

Caracterización mineralógica y química de la granodiorita de Los Pedroches en la zona de cizalla dúctil de Conquista

Mineralogical and chemical features of the Los Pedroches granodiorite in the ductile shear zone of Conquista

F.J. Larrea(*), M. Carracedo(*), J. M. Tubía(**), A. Aranguren(**) y J. Cuevas(**)

(*) Dpto. Mineralogía y Petrología. (**) Dpto. de Geodinámica. Fac. Ciencias. EHU-UPV. P.O.Box 644. 48080-Bilbao (Basque Country, Spain) * E-mail: npplabif@lg.ehu.es

ABSTRACT

The northern edge of Los Pedroches granodioritic pluton is deformed by the Conquista fault, a right ductile shear zone with a normal component. Consequently, the rocks of this sector show gradual texture-structural modifications, without any differences in their modal mineralogy. Chemically, the minimal variations observed, instead of the deformation are a cause of the differentiation by fractional crystallization, of plagioclase, biotite, amphibole, apatite and ilmenite. The high-temperature deformational processes - near to the magmatic solidus - observed in the Los Pedroches granodiorite, have not related any significant chemical alteration.

Key words: chemical variation, high-temperature deformation, Los Pedroches granodioritic pluton.

Geogaceta, 30 (2001), 71-74
ISSN:0213683X

Introducción

Diversos trabajos sugieren que los elementos mayores y bastantes trazas pueden ser removilizados en las rocas durante la deformación (cf. Sinha *et al.*, 1986; Bialek, 1999). Sin embargo, los cambios químicos que potencialmente pueden producirse en rocas plutónicas deformadas no son bien conocidos. La mayor parte de las investigaciones que tratan la relación entre deformación y movilidad de elementos en granitoides, se desarrollan sobre rocas deformadas en condiciones frías. En cambio, las situaciones en las que la deformación se desarrolla en el tránsito de condiciones magmáticas a sólidas (flujo submagmático; Paterson *et al.*, 1989), apenas son tratadas.

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio químico y mineralógico efectuado sobre granodioritas afectadas por la zona de cizalla dúctil de Conquista, en el plutón granodiorítico de Los Pedroches (Córdoba), planteado para investigar los posibles cambios composicionales asociados con la deformación de granitoides a alta temperatura. Para ello, se han realizado análisis químicos, tanto de roca total (FRX e ICP) como de minerales (microsonda electrónica), en 6

muestras recogidas en una transversal perpendicular a la zona de cizalla, próxima a la localidad de Conquista. En este sector, la deformación, es máxima en el contacto septentrional del plutón, atenuándose paulatinamente hacia el interior del mismo (figura 1).

Marco geológico

El batolito de Los Pedroches, situado en el sur de la Zona Centro Ibérica, está formado por un plutón granodiorítico (granodioritas biotíticas ± anfíbol) y varios macizos graníticos (monzogranitos biotíticos porfídicos ± cordierita), ligeramente más tardíos (cf. Carracedo, 1991; Donaire, 1995; Larrea, 1998). El plutón granodiorítico intruye (edad Rb-Sr, roca total, 307 ± 2 Ma; Cueto *et al.*, 1991) sobre metasedimentos detríticos epizonales de edad Proterozoico terminal a Carbonífero inferior, con posterioridad a la fase principal de deformación hercínica (Namuriense).

La zona de cizalla de Conquista se extiende a lo largo de 50 km por el borde norte del plutón granodiorítico, con una anchura máxima de 3 km (figura 1). Su dirección es paralela al eje longitudinal del batolito y a las estructuras hercínicas

regionales, y tiene un buzamiento medio de 50° N. Los criterios cinemáticos indican un régimen de funcionamiento dextro con componente normal, que provoca el hundimiento del bloque septentrional - encajante de edad Viseense - en relación a las granodioritas situadas inmediatamente al sur (Aranguren *et al.*, 1997 b). La falla está interrumpida por la intrusión de los plutones graníticos de El Guijo, Cerro Mogabar y Cardeña-Virgen de la Cabeza (figura 1).

Características de las granodioritas en el sector de Conquista

Estructura y petrografía

Fuera de la banda de cizalla, las granodioritas son rocas de estructura masiva, de visu aparentemente isotropas, pero que presentan una fábrica magmática planar, definida por la orientación de plagioclasa y biotita, puesta de manifiesto esencialmente por medidas de la Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética (A.S.M.). Mediante A.S.M. se ha confirmado el predominio de foliaciones N120-130E, paralelas al eje del plutón, subhorizontales, con lineaciones E-O (Aranguren *et al.*, 1997 b) (figura 1).

Su textura es hipidiomórfica inequigranular, de grano fino-medio, y está compues-

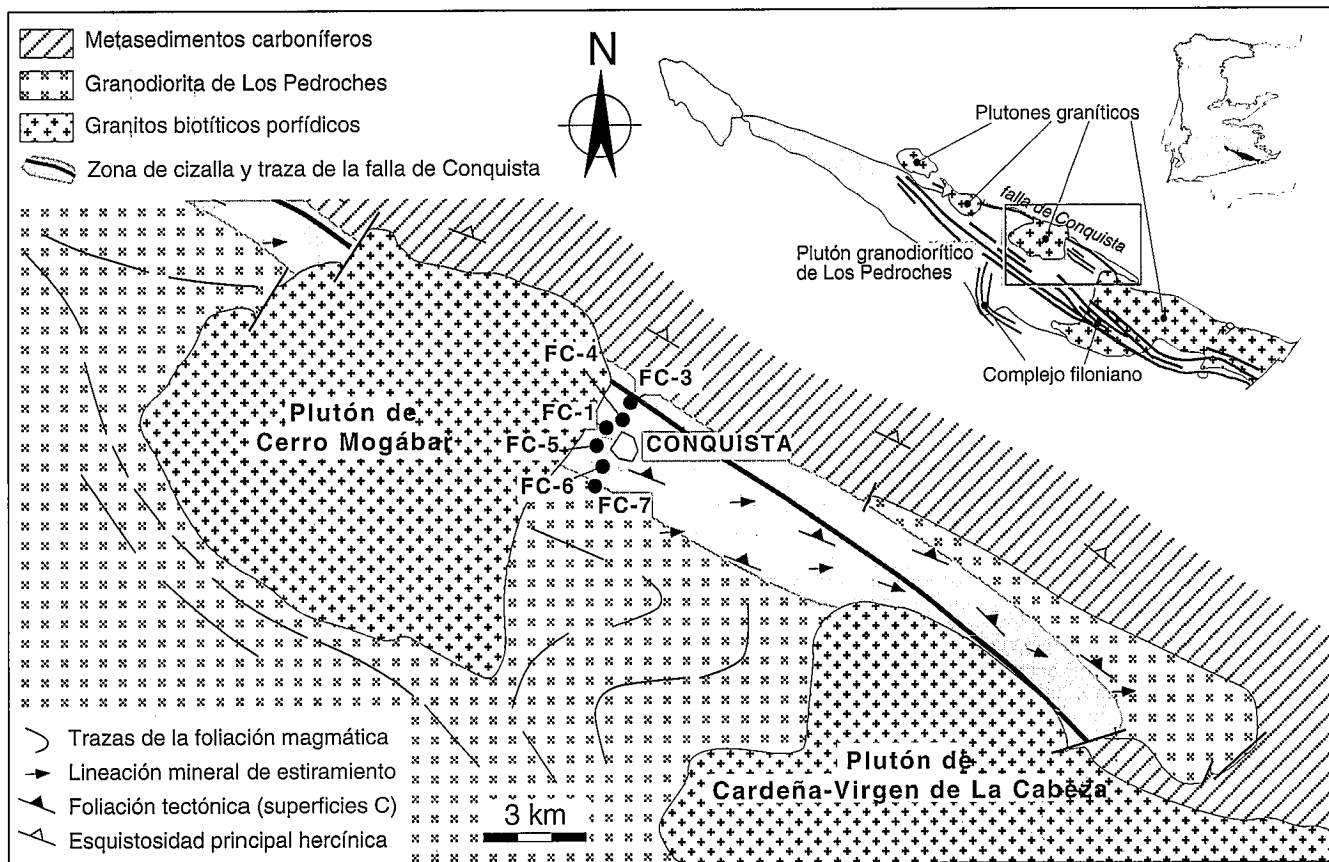


Fig. 1.- Esquema geológico del sector estudiado y situación de las muestras estudiadas.

Fig. 1.- Geological sketch map and the studied samples situation

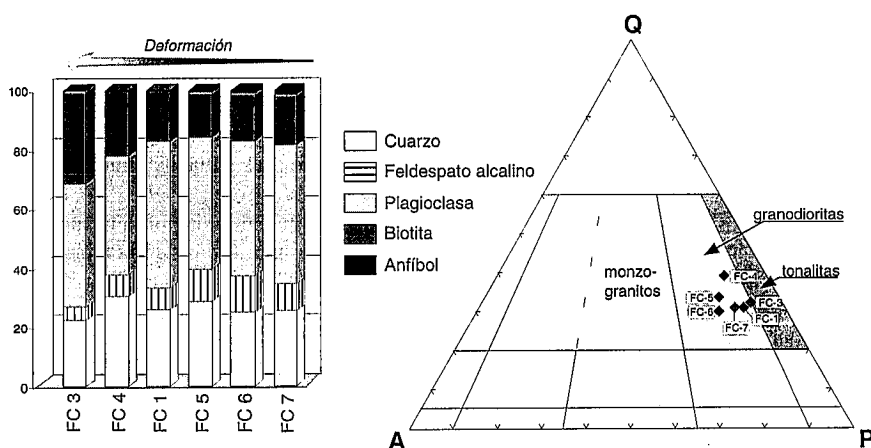


Fig. 2.- Análisis modales de las muestras estudiadas y clasificación QAP.

Fig. 2.- Modal analysis of the studied samples and QAP classification.

ta por plagioclasa -en ocasiones alcanza hasta 1 cm de longitud e infiere cierto aspecto porfídico a la roca- cuarzo, biotita y feldespato potásico. Anfíbol, apatito, circon, esfena, allanita, magnetita e ilmenita son minerales accesorios.

A 3 km de distancia del borde septentrional del plutón, la granodiorita presenta ya una incipiente foliación tectónica, de dirección N100-120E y buzamiento

variable entre 40° y 65° N, definida por la orientación de plagioclasa y biotita, y el estiramiento del cuarzo, sin reducción del tamaño de grano. La anisotropía de la fábrica deformacional se hace progresivamente más patente hacia el contacto con la roca de caja. En las inmediaciones del encajante, en una franja de unos 400 m de anchura, son comunes las bandas de cizalla con fábricas C-S. Los planos C, coin-

cidentes con la dirección de la falla, presentan una lineación mineral de estiramiento que se hunde 35° hacia el E-NE, definida por la orientación de agregados de cuarzo y biotita. Los cuarzoes tirados están frecuentemente poligonizados y sin síntomas de deformación interna, pero en ocasiones preservan microestructuras en damero, definidas por subgranos con formas cuadráticas con límites en ángulo recto, que apuntan a que la deformación de este mineral comienza próxima al sólido. Diversos criterios microestructurales (plagioclasas con fracturas intracristalinas ocupadas por cuarzo ± feldespato potásico ± biotita ± albita, micas kinkeadas, plagioclasas con maclas arqueadas y abundantes mirmequitas) sugieren que la deformación se inicia en condiciones submagmáticas y se mantiene en estado sólido a alta y media temperatura (Passchier y Trouw, 1996).

Los análisis modales no ofrecen diferencias significativas entre las granodioritas estudiadas (figura 2). La muestra más próxima al borde del plutón, FC3, es la más biotítica y la que menos cuarzo y feldespato alcalino contiene. En el resto, resulta difícil concretar tendencia de variación modal alguna, aunque el porcen-

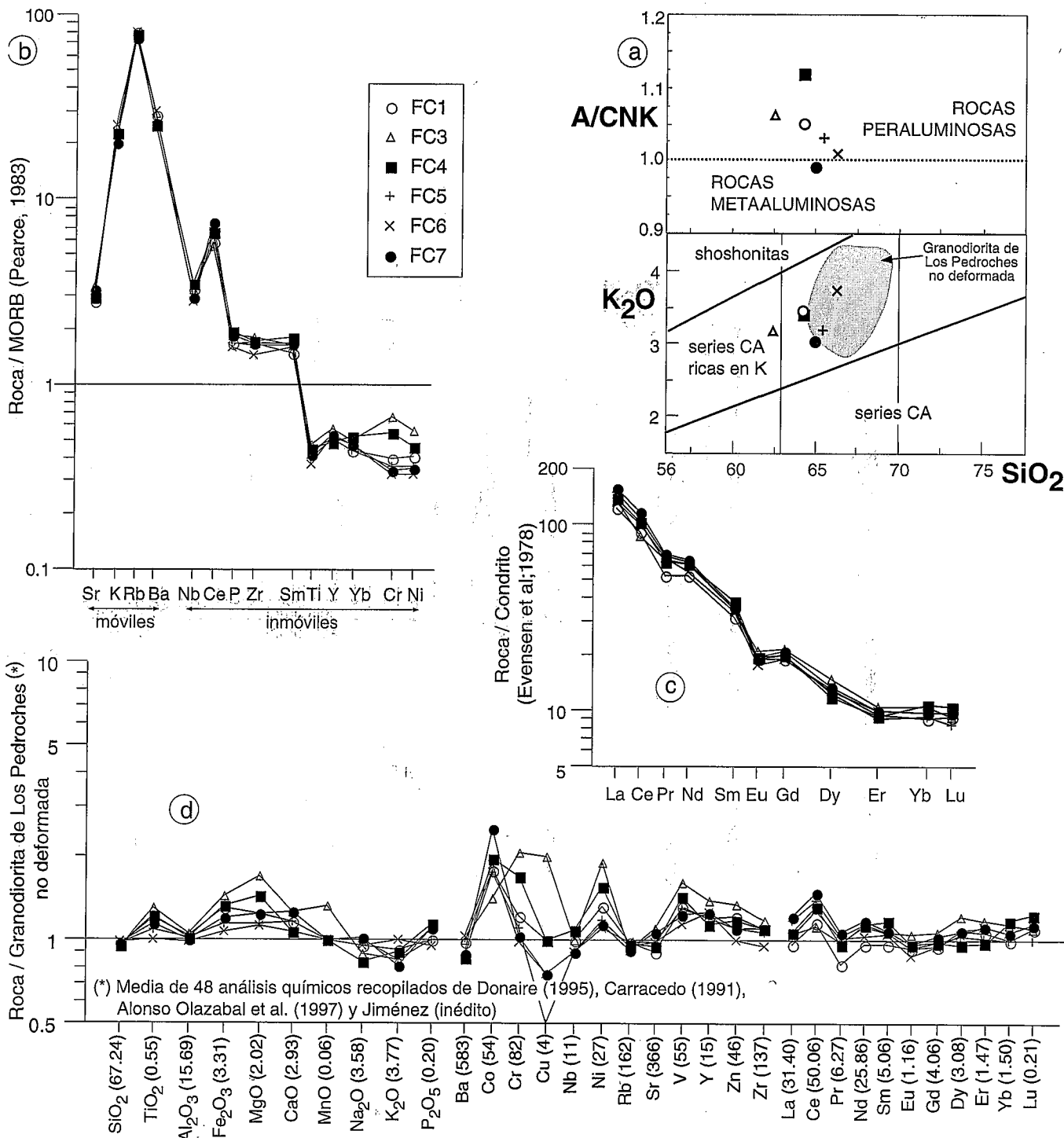


Fig. 3.- Diagramas de variación (a) y diagramas multielementales (b, c y d) con los datos químicos de las rocas estudiadas.

Fig. 3.- Variation diagrams (a) and multielemental plots (b, c y d) with the chemical dates of the studied samples.

taje en ferromagnesianos aumenta ligeramente hacia el borde del macizo.

Mineralogía

Los análisis realizados a los feldespatos y minerales ferromagnesianos ponen de manifiesto que prácticamente no hay variaciones químicas en la mineralogía de la transversal estudiada. Las plagioclasas tienen composiciones variables en-

tre An50 y An24, con zonados tanto discontinuos como oscilatorios, con núcleos An49-45 y bordes An27-23. Las biotitas presentan relaciones de XFe comprendidas entre 0.42 y 0.45 y contenidos de AlIV variables entre 1.115 y 1.256. Igualmente homogéneas son las composiciones del anfíbol (horblenda actinolítica - actinolita) y del feldespato potásico (microclina a microclina perfitica).

Geoquímica

Las granodioritas son rocas intermedias a ácidas (SiO₂ = 62.5-66.3%), ligeramente metaaluminosas a moderadamente peraluminosas (A/CNK = 0.99-1.06) si exceptuamos la muestra FC-4 que tiene un ISA de 1.12. Tienen contenidos medios en CaO de 3.4%, concentraciones moderadamente elevadas en ferromagnesianos ($\bar{x}_{(Fe+Mg+Ti)}=125$) y una relación

media de $MgO/(MgO+FeO)$ de 0,42. Presentan discreto tenor en álcalis ($\bar{x}_{Na_2O+K_2O} = 6,7\%$), y un valor medio de la razón $K_2O/(Na_2O+K_2O)$ de 0,5 (figura 3 a). En lo que a elementos traza se refiere, y en comparación con el MORB (Pearce, 1983), exhiben concentraciones elevadas en elementos de alto radio iónico, similares en los de elevada carga, y más bajas en metales de transición (figura 3 b). Las concentraciones en tierras raras (TR) son hasta 55-60 veces superiores a las del condrito (Evensen *et al.*, 1978), con perfiles notablemente fraccionados ($[La/Lu]_n \leq 18,4$) y leve anomalía negativa en Eu ($[Eu/Eu^*] = 0,66-0,75$) (figura 3 c).

En el diagrama químico multielemental de la figura 3 d, se comparan las muestras estudiadas con respecto a la composición media de la granodiorita de Los Pedroches en sectores no deformados. Aunque no se detecten notables diferencias químicas, TiO_2 , FeO , MgO y CaO y los elementos traza de transición son los que traslucen una gama de variación algo más amplia. Las pautas de variación en diagramas de tipo Harker se caracterizan por que los elementos mayores, a excepción de los álcalis, cuya concentración aumenta, definen un generalizado y paulatino empobrecimiento con el incremento en sílice. A nivel de trazas, es destacable el comportamiento compatible de los elementos de transición y de Cr, Nb y Zr, junto con las TR intermedias y pesadas, e incompatible del Ba, Rb y TR ligeras.

Discusión: origen de las variaciones químicas

Los datos expuestos confirman la coincidencia de variaciones texturo-estructurales y químicas en las granodioritas afectadas por la falla de Conquista. Las variaciones químicas detectadas pueden ser magmáticas o bien surgir en relación con procesos secundarios sobreimpuestos, como la deformación, o la circulación de soluciones hidrotermales y/o supergénicas favorecidas por la deformación. Estos procesos pueden modificar las composiciones primarias por alteración, reemplazamiento metasomático, lixiviación, precipitación, etc. El análisis de las

composiciones mineralógicas y químicas de las rocas estudiadas en relación con el grado de deformación que presentan, así como la comparación de la geoquímica encontrada en la banda de cizalla con la de otros sectores no deformados del plutón, integrados por litotipos similares, puede ayudar a resolver este problema.

La composición de los minerales se mantiene prácticamente constante a lo largo de la banda de cizalla y es idéntica a la encontrada en rocas similares no deformadas (cf. Carracedo, 1991; Donaire, 1995); su relativa uniformidad refleja la escasa variación composicional en las rocas estudiadas. Los análisis de roca total reflejan una mayor variabilidad en los contenidos de elementos geoquímicamente inmóviles (figura 3 b), aspecto que, en vez de con la deformación / removilización hidrotermal / intemperismo, debe estar relacionado con la evolución magmática. Además, los datos obtenidos son similares a los encontrados en zonas no deformadas, en las cuales, los cambios químicos han sido relacionados con procesos de diferenciación magmática controlados por cristalización fraccionada (cf. Carracedo, 1991; Donaire, 1995). Diversos modelos han puesto de manifiesto la importancia de la cristalización fraccionada en este sector. En uno de los ensayos, considerando la composición de la muestra más deformada y de menor contenido en SiO_2 (FC3) como la del fundido parental, fraccionando plagioclasa (7,29 %), biotita (4,73 %) y anfíbol (5,42 %) representativos de dicha muestra, junto con cantidades accesorias de apatito e ilmenita de composición standard, se obtiene un fundido derivado cuya composición se corresponde con la de la muestra más ácida y menos deformada (FC6).

Conclusiones

En la zona de cizalla de Conquista, el borde septentrional del plutón granodiorítico de Los Pedroches muestra una deformación generada en la transición desde el estado submagmático al sólido a elevada temperatura. Coincidiendo con las modificaciones estructurales, se constatan ciertas fluctuaciones en las características químicas de las rocas, pero cualquier intento para

correlacionar estas variaciones con la deformación resulta estéril. Los procesos de deformación que se desarrollan en condiciones próximas a las del sólido magmático en la granodiorita de Los Pedroches evidencian un carácter nétamente isoquímico. Las pautas de evolución composicional de las rocas estudiadas son características de procesos de diferenciación controlados por la fraccionación de plagioclasa, biotita y anfíbol, junto con minerales accesorios.

Agradecimientos

P. I.: UPV130310-EB 207-96 y MEC130310-0612/97.

Referencias

- Alonso Olazabal, A.; Carracedo, M.; Larrea, F. J.; Aranguren, A. (1997): *Geogaceta*, 22: 11-14.
- Aranguren, A.; Cuevas, J.; Tubía, J. M.; Carracedo, M. y Larrea, F. J. (1997 a): *C. R. Acad. Sci. Paris, Sci. de la Terre et des Planètes*, 325: 601-606.
- Aranguren, A.; Larrea, F. J.; Carracedo, M.; Cuevas, J. y Tubía, J. M. (1997 b): *J. L. Bouchez et al. (Eds.). Kluwer Academic Publishers (Netherlands)*: 215-229.
- Bialek, D. (1999): *Tectonophysics*, 303: 251-261.
- Carracedo, M. (1991): Tesis Doctoral, Univ. País Vasco: 1-443 + anexos (inédita).
- Cueto, L. A.; Fernández, F. J.; Larrea, F. J.; Lasala, M. J.; Quesada, C. y Reyes, J. (1991): *IV Congreso de Geoquímica de España (Soria)*, I: 359-360.
- Donaire, T. (1995): Tesis Doctoral, Univ. Huelva: 1-232 (inédita).
- Evensen, M. M.; Hamilton, P. J. y O'Nions, R. K. (1978): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42: 1199-1212.
- Larrea, F. J. (1998): Tesis Doctoral, Univ. País Vasco: 1-459 + anexos (inédita).
- Passchier, C. W. y Trouw, R. A. J. (1996): *Springer Verlag. Berlin-Heidelberg, Germany*: 1-289.
- Paterson, S. R.; Vernon, R. H. y Tobisch, O. T. (1989): *Journal of Structural Geology*, 11(3): 349-363.
- Pearce, J. A. (1983): In: C. J. Hawkesworth y M. J. Norry (eds.): 230-249.
- Sinha, A. K.; Hewitt, D. A. y Rmstidt, J. D. (1986): *Geology*, 14: 883-886.