

Aportaciones a la geoquímica de rocas básicas cámbricas de la Antiforma de Monesterio (zona de Ossa-Morena)

Contributions to the geochemistry of basic cambrian rocks of the Monesterio Antiform (Ossa-Morena Zone)

M. Etxebarria⁽¹⁾ A. Apraiz⁽¹⁾ M. Carracedo⁽²⁾

⁽¹⁾ Dpto. de Geodinámica. Fac de Ciencias. Apdo 644, 48080 BILBAO

^(*) E-mail: npbetakm@lg.ehu.es

⁽²⁾ Dpto. de Mineralogía y Petrología. Fac de Ciencias. Apdo 644, 48080 BILBAO

ABSTRACT

Basic volcanic and subvolcanic rocks have been geochemically studied to provide new evidence for the location of the axis of the Cambrian rift of the Ossa-Morena Zone. The results of the analysis of various subvolcanic gabbros point to the location proposed by Giese and Bühn (1993), who studied lava-flows of a traverse of the Ossa-Morena Zone. This study has shown that gabbros of the northern limb of the Monesterio Antiform show an alkaline character, whereas those of the southern limb are clearly more subalkaline, showing MORB or volcanic-arc characteristics. Basic volcanics of the northern limb and some of the southern limb plot on within-plate environments, whereas those on the southernmost studied sector show a plate-margin emplacement environment. Finally, lava-flows and gabbros from the northern limb show an alkaline-transitional within-plate basalt character, those of the Jerez de los Caballeros sector indicate an alkaline or tholeiitic within-plate and MORB nature and those of the Lora del Río area show a MORB or volcanic-arc nature.

Key words: basic volcanics, within-plate, OMZ, geochemistry

Geogaceta, 34 (2003), 99-102

ISSN:0213683X

Introducción

En la Zona de Ossa-Morena (ZOM) se inicia el ciclo Hercínico en el Cámbrico Inferior, con la fragmentación del orógeno Cadomienense durante un evento extensional que da lugar al desarrollo de una extensa plataforma marina meridional. Durante los estadios iniciales del proceso de rifting se forman plataformas carbonatadas arrecifales, y sobre ellas se depositan potentes series detríticas, esencialmente pelíticas, hasta el final del Cámbrico. Interstratificadas y/o intruidas en diferentes niveles de las series clásticas afloran potentes formaciones volcánicas e hipobasales, que testimonian el desarrollo de una importante actividad ígnea bimodal de naturaleza alcalina (Giese y Bühn, 1993). Aunque se han detectado hiatos en algunos sectores, especialmente durante el Cámbrico Superior, y el proceso de extensión no es uniforme en toda la cuenca, globalmente, el registro estratigráfico del Paleozoico inferior es continuo desde el Cámbrico hasta el Silúrico (Eguíluz *et al.*, 2000).

A continuación, se revisan las características petrográficas, mineralógicas y químicas de distintas coladas e intrusiones subvolcánicas básicas de edad Cámbrico que afloran en ambos flancos de la Antiforma de Monesterio (Mata y Muhná, 1986; Sagredo y Peinado, 1992; Giese y Buhn, 1993), aproximadamente

en el mismo nivel estratigráfico (Fig.1). Las muestras correspondientes al flanco septentrional han sido recogidas en la Unidad de Alconera, entre las localidades de Zafra y Nogales (Badajoz): las lavas se encuentran interestratificadas en la Formación Vulcanosedimentaria Capas de Playón, de edad Cámbrico Medio (Liñán y Perejón, 1981), los gabros intruyen en las Serie Carbonatada Intermedia, de edad Cámbrico Inferior (Liñán y Sdzuy, 1978; Liñán, 1984). Las situadas en el flanco meridional han sido muestreadas en dos zonas diferentes: en la zona de Jerez de Los Caballeros (Badajoz) y en las proximidades de Lora del Río (Sevilla). En la zona de Jerez de Los Caballeros, los niveles lávicos estudiados están emplazados en la Formación Detrítica de Jerez, de edad Cámbrico Medio - Superior (Collant A. Fernández, 1977), mientras que los gabros, al igual que los de Lora del Río, intruyen también en la Serie Carbonatada Intemedia. Por otra parte, las anfibolitas afloran en el interior de la estructura extensional de Lora del Río, intercalados con materiales de probable edad Cámbrico Inferior-Medio (Apraiz, 1998).

Con este trabajo, se pretende complementar los estudios realizados anteriormente sobre el magmatismo asociado al rift Cámbrico de la ZOM, bien en regiones diferentes, con objeti-



Fig. 1.- Esquema cartográfico simplificado de la Zona de Ossa-Morena, en el que se marca en gris el territorio comprendido en la Antiforma de Monesterio. Los recuadros indican la ubicación de los sectores en los que se han recogido las muestras. A: Zona de Zafra-Nogales situada en el flanco norte de la Antiforma de Monesterio. B: Sector de Jerez de los Caballeros situado en el flanco sur de la Antiforma de Monesterio. C: Sector de Lora del Río situado en el flanco sur de la Antiforma de Monesterio.

Fig. 1.-Simplified cartographic scheme of the Ossa-Morena Zone. The shadowed area indicates the extension of the Monesterio Antiform. The squares indicates the location areas, from which the samples were taken. A: The Zafra-Nogales sector situated in the northern limb of the Monesterio Antiform. B: The Jerez de los Caballeros sector situated in the southern limb of the Monesterio Antiform. C: The Lora del Río sector situated in the southern limb of the Monesterio Antiform.

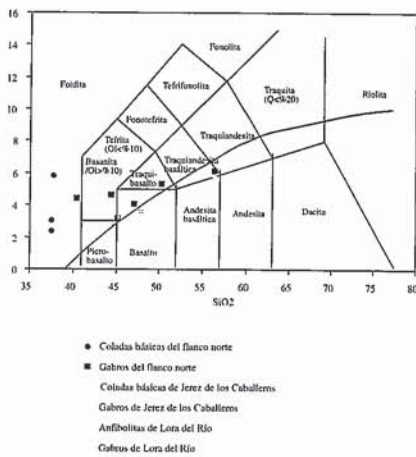


Fig. 2.- Diagrama TAS de Le Maitre *et al.* (1989) para la clasificación de rocas volcánicas. La línea de alcalinidad corresponde a la de Irvine y Baragar (1971).

Fig. 2.- TAS diagram for classification of volcanic rocks, after Le Maitre *et al.* (1989). The alkalinity-line is that of Irvine and Baragar (1971).

vos distintos o sobre otro tipo de materiales (Bard, 1969; Mata y Munha, 1985; Ribeiro *et al.*, 1992 a y b; Sagredo y Peinado, 1993; Giese y Bühn, 1993; Ribeiro *et al.*, 1997; Sánchez García, 2001).

Petrografía

Las muestras estudiadas son basaltos y gabros cuyas características petrográficas varían sensiblemente de unos sectores a otros.

Las coladas basálticas del flanco norte carecen, prácticamente, de minerales ferromagnesianos. Presentan textura diabásica o intersertal, con plagioclasas entrecruzadas y minerales secundarios intersticiales, entre los cuales se encuentran carbonatos, clorita, opacos e incluso cuarzo, y algún pequeño clinopiroxeno relicto. Ocasionalmente, los cristales de plagioclasa son algo mayores que el resto, y la roca adquiere un carácter porfídico, con matriz intersertal. Estas rocas están totalmente espilitizadas, mostrando un grado de metamorfismo bajo – muy bajo.

Las coladas básicas del flanco sur, por el contrario, son de dos tipos, unos presentan abundante anfíbol y otros, como ocurría con las coladas básicas del flanco norte, carecen de ferromagnesianos. Todas ellas presentan una textura porfídica y una matriz que varía entre microlítica y diabásica, pero en todos los casos la mesostasis está formada por minerales secundarios. Los fenocristales son de plagioclasa y minerales ferromagnesianos transformados a anfíboles fibrosos. Los minerales secundarios son carbonato, clorita, esfena, minerales opacos y cuarzo. Estas rocas presentan un metamorfismo de grado bajo (facies de esquistos verdes), ligeramente superior al de las coladas del flanco norte.

Los gabros del flanco norte, que afloran en pequeñas intrusiones subvolcánicas redondeadas, tienen un tamaño de grano variable entre fino y medio y texturas diabásicas – intersertales. Están compuestos por plagioclasa cálcica, clinopiroxeno, anfíbol, opacos y apatito, como minerales primarios, y anfíbol, clorita, biotita, moscovita, opacos, sericita y carbonato, como secundarios. Estas rocas están fuertemente alteradas, pero no presentan evidencias de metamorfismo.

Los gabros del flanco sur, intrusivos igual que los del flanco norte en la Formación Carbonatada Intermedia (Cámbrico Inferior), afloran en cuerpos más extensos y alargados, frecuentemente asociados con cuerpos planares de albitas, y tienen también un tamaño de grano comprendido entre fino y medio, y su textura varía entre diabásica, subofítica y ofítica. La mineralogía primaria se compone de plagioclasa, anfíbol ± clinopiroxeno y minerales opacos. Hay, por tanto, dos variedades, una con clinopiroxeno y anfíbol, y la otra con anfíbol sólo. Los minerales secundarios son anfíbol, epidota, clinozoisita, sericita y esfena.

Por último, las anfíbolitas de Lora del Río forman bandas de tamaño y grosor variable. Las más extensas son continuas a lo largo de varios kilómetros y muestran un espesor de varias decenas de metros. Presentan texturas que varían entre nematoblásticas y granonematoblásticas y, ocasionalmente, es posible apreciar un descenso del tamaño de grano en los bordes de los cuerpos anfibólicos. Están compuestas por anfíbol, plagioclasa, cuarzo e ilmenita, apareciendo en menor proporción biotita, esfena y clorita. El clinopiroxeno sólo aparece en los niveles de mayor metamorfismo de las zonas más profundas del núcleo metamórfico de Lora del Río (Apraiz *et al.*, 1993).

Características geoquímicas

Clasificación química

En el diagrama TAS (SiO₂ frente Na₂O + K₂O) (Fig.2) estas rocas se reparten principalmente por los campos de los basaltos, traquibasaltos, basanitas-tefitas y picrobasaltos. Sin embargo, dado que la mayor parte de las rocas están alteradas y/o metamorfizadas, y muestran unas pérdidas por calcinación elevadas, situadas entorno al 3% en peso, se ha optado por clasificarlas también en función del diagrama Zr/Ti frente a Nb/Y de Floyd y Winchester (1978).

Este diagrama corrobora el carácter esencialmente basáltico de las muestras estudiadas, poniendo además de manifiesto la existencia de composiciones alcalinas y subalcalinas (Fig.3). En él se observa que la mayoría de las muestras del flanco norte de la Antiforma de Monesterio, tanto las efusivas como las intrusivas, se proyectan dentro del campo de los basaltos alcalinos. En el flanco sur, las lavas

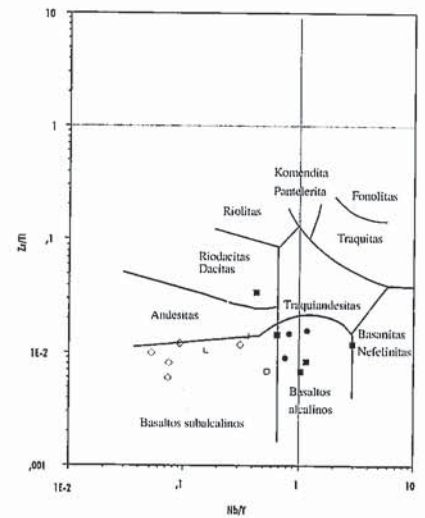


Fig. 3.- Diagrama de Winchester y Floyd (1978) para la clasificación de rocas volcánicas.

Fig. 3.- The Zr/Ti v. Nb/Y classification diagram after Winchester and Floyd (1978).

del sector de Jerez de Los Caballeros se reparten entre los campos alcalino y subalcalino. Los gabros de las zonas de Lora del Río y de Jerez de los Caballeros se proyectan en el campo de los basaltos subalcalinos, aunque los segundos en posiciones más próximas al campo alcalino. Por último, las anfíbolitas de Lora del Río, también se proyectan dentro del campo de los basaltos subalcalinos, pero muestran una relación Zr/Ti menor que los gabros de la misma zona.

Diagramas de tierras raras

Los espectros de tierras raras (REE) de las coladas son más uniformes que los de las intrusiones, y se caracterizan, en general, por ser más ricos en REE ligeras (LREE) que en pesadas (HREE), con una fraccionación prácticamente continua (Fig. 4). Las lavas del flanco norte son, en general, más ricas en REE que el resto y no presentan anomalía negativa en Eu. En las lavas del flanco sur se observan dos tipos de espectros: unos muy similares a los del flanco norte, tanto en los contenidos en REE como en la ausencia de anomalía negativa en Eu, y otros más pobres en REE que muestran además una notable anomalía negativa en Eu. Los espectros más enriquecidos, sin anomalía en Eu, de las muestras de ambos flancos, pertenecen a basaltos alcalinos. Este enriquecimiento es coherente con su afinidad alcalina. La anomalía negativa en Eu podría estar relacionada con la fraccionación de plagioclasa.

Los gabros muestran un amplio rango de variación en los contenidos de REE y la forma de los espectros es también muy variable. Salvo una de las muestras, los gabros alcalinos del flanco norte son los más ricos en REE y presentan espectros enriquecidos en

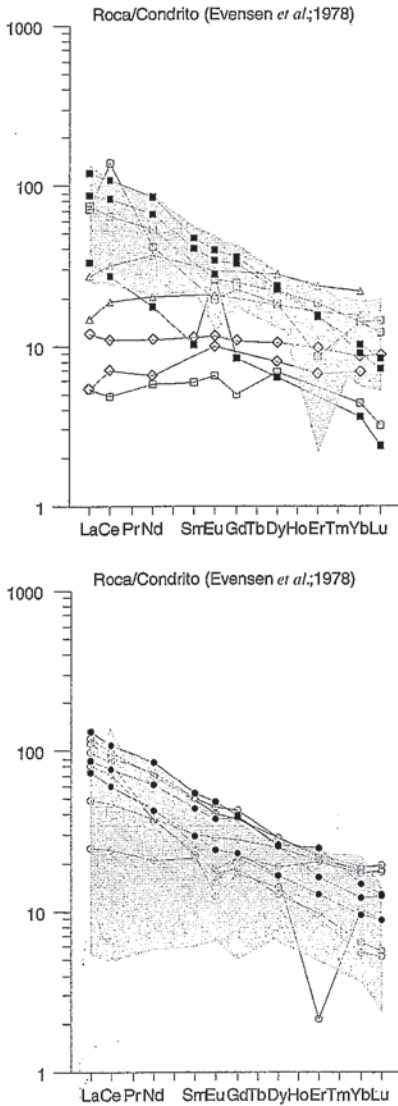


Fig. 4.- Spiderdiagramas normalizados respecto a condritos de Evensen *et al.* (1978). a) Espectros de los gabros y anfíbolitas comparadas con la banda que envuelve los datos de las coladas basálticas. b) Spiderdiagramas de las coladas básicas de lavas. La zona sombreada representa el rango de valores de los gabros y anfíbolitas de los sectores estudiados. Los símbolos coinciden con los de la figura 2.

Fig. 4.- Chondrite-normalized spiderdiagrams of Evensen *et al.* (1978). a) Spidergrams of gabbros and amphibolites of the studied sectors. The shadowed area indicates the range of values of basaltic lava-flows. b) Spiderdiagrams of lava-flows compared with the range of values of the gabbros and amphibolites (shadowed area). Symbols from figure 2.

LREE, con mayor fraccionación en HREE que en LREE, y una incipiente anomalía negativa en Eu; el espectro más pobre de las rocas de este grupo presenta una notable anomalía positiva en Eu, que sugiere la acumulación de plagioclasa. Los gabros y las anfíbolitas subcalinas de Lora del Río tienen unos espectros planos, sin fraccionación entre LREE y HREE. En los gabros de Jerez de los Caballeros se encuentran espectros planos, similares a

los del resto de las rocas subcalinas, y otros enriquecidos en LREE, más parecidos a los de las rocas alcalinas.

Diagramas de discriminación tectonomagmática

En el diagrama de Pearce y Gale (1977), utilizado para discriminar entre basaltos de intraplaca y de márgenes de placa, las muestras efusivas e intrusivas del flanco norte, están situadas principalmente dentro del campo de intraplaca (Fig. 5). Los gabros y coladas de la zona del Jerez de los Caballeros, también se proyectan mayoritariamente dentro del campo de intraplaca, pero más cerca del límite con las composiciones características de márgenes activos. Por el contrario, los gabros y anfíbolitas de Lora del Río se proyectan en el campo de los basaltos de margen de placas (Fig. 5).

En los diagramas tectonomagmáticos de Pearce y Norry (1979) (Fig.6), Pearce (1982) (Fig.7) y de Meschede (1986) (Fig.8) se observa la misma tendencia. Las coladas e intrusiones básicas del flanco norte se proyectan en los campos correspondientes a ambientes de intraplaca, así como la mayoría de las coladas de Jerez de los Caballeros. Los gabros de la misma zona presentan un carácter toleítico. Por último, los gabros y anfíbolitas de Lora del Río, se proyectan en campos más bien subcalinos, de tipo MORB o de arco volcánico.

Los diagramas de Pearce (1982) (Fig.7) y de Meschede (1986) (Fig.8) discriminan entre basaltos toleíticos, transicionales y alcalinos de intraplaca. En ellos, se observa, que las coladas y gabros del flanco norte de la antifirma presentan un carácter transicional. Entre las rocas del flanco sur, un grupo de coladas muestra un carácter alcalino, mientras otro presenta una naturaleza toleítica, igual que los gabros. Los gabros de Lora del Río se proyectan en el campo de N-MORB o de basaltos de arcos de islas. En cuanto a las anfíbolitas de Lora del Río, por último, hay que indicar que se encuadran en el campo de los basaltos de arcos de isla y N-MORB principalmente, aunque muchos de los valores se salgan de los campos establecidos,

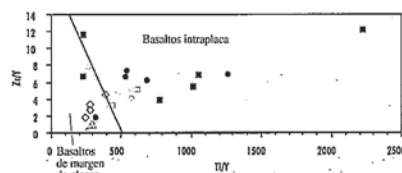


Fig. 5.- Diagrama de Pearce y Gale (1977) para discriminar entre basaltos de margen de placas y de intraplaca. Los símbolos concuerdan con los de figuras anteriores.

Fig. 5.- Discrimination diagram for basalts showing the fields of within-plate basalts and plate margin basalts (after Pearce and Gale, 1977). Symbols are the same as in previous figures.

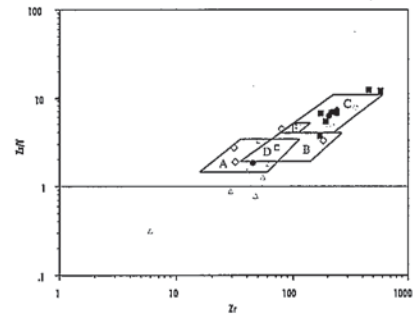


Fig. 6.- Diagrama de Pearce y Norry (1979) de discriminación de ambiente geodinámico. A. Basaltos de isla oceánica; B: Basaltos de tipo N-MORB; C: basaltos intraplaca; D: basaltos de tipo MORB y de isla oceánica; E: basaltos de tipo MORB e intraplaca. Símbolos como en figuras anteriores.

Fig. 6.- Discrimination diagram for basalts after Pearce and Norry (1979). The fields are A, volcanic-arc basalts; B, N-MORB; C, within-plate basalts; D, MORB and volcanic-arc basalts; E, MORB and within-plate basalts. Symbols are the same as in other figures.

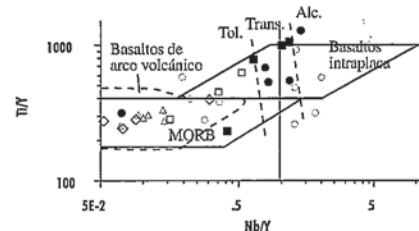


Fig. 7.- Diagrama de Pearce (1982) de discriminación de ambiente tectónico. Los símbolos coinciden con los de figuras anteriores. Los basaltos alcalinos se dividen en: (Tol.) toleíticos, (Trans.) transicionales y (Alc.) alcalinos.

Fig. 7.- Discrimination diagram showing the fields of within-plate basalts, MORB and volcanic-arc basalts (dashed line). The within-plate basalts may be divided into tholeiitic (Tol.), transitional (Trans.) and alkali (Alc.) basalt types (after Pearce, 1982). Symbols are the same as in other figures.

probablemente como consecuencia de procesos asociados al alto grado de metamorfismo que presentan.

Discusión

Las lavas e intrusiones subvolcánicas básicas presentan una notable variación composicional, puesta de manifiesto esencialmente en el descenso del grado de subsaturación en sílice hacia el flanco sur. En el sector de Zafra, flanco norte, tanto las coladas como los gabros son alcalinos-transicionales. En el sector de Jerez de los Caballeros, flanco sur, las coladas son mayoritariamente alcalinas-transicionales, mientras que los gabros son subcalinos. En el sector de Lora del Río, también en el flanco sur, tanto los gabros como las anfíbolitas son subcalinas. En general, los datos aportados en este trabajo ponen de manifiesto

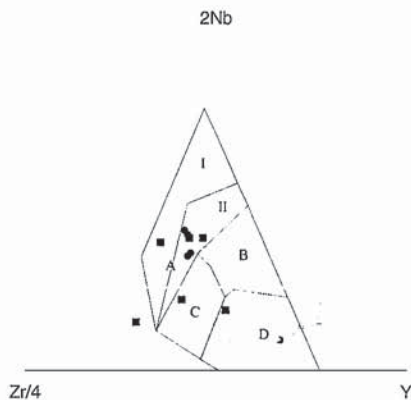


Fig. 8. Diagrama de discriminación de ambiente geodinámico de Meschede (1986). AI: basaltos alcalinos de intraplaca; AII: basaltos alcalinos y toleíticos de intraplaca; B: basaltos de tipo E-MORB; C: toleitas de intraplaca y basaltos de arco de islas; D: MORB de tipo N y basaltos de arco volcánico. Símbolos como en figuras anteriores.

Fig. 8.-Discrimination diagram for basalts (after Meschede, 1986). The fields are defined as follows: AI, within-plate alkali basalts; AII, within-plate alkali basalts and within-plate tholeiites; B, E-type MORB; C, within-plate tholeiites and volcanic-arc basalts; D, N-type MORB and volcanic-arc basalts. Symbols are the same as in other figures.

que las rocas ígneas de edad Cámbrico que afloran en la Antiforma de Monesterio son esencialmente alcalinas y se pueden encuadrar en ambientes de intraplaca continental.

El origen geodinámico de estas manifestaciones ígneas correspondería al rift del Cámbrico que marca el inicio del ciclo Hercínico en la ZOM.

Estudios realizados en ambientes de rift actuales ponen de manifiesto que las lavas emitidas en los flancos del graben son más alcalinas que las emitidas en la zona axial (Wilson, 1989). Kampunzu y Mohr (1991) relacionan el incremento de alcalinidad hacia los bordes del graben con el ascenso menos vigoroso de la astenosfera, y el consiguiente descenso del grado de fusión parcial en los bordes del diapiro mantélico. La distribución espacial de los diferentes tipos de lavas e intrusiones subvolcánicas ya mencionadas apoyan la ubicación del eje del rift al sur de la Antiforma de Monesterio (Giese y Bühn, 1993). Por tanto, el magmatismo al que se hace referencia en este trabajo, sería el emitido en la mitad septentrional del graben axial, en uno de los márgenes de la futura cuenca oceánica que se va a desarrollar con posterioridad, y está actualmente representada por la ofiolita de Beja-Acebuches.

Por otro lado, tomando en consideración las composiciones de lavas y gabros de uno y otro flanco, se plantea una duda sobre su relación. Las lavas básicas como las intrusiones gabroideas emitidas en el flanco norte son al-

calinas - transicionales y presentan unas características químicas bastante parecidas, por lo que potencialmente podrían ser fundidos cogenéticos y/o comagmáticos. Por el contrario, las lavas emitidas en el sector de Jerez de los Caballeros son alcalinas mientras que los gabros intruidos en el mismo sector son subalcalinos, lo que sugiere que, al menos, no son comagmáticos y plantea dudas acerca de su cogenetismo.

Conclusiones

Las características químicas del magmatismo básico de edad Cámbrico que aflora en la Antiforma de Monesterio se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

- La mayor parte de las lavas y de los gabros son alcalinos, siendo escasos los de composición subalcalina.

- Los spiderdiagramas muestran que los productos volcánicos son más ricos en tierras raras hacia el norte de la Antiforma, y que los productos del sector de Lora del Río muestran unos espectros más planos y empobrecidos en tierras raras ligeras, lo que podría indicar una fuente diferente del magma respecto a los otros dos sectores.

- La mayor parte de las lavas y de los gabros tienen composiciones que se pueden encuadrar en ambientes de intraplaca continental, estando representados términos alcalinos, transicionales y toleíticos.

- El magmatismo de intraplaca está relacionado con el desarrollo del rift Cámbrico de la ZOM.

- Las variaciones composicionales puestas de manifiesto sugieren que el magmatismo de la Antiforma de Monesterio corresponde a la mitad septentrional del graben axial generado en relación con el proceso de rift.

- Las coladas básicas y los gabros del sector de Zafra podrían ser cogenéticos - comagmáticos. Por el contrario, las lavas y las intrusiones básicas en el sector de Jerez de los Caballeros representan fundidos diferentes.

Agradecimientos

Agradezco sinceramente a Manuel Carcedo y a Arturo Apraiz su colaboración con sus sugerencias y la revisión del texto.

Referencias

Apraiz, A. (1998). *Geología de los Macizos de Lora del Río y Valuengo (Zona de Ossa Morena). Evolución tectonometamórfica y significado geodinámico*. Tesis. Euskal Herriko Unibertsitatea, 575 orr.
Apraiz, A., Eguíluz, L. y Ábalos, B. (1993). Evolución metamórfica y anatexia en el núcleo de Lora del Río (Zona de Ossa Morena). *Rev. Soc. Geol. España*, 6, 85-103

Bard, JP (1969): *Ph D Thesis* Univ Montpellier, USTL: 397 orr.
Collaut, J.L. y Fernández, J. (1997). Estudio Geológico-minero del área 3 (Jerez de los Caballeros). Investigación Minera en la zona Norte de la Reserva Estatal Suroeste. *IGME*.
Eguíluz, L., Gil Ibarra, J.I., Ábalos, B. & Apraiz, A. (2000): *Bull. Geol. Soc. Am.*, 112, 1398-1413.
Evensen, N. M.; Hamilton, P. J. y O'Nions R. K. (1978): *Geochim. Cosmochim. Acta*, (42), 1199-1212.
Floyd, P. A. y Winchester, J. A. (1978): *Chem. Geol.* (21), 291-306.
Giese, U; Bühn, B, 1993. *Geol. Rundsch.* (83), 143-160.
Irvine, T.N. y Baragar, W.R.A. (1997). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can J Earth Sci*, 8, 523-548.
Kampunzu, A.B. y Mohr, P. (1991): In A.B. Kampunzu y R.T. Lubala (eds.). Springer-Verlag, Berlin, 85 - 136.
Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. y Zanettin, B. (1989). A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford.
Liñán, E. (1984): *Cuad. Lab. Geol. Laxe* (8): 283-314.
Liñán, E. y Perejón, A. (1981): *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* (79), 125-148.
Liñán, E. y Szduy, K. (1978): *Senckenberg Leth.* (59)4-5: 387-399.
Mata, J. y Muhna, J. (1985): *Comun. Serv. Geol. Portugal* (71), 175-185.
Mata, J. y Muhna, J. (1986): *Maleo* (2), 13-28.
Meschede, M. (1986): *Chem. Geol.* (56), 207-218.
Pearce, J. A., 1982. In: Thorpe R.S. (ed.), *Andesites*. Wiley, Chichester, 525-548.
Pearce, J. A. y Gale, G. H. (1977): *Geol. Soc. Spec. Publ.* (7), 14-24.
Pearce, J. A. y Norry, M. J. (1979): *Contrib. Mineral. Petrol.* (69), 33-47.
Ribeiro, M. L., Mata, J. y Piçarra, J. M. (1992 a): J. G. Gutiérrez Marco, J. Saavedra y I. Rábano, eds., Universidade de Extremadura, 630pp.
Ribeiro, M. L., Mata, J. y Piçarra, J. M. (1992 b): *Comun. Serv. Geol. Portugal*, (78), f.2., 75-85.
Ribeiro, M. L.; Muhna, J.; Mata, J. y Palacios, T. (1997): In Araujo y Pereira eds. Universidade de Évora, 291pp.
Sagredo, J. y Peinado M. (1992): In Gutiérrez Marco, J.G.; Saavedra, J. & Rábano, I. (ed.) Universidad de Extremadura, 630pp.
Sánchez García, T. (2001). *Bol. Geol. Min.*, (112), 3, 89-102 orr.
Vázquez Guzmán, F. y Fernández Pompa, 1976. *Mem. del IGME*, T-89, 130.
Wilson, M. 1989. Unwin Hyman. 466 pp.