

Edad y contexto geodinámico del magmatismo básico Ordovícico del Sistema Central Español

Age and geological setting of the basic Ordovician magmatism from the Spanish Central System

D. Orejana¹, C. Villaseca^{1,2} y E. Merino Martínez¹

¹ Dpto. Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid. dorejana@ucm.es; granito@ucm.es; enriqmer@geo.ucm.es

² Instituto de Geociencias IGEO (UCM, CSIC), 28040 Madrid. granito@ucm.es

Resumen: Nuevos datos geoquímicos (elementos mayores, traza e isótopos) y geocronológicos obtenidos en metabasitas intrusivas en las series metasedimentarias y metaígneas pre-Arenigienses del Sistema Central Español confirman la heterogeneidad composicional de estos materiales. Su evolución es de afinidad toleítica, pero con unos contenidos en elementos incompatibles relativamente elevados, lo que las diferencia de magmas tipo N-MORB. Se pueden distinguir dos grupos: 1) uno isotópicamente empobrecido y más diferenciado, y 2) otro isotópicamente más enriquecido, pero que representa líquidos más primitivos y con mayores contenidos de metales (Cr, Ni) y LILE. Estos datos apuntan a la participación de varias fuentes de manto, incluyendo sectores litosféricos con una impronta cortical. Dos muestras han aportado edades U-Pb en circones entre 473 y 453 Ma, lo que las relaciona con el contexto de rifting asociado a la apertura del océano Rheico. En la Zona Centro-Ibérica no hay magmatismo básico Cambro-Ordovícico anterior al que se describe en este trabajo, lo cual podría indicar que el rifting sería un fenómeno más tardío en este sector, en comparación con lo que se observa en otros terrenos del Macizo Ibérico.

Palabras clave: Metabasitas. Magmatismo Cambro-Ordovícico. Sistema Central Español.

Abstract: *New geochemical (major, trace and isotopic) and geochronological data obtained on metabasites intrusive into pre-Arenig metasedimentary and metaigneous rocks of the Spanish Central System confirm their heterogeneous composition. They exhibit a tholeiitic affinity, but show relatively high incompatible element contents, contrary to N-MORB magmas. Two groups can be distinguished: 1) one isotopically depleted and more evolved and 2) one isotopically enriched, representing more primitive liquids with higher metal (Cr, Ni) and LILE contents. These data point to the involvement of several mantle sources, including lithospheric sections with a crustal imprint. Two samples have provided U-Pb zircon ages in the range 473- 453 Ma, thus related to the rifting context associated with the Rheic ocean opening. The absence of basic magmatism in the Central-Iberian Zone prior to that described in this work, might indicate that rifting was a late event in this region when compared to other terranes from the Iberian Massif.*

Key words: *Metabasites. Cambro-Ordovician magmatism. Spanish Central System.*

INTRODUCCIÓN

La presencia de materiales ígneos básicos pre-Variscos en la Zona Centro-Ibérica (ZCI) es muy escasa: los ejemplos mejor estudiados se restringen al Sistema Central Español (SCE). Se trata de cuerpos de metabasitas de pequeñas dimensiones, intrusivos mayoritariamente dentro de las formaciones de ortoneises Cambro-Ordovícicos, aunque también pueden encontrarse tectónicamente interbandeadas con rocas metasedimentarias del Neoproterozoico-Cámbrico Inferior (Villaseca, 1985; Barbero y Villaseca, 2000).

La naturaleza de este tipo de rocas máficas y su edad de formación, son aspectos fundamentales a la hora de interpretar el contexto geológico en el que aparecen, y también inciden en la construcción de un modelo geodinámico para el conjunto del magmatismo

durante el Paleozoico Inferior en todo este sector. Los trabajos que se han realizado en estas rocas hasta el momento se han centrado sobre todo en establecer la evolución metamórfica de algunos cuerpos de metabasitas que alcanzaron facies próximas a eclogitas durante la orogenia Varisca (Barbero y Villaseca, 2000; Villaseca et al., 2015). En el presente trabajo se presentan nuevos datos de geoquímica de roca total de un grupo diferente de metagabros, así como edades U-Pb en circón de dos de ellos. Los resultados obtenidos muestran la existencia de una heterogeneidad mayor de la anteriormente reconocida y permiten encuadrar con mayor precisión su momento de formación y su relación con respecto al evento magmático félsico que finaliza en el Ordovícico Inferior.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Las metabasitas estudiadas aparecen como diques o sills intrusivos en ortoneises peraluminicos de edad

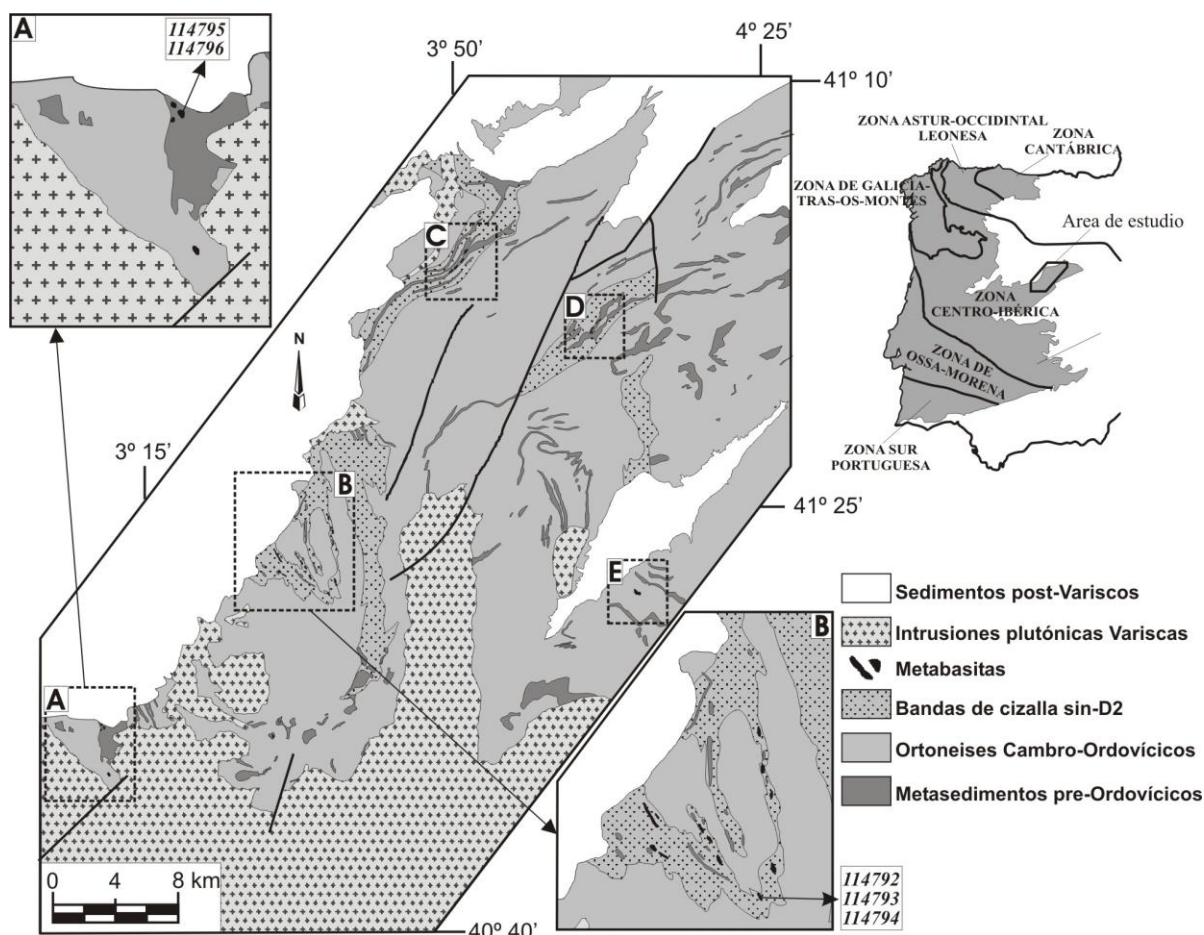


FIGURA 1. Mapa geológico esquemático de una parte del Sistema Central Español donde se han representado los afloramientos de metabasitas (principalmente basado en Villaseca, 1985 y Barbero y Villaseca, 2000). Se ha señalado con cinco recuadros las áreas en las que aparecen este tipo de materiales (A, B, C, D y E), y dos de ellas han sido ampliadas (A y B), indicándose el afloramiento al que pertenecen las muestras estudiadas en este trabajo. Arriba a la derecha se muestra un esquema con la ubicación del Sistema Central dentro del Macizo Ibérico.

Cámbrico-Ordovícico Inferior (~500-477 Ma; Villaseca et al. 2016 y referencias incluidas) en el sector de Guadarrama del SCE, y también formando cuerpos lenticulares dentro de secuencias de rocas metasedimentarias Neoproterozoicas a Cámbricas, muchas veces en corredores miloníticos asociados a la fase de deformación D₂ Varisca (Fig. 1). En la Figura 1 se muestran los cinco sectores (A-E) en los que han sido descritos este tipo de rocas, encontrándose las muestras del presente estudio en la zona de *El Caloco* (A) y *Revenga* (B). En ésta última es donde un mayor número de cuerpos han sido descritos, menos afectados por la deformación Varisca.

En la zona de *Tenzuela* (C en Figura 1), los cuerpos básicos recrystalizados durante el Varisco muestran una paragénesis metamórfica de alta presión retrogradada (retroeclogitas), habiéndose estimado condiciones *P-T* de 14 kbar y 750 °C para el pico bórico y 7-8 kbar y 800 °C en una etapa posterior descompresiva (Barbero y Villaseca, 2000; Villaseca et al., 2002).

Los datos geoquímicos de los que se dispone, mayoritariamente correspondientes al sector de *Tenzuela*, indican una tendencia toleítica continental,

con unos contenidos en LILE y HFSE superiores a los de fundidos típicos de tipo MORB (Barbero y Villaseca, 2000; Villaseca et al., 2015). Algunos términos más félsicos encontrados en esta zona apuntan hacia un proceso de diferenciación magmática por cristalización fraccionada. Los valores de ϵ_{Nd} (entre +4.4 y +6; Villaseca et al., 2015) implican fusión de un manto isotópicamente empobrecido. Se han datado las metabasitas de alta presión (U-Pb en circón), obteniéndose una edad ígnea algo imprecisa de 473 ± 2 Ma (Villaseca et al., 2015).

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA

Las metabasitas del SCE corresponden principalmente con términos dioríticos o gabroideos, existiendo facies más félsicas y fuertemente transformadas (anfibolitas félsicas) en el sector de *Tenzuela*. Son texturalmente heterogéneas, pudiendo corresponder con granulitas coroníticas que conservan clinopiroxeno y ortopiroxeno ígneos, en ocasiones con presencia de granate accesorio, y con facies muy anfibolitizadas, normalmente en zonas marginales de los afloramientos (Villaseca et al., 2002).

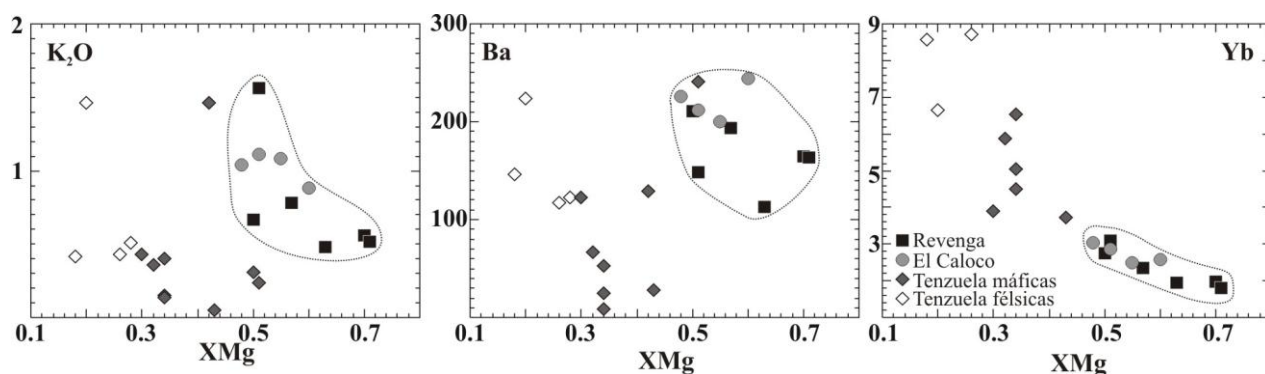


FIGURA 2. Composición química de elementos mayores y traza de las metabasitas del Sistema Central Español. El área encerrada corresponde con el conjunto de metabasitas isotópicamente enriquecidas.

Las muestras estudiadas de la zona de *El Caloco* y *Revenga* presentan un tamaño de grano fino o medio con clinopiroxeno, ortopiroxeno y plagioclasa primarios poco transformados en algunos casos, conservándose una textura diabásica coronítica que llega a preservar olivino en las muestras de *Revenga*. En menor proporción aparece anfíbol y biotita intersticiales, y minerales accesorios como cuarzo, esfena, óxidos de Fe-Ti, circón y sulfuros.

Los datos geoquímicos de las nuevas muestras son coherentes con la tendencia toleítica propuesta con anterioridad para el conjunto de metabasitas, pero alcanzan composiciones claramente más primitivas, con contenidos en MgO y Cr hasta 16 wt% y 850 ppm, respectivamente. Los nuevos datos que se aportan, ponen de manifiesto la existencia de una marcada heterogeneidad composicional, pudiéndose distinguir dos grupos: 1) metabasitas más evolucionadas (zona de *Tenzuela*) con mayores contenidos en Fe, Ti, Mn, Na y P, y 2) metabasitas más primitivas (sectores de *El Caloco* y *Revenga*), enriquecidas en Mg y K (Fig. 2). En cuanto a los elementos traza, el primer grupo muestra mayores concentraciones de V, Ta, Zr, Hf, Y y HREE (Fig. 2), anomalía positiva o levemente negativa de Nb y un espectro de REE normalizado al condrito de tendencia plana, mientras que el segundo grupo está relativamente enriquecido en Cr, Ni, Ba, Rb, Cs, Sr y Pb (Fig. 2), presenta una clara anomalía negativa de Nb y su espectro de REE es más fraccionado.

La misma división establecida previamente queda de manifiesto en los datos isotópicos, de tal manera que el grupo de metabasitas más evolucionadas (*Tenzuela*) proporcionan valores empobrecidos de ϵ_{Nd} entre +2.4 y +6, mientras que el otro grupo presenta una composición isotópica relativamente enriquecida con valores de ϵ_{Nd} entre -2.7 y +1.6.

GEOCRONOLOGÍA

Dos muestras, una de *El Caloco* y otra de *Revenga*, han sido datadas mediante el análisis de las relaciones isotópicas U-Pb en circones con una microsonda iónica de tipo SHRIMP (Centro de Instrumentación

Científica, Universidad de Granada). Se han realizado un total de 30 y 23 análisis, respectivamente, en circones separados, de los que, para el cálculo de la edad, se han excluido datos discordantes, imprecisos, con elevado Pb común o aquellos que, con criterios texturales y químicos, no se han considerado directamente ligados al magmatismo básico. Los resultados geocronológicos, obtenidos mediante el cálculo de la edad de concordia o el método *TuffZirc*, proporcionan un rango de edades entre 473 y 453 Ma.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las metabasitas Ordovícicas del Sistema Central Español representan un evento de magmatismo principalmente básico de tendencia toleítica de bajos contenidos en Ti. Los datos que se aportan muestran una clara heterogeneidad geoquímica, en parte debida a procesos de diferenciación. Sin embargo, las diferencias que se han encontrado entre los líquidos parentales del sector de *Tenzuela* y *El Caloco-Revenga*, que afectan a la composición química de elementos mayores, traza e isotópica, implican la participación de dos fuentes de manto distintas: una empobrecida y otra enriquecida.

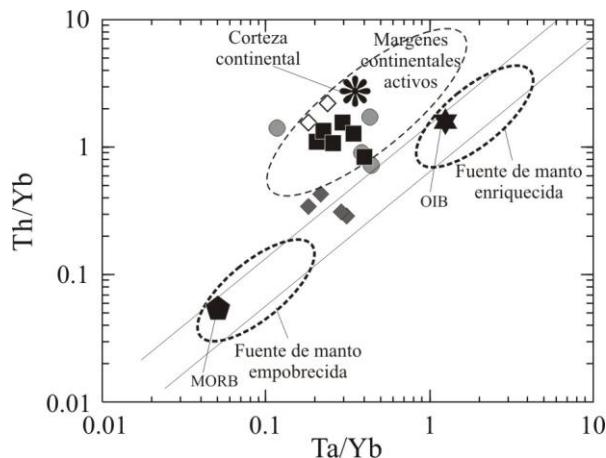


FIGURA 3. Composición química de elementos traza (Th/Yb vs. Ta/Yb) de las metabasitas del Sistema Central Español. Magmas de origen mantélico varían entre un polo enriquecido en elementos incompatibles (OIB) y otro empobrecido (N-MORB). Símbolos como en Figura 2.

Todas las metabasitas del SCE poseen concentraciones de elementos traza incompatibles relativamente elevados, que las distinguen de fundidos toleíticos de tipo N-MORB, como demuestran las relaciones elementales Th/Yb, Ta/Yb, Y/Nb y Zr/Nb (Fig. 3), y las relacionan con un manto algo más enriquecido, probablemente de tipo litosférico continental. No obstante, los espectros normalizados de REE poco fraccionados de las muestras de Tenzuela y los valores positivos de ϵ_{Nd} , relacionan estas rocas con magmas de una fuente empobrecida más próxima al MORB, frente a los metagabros y metadioritas de *El Caloco-Revenga*, isotópicamente más enriquecidos y con concentraciones mayores de LILE. Este último componente implica la participación de una fuente de manto metasomatizada por agentes continentales, lo cual podría implicar reciclaje en un ambiente de subducción o engrosamiento.

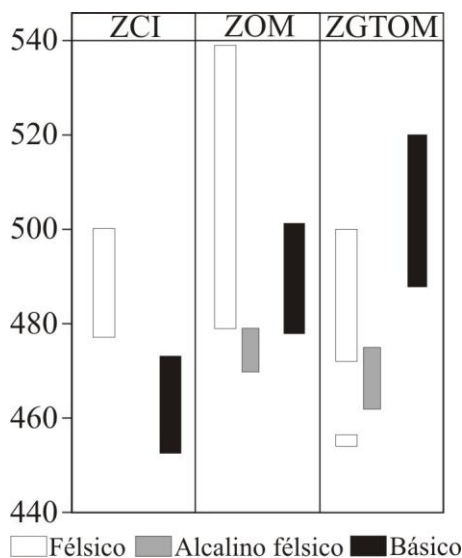


FIGURA 4. Esquema temporal con la posición del magmatismo félsico y básico en las zonas Centro-Ibérica (ZCI), de Galicia-Tras-os-Montes (ZGTOM) y de Ossa-Morena (ZOM) durante el Cámbrico y Ordovícico. Datos extraídos de Díez Fernández et al. (2015) y Villaseca et al. (2016), y referencias incluidas.

Las edades obtenidas en las muestras de *El Caloco* y *Revenga* (U-Pb en circones via SHRIMP) amplían el rango temporal de este magmatismo hasta el Ordovícico Superior: 473-453 Ma (Fig. 4). Este rango no llega a solaparse con el abundante grupo de datos geocronológicos obtenidos a partir del magmatismo félsico peraluminico Cambro-Ordovícico (la mayoría son ~500-477 Ma; Villaseca et al., 2016 y referencias incluidas). La ausencia de fundidos básicos coetáneos con este último evento de fusión cortical ha llevado a proponer un ambiente de convergencia y engrosamiento durante el Ordovícico Inferior en la ZCI, sin participación del manto (Villaseca et al., 2016). El hecho de que las rocas máficas aparezcan con posterioridad a este contexto, podría indicar que el rifting que se produce en el margen norte de Gondwana y que conduce a la apertura del océano Rheico, es un

evento que, en la Zona Centro-Ibérica, se desarrolla principalmente desde finales del Ordovícico Inferior y en adelante. La aparición de fundidos félsicos alcalinos y peralcalinos concentrados preferentemente en un rango temporal relativamente restringido durante el Ordovícico Inferior y comienzos del Medio en otros sectores del Macizo Ibérico (principalmente 479-462 Ma; Zonas de Galicia Tras-Os-Montes y de Ossa-Morena; Díez Fernández, 2012, 2015; Fig. 4), podría marcar las primeras etapas claras del rifting. No obstante, la presencia de magmatismo básico de afinidad toleítica en estas zonas internas, podría implicar que el rifting se produce de forma diacrónica en el Varisco Ibérico (Fig. 4).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada su ayuda con la obtención de los datos geocronológicos, y muy especialmente a Pilar Montero. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CGL2012-32822 del Ministerio de Economía y Competitividad de España.

REFERENCIAS

- Barbero, L. y Villaseca, C. (2000): Eclogite facies relics in metabasites from the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System): P-T estimations and implications for the Hercynian evolution. *Mineralogical Magazine*, 64: 815-836.
- Díez Fernández, R., Castiñeiras, P. y Gómez Barreiro, J. (2012): Age constraints on Lower Paleozoic convection system: Magmatic events in the NW Iberian Gondwana margin. *Gondwana Research*, 21: 1066-1079.
- Díez Fernández, R., Pereira, M.F. y Foster, D.A. (2015): Peralkaline and alkaline magmatism of the Ossa-Morena zone (SW Iberia): Age, source, and implications for the Paleozoic evolution of Gondwanan lithosphere. *Lithosphere*, 7: 73-90.
- Villaseca, C. (1985): Microdioritas de afinidad toleítica en las bandas de cizalla de Segovia. *Estudios Geológicos*, 41: 11-15.
- Villaseca, C., Martín Romera, C. y Barbero, L. (2002): Estimaciones termobarométricas en los metagabros coroníticos de la región de Segovia (Sierra de Guadarrama). *Geogaceta*, 32: 11-14.
- Villaseca, C., Castiñeiras, P. y Orejana, D. (2015): Early Ordovician metabasites from the Spanish Central System: a remnant of intraplate HP rocks in the Central Iberian Zone. *Gondwana Research*, 27: 392-409.
- Villaseca, C., Merino Martínez, E., Orejana, D., Andersen, T. y Belousova, E. (2016): Zircon Hf signatures from granitic orthogneisses of the Spanish Central System: Significance and sources of the Cambro-Ordovician magmatism in the Iberian Variscan Belt. *Gondwana Research*, in litt.