

Los metagranitos de las Unidades Basales de los complejos alóctonos de Galicia (NO del Macizo Ibérico): Evolución geoquímica y contexto geodinámico

Metagranites of the Basal Units of the allochthonous complexes of Galicia (NW Iberian Massif): Geochemical evolution and geodynamic setting

P. Andonaegui, R. Díez Fernández y J. Abati ^{1,2}

¹ Dpto. Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas. C/ José Antonio Novais 2. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid
andonaeg@ucm.es

² Instituto de Geociencias (IGEO-CSIC). C/ José Antonio Novais 2. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid

Resumen: Las Unidades Basales de los complejos alóctonos de Galicia incluyen rocas metamórficas paraderivadas que alternan con abundantes rocas ortoderivadas con edades comprendidas entre 500 y 470 Ma. Por su composición, tanto mineralógica como química de roca total, las rocas ortoderivadas se dividen en dos grandes grupos: uno de gneises graníticos *s.l.* (tonalíticos, granodioríticos y graníticos), con una composición química que transita de tipos magnesianos-cálcicos meta-aluminosos, hasta tipos férricos calcoalcalinos y alcalino-cálcicos peraluminicos; y otro segundo grupo de gneises alcalinos y peralcalinos con una composición férrico alcalina que varía de términos peralcalinos a meta-aluminosos, llegando a tener un carácter per-alumínico los tipos más diferenciados. Los gneises graníticos *s.l.* presentan anomalías negativas en Nb y Ta, sugiriendo su relación con un margen continental activo, mientras que las rocas alcalinas y peralcalinas están enriquecidas en elementos traza incompatibles y presentan altos contenidos en Th, Ga y Nb, característicos de magmas asociados a un régimen extensional. Esta evolución geoquímica probablemente refleja el tránsito desde un régimen geodinámico convergente caracterizado por un sistema de arcos magmáticos hacia un rifting intracontinental.

Palabras clave: Geoquímica de rocas ígneas; Cámbrico-Ordovícico; arco volcánico; rifting; Macizo Ibérico

Abstract: *The Basal Units of the allochthonous complexes of Galicia include para-derived metamorphic rocks alternating with abundant ortho-derived rocks with protolith ages ranging between 500 and 470 Ma. According to their whole-rock chemical and mineralogical composition, the ortho-derived rocks are divided in two major groups: one consisting of granitic gneisses s.l. (tonalitic, granodioritic, and granitic) with a chemical composition ranging from magnesian calcic metaluminous types to ferroan calc-alkalic and alkali-calcic peraluminous types, and a second group including alkaline and peralkaline terms, with ferroan alkalic and peralkaline to metaluminous composition, some of the most differentiated terms reaching also a peraluminous composition. The granitic gneisses s.l. show negative Nb and Ta anomalies, typical for rocks formed in an active margin, whereas the alkaline and peralkaline rocks are rich in incompatible trace elements and show a high content of Th, Ga and Nb, as expected for crustal extension-related magmas. This geochemical evolution probably reflects the switch from a convergent geodynamic setting featured by magmatic arcs to an intracontinental rifting.*

Key words: *Geochemistry of igneous rocks; Cambrian-Ordovician; volcanic arc; rifting; Iberian Massif*

INTRODUCCIÓN

En los complejos alóctonos de Galicia se distinguen tres terrenos, que de base a techo son: Unidades Basales, Unidades Ofiolíticas y Unidades Superiores (Fig.1). Tanto las Unidades Basales como las Superiores están constituidas por secuencias de rocas metasedimentarias así como por cuerpos de rocas metaígneas. Cada uno de estos dos conjuntos de unidades ha sido interpretado como un terreno diferente de afinidad continental. Las Unidades Ofiolíticas están constituidas por secciones oceánicas para las que la edad de formación de sus protolitos es variable y su composición química compatible con escenarios tectónicos diversos (Arenas et al., en prensa).

Las Unidades Basales afloran ampliamente en la sección más occidental de los complejos alóctonos de Galicia, en el Complejo de Malpica-Tui, y están formadas por una sucesión de sedimentos de carácter terrígeno (ahora esquistos y paragneises) que alternan con metabasitas y abundantes ortogneises (Díez Fernández et al., 2010), todo el conjunto está afectado por un metamorfismo de alta presión. Los ortogneises conforman una serie granítica (*s.l.*) muy variada e incluyen los siguientes tipos litológicos: granitos, granodioritas, tonalitas y gneises alcalinos y peralcalinos (Rodríguez Aller, 2005; Montero et al., 2009; Díez Fernández et al., 2012, y referencias citadas en estos trabajos).

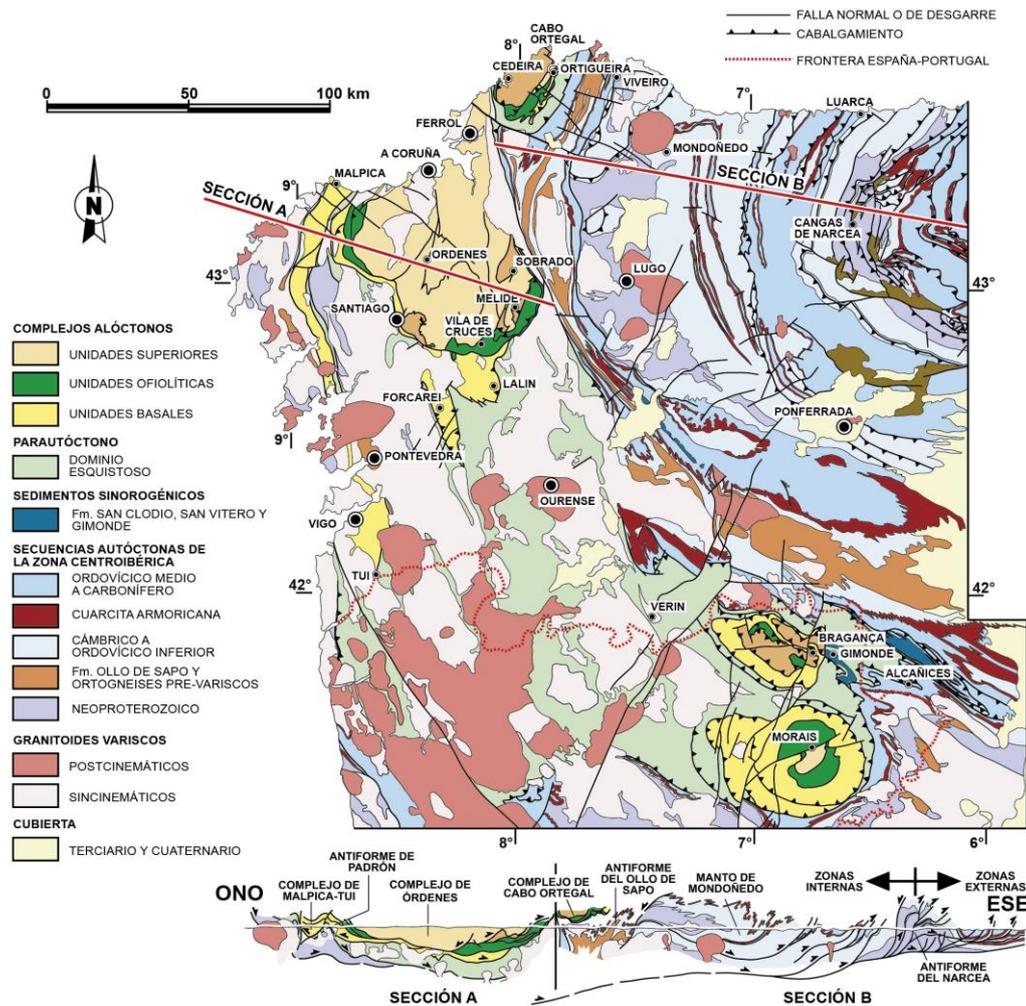


FIGURA 1 Mapa regional de los complejos alóctonos y de su autóctono en el NO del Macizo Ibérico.

En este trabajo presentamos las principales características geoquímicas de los metagranitos de las Unidades Basales, de forma integrada, con el fin de caracterizarlos y poder determinar el contexto tectónico en el que se formaron, lo cual permitirá un mayor conocimiento de las mismas que ayudará a la reconstrucción paleogeográfica de estos terrenos alóctonos.

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

Todos los tipos gnéisicos derivados de granitoides que se encuentran en las Unidades Basales son cuarzo-feldespáticos, de tamaño de grano medio a fino y con frecuente presencia de porfiro-clastos de feldespatos. Una descripción detallada de la mineralogía de estas rocas se puede consultar en los trabajos de Rodríguez Aller (2005) y Montero et al. (2009). A continuación se describen, de más antiguos a más modernos, los distintos tipos de gneises y sus características geoquímicas. Las características petrográficas están referidas, generalmente, a los tipos menos deformados.

Gneises tonalíticos: poco abundantes, suelen ser rocas de tamaño de grano fino constituidas por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, clinopiroxeno, granate, mica blanca y epidotas. Son rocas intermedias con un contenido medio en SiO₂ de 61.29% (n=7), clasificándose en los diagramas de Frost et al. (2001) como rocas magnesianas, cálcicas y meta-aluminosas (ACKN medio 0.91) (Fig.2). En lo que se refiere a los elementos traza, en el diagrama normalizado a los valores de Mc Donough y Sun (1995) (Fig.3), presentan enriquecimiento en elementos incompatibles con anomalías negativas en Nb, Ta y Ti, y positivas en Pb y Zr. La datación de estas rocas mediante U-Pb en zircones proporciona una edad de 494 Ma (Abati et al., 2010).

Gneises granodioríticos: se trata de rocas de tamaño de grano medio con porfiroclastos de feldespatos, su mineralogía está formada por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita, mica blanca, granate y en algunas muestras aparece anfíbol. Por su contenido en SiO₂ son rocas que varían de intermedias a félsicas, con un valor medio de 68.26% (n =13) y transitan de los campos magnésico al férrico y del cálcico al calcoalcalino proyectándose algunas muestras en el campo

alcalino cálcico (Fig. 2), todas las muestras son per-alumínicas (ACKN medio 1.11). En el diagrama normalizado (Fig.3) presentan enriquecimiento en incompatibles con anomalías negativas en Nb y Ti, y positivas en Pb y Zr. La edad de estas rocas es de 489 Ma (Abati et al., 2010; Díez Fernández et al., 2012).

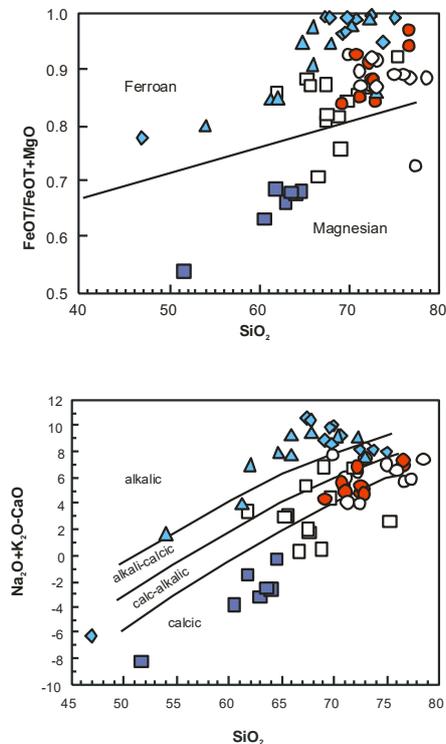


FIGURA 2 Diagramas SiO_2 vs. $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$ y SiO_2 vs. $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$, de Frost et al (2001). Tonalitas: cuadrados llenos. Granodioritas: cuadrados vacíos. Granitos: círculos llenos. Félsicos: círculos vacíos. Alcalinos: triángulos. Peralcalinos: diamantes.

Gneises graníticos: son los volumétricamente más abundantes. Están formados por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita, mica blanca y granate, también aparece anfíbol aunque es escaso. Dentro de este grupo se han diferenciado tipos félsicos caracterizados por una menor cantidad de biotita y mayor de mica blanca. Los contenidos en SiO_2 de los tipos no félsicos son ligeramente menores (media 72.72% $n=10$) que los de los tipos félsicos (media 73.89% $n=12$), y ambos grupos se clasifican (Fig.2) como férrico calco-alcalinos de carácter per-alumínico (ACKN medio en los no félsicos 1.04, y 1.11 para los félsicos). En el diagrama normalizado (Fig. 3) los dos tipos graníticos presentan un mayor enriquecimiento en elementos incompatibles que los dos grupos anteriores, con anomalías negativas en Nb y Ti, y positivas en Pb y Zr. Su edad está comprendida entre 494 - 475 Ma (*op.cit.*).

Gneises peralcalinos: son rocas leucocráticas con feldespato potásico, plagioclasa de composición albítica, cuarzo, riebeckita, biotita, egirina y astrofillita. Hay algunos tipos melanocráticos caracterizados por una mayor abundancia de biotita y anfíbol. Tienen un contenido elevado en SiO_2 (media 70.55% $n=10$), y son rocas férrico alcalinas (Fig.2) de carácter per-alcalino

(valor molecular $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ medio 0.93). Uno de los tipos melanocráticos muestra un contenido en SiO_2 de 46.86%, clasificándose como férrico calco-alcalino de carácter per-alcalino. En el diagrama normalizado (Fig. 3) se puede apreciar que este grupo es el de mayor contenido en trazas y además el más enriquecido en incompatibles, con importantes anomalías negativas en Ba, Sr, P y Ti, y anomalías positivas en Th y Zr. Su edad es de 474 Ma (*op. cit.*).

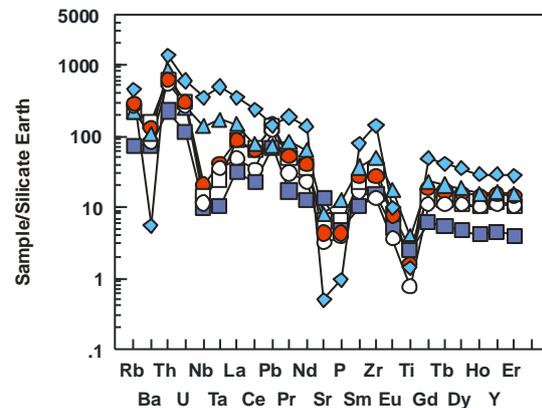


FIGURA 3. Diagrama normalizado a la composición de la Tierra Silicatada de McDonough y Sun (1995). Mismos símbolos que en la figura anterior.

Gneises alcalinos: también son rocas leucocráticas con feldespato potásico, plagioclasa albítica, biotita, anfíbol y granate. Su contenido en SiO_2 es inferior al de los anteriores (media 65.71%, $n=10$), también son férrico alcalinos (Fig. 2) pero en este caso de carácter meta-alumínico (ACKN medio 0.98), aunque los tipos más diferenciados llegan a ser per-alumínicos. En el diagrama normalizado (Fig.3) hay un importante enriquecimiento en elementos incompatibles con anomalías negativas en Ba, Sr y P y positivas en Th y Zr. Su edad es de 472 Ma (Rodríguez et al., 2007).

DISCUSIÓN

Los metagranitos de las Unidades Basales se han agrupado en dos conjuntos, uno constituido por tipos tonalíticos, granodioríticos y graníticos y otro por rocas de carácter alcalino. Estos dos grupos, además de afinidades geoquímicas diferentes, presentan distintas edades con una clara tendencia a ser más antiguos los del primer grupo que los alcalinos y los peralcalinos. Todas estas características han sido interpretadas preliminarmente como una transición progresiva y continua desde un régimen subductivo a uno extensional (Abati et al., 2010; Díez Fernández et al., 2012).

Las características geoquímicas aquí presentadas son compatibles con esta última interpretación. De acuerdo con las mismas, el conjunto de rocas graníticas no alcalinas más antiguas puede considerarse como una serie granítica continua generada en un mismo ambiente y compatible con un margen continental activo, como reflejarían, entre otras características, las anomalías negativas en Nb y Ta. Por otro lado, los mayores

contenidos en Th y Nb de las rocas alcalinas y peralcalinas son más característicos de rocas formadas en un régimen extensional.

La proyección de estas rocas en el diagrama Y-Nb (Pearce et al., 1984) (Fig. 4) favorece esta interpretación, pues las rocas graníticas no alcalinas del Complejo de Malpica-Tui tienden a proyectarse dentro del campo de los granitos de arco volcánico, mientras que las rocas alcalinas y peralcalinas se sitúan en el campo de los granitos intraplaca. Así mismo, el grupo de ortogneises graníticos (félsicos y no félsicos), de edad intermedia entre las tonalitas-granodioritas y los granitos alcalinos-peralcalinos, se proyecta sistemáticamente en posiciones intermedias entre ambos grupos, sugiriendo para ellos un origen híbrido complejo, probablemente ligado a estadios transicionales tras la desactivación de un proceso de subducción y el establecimiento de un nuevo régimen distensivo.

Dentro del marco geodinámico de los Complejos Alóctonos del NO de Galicia, el magmatismo registrado en las Unidades Basales se desarrolló durante un periodo de tiempo comprendido entre los 500 y 475 Ma. La propuesta principal de esta investigación incide en que durante ese período se produjo un cambio gradual en el régimen tectónico, que supuso el final de una etapa de subducción y la apertura de una o varias cuencas oceánicas que jugarán un papel fundamental en el posterior amalgamamiento del supercontinente Pangea. Dentro de las reconstrucciones paleogeográficas de la región, la cuenca ligada a la actividad magmática extensional registrada en las Unidades Basales puede enmarcarse dentro de un régimen global distensivo relacionado con la apertura del Océano Reico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CGL2012-34618 del Ministerio de Economía y Competitividad

REFERENCIAS

- Abati, J., Gerdes, A., Fernández Suárez, J., Arenas, R., Whitehouse, M.J. y Díez Fernández, R. (2010): Magmatism and early-Variscan continental subduction in the northern Gondwana margin recorded in zircons from the basal units of Galicia, NW Spain. *GSA Bulletin* 122 1/2: 219-235
- Arenas, R., Sánchez Martínez, S., Díez Fernández, R., Gerdes, A., Abati, J., Fernández-Suárez, J., Andonaegui, P., González Cuadra, P., López Carmona, A., Albert, R., Fuenlabrada, J.M. y Rubio Pascual, F.J., (en prensa): Allochthonous terranes involved in the Variscan suture of NW Iberia: A review of their origin and tectonothermal evolution. *Earth-Science Reviews*.
- Díez Fernández, R., Martínez Catalán, J.R., Gerdes, A., Abati, J., Arenas, R. y Fernández-Suárez, J. (2010): U-Pb ages of detrital zircons from the Basal allochthonous units of NW Iberia: Provenance and paleoposition on the northern margin of Gondwana

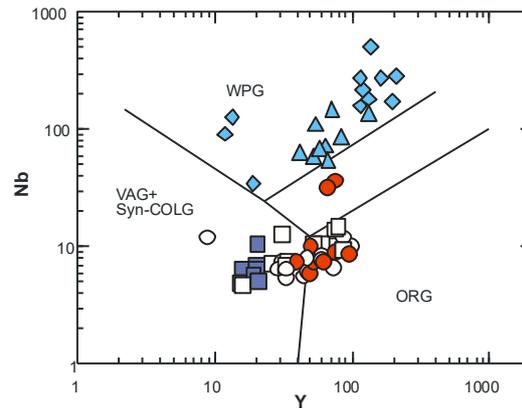


FIGURA 4. Diagrama de clasificación tectónica de granitos de Pearce et al. (1984). VAG: granitos de arco volcánico. Syn-COLG: granitos de orógenos sin-colisionales. WPG: granitos de intraplaca. ORG: granitos de dorsal oceánica.

during the Neoproterozoic and Paleozoic. *Gondwana Research*, 18: 385-399.

- 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.

- Frost, R.B., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J y Frost, C.D. (2001): A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* 42-11: 2033-2048

- McDonough, W.F., y Sun, S.S. (1995): The composition of the Earth. *Chemical Geology* 120: 223-253.

- Montero, P., Bea, F., Corretgé, G., Floor, P. y Whitehouse, M.J. (2009): U-Pb ion microprobe dating and Sr and Nd isotope geology of the Galiñeiro igneous complex. A model for the peraluminous/peralkaline duality of the Cambro-Ordovician magmatism of Iberia. *Lithos* 107: 227-238.

- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. y Tindle, A.G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25: 956-983.

- Rodríguez, J., Paquette, J.L., y Gil Ibarra, J.I. (2007): U-Pb dating of Lower Ordovician alkaline magmatism in the Gondwana margin (Malpica-Tui Complex, Iberian Massif): Latest continental events before oceanic spreading, en Arenas, R., Martínez Catalán, J.R., y Abati, J., eds., *The rootless Variscan suture of NW Iberia (Galicia, Spain): Field trip guide and conference abstracts: International Geological Correlation Programme 497, The Rheic Ocean: Its origin, evolution and correlatives*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España: 163-164.

- Rodríguez Aller J. (2005): Recristalización y deformación de litologías supracorticales sometidas a metamorfismo de alta presión (Complejo de Malpica-Tuy, NO del Macizo Ibérico). Edición do Castro. Laboratorio Xeolóxico de Laxe. Serie Nova Terra 29, 542 p.