

# Geoquímica de las ortoanfibolitas y rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín (Cáceres, España)

*Geochemistry of the orthoamphibolites and metabasic rocks from Zarza la Mayor-Ceclavín (Cáceres, Spain)*

Diego González-García, Álvaro Rubio-Ordóñez, Andrés Cuesta y Luis Guillermo Corretgé

Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. C/ Jesús Arias de Velasco, s/n, 33005, Oviedo.  
dgonzalez@geol.uniovi.es, arubio@geol.uniovi.es, acuesta@geol.uniovi.es, corretge@geol.uniovi.es.

## ABSTRACT

The granodioritic-tonalitic stock of Zarza la Mayor (western central Spain) is bordered by small, discontinuous outcrops of low grade metabasic rocks with gabbroic to dioritic affinities, ranging from fine-medium grained to porphyritic in texture. The present geochemical study demonstrates that these rocks are equivalent in composition to subcalic tholeiitic basalt while tectono-magmatic discrimination diagrams place them in a within-plate tectonic environment.

**Key-words:** Geochemistry, metabasite, orthoamphibolite, Zarza la Mayor, Extremadura.

## RESUMEN

El stock granodiorítico-tonalítico de Zarza la Mayor (noroeste de Cáceres, España) está bordeado por afloramientos pequeños y discontinuos de rocas metabásicas de afinidades gabroicas a dioríticas, con texturas entre grano fino-medio y porfídicas. El presente estudio geoquímico muestra que estas rocas son composicionalmente equivalentes a basaltos subcalinos de características toleíticas, mientras que los diagramas de discriminación tectonomagmática las sitúan en un contexto tectónico intraplaca.

**Palabras clave:** Geoquímica, metabasita, ortoanfibolita, Zarza la Mayor, Extremadura.

Geogaceta, 50-1 (2011), 63-66.  
ISSN:2173-6545

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

## Introducción

El stock de Zarza la Mayor es un cuerpo granodiorítico-tonalítico situado en el noroeste de la provincia de Cáceres, entre las localidades de Zarza la Mayor y Ceclavín que intruye en materiales del Complejo Esquistos-Grauváquico (Corretgé Castañón, 1969; García de Figuerola *et al.*, 1971). La unidad intrusiva principal está acompañada por varios cuerpos de naturaleza básica de pequeñas dimensiones que se sitúan dentro de su aureola de metamorfismo de contacto o bien cerca de ella (Fig. 1). Están distribuidas, a modo de orla discontinua en torno al stock, en cuatro áreas principales: NW de Zarza la Mayor, Ceclavín, Cerro Colorado y un pequeño afloramiento en la carretera EX-117. Algunas de estas rocas han sido descritas por Corretgé (1971) y Rubio (1982) como rocas básicas o dioríticas, y por Bascones Alvira *et al.* (1982) como appinitas y pórfidos dioríticos. El objetivo de este trabajo es profundizar algo más en la geoquímica de estas rocas y su comparación con otras rocas similares del Macizo Ibérico (Silva, 2007; Diaz-

Alvarado *et al.*, 2011; Orejana *et al.*, 2009).

Cartográficamente los cuerpos de roca básica presentan formas lenticulares alargadas en direcciones N-S a NW-SE y tienen hasta 800 m en su dimensión más larga (Rubio, 1982). El contacto con la roca encajante suele ser discordante, pero se han observado algunos puntos, en las inmediaciones de Ceclavín, donde éste es aparentemente concordante con la dirección local de esquistosidad y la roca básica parece formar interdigitaciones con el encajante.

## Petrografía

Las características petrográficas de las rocas básicas son variadas e incluyen rocas de textura fanerítica de grano medio a fino (metagabros y algunas metadioritas) y rocas con textura porfídica, de tendencia diabásica. Todas las rocas presentan un metamorfismo hidrotermal que en algunos puntos llega a ser intenso. Por tanto, parte de la mineralogía actual es neoformada.

Las muestras de los afloramientos del NW de Zarza la Mayor y Ceclavín están forma-

das mayoritariamente por anfíbol (Mg-hornblenda a actinolita) y plagioclasa, con cantidades accesorias de clorita, clinozoisita, apatito y muy escasa biotita. Las plagioclasas conservan en muchos casos características ígneas y zonados normales. El mineral opaco principal es la ilmenita, que está frecuentemente transformada a leucoxeno. Así, las rocas pueden clasificarse como ortoanfibolitas. Algunas muestras conservan piroxeno relicto primario (augita) englobado totalmente por anfíbol. La textura ígnea primaria se conserva en la mayoría de las muestras estudiadas, reconociéndose en algunos casos texturas ofíticas y subofíticas con anfíbol secundario y plagioclasa. Una de las muestras presenta una débil foliación marcada por anfíboles.

Las muestras de Cerro Colorado y la precedente de la ctra. EX-117 presentan diferencias importantes con las ortoanfibolitas. Son rocas de tendencia porfídica, plagioclásicas, con abundante carbonato y clorita. En las rocas de Cerro Colorado la textura tiene tendencia de acumulado. Estas características nos han llevado a clasificarlas como metaleucogabros o metagabro-dioritas.

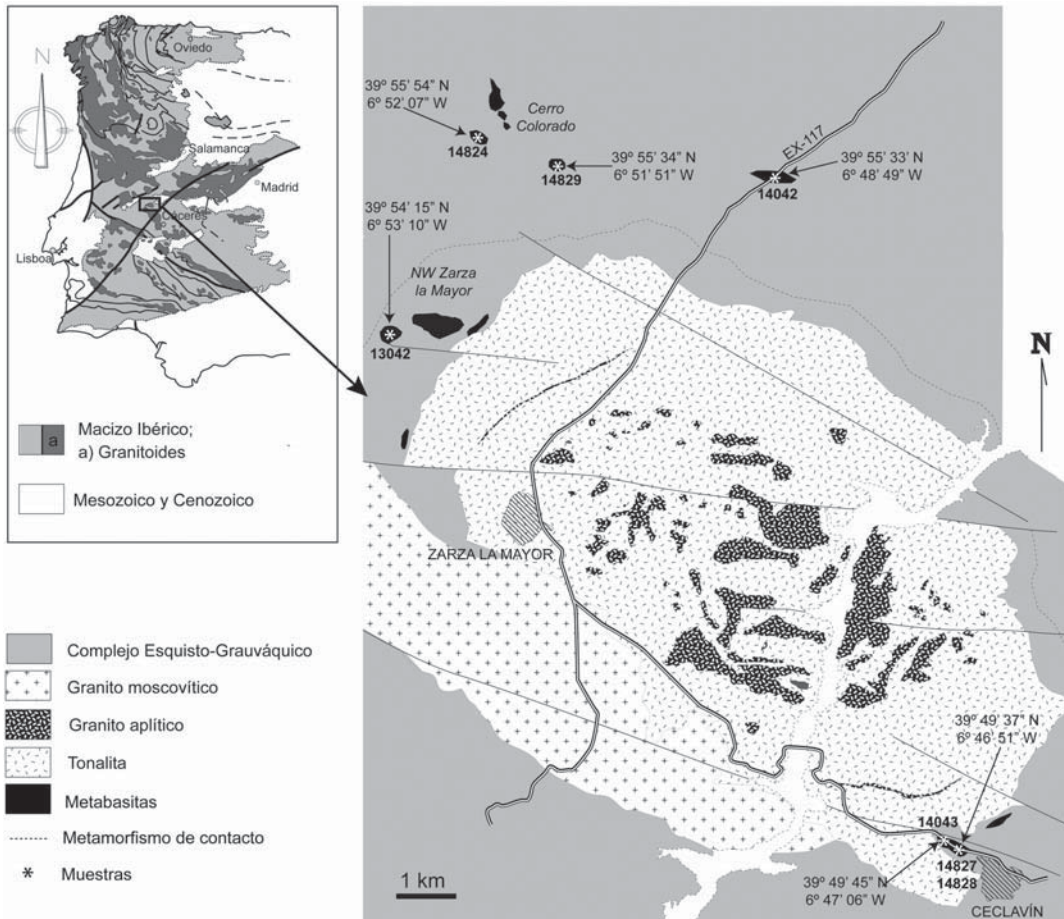


Fig. 1.- Localización geológica del stock de Zarza la Mayor y las rocas metabásicas asociadas (modificado de Rubio-Ordóñez *et al.*, 2007).

Fig. 1.- Geologic location map of Zarza la Mayor stock and associated metabasic rocks (modified from Rubio-Ordóñez *et al.*, 2007).

**Geoquímica**

Se han realizado análisis químicos de roca total sobre siete muestras recogidas en los afloramientos de Ceclavín, NW de Zarza la Mayor, Cerro Colorado y la carretera EX-117. Los análisis de elementos mayores y trazas se han realizado mediante FRX (Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo), y los análisis de REE por ICP-MS (Laboratorio IBERCRON, Universidad del País Vasco).

Ha de notarse que estas rocas están afectadas por metamorfismo de bajo grado o hidrotermal, que pueden modificar las concentraciones de los elementos más móviles e influenciar su clasificación y significado.

La Tabla I muestra las concentraciones de elementos mayores, trazas y REE. Dado que algunos análisis presentan un alto valor de pérdida al fuego (hasta 10%), se han recalculado todos ellos en base anhidra con el objeto de hacerlos comparables. Las rocas se caracterizan geoquímicamente por un contenido recalculado en SiO<sub>2</sub> entre 46,3 y 49,6% en peso, contenidos altos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (15,9-22,4%) y bajos a intermedios de TiO<sub>2</sub> (1,3-2,5%). El MgO varía entre 4,8 y 9,3%, y el FeOt entre 8,1 y 13,1%. En cuanto a ele-

mentos traza, cabe destacar los bajos valores de Ni (15-123 ppm) y Cr (82-308 ppm). Estos valores, junto al rango de Mg# (47-63) descartan un origen mantélico primario para estas rocas y sugieren probable fraccionación de olivino y/o clinopiroxeno en el magma parental del que proceden estas rocas (Wilson, 1989).

Con estos datos, el diagrama TAS para rocas plutónicas (Cox *et al.*, 1979) clasifica las rocas metabásicas como gabros subalcalinos salvo las dos muestras de Cerro Colorado, que quedan en el campo alcalino. Estas dos muestras tienen una importante alteración hidrotermal y su separación del resto puede deberse a la movilidad de Na y K. Para obtener una clasificación más precisa es necesario recurrir a diagramas de elementos inmóviles, como el diagrama Nb/Y vs Zr/TiO<sub>2</sub> de Winchester y Floyd (1977) de la figura 2. Tanto este diagrama como el diagrama Zr/TiO<sub>2</sub> vs SiO<sub>2</sub> de los mismos autores clasifican las rocas como equivalentes a basaltos subalcalinos. La relación Y/Nb (1,5-2,2) las sitúa como rocas de tendencia toleítica, y un resultado similar se obtiene mediante el diagrama Nb/Y vs Ti/Y (Pearce, 1982), en el que se clasifican como toleíticas, salvo una de ellas, en el campo transicional.

Los contenidos de REE se han normalizado con respecto al condrito de Boynton (1984). Los patrones (Fig. 3A) están enriquecidos en REE y muestran una notable fraccionación [(La/Yb)<sub>N</sub> = 2,76-4,39], más marcada en LREE que en HREE. Las anomalías de Eu son inexistentes o débilmente positivas (Eu/Eu\* = 1,0-1,4). Es destacable también la anomalía negativa de Ce en varias de las muestras.

El diagrama multielemental normalizado con respecto al condrito de Thompson (1982) presenta perfiles aproximadamente continuos de pendiente negativa suave (Fig. 3B). Son destacables las anomalías negativas en Hf en todas las muestras, y positivas de Sr salvo en una de las muestras de Cerro Colorado con anomalía negativa. Además, existe una gran dispersión en el contenido en LILE (Ba, Rb, K, Sr). Las muestras con mayor alteración hidrotermal son las que han experimentado mayor variación de K, Rb y Ba y, en menor medida, Sr.

Por último, se han proyectado las muestras analizadas en diagramas de discriminación tectono-magmática. En el diagrama Ti/100-Zr-3Y de Pearce y Cann (1973) todas las muestras quedan claramente encuadradas en el campo de los basaltos intraplaca

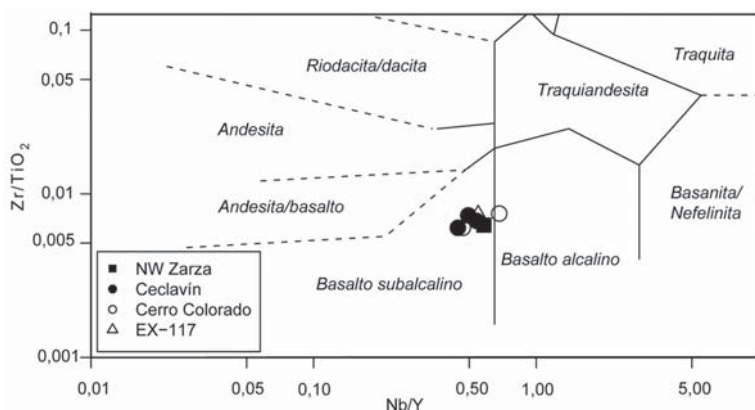


Fig. 2.- Diagrama de elementos inmóviles Nb/Y vs Zr/TiO<sub>2</sub> (Winchester y Floyd, 1977).

Fig. 2.- Immobile element classification diagram Nb/Y vs Zr/TiO<sub>2</sub> (Winchester and Floyd, 1977).

Muestra	13042	14042	14043	14827	14828	14824	14829
Localidad	NW Zarza	EX-117	Ceclavín	Ceclavín	Ceclavín	Cerro Colorado	Cerro Colorado
SiO <sub>2</sub>	47,49	49,60	47,85	46,31	48,12	47,52	48,84
TiO <sub>2</sub>	1,53	1,50	1,74	2,16	1,82	2,48	1,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,24	20,08	17,69	17,53	15,92	16,12	22,42
FeOt	9,43	9,57	10,89	11,75	12,35	13,12	8,07
MgO	8,15	5,65	7,42	8,41	9,32	5,85	4,75
MnO	0,15	0,15	0,17	0,17	0,19	0,26	0,11
CaO	11,58	10,35	10,29	10,07	8,76	8,44	9,30
Na <sub>2</sub> O	3,00	1,46	3,03	2,89	3,01	5,64	2,40
K <sub>2</sub> O	0,24	1,46	0,73	0,47	0,31	0,25	2,67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	0,17	0,19	0,25	0,19	0,34	0,16
Mg#	63	54	57	59	60	47	54
Ba	33	544	356	103	269	167	847
Co	56	25	53	52	57	30	24
Cr	308	125	86	280	82	144	128
Cu	69	27	29	88	75	34	32
Hf		3	2	3	3	3	2
Nb	10	9	11	14	10	20	7
Ni	123	15	40	126	98	64	27
Pb	7	6	6	4	6	7	4
Rb	7	44	29	14	15	6	84
Sr	282	298	375	350	272	204	277
Ta		1	1	1	1	1	1
Th	2	1	1	1	1	1	1
U	0	0	0	3	3	1	2
V	225	227	256	289	286	286	185
W				62	50	20	16
Y	18	17	22	25	22	29	15
Zn	67	59	75	79	78	86	48
Zr	99	108	128	148	113	188	79
La		7,76	9,13	12,26	9,55	14,93	6,39
Ce		18,32	21,81	26,33	18,12	31,55	10,22
Pr		2,64	3,04	4,11	3,82	4,85	2,42
Nd		12,73	14,25	17,77	17,18	20,15	10,86
Sm		3,16	3,76	4,21	4,29	4,60	2,66
Eu		1,21	1,33	1,34	1,50	1,41	1,14
Gd		3,31	3,79	3,61	3,84	4,02	2,40
Tb		0,58	0,67	0,67	0,75	0,74	0,46
Dy		3,47	4,20	4,01	4,37	4,48	2,74
Ho		0,68	0,84	0,80	0,89	0,89	0,56
Er		1,89	2,26	2,17	2,46	2,48	1,53
Tm		0,28	0,34	0,30	0,33	0,35	0,23
Yb		1,70	2,02	1,94	2,34	2,30	1,44
Lu		0,25	0,30	0,28	0,33	0,34	0,21

Tabla I.- Composición de elementos mayores (% en peso), trazas y REE (ppm) de las rocas metabásicas de Zarza la Mayor-Ceclavín. Debido a la elevada pérdida al fuego en algunas muestras (hasta 10%), los elementos mayores han sido recalculados en base anhidra.

Table I.- Major element (wt. %), trace element and REE (ppm) composition of the metabasic rocks from Zarza la Mayor-Ceclavín. Due to the high value of LOI in some samples (up to 10%), major element compositions have been recalculated in an anhydrous base.

(Fig. 4A), y en el diagrama 2Nb-Zr/4-Y de Meschede (1986) se proyectan en los campos All y C (Fig. 4B), distribución que es consistente con rocas equivalentes a basaltos intraplaca de afinidad toleítica. En cualquier caso, todas las representaciones coinciden en señalar hacia una afinidad intraplaca y descartar relación de estas rocas con contextos de arco volcánico y cuencas de retroarco.

### Discusión

Para obtener más información sobre la geoquímica de estas rocas, se han comparado con otras rocas de características petrográficas y geoquímicas similares, presentes en el macizo ibérico, de diferentes ambientes geotectónicos. El diagrama Sr/Nd vs Nb/La de la figura 5 (Hawkesworth y Kemp, 2006) ilustra las diferencias existentes entre ellas. Tal como se ha visto hasta ahora, las metabasitas de Zarza la Mayor-Ceclavín se representan lejos de los campos de arcos oce-

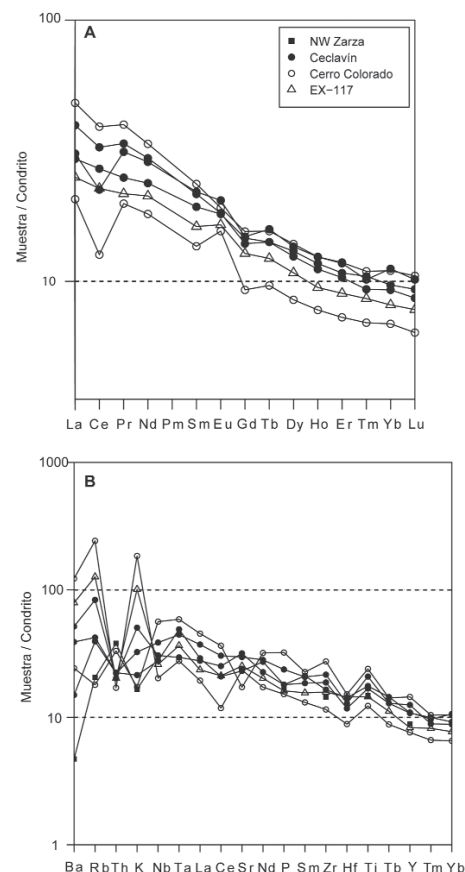


Fig. 3.- A: Diagrama de REE normalizado respecto al condrito de Boynton (1984). B: Diagrama multielemental normalizado respecto al condrito de Thompson (1982).

Fig. 3.- A: Chondrite normalized REE plot (Boynton, 1984). B: Chondrite normalized trace element spider diagram (Thompson, 1982).



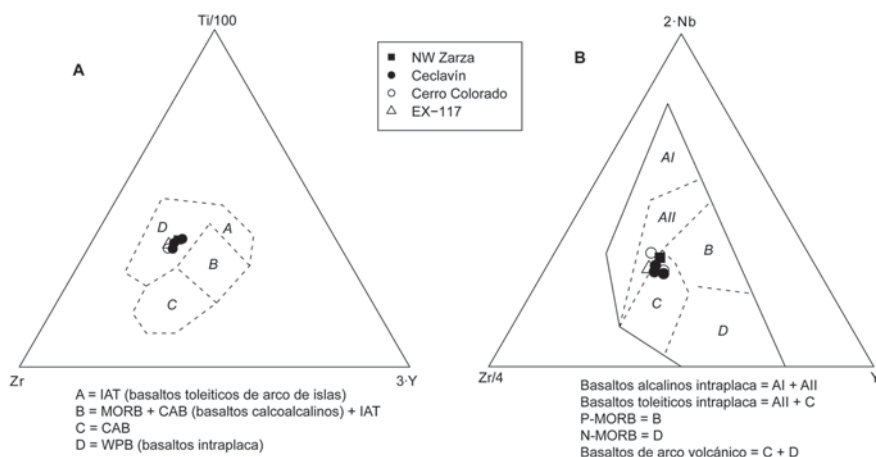


Fig. 4.- Diagramas de discriminación tectonomagmática. A: diagrama Ti/100-Zr-3Y (Pearce y Cann, 1973). B: diagrama 2Nb-Zr/4-Y (Meschede, 1986). Los dos diagramas apuntan hacia un contexto tectónico intraplaca.

Fig. 4.- Tectono-magmatic discrimination diagrams. A: Ti/100-Zr-3Y diagram (Pearce and Cann, 1973). B: 2Nb-Zr/4-Y diagram (Meschede, 1986). Both diagrams point to a within-plate tectonic setting.

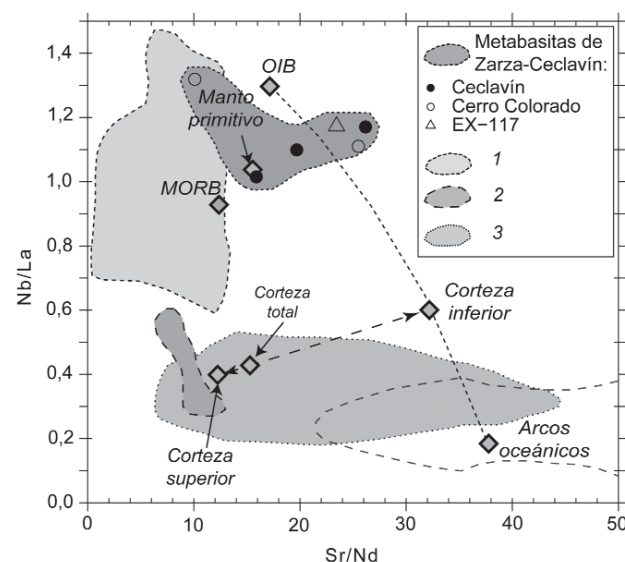


Fig. 5.- Diagrama Sr/Nd vs Nb/La (Hawkesworth y Kemp, 2006). Regiones delimitadas, 1: anfibolitas y gneises anfibólicos del NW de Portugal (Silva, 2007); 2: Dioritas de la Sierra de Gredos (Díaz-Alvarado et al., 2011); 3: gabros del Sistema Central (Orejana et al., 2009).

ánicos y rocas de afinidad cortical, y se solapan ligeramente con las anfibolitas prevariscas del NW de Portugal (Silva, 2007), de afinidad MORB. Finalmente, las dioritas hornbléndicas de la Sierra de Gredos (Orejana et al., 2009) y los gabros del Sistema Central (Díaz-Alvarado et al., 2011) presentan características que los aproximan a rocas de arcos oceánicos y rocas corticales, como cabría esperar dado su carácter calcoalcalino. Estos datos indican que las rocas aquí estudiadas pertenecen a un evento magmático diferente al representado por las rocas de comparación.

**Conclusiones**

1. Los resultados obtenidos indican que, aunque el estado de transformación o alteración dificulta la tarea, las rocas metabásicas que aparecen en las inmediaciones del

stock de Zarza la Mayor-Ceclavín se pueden clasificar como rocas basálticas subalcalinas toleíticas.

2. Los niveles observados de Ni y Cr, y el bajo valor de Mg# son propios de rocas evolucionadas y permiten descartar un origen mantélico primario. Se sugiere que esas rocas proceden de magmas parentales que han experimentado fraccionación de olivino y/o clinopiroxeno.

3. Aunque parece haber cierta contradicción entre los diagramas de discriminación tectono-magmática, la mayoría de los datos geoquímicos coinciden en apuntar hacia rocas toleíticas emplazadas en un ambiente tectónico intraplaca.

**Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación BTE2002-04241-C02-01 de la

DGICYT. Los análisis químicos se han llevado a cabo en los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo y en el Laboratorio IBERCRON de la Universidad del País Vasco. Agradecemos al Dr. Luis González y a otro revisor anónimo sus sugerencias en la revisión de este trabajo.

**Referencias**

Bascones Alvira, L., Corretgé Castañón, L.G y Martín Herrero, D. (1982). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 620 (Zarza la Mayor)*. IGME.

Boynnton, W.V. (1984). En: *Rare Earth Element Geochemistry* (P. Henderson, Ed). Elsevier, 63-114.

Corretgé Castañón, L.G. (1969). *Acta Geológica Hispánica*, IV(5), 119-123.

Corretgé, L.G. (1971). *Estudio petrológico del batolito de Cabeza de Araya*. Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 453 p.

Cox, K.G., Bell, J.D. y Pankhurst, R.J. (1979). *The interpretation of igneous rocks*. Allen and Unwin, London, 450 p.

García de Figuerola, L.C., Corretgé, L.G. y Suárez, O. (1971). *Boletín Geológico y Minero*, 82-83-84, 217-233.

Díaz-Alvarado, J., Castro, A., Fernández, C. y Moreno-Ventas, I. (2011). *Journal of Petrology*, 52, 223-256.

Hawkesworth, C.J. y Kemp, A.I.S. (2006). *Nature*, 443, 811-817.

Meschede, M. (1986). *Chemical Geology*, 56, 207-218.

Orejana, D., Villaseca, C., Perez-Soba, C., López García, J.A. y Billström, K. (2009). *Lithos*, 110, 262-276.

Pearce, J.A. (1982). En: *Andesites: Orogenic andesites and related rocks* (R.S. Thorpe, Ed). Wiley, 525-548.

Pearce, J.A. y Cann, J.R. (1973). *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.

Rubio, J.I. (1982). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 3, 75-81.

Rubio-Ordóñez, A., Corretgé, L.G. y Cuesta, A. (2007). *Geogaceta*, 41, 187-190.

Silva, S.I.P.F.D. (2007). *Estudo geoquímico de metabasitos da ZOM e da ZCI aflorantes na região Centro-Norte de Portugal*. Tesis Doctoral. Univ. de Aveiro, 217 p.

Thompson, R.N. (1982). *Scottish Journal of Geology*, 18, 49-107.

Wilson, M. (1989). *Igneous Petrogenesis: a global tectonic approach*. Unwin Hyman, London, 466 p.

Winchester, J.A. y Floyd, P.A. (1977). *Chemical Geology*, 20, 325-343.