujaen.es

⁽²⁾ Departamento de Mineralogía y Petrología e Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (UGR – CSIC), Av. Fuentenueva s/n, 18071 Granada.

⁽³⁾ Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada, Av. Fuentenueva s/n, 18071 Granada.

ABSTRACT

The Calasparra segment of the Socovos Fault shows a large number of lamproite outcrops, most of them being dikes emplaced along tension gashes and Riedel faults. Subsequently to the emplacement, some of the dikes were affected by faulting, showing striae and kinematic indicators of right-lateral displacement. The ubiquity of the lamproite outcrops, together with the mantle source invoked for these magmas, imply that the Socovos Fault is a major fracture zone, cutting through the crust and connecting in some way the surface to the lithospheric mantle.

Key words: Socovos fault, lamproites, volcanic dikes, strike-slip fault, Betic Cordillera.

Geogaceta, 48 (2010), 151-154
ISSN: 0213-683X

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2010

Fecha de revisión: 21 de abril de 2010

Fecha de aceptación: 28 de mayo de 2010

Introducción

Las fallas constituyen discontinuidades dentro de la corteza, que pueden formar canales para la circulación preferente de fluidos. La relación entre fallas y fluidos hidrotermales es bien conocida y en muchos casos la presencia de estos fluidos se considera crítica para el funcionamiento sísmico de las fallas (Sibson, 2001; Barnicoat *et al.*, 2009). También es conocida la relación espacial entre vulcanismo y fallas en determinados contextos, como los rift continentales.

El vulcanismo lamproítico del sureste ibérico aparece disperso en tres provincias (Albacete, Almería y Murcia) en contextos tectónicos diferentes, por lo que a priori no cabe esperar un condicionante estructural único. La naturaleza misma de las rocas lamproíticas supone un ascenso directo del magma desde el área fuente en la base de la litosfera (Mitchell y Bergman, 1991), que necesita de canales que atraviesen el manto litosférico y la corteza, para permitir que volúmenes pequeños de fundidos, como los que constituyen los volcanes de la provincia lamproítica del SE español, alcancen la superficie. En este sentido, los trabajos regionales que dieron a conocer el Prebético de Albacete y Murcia (Jerez

Mir, 1973; Rodríguez Estrella, 1979), ya ponían de manifiesto que los volcanes lamproíticos se alineaban según fallas o fracturas más o menos evidentes, aunque sólo el volcán de Calasparra está sobre el trazado de una falla (la Falla de Socovos). También se ha descrito en la literatura la presencia de dos diques lamproíticos si-

tuados unos 15 km al suroeste del área estudiada (Férriz *et al.*, 1994).

Este trabajo muestra la existencia de un gran número de afloramientos lamproíticos, en su mayoría diques, que jalonan más de 20 km de la traza de la Falla de Socovos y que por su pequeño tamaño o inaccesibilidad habían pasado

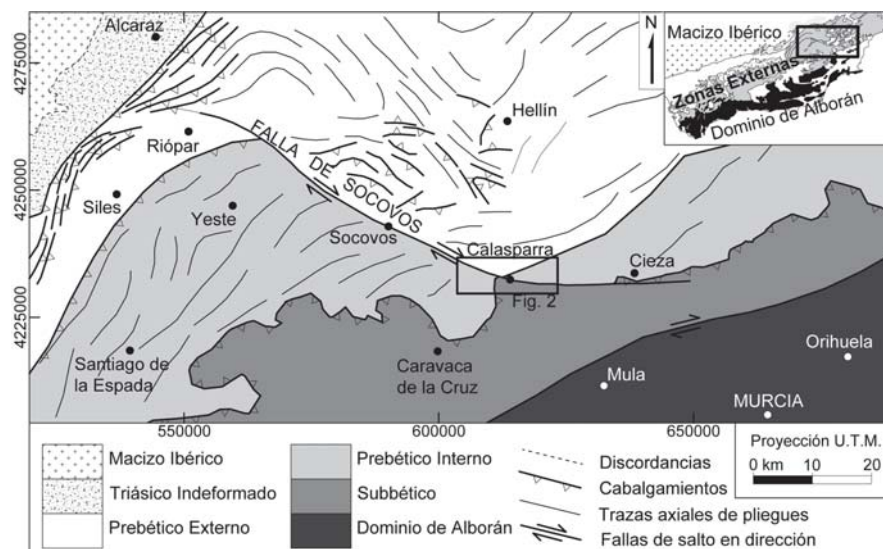


Fig. 1.- Esquema tectónico de la Falla de Socovos. El recuadro de la parte superior derecha muestra la localización de la Falla de Socovos en el conjunto de la Cordillera Bética.

Fig. 1.- Tectonic sketch of the Socovos Fault. The inset in the upper right corner shows the location of the Socovos Fault in the Betic Cordillera.

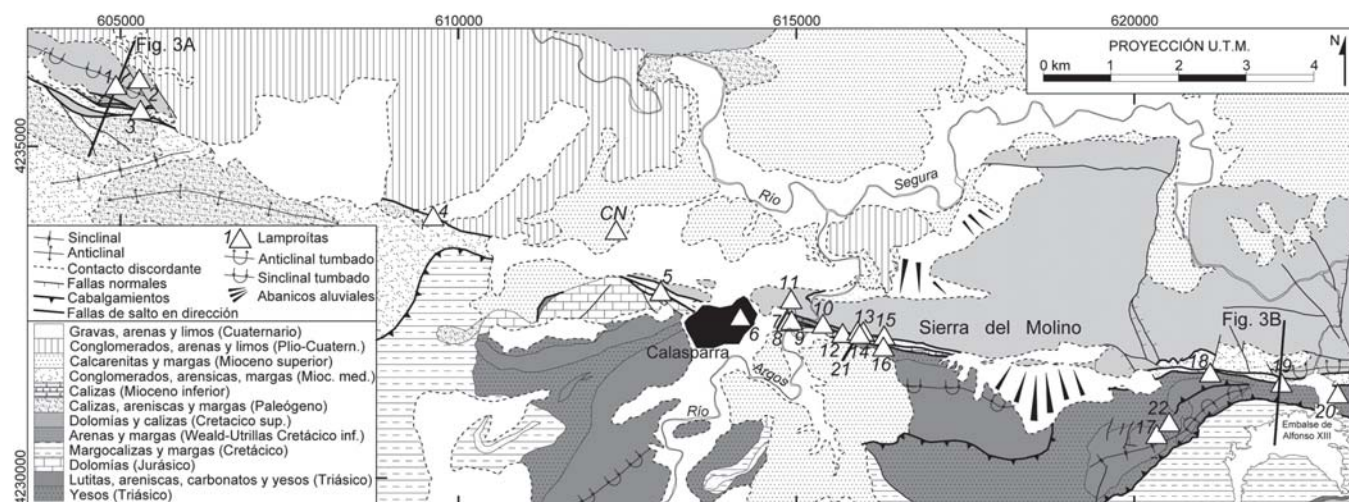


Fig. 2.- Mapa geológico del segmento de Calasparra de la Falla de Socovos (véase localización en la Fig. 1).

Fig. 2.- Geological map of the Calasparra segment of the Socovos Fault (see location in Fig. 1).

desapercibidos. Además de la descripción de los diques, se analizan sus relaciones con la zona de falla y se discuten someramente las implicaciones que estos diques tienen en el funcionamiento de la Falla de Socovos.

Marco geológico

La zona estudiada se sitúa en la parte oriental de la Cordillera Bética, en el segmento central de la Falla de Socovos (Fig. 1). Esta falla constituye el límite norte del arco de Cazorla – Alcaraz (Andrieux y Nebbad, 1996; Nebbad, 2001). Su traza cartográfica se extiende más de 80 km en dirección ESE-ONO, siendo su salto en dirección máximo estimado de 35 km (Jerez Mir, 1973) o incluso de 60 km (Rodríguez-Estrella, 1979). Ha actuado como una «transfer fault» dextra entre el arco Prebético y unidades más orientales (Martín-Velázquez *et al.*, 1998), poniendo

en contacto en un espacio relativamente reducido varios de los dominios principales de las zonas externas de la Cordillera Bética (Fig. 1).

Estos dominios son: (i) el Prebético Externo, que en esta región se corresponde con arenas, areniscas, conglomerados silíceos y margas terígenas asignadas a facies Weald-Utrillas, de edad Cretácico

inferior, y dolomías y calizas masivas que abarcan casi todo el Cretácico superior (Jerez Mir, 1973; Jerez Mir *et al.*, 1973); (ii) el Prebético Interno, con una secuencia similar al Prebético Externo, pero con mayor espesor y culminado con los materiales carbonatados y detríticos del Paleógeno sobre las calizas del Cretácico superior; (iii) el Dominio Intermedio, del

(%)	DL-03	DL-04	DL-CN	DL-08	DL-13	DL-16
SiO ₂	56,98	55,39	56,22	49,43	59,81	54,95
Al ₂ O ₃	9,90	10,62	9,48	10,60	9,67	10,36
Fe ₂ O ₃	4,77	5,49	5,30	7,05	4,16	5,74
MnO	0,05	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07
MgO	10,68	8,82	11,99	7,32	4,80	6,77
CaO	2,84	3,56	2,69	8,55	5,42	5,65
Na ₂ O	0,31	0,47	0,22	0,73	0,60	0,39
K ₂ O	8,85	10,17	9,91	7,81	9,67	9,77
TiO ₂	1,78	1,71	1,64	1,93	1,64	1,67
P ₂ O ₅	1,18	1,43	1,12	0,88	0,93	1,57
LOI	2,28	1,69	0,87	5,15	2,52	2,32

Tabla I.- Elementos mayores de algunas de las muestras analizadas. Los números de muestra coinciden con los diques de la Fig. 2.

Table I.- Major elements of some of the analyzed samples. The sample number is the same of lamproite outcrops in Fig. 2.

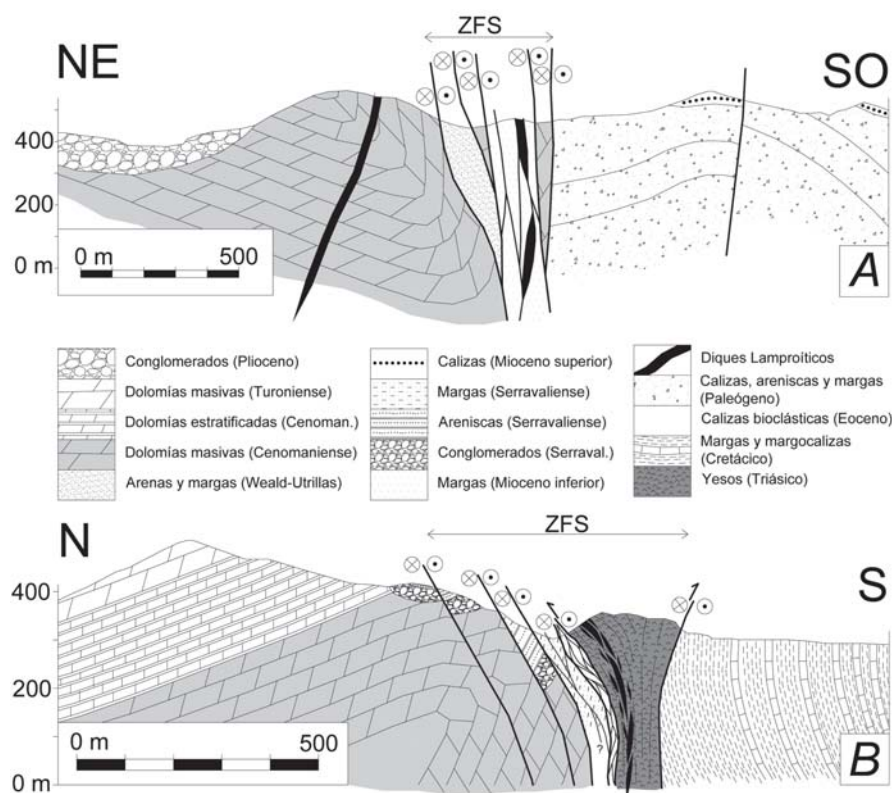


Fig. 3.- Cortes geológicos que muestran los diques lamproíticos emplazados y deformados a lo largo de la zona de Falla de Socovos. ZFS: Zona de Falla de Socovos.

Fig. 3.- Cross-sections showing the lamproite dikes emplaced and deformed along the Socovos Fault zone. ZFS: Socovos Fault Zone.

que afloran únicamente los materiales margosos y margocalizos del Albiense; (iv) el Triásico Sudibérico, constituido por materiales detrítico-evaporíticos; (v) el Subbético, formado por dolomías del Jurásico inferior y margas y margocalizas del Cretácico y Paleógeno y por último, (vi) las cuencas neógenas y el vulcanismo, que acontece en el Tortonense superior a 7.1 M.a. (Duggen *et al.*, 2005).

Afloramientos de lamproítas a lo largo de la Falla de Socovos

Los afloramientos de lamproítas se encuentran a lo largo del segmento central de la Falla de Socovos (Fig. 2). Se han identificado 22 afloramientos de lamproítas, con características muy diferentes, pero que se pueden agrupar en función del lugar y modo de emplazamiento. Casi todos los afloramientos se corresponden con diques emplazados a lo largo de fracturas relacionadas con la zona de Falla de Socovos. Algunos de ellos podrían llegar a considerarse pequeños núcleos volcánicos, ya que presentan una extensión superior al hectómetro y una interacción importante con la roca encajante, dando lugar a brechas freatomagmáticas.

Aproximadamente la mitad de los diques se alinean según la dirección de la falla, con longitudes que varían desde pocos metros hasta más de medio kilómetro. Los demás diques se encuentran alargados según fracturas de tipo «tension gashes» (grietas de tensión) y fracturas de tipo Riedel, congruentes con el movimiento dextro de la Falla de Socovos. En general, el espesor de los diques oscila en torno al metro, aunque excepcionalmente pueden alcanzar 5 o 6 metros.

Los diques intruyen tanto en la zona de falla como en las rocas adyacentes, en litologías muy diferentes en función del lugar donde aparecen, que van desde los yesos del Triásico hasta las margas y calcarenitas del Mioceno, pasando por las dolomías del Jurásico, las arenas de facies Weald-Utrillas o las calizas y dolomías cretácicas del Prebético. Gran parte de los diques, sobre todo los que muestran menor grado de alteración, presentan una foliación magmática de flujo paralela a los bordes. En algunos, se observan las relaciones con la roca encajante, pudiendo encontrar en el contacto bordes rubefactados de poco espesor, pequeñas brechas volcánicas y en ocasiones extensiones decamétricas de brechas volcánicas, probablemente de origen

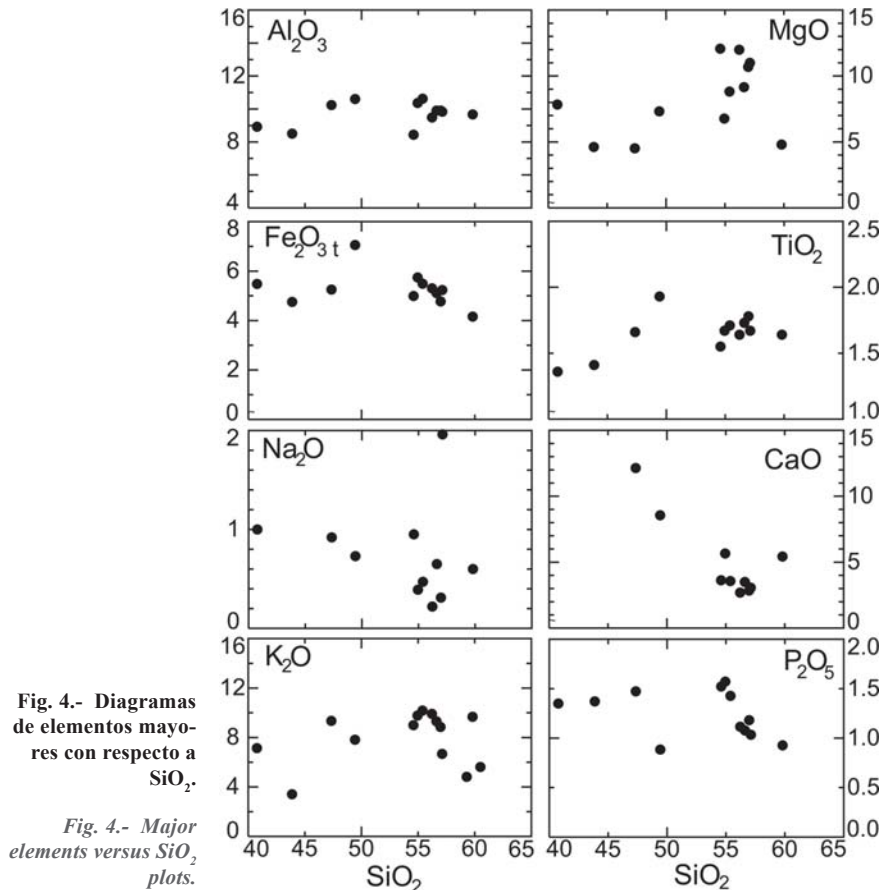


Fig. 4.- Diagramas de elementos mayores con respecto a SiO_2 .

Fig. 4.- Major elements versus SiO_2 plots.

freatomagmático. En muchos otros, la alteración de las lamproítas y/o de la roca encajante no permite observar las relaciones con la roca de caja.

Se han realizado dos cortes geológicos en los que se muestra la estructura de la zona de falla y cómo se encuentran emplazados los diques dentro de ésta (Fig. 3). Algunos de los diques se disponen según planos de falla mostrando brechificación, estrías horizontales y estructuras que nos permiten corroborar el movimiento dextro de la falla.

Petrología y geoquímica de las lamproítas

Las rocas estudiadas son lamproítas flogopíticas con olivino, de acuerdo con la nomenclatura de Mitchell y Berman (1991). Textualmente son microporfídicas con microfenocristales de flogopita, olivino, algo de diópsido, apatito y opacos, en una matriz vítrea o microcristalina, parcialmente recrystalizada a feldespato potásico. La mayoría de las muestras presentan efectos de alteración secundaria a minerales de la arcilla y carbonatos.

Se ha analizado una selección de rocas de diferentes diques, mediante Fluorescencia de Rayos X (elementos mayores y Zr) e ICPMS (resto de elementos

traza y tierras raras; Tablas I y II). La composición en elementos mayores de las muestras con menor grado de alteración es similar a la de otras rocas ultrapotásicas de la provincia volcánica neógena del SE español (e.g. Fúster *et al.*, 1967; Venturelli *et al.*, 1984; Duggen *et al.*, 2005). Así, muestran valores moderados de SiO_2 (54%-57.1%), altos en MgO (4.8 a 12.1%), K_2O (6.7-10.2%) y P_2O_5 (0.9-1.5%), y bajos en Al_2O_3 (8.4-10.6%) y Na_2O (0.2-1.9%). No se observan correlaciones claras entre los diferentes elementos mayores, ni tampoco variaciones en función de la posición geográfica de las muestras a lo largo de

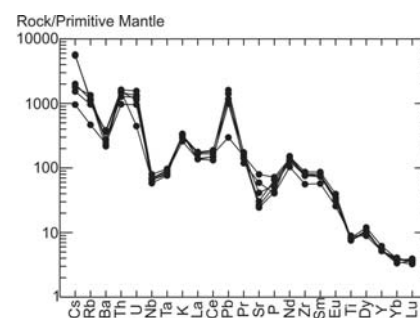


Fig. 5.- Diagrama de elementos traza normalizados al manto primitivo.

Fig. 5.- Plot of trace elements normalized to primitive mantle.

(ppm)	DL-03	DL-04	DL-CN	DL-08	DL-13	DL-16
Li	45	56	43	66	77	34
Be	23	25	21	13	23	21
Rb	697	852	737	297	614	726
Cs	45	14	44	8	12	16
Sr	870	640	558	1249	1675	515
Ba	2539	1927	1883	1668	2669	1518
Sc	12	13	12	16	11	13
V	83	95	88	130	73	101
Cr	477	442	434	452	658	511
Co	30	29	35	37	30	24
Ni	505	365	470	252	416	148
Cu	34	37	33	44	22	36
Zn	100	100	88	136	99	98
Pb	114	70	71	100	21	83
Ga	23	23	22	20	21	23
Zr	969	869	849	629	907	849
Hf	27,35	24,27	23,64	17,43	24,73	23,71
Nb	49,36	46,76	41,43	49,13	56,81	47,05
Ta	3,77	3,22	3,11	3,55	3,93	3,34
Mo	0,79	0,61	0,70	0,38	0,12	0,42
Th	128,08	129,85	108,08	82,51	138,43	124,42
U	24,00	9,35	26,34	20,10	32,72	28,30
Y	28,03	23,80	24,30	23,59	24,70	23,55
Sn	28,15	21,70	24,31	17,98	27,38	21,36
Tl	1,97	3,68	1,48	1,75	2,10	2,47
La	117,42	96,19	94,82	94,07	113,45	121,42
Ce	318,70	264,56	263,15	234,03	293,97	333,55
Pr	46,43	39,20	38,86	32,77	42,61	48,11
Nd	202,87	175,27	172,67	140,51	187,00	205,82
Sm	38,38	33,23	32,71	25,44	35,11	36,00
Eu	6,63	5,31	5,24	4,30	5,79	5,34
Gd	21,80	18,66	18,41	14,65	19,42	19,83
Tb	2,38	2,17	2,12	1,82	2,18	2,26
Dy	8,80	7,46	7,36	6,55	7,38	8,01
Ho	1,12	0,97	1,02	0,96	0,99	1,00
Er	2,16	2,01	1,92	1,90	2,02	2,08
Tm	0,31	0,27	0,28	0,29	0,25	0,30
Yb	1,96	1,65	1,84	1,90	1,74	2,00
Lu	0,27	0,27	0,29	0,26	0,24	0,26

Tabla II.- Elementos traza y Tierras Raras de algunas de las muestras analizadas.

Table II.- Trace and Rare Earth Elements of some of the analyzed samples.

la traza de la Falla de Socovos. Las muestras más alteradas presentan valores mucho más bajos de SiO₂, K₂O y MgO, y más altos de CaO (Fig. 4).

Con respecto a los elementos traza y tierras raras, las rocas presentan contenidos muy altos en elementos compatibles (Ni, Cr), junto a patrones de los elementos incompatibles fuertemente fraccionados (Fig. 5), con enriquecimiento en elementos móviles en agua (Cs, Rb, Ba, K, Th, U, Pb), y valores relativamente empobrecidos de los elementos menos móviles en agua (Nb, Ta, Ti, Tierras Raras Pesadas), de modo análogo a los valores típicos de magmas asociados a zonas de subducción. Los contenidos en Zr y Sr son también relativamente altos. Las Tierras raras muestran un enriquecimiento extremo de las Tierras Raras Ligeras y patrones muy fraccionados (Fig. 6), con una muy alta relación entre las Tierra Raras Ligeras y las Tierras Raras Pesadas (La/Yb 50-65), y una anomalía negativa de Eu (Eu/Eu* 0.61-0.7).

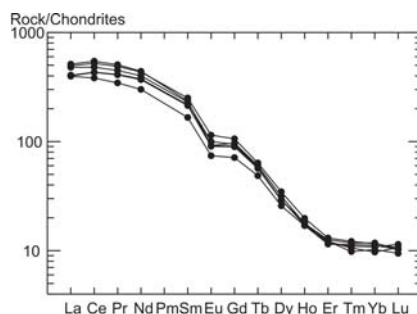


Fig. 6.- Diagrama de Tierras Raras normalizadas a condritos.

Fig. 6.- Plot of Rare Earth Elements normalized to chondrites.

Conclusiones

Se han descrito más de 20 nuevos afloramientos volcánicos a lo largo de la Falla de Socovos. Éstos se extienden al menos en el 30 % de la longitud de la falla y constituyen por tanto una característica esencial de la misma. Los afloramientos son en su mayoría diques, que intruyen los materiales de la zona de falla según grietas de tensión y fracturas Riedel de dimensiones métricas a hectométricas. El hecho de que los diques se emplacen aprovechando estructuras generadas por el funcionamiento de la falla y que algunos de ellos presenten estriación y brechificación indica que el emplazamiento de los diques es, de alguna forma, coetáneo con el funcionamiento de la falla.

A lo largo del segmento de Calasparra, se observa que los afloramientos de lamproítas se distribuyen de manera más o menos continua sobre todas las rocas anteriores al Plioceno, por lo que no se descarta que en el futuro, con la exploración de los segmentos adyacentes de la Falla de Socovos, aparezcan nuevos afloramientos. A su vez, la ubicuidad de los afloramientos identificados sugiere que pudo ser un fenómeno generalizado en un tramo amplio de la falla.

La presencia de rocas lamproíticas, que provienen de fundidos primarios generados en el manto a lo largo de un segmento tan largo de la Falla de Socovos, indica la importancia de la falla a escala litosférica, habiendo permitido que volúmenes muy pequeños de fundido, asciendan desde el manto y se canalicen a través de la falla. A su vez, la presencia generalizada de fundidos a lo largo de todo el plano de falla, probablemente desde la base de la corteza, pudo condicionar el comportamiento mecánico de la Falla de

Socovos durante el emplazamiento de los diques en el Mioceno superior.

Agradecimientos

Agradecemos a Mercedes Muñoz García y Tomás Rodríguez Estrella sus comentarios sobre el manuscrito original que han ayudado a mejorar el trabajo. Trabajo financiado por una beca de Formación de Profesorado Universitario del Ministerio de Educación y por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de los proyectos CGL2006-10202/BTE, CONSOLIDER-INGENIO CSD-2006-00041 y CTM2005-08071-CO3-01/MAR.

Referencias

- Andrieux, J. y Nebbad, F. (1996). *Geogaceta*, 20, 810-813.
- Barnicoat, A.C., Sheldon, H.A. y Ord, A. (2009). *Mineralium Deposita*, 44, 705-718.
- Duggen, S., Hoernle, K., Bogaard, Pvd. y Garbe-Schönberg, D. (2005). *Journal of Petrology*, 46, 1155-1201.
- Férriz, F. J., Fernández Soler, J. M. y Cámara, F. (1994). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 17, 231-239.
- Fúster, J.M., Gastesi, P., Sagredo, J. y Férmoso, M.L. (1967). *Estudios Geológicos*, 23, 35-69.
- Jerez-Mir, L. (1973). *Geología de la Zona Prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (provincias de Albacete y Murcia)*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 749 p.
- Jerez Mir, L., García Monzón, G. y Jerez Mir, F. (1973). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 890 (Calasparra)*. IGME.
- Martín-Velázquez, S., Rodríguez Pascua, M.A., De Vicente, G. y Calvo, J.P. (1998). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 11, 369-383.
- Mitchell, R. H. y Bergman, S. C. (1991). *Petrology of Lamproites*. New York, Plenum Press.
- Nebbad, F. (2001). *Le prisme orogénique Pré-bétique (Sud-Est de l'Espagne), Évolution cinématique et coupes équilibrées*. Tesis Doctoral, Univ. de Orsay, Paris XI, 239 p.
- Rodríguez-Estrella, T. (1979). *Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (prov. de Albacete): Síntesis geológica de la zona Prebética*. Colec. Mem. IGME, 97. 566 p. Madrid.
- Sibson, R. H. (2001). *Reviews in Economic Geology*, 14, 25-50.
- Venturelli, G., Capedri, S., Di Battistini, G., Crawford, A., Kogarko, L.N. y Celestini, S. (1984). *Lithos*, 17, 37-54.