

Los diques de lamprófidio del plutón de Panticosa (Zona Axial Pirenaica): emplazamiento simultáneo con la extensión tardihercínica

The lamprophyre dikes in the Panticosa Pluton (Pyrenean Axial Zone): syn-emplacement with later-hercynian extension

Andrés Gil, Marceliano Lago, Carlos Galé, Óscar Pueyo, Teresa Ubide, Patricia Larrea y Pablo Tierz

Departamento de Ciencias de la Tierra. C/ Pedro Cerbuna, 12, 50009, Zaragoza.

agil@unizar.es, mlago@unizar.es, carlos.gale@gmail.com, opueyo@gmail.com, teresaubide@gmail.com, plarreamarquez@gmail.com, pablo.tierz.lopez@gmail.com

ABSTRACT

The Panticosa Pluton shows two groups of lamprophyre dykes with calc-alkaline and alkaline affinities, which are emplaced during the Lower-Middle Permian interval. A clear relationship between their orientations, dimensions and composition does not occur. The kinematic analysis of the dykes gives a near N-S extension direction compatible with the orientation of the displacement vector measured in the field. The structural data related to the dyke geometry and kinematics and the fracturing pattern of the granitic pluton allow to propose an emplacement model for both lithotypes within a common extensional framework; this model includes both the former Lower Permian calc-alkaline magma, affected by crustal contamination and the Middle Permian mantle alkaline magma. This extensional regime post-dates the Upper Carboniferous transpressive regime responsible for the emplacement and fracturing of the granitic pluton.

Key-words: Dykes, lamprophyre, kinematic analysis, extension, Pyrenees.

Geogaceta, 50-1 (2011), 51-54.
ISSN:2173-6545

Introducción

El plutón de Panticosa forma parte del complejo de Panticosa-Cauterets (Debon, 1975). El complejo consta de tres cuerpos plutónicos cuya edad es de 298 ± 5 Ma (Debon, 1975). Se encuentra emplazado en la Zona Axial Pirenaica (ZAP), en materiales pelíticos, carbonatados y cuarcíticos de edad devónica (Fig. 1), sobre los que se desarrolla una aureola de metamorfismo de contacto (Debon, 1972).

Aunque los autores anteriores que han estudiado estos complejos graníticos de la ZAP los han considerado como post-tectónicos en relación a la etapa principal de deformación varisca, (Michard-Vitrac *et al.*,

1980; Debon, 1980; Majoor, 1988), estudios estructurales basados en la anisotropía de la susceptibilidad magnética (ASM), sugieren su carácter sin-tectónico en relación a la etapa D² (de edad Pensilvaniense), dentro de un régimen transpresivo relacionado con una dirección de acortamiento regional N-S (Gleizes *et al.*, 1998).

De los tres plutones que constituyen el complejo de Panticosa-Cauterets, el de Panticosa es el más meridional. Desde un punto de vista petrológico, se caracteriza por mostrar una zonación concéntrica normal (Fig. 1) incluyendo, de borde a centro: tonalitas, granodioritas y monzogranitos (Debon, 1975).

Afectando a las facies centrales del plutón, se reconoce una red de diques de lam-

RESUMEN

El Plutón de Panticosa muestra dos grupos de diques de lamprófidio con afinidades calcoalcalina y alcalina, emplazados en el intervalo Pérmico inferior y medio. Para estos diques, no se observa una clara relación entre sus orientaciones, dimensiones y composición. El análisis cinemático de los diques permite obtener una dirección de extensión próxima a N-S, compatible con la orientación del vector desplazamiento medido en campo. Los datos estructurales relacionados con la geometría de los diques y su cinemática y el patrón de fracturación del granito encajante permite proponer un modelo de emplazamiento para ambos litotipos dentro de un contexto extensional. Este modelo contempla tanto el emplazamiento del magma calcoalcalino (Pérmico inferior) asociado a fusión cortical, como el del magma alcalino (Pérmico medio), de carácter astenosférico. Este régimen extensional es posterior al régimen transpresivo de edad Carbonífero superior responsable del emplazamiento y fracturación del plutón granítico.

Palabras clave: Diques, lamprófidios, análisis cinemático, extensión, Pirineos.

Fecha de recepción: 15 de Febrero de 2011
Fecha de revisión: 28 de Abril de 2011
Fecha de aceptación: 27 de Mayo de 2011

prófidio (Debon, 1975; Galé, 2005). Aunque, dentro del plutón, predominan las orientaciones E-W (Debon, 1975), son frecuentes los diques N-S o con orientaciones diversas, compatibles con el patrón de fracturación del plutón (Fig. 1).

En este trabajo se presenta un modelo dinámico de emplazamiento de los diques de lamprófidio considerando la relación entre la fracturación que afecta al plutón y el momento de su emplazamiento. A partir del estudio cinemático de los diques, se propone un marco geodinámico, determinado por una dirección de extensión regional próxima a N-S, mantenida en el tiempo a lo largo del proceso de emplazamiento de los lamprófidios.

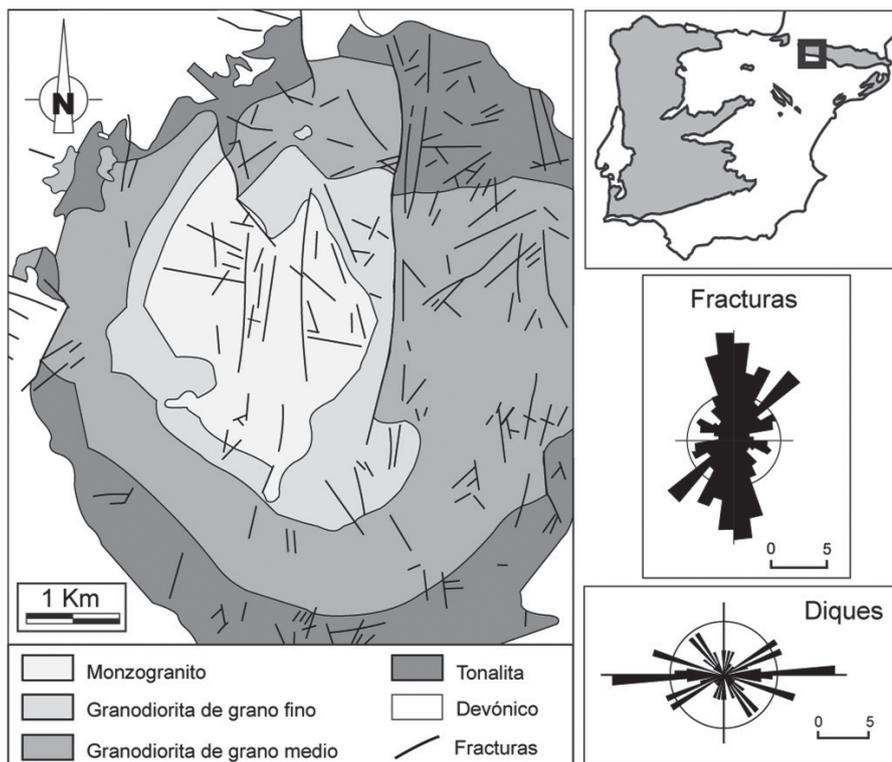


Fig. 1.- Mapa geológico del Plutón de Panticosa (modificado de Debon, 1975) y diagramas en rosa de orientaciones de diques y fracturas realizados para este trabajo.

Fig. 1.- Geological map of the Panticosa Pluton (modified from Debon, 1975) and rose diagrams of both dykes and fractures.

Caracterización de los lamprófidos

Los diques estudiados se pueden agrupar en dos grandes conjuntos de acuerdo con su afinidad geoquímica: calcoalcalinos y alcalinos.

Los calcoalcalinos se clasifican como espesartitas y su asociación mineral original consta de plagioclasa (60-75%), anfíbol (5-10%), cuarzo (10-15%) y minerales opacos (5-10%), si bien la plagioclasa y el anfíbol se encuentran reemplazados por minerales secundarios casi en su totalidad.

Los alcalinos son camptonitas y representan un grupo más complejo, pudiéndose establecer diferentes litotipos en función de las proporción modal de clinopiroxeno (Ti-augita) y plagioclasa. En todos los casos presentan plagioclasa bastante alterada y minerales opacos. Algunos de los diques de camptonita presentan xenocristales de kaersutita y/o enclaves de rocas gabrómicas.

Las evidencias de campo indican que los diques alcalinos son posteriores a los calcoalcalinos. La edad de los diques alcalinos es de 268 ± 7 Ma (Debon y Zimmerman, 1993). En el caso de los diques calcoalcalinos no hay dataciones directas, si bien

el magmatismo calcoalcalino equivalente de Midi d'Ossau (Galé, 2005) ha sido datado en 278 ± 5 Ma (Innocent, 1989).

Geometría y cinemática de los diques

Los diques de lamprófido del plutón de Panticosa presentan espesores desde centimétricos a métricos y unas longitudes de escala métrica a hectométrica. En el presente trabajo se han estudiado diques con longitudes y espesores máximos de 50 m y 7 m respectivamente (Fig. 2).

Los diques presentan una disposición subvertical, con buzamientos siempre superiores a 70° (Fig. 2). En todos los casos, los contactos con el granito encajante son netos y, a menudo, con desarrollo de bordes enfriados, confirmando su emplazamiento en condiciones de una total cristalización del encajante.

A escala del conjunto del plutón no parece existir relación entre la orientación y las dimensiones o la composición de los diques. Sin embargo, sus características geométricas varían significativamente en función de su orientación media. De este modo, los diques con una orientación media com-

prendida entre NNO-SSE y NNE-SSO (diques N-S) muestran geometrías tabulares y trazados rectilíneos, en tanto que aquellos con una orientación media entre ONO-ESE y ENE-OSO (diques E-O) presentan geometrías marcadamente segmentadas (Fig. 3).

Además de los diques, el conjunto del plutón se encuentra afectado por una densa red de fracturas, resultado de las distintas etapas de deformación frágil que afectaron al plutón, desde el final de su emplazamiento hasta la última etapa de deformación alpina. De este modo, algunas fracturas afectan a los diques mientras otras son paralelas a ellos.

Como muestran los diagramas en rosa de la orientación de diques y fracturas elaborados para este trabajo (Fig. 1), se observan notables diferencias en su patrón con un máximo de orientación N-S para las fracturas y otro, de orientación E-O, en el caso de los diques. Como se discute más adelante esta diferencia se asocia al distinto tipo de relación genética entre la fracturación y el emplazamiento para los dos litotipos de lamprófido.

El análisis cinemático de los diques se ha realizado a través de diques segmentados, de orientación media E-O, en los que la interferencia de fracturas previas permite identificar el vector desplazamiento de la superficie del dique (e.g. Delaney *et al.*, 1986; Baer y Beyth, 1990).

De acuerdo con Baer y Beyth (1990), el espesor de un determinado segmento (E_d) que forma un ángulo α con el de espesor máximo (E_m) viene dado por:

$$E_d = E_m \times \cos \alpha$$

De este modo, el ángulo α está directamente relacionado con la dirección de extensión responsable de la apertura del dique y el espesor del segmento se relaciona, a su vez, con su orientación.

En la figura 4 se muestra el resultado del cálculo de la dirección de extensión (responsable de la apertura de los diques), para el caso de una porción segmentada de un dique de orientación media E-O. Teniendo en cuenta los espesores de los distintos segmentos considerados se obtiene $\alpha=52^\circ$. Dicho valor supone una dirección de extensión próxima a N-S (perpendicular a los segmentos de espesor máximo). Debido a la presencia de diques de distinta afinidad (calcoalcalina y alcalina) con similar orientación media E-O, la dirección de la extensión obtenida puede considerarse común para ambos tipos de diques. Así, los seg-



Fig. 2.- Dique de lamprófido en Panticosa, de espesor métrico y buzamiento subvertical.

Fig. 2.- Lamprophyre dyke from Panticosa; note its metric thickness and sub-vertical dip.



Fig. 3.- Dique N-S cortado por otro, segmentado, de dirección E-O.

Fig. 3.- A N-S dyke cross-cut by an E-O, which is segmented.

mentos más próximos al acimut E-O constituyen fracturas de tipo tensional (los de mayor espesor) frente a los diques con direcciones NE-SO y NNO –SSE emplazados a través de fracturas con mayor componente direccional (Fig. 4C).

La dirección de extensión obtenida coincide con las medidas del vector desplazamiento obtenidas de forma directa en el campo a partir de varios diques, con valores extremos entre NNO-SSE y NNE-SSO.

Discusión y conclusiones

Las características petrológicas y geoquímicas de la red de diques de lamprófido emplazados en el plutón de Panticosa permite identificar, al menos, dos tipos de magmas que se suceden en el tiempo (Galé, 2005): calcoalcalino, previo, representado por espesartitas y alcalino, posterior, representado por camptonitas.

Dentro de los cinco episodios que constituyen el esquema tectono-magmático propuesto para el magmatismo tardivarisco (Bixel, 1984, 1988), los diques de afinidad calcoalcalina podrían corresponder o bien, al tercer episodio, cuyo origen se relaciona con una participación importante de material cortical (Bixel, 1988) o bien al cuarto, de naturaleza transicional, caracterizado por un aumento de la participación de fundidos del manto, ambos de edad Pérmico inferior (Bixel, 1988). Por su parte, los diques alcalinos se relacionarían con el quinto episodio, de edad Pérmico medio (Galé, 2005), constituido por magmas alcalinos de origen exclusivamente mantélico (Bixel, 1988; Galé, 2005).

De acuerdo con estos datos, el emplazamiento de los diques máficos postdata a la principal etapa de deformación compresiva varisca de la ZAP (etapa compresiva dextral D_2 de edad Pensilvaniense, Zwart, 1979).

Aunque, en primera instancia, la ausencia de un incremento de fracturas en las

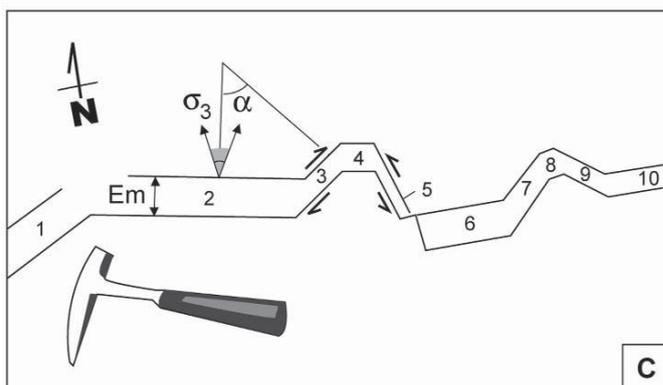
proximidades de los diques y la presencia de diques con geometrías segmentadas, sugieren que el emplazamiento de los magmas aprovecha una red de fracturas previa, la notable diferencia entre los patrones direccionales de los diques y la red de fracturas (con un máximo de orientación E-O en el caso de los diques ausente para las frac-



Fig. 4.- Dirección de extensión de diques de lamprófido del plutón de Panticosa a partir de geometrías segmentadas. A) Aspecto de campo de diques alcalinos de geometría segmentada. B) Datos de orientación y espesor de los segmentos. C) Variaciones de espesor y del ángulo α entre la dirección de los segmentos y la dirección de extensión local.

nº segmento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anchura (cm)	12	14	7	9.4	4	10.5	7.5	9.2	5.2	8.4
Acimut	075	115	070	116	175	103	063	090	145	107

Fig. 4.- Extension direction of lamprophyre dykes from the Panticosa Pluton, based on segmented geometries. A) Field view of an alkaline dyke with a segmented geometry. B) Strike and thickness data from the dyke. C) Sketch showing variations of thickness and the α angle between the dyke azimuth and the direction of local extension.



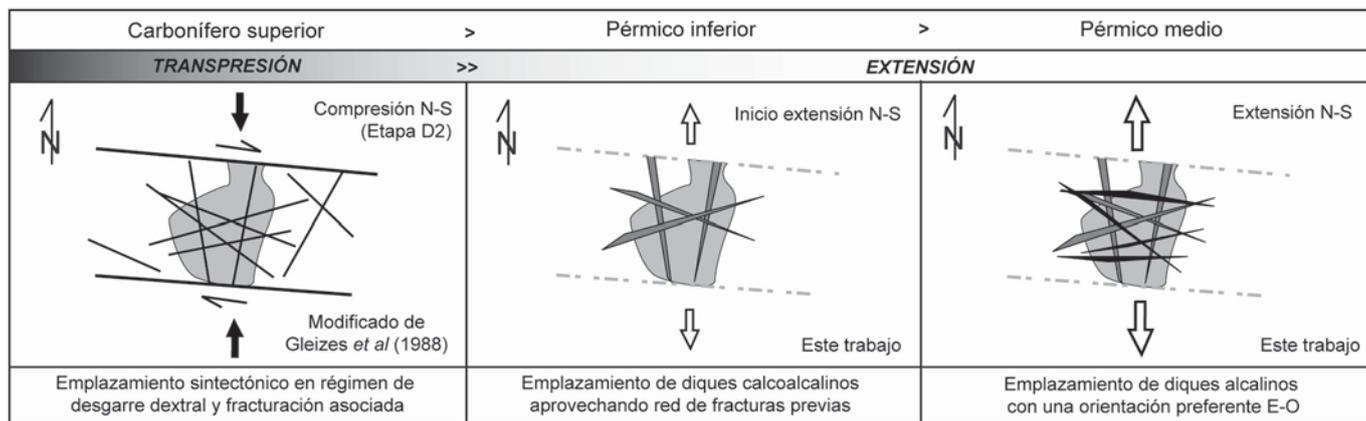


Fig. 5.- Modelo conceptual (en planta) del emplazamiento de los diques de lamprófidio del Plutón de Panticosa en relación al escenario dinámico en el intervalo Carbonífero superior - Pérmico inferior. Explicación en el texto.

Fig. 5.- Conceptual model of the lamprophyre dyke emplacement in the Panticosa Pluton in relation with the dynamic scenario of the late Carboniferous - middle Permian interval. See text for details.

turas), sugiere que buena parte de los diques de orientación E-O rellenan fracturas nuevas, perpendiculares a la dirección de extensión regional N-S.

A partir de estos datos el modelo de emplazamiento sucesivo de los magmas calcoalcalino y alcalino podría resumirse en tres etapas (Fig. 5):

- 1) fracturación asociada al régimen transpresivo, de edad Carbonífero superior, responsable del emplazamiento del plutón granítico de Panticosa (Gleizes *et al.*, 1998),
- 2) emplazamiento de magma calcoalcalino (espartitas), de edad Pérmico inferior, asociado al inicio de la extensión N-S y
- 3) emplazamiento de magma alcalino (camptonitas), de edad Pérmico medio, asociada a la misma dirección de extensión, generalizada, N-S.

La evolución de un régimen transpresivo a otro netamente extensional, tiene su reflejo en los patrones direccionales de fracturas y diques. De este modo el patrón de fracturas ligado al régimen de desgarre dextral tardi-Carbonífero contrasta con el de los diques en la última etapa de emplazamiento. Este último se caracteriza por el predominio de la orientación E-O, compatible con la dirección de extensión regional. La causa del predominio de fracturas de orientación N-S respecto a los diques (con un máximo de orientación E-O) podría relacionarse con la deformación frágil asociada a las distintas etapas de deformación alpina.

La propuesta de emplazamiento para los diques de lamprófidio del Plutón de Panticosa difiere del modelo que lo asocia a una dirección de extensión regional N060°E, en el marco del régimen transpresivo dextro compatible con el emplazamiento sintectónico del plutón (Santana *et al.*, 2006).

Agradecimientos

Los autores agradecen a Carlos Villaseca y Ramón Casillas Ruiz por sus comentarios que han contribuido a la mejora del manuscrito. El trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el proyecto CGL-2008-06098. Los contenidos del trabajo están incluidos en los objetivos del grupo de investigación GEOTRANSFER subvencionado por la DGA.

Referencias

Baer, G. y Beyth, M. (1990). En: Parker, A.J., Rickwood, P.C. & Tucker, D.H. (Eds.). *Mafic Dykes and Emplacement Mechanisms*. Balkema, Rotterdam, 3-11.

Bixel, F. (1984). *Le volcanisme stéphano-permien des Pyrénées*. Thèse de Doctorat d'Etat. Univ. Paul Sabatier, Toulouse III, 636 p.

Bixel, F. (1988). *Bulletin des Centre de Recherches Exploration-Production. Elf-Aquitaine*, 12, 661-706.

Debon, F. (1972). *Massifs granitiques de Cauterets et Panticosa (Pyrénées occidentales)*. Notice explicative pour la carte géologique au 1/50.000 BRGM-SGN, 37 p.

Debon, F. (1975). *Les massifs granitoïdes à structure concentrique du Cauterets-Panticosa (Pyrénées occidentales) et leurs enclaves: une étude pétrographique et géochimie*. Tesis Doctoral, Univ. Nancy, 33, 420 p.

Debon, F. (1980). *Geologische Rundschau*, 69, 107-130.

Debon, F. y Zimmermann, J.L. (1993). *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen Bulletin*, 73, 421-433.

Delaney, P.T., Pollard, D.D., Ziony, J. y Mckee, E.H. (1986). *Journal of Geophysical Research*, 91, 4920-4938.

Galé, C. (2005). *Evolución geoquímica petrogenética y de condiciones geodinámicas de los magmatismos pérmicos de los sectores central y occidental del Pirineo*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 457 p.

Gleizes, G., Leblanc, D., Santana, V., Olivier, P. y Bouchez, J.L. (1998). *Journal of Structural Geology*, 20, 1229-1245.

Innocent, C. (1989). *Géochimie isotopique Sr-Nd et géochronologie Rb-Sr et U-Pb du volcanisme stéphano-permien du basin arago-béarnais. Implications géodynamiques*. D.E.A., Univ. Montpellier-II, 92 p.

Majoer, F.J.M. (1988). *A geochronological study of the axial zone of the central Pyrenees, with emphasis on variscan events and alpine re-setting*. Verhand. 6, Lab. Isotopen-Geologie, Amsterdam, 117 pp.

Michard-Vitrac, A., Albaredé, F., Dupuis, C. y Taylor, H.P. Jr. (1980). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 72, 57-72.

Santana, V., Vegas, N., Pinotti, L. y Tubía, J.M. (2006). *Geogaceta*, 39, 19-22.

Zwart, H. J. (1979). *Leidse Geologische Mededelingen*, 50, 1-74.