

Descripción y resultados preliminares del plutón compuesto de San Xiao, Complejo de Cabo Ortegal (noroeste del Macizo Ibérico)

Description and preliminary results of the San Xiao composite pluton, Cabo Ortegal Complex (northwest of the Iberian Massif)

P. Castiñeiras ⁽¹⁾, P. Andonaegui ⁽¹⁾, R. Arenas ⁽¹⁾ y J.R. Martínez Catalán ⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense, 28040 Madrid, España.

⁽²⁾ Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca, España.

ABSTRACT

The San Xiao composite pluton is a small body intruded in a metasedimentary formation of the Cabo Ortegal Complex upper units, the Cariño Gneisses. In spite of its size, it exhibits spectacular evidence of magma mingling processes. Based on the compositional features of the rocks and their relationships, we distinguish three different igneous units: mafic unit, felsic unit I and felsic unit II. Field evidence suggests that mingling processes occur between the first two units, whereas the third unit cuts them. Preliminary interpretation of geochemical data suggests that this pluton was formed in a mature volcanic arc, from different magmatic sources. This interpretation is compatible with previous models for the Cabo Ortegal upper units origin.

Key words: Composite pluton, mingling, Cabo Ortegal Complex.

Geogaceta, 32 (2002), 111-114
ISSN:0213683X

Introducción

La hibridación de magmas es un importante proceso en la evolución de muchas asociaciones plutónicas y volcánicas (Didier y Barbarin, 1991; Bateman, 1995). En función del grado de hibridación, este proceso puede subdividirse en *mixing*, cuando los diferentes magmas pierden su identidad y se convierten en un magma híbrido homogéneo, o *mingling*, cuando se reconocen las características de los magmas que interactúan (Sparks y Marshall, 1986; Zorpi et al., 1989).

En este trabajo se presentan por primera vez evidencias de campo que demuestran que el plutón compuesto de San Xiao se ha formado por un proceso de *mingling* entre dos magmas de composiciones contrastadas. Además, se presentan algunos datos preliminares de geoquímica de roca total que sugieren que se trata de un plutón formado en un ambiente de arco volcánico.

Encuadre geológico

El plutón compuesto de San Xiao (PCSX) aflora en un acantilado que se encuentra al este del Cabo Ortegal, en las

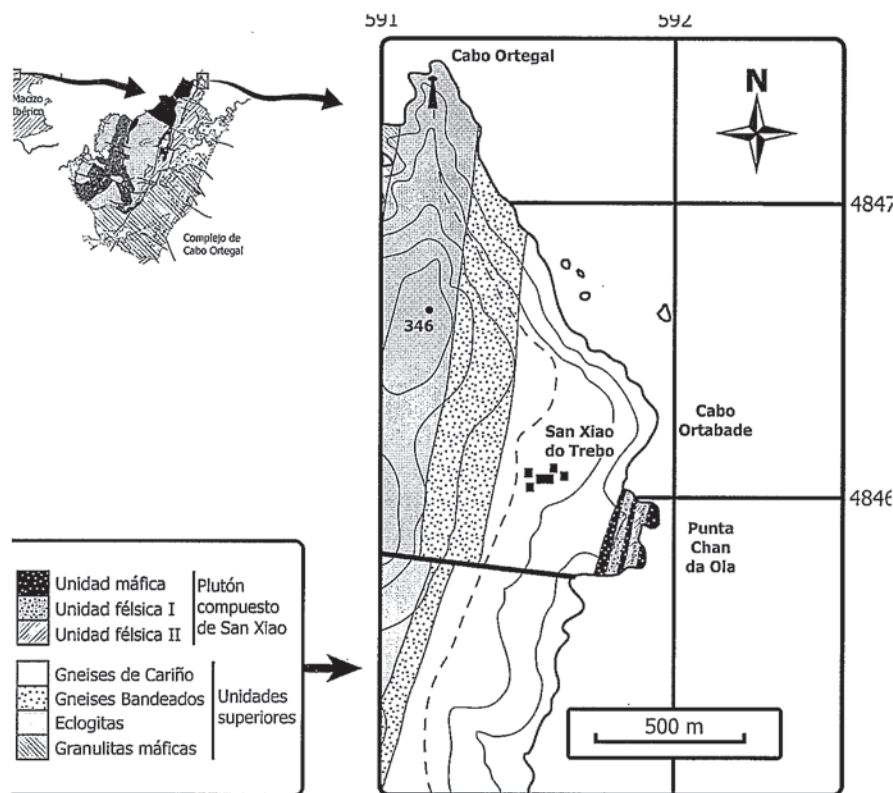


Fig. 1.- Mapa geológico del plutón compuesto de San Xiao. La cartografía de las unidades superiores está tomada de Vogel (1967).

Fig. 1.- Geologic map of the San Xiao composite pluton. Upper units cartography after Vogel (1967).

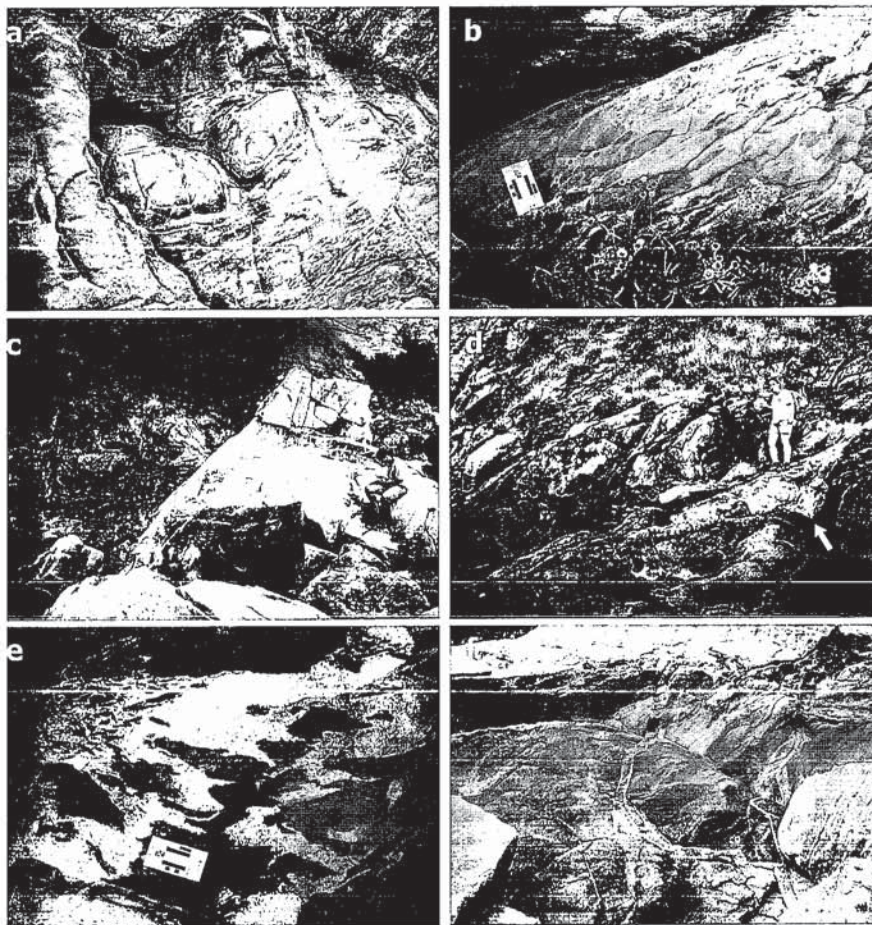


Fig. 2.- Diversos aspectos de campo del PCSX: a, rocas máficas que desarrollan la típica estructura en "capas de cebolla"; b, fragmentos de rocas máficas incluidos dentro de la unidad félsica I; c, dique de la unidad félsica II; d, pegmatita (flecha blanca) que intruye a la unidad máfica; e, mingling entre la unidad máfica (abajo a la derecha) y la unidad félsica I, los fragmentos máficos son de menor tamaño y morfología abusada hacia la parte izquierda de la foto; f, pequeños diques de la unidad félsica II que intruyen en la unidad máfica.

Fig. 2.- Different field aspects of the PCSX: a, mafic rocks which exhibit the typical onion exfoliation structure; b, mafic rocks fragments included inside the felsic unit I; c, felsic unit II dyke; d, pegmatite (white arrow) intruding the mafic unit; e, mingling structures between the mafic unit (right below) and the felsic unit I, the mafic fragments are smaller and pillow-like towards the left side of the photograph; f, small dykes of the felsic unit II intruding the mafic unit.

proximidades de la localidad de San Xiao do Trebo, y constituye el mayor cuerpo de origen ígneo que aparece incluido en la formación de Gneises de Cariño (Vogel, 1967). Estos gneises se encuentran en la parte estructuralmente más alta de las unidades superiores del Complejo de Cabo Ortegal, que están constituidas por una asociación litológica muy variada. Dentro de estas unidades aparecen rocas ultramáficas (macizos de Limo, Herbeira y Uzal), rocas máficas en facies de las granulitas (formación Bacariza) y eclogitas (eclogitas de Concepenido), y varias formaciones metasedimentarias que se han diferenciado clásicamente por las condiciones metamórficas que han registrado (Gneises de Chimparrá, facies de las granulitas; Gneises Bandeados, facies de las eclogitas; Gneises de Cariño, facies

de las anfibolitas) (Vogel, 1967; Bastida et al., 1984; Arenas et al., 1986). Teniendo en cuenta la geoquímica de las rocas máficas, la naturaleza bimodal del magmatismo y la abundancia de metasedimentos, Martínez Catalán et al. (1999) han propuesto que el origen de estas unidades superiores está relacionado con un ambiente tectónico complejo, en el que se simultanea un proceso de *rifting* en el margen continental de Gondwana con un arco volcánico asociado.

Descripción del plutón compuesto de San Xiao

El PCSX (Fig. 1) es un cuerpo de unos 125 m de espesor y unos 400 m de longitud, aunque su tamaño real es desconocido, al estar su afloramiento truncado

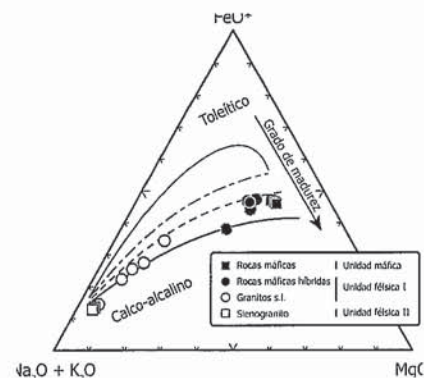


Fig. 3.- Diagrama AFM para las rocas del PCSX en el que se han representado las pautas que definen diversos arcos volcánicos en función del grado de madurez (en Brown, 1982), de arriba a abajo, Tonga-Marianas-Sandwich (menos maduro), Aleutianas-Antillas menores, Nueva Zelanda-México-Japón, Cascades-norte de Chile-Nueva Guinea (más maduro).

Fig. 3.- AFM diagram for the PCSX rocks in which the paths defining different volcanic arcs as a function of arc maturity (in Brown, 1982) have been represented, from top to bottom, Tonga-Marianas-Sandwich (less mature), Aleutians-Lesser Antilles, New Zealand-Mexico-Japan, Cascades-northern Chile-New Guinea (more mature).

por el mar. A pesar de las espectaculares estructuras de mezcla de magmas que presenta, este plutón apenas ha recibido la atención de los investigadores que han trabajado en los Complejos Alóctonos del noroeste peninsular, y sólo aparece someramente descrito en dos trabajos. En el primero de ellos (Vogel, 1967), únicamente se diferencian dos tipos rocosos, metagabros y pegmatitas de composición granítica. En el segundo (Basterra et al., 1989), se presenta una cartografía en la que se distinguen rocas de composición gabroica a cuarzodiorítica, con algunos diferenciados aplitoides.

En el presente trabajo se reconocen tres unidades dentro del PCSX, en función de la composición de las rocas que las componen y de las relaciones que existen entre ellas. La primera de ellas (unidad máfica) está constituida predominantemente por rocas máficas (Fig. 2a). La segunda (unidad félsica I) está formada por rocas félsicas que muestran evidencias de haber interactuado con la primera unidad (Fig. 2b). Finalmente, la tercera (unidad félsica II) estaría constituida por un dique félsico tardío que corta a las unidades anteriores (Fig. 2c), acompañado por pequeños cuerpos de pegmatitas (Fig. 2d).

Todas estas unidades están afectadas por zonas de cizalla que transfor-

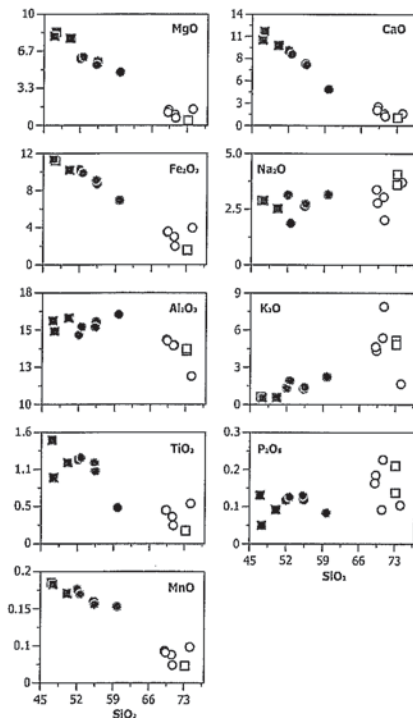


Fig. 4.- Diagramas Harker para las rocas del PCSX. Símbolos como en la figura anterior.

Fig. 4.- Harker diagrams for the PCSX rocks. Symbols as in the previous figure.

man las rocas máficas en anfibolitas con granate y generan el desarrollo de fábricas gnéisicas en las rocas félsicas y las pegmatitas.

La unidad máfica está transformada casi totalmente a anfibolitas, aunque suelen preservar su textura ígnea en los sectores que no están afectados por la deformación. La unidad félsica I está constituida por granodioritas y granitos que incluyen gran cantidad de fragmentos de la unidad máfica de tamaño y morfología variables. Estos fragmentos son más grandes y tienen morfologías angulosas en las proximidades de la unidad máfica, mientras que los que han sido más transportados por el magma resultan ser más pequeños y adquieren morfologías ahusadas (Fig. 2e). Por lo general, los fragmentos máficos suelen tener los bordes enfriados debido al contraste de temperaturas entre ambos magmas. Estos fragmentos pueden ser rocas máficas de composición variable o rocas félsicas en las que la biotita es muy abundante. La unidad félsica II está constituida por sienogranitos que intruyen en el conjunto anterior formando un cuerpo tabular que tiene un espesor máximo de unos cinco metros. El contacto con la unidad máfica es neto, y en ocasiones aprovecha fractu-

ras para formar pequeñas ramificaciones (Fig. 2f) en las que, cuando el espacio es suficientemente grande, cristalizan cuerpos pegmatíticos.

Petrografía

A continuación se describen las características petrográficas de las litologías más representativas de las unidades diferenciadas.

Unidad máfica

La mineralogía principal de los metabasos que integran esta unidad está constituida por anfibol, plagioclasa y biotita, con apatito, circón y opacos como mineralogía accesoria. Los minerales máficos de la roca original están completamente reemplazados por anfibol. No obstante, se preserva una textura ígnea relict, de tipo ofítico, en la que las plagioclasas forman cristales idiomorfos con macla polisintética. La biotita es escasa y suele presentar opacos en sus bordes. Los opacos son relativamente abundantes.

Cuando estas rocas están afectadas por zonas de cizalla se genera una foliación definida por la orientación de los cristales de anfibol. En esta foliación crece granate en cristales de diverso tamaño y asociado generalmente a la biotita. La plagioclasa forma cristales maclados que suelen estar alterados a sericita.

Unidad félsica I

En esta unidad aparecen rocas de composición granítica (granitos y granodioritas) que hospedan gran cantidad de fragmentos de la unidad anterior. Estas rocas tienen una mineralogía principal formada por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita, con gran cantidad de minerales accesorios, como circón, apatito, monacita y allanita (escasa). También se encuentra moscovita formando cristales tardíos. La textura general suele ser holocristalina, inequigranular seriada, panalotriomorfa. En ocasiones, pueden presentar una fábrica planar poco marcada, con una foliación definida principalmente por la biotita. Las plagioclasas suelen ser pequeños cristales subredondeados y presentan gran cantidad de texturas mirmequíticas, que desaparecen cuando la roca está orientada. El cuarzo es alotriomorfo y muy abundante, a veces formando grandes cristales. El feldespato potásico es microclina y puede encontrarse también en grandes cristales subidiomorfos que en algún caso presentan la macla de Carlsbad. El circón aparece incluido en cristales de biotita. El apatito se encuentra en cristales distribuidos por toda la roca y es relativamente abundante.

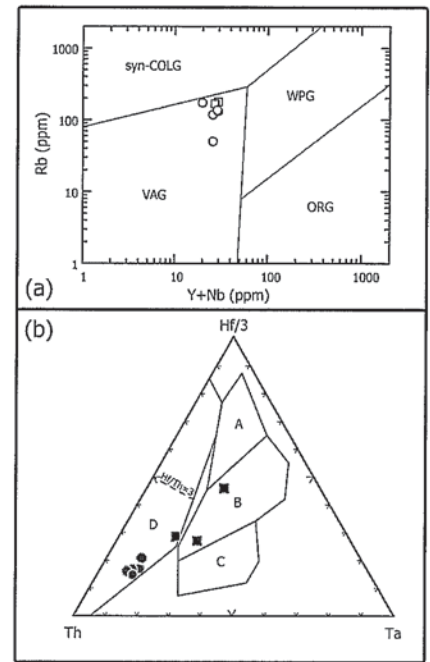


Fig. 5.- Diagramas de discriminación del ambiente tectónico con elementos menores. (a) Rb vs. Y+Nb de Pearce et al. (1984) para rocas de composición granítica. Campos definidos en el texto. (b) Th-Hf/3-Ta de Wood (1980) para rocas basálticas. Campo A, N-MORB; campo B, E-MORB y toleías de intraplaca; campo C, basaltos alcalinos de intraplaca; campo D, si $Hf/Th > 3$ basaltos toleíticos, si $Hf/Th < 3$ basaltos calcocalcinos. Símbolos como en la Fig. 3.

Fig. 5.- Trace element tectonic discrimination diagrams. (a) Rb vs. Y+Nb after Pearce et al. (1984) for granitic rocks. Fields defined on the text. (b) Th-Hf/3-Ta after Wood (1980) for basaltic rocks. A field, N-MORB; B field, E-MORB and within plate tholeiites; C field, within plate alkaline basalts; D, if $Hf/Th > 3$, tholeiite basalts; if $Hf/Th < 3$, calc-alkaline basalts. Symbols as in Fig. 3.

Las rocas máficas que han interactuado con las rocas de esta unidad (rocas máficas híbridadas en los diagramas) se distinguen porque tienen una gran cantidad de cuarzo y biotita, que varía según el grado de hibridación. Cuando no están deformadas, se reconoce en estas rocas una textura ígnea relict de tipo ofítico. La plagioclasa desarrolla zonados complejos, texturas mirmequíticas y parches de cuarzo. También presentan abundante apatito acicular y algunos cristales aislados de feldespato potásico.

Unidad félsica II

El dique que constituye esta unidad es un sienogranito. La mineralogía principal la componen cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y moscovita, con circón, apatito y monacita como minerales

accesorios. La textura general de esta roca de grano medio es holocristalina, inequigranular y subidiomorfa. El cuarzo es abundante, de textura alotriomorfa y aparece rellenando huecos. Algunos cristales pueden alcanzar gran tamaño. El feldespato potásico es subidiomorfo y es también muy abundante, con algunos cristales de gran tamaño y maclas de Carlsbad. En el caso de la plagioclasa, se pueden distinguir dos generaciones, una primera de cristales de mayor tamaño que presentan macla polisintética y ocasionalmente bordes mirmequíticos, y una segunda generación de cristales subredondeados más pequeños que presentan texturas mirmequíticas. Moscovita y biotita aparecen más o menos en la misma proporción, formando cristales subidiomorfos sin orientación dentro de la roca. La moscovita puede presentar terminaciones simplectíticas. Los minerales accesorios son abundantes y aparecen dispersos por toda la roca.

Geoquímica

Para caracterizar la geoquímica de estas rocas se escogieron 15 muestras representativas de las distintas litologías que se encuentran en el PCSX. Los análisis se realizaron en los laboratorios del *Department of Earth Sciences* de la Universidad de Bristol, gracias al programa *Access to Research Infrastructure action of the Improving Human Potential* de la Unión Europea.

En un diagrama AFM (Fig. 3) estas rocas definen una pauta similar a los arcos insulares maduros de Nueva Zelanda, México, Japón y el oeste americano (Brown, 1982). Al representar los elementos mayores en diagramas de Harker (Fig. 4) se puede apreciar que en la mayoría de los casos definen pautas típicas de evolución (disminución de MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{t})$, CaO , TiO_2 y MnO ; aumento de K_2O ; pequeñas variaciones de Al_2O_3 , Na_2O y P_2O_5). También resulta notable el hecho de que los términos que definen esa evolución sean los máficos. Esto sugiere que el mecanismo de hibridación ha sido por un proceso de mezcla por inyección magmática, ya que en la hibridación por un proceso de convección es característica la evolución de los términos félsicos, tal como describen Castro et al. (1994). Además, la presencia de dos poblaciones en función del contenido en SiO_2 significa que el proceso de mezcla no ha sido completo (Xu et al., 1999).

Por otro lado, se han utilizado diversos diagramas de discriminación del ambiente tectónico con elementos menores para intentar conocer el contexto en el que se han generado estas rocas. Se han representado las rocas félsicas en el diagrama Rb vs. Y+Nb de Pearce et al. (1984) y se puede apreciar (Fig. 5a) que se agrupan todas dentro del campo VAG (granitos de arco volcánico). Según Rollinson (1993) éste es el diagrama discriminante más eficiente para distinguir entre granitos sin-colisionales (syn-COLG), granitos intraplaca (WPG), granitos de dorsal oceánica (ORG) y granitos de arco volcánico. Para las rocas máficas y sus productos de hibridación con las rocas de la unidad félsica I se ha utilizado el diagrama ternario Th-Hf/3-Ta de Wood (1980), y resulta patente (Fig. 5b) la diferencia que existe entre ambos tipos de rocas, que se concentran en dos poblaciones; las rocas máficas que preservan una textura ígnea relictas se proyectan dentro del campo de los E-MORB, mientras que las rocas máficas que muestran evidencias de hibridación se proyectan dentro del campo de basaltos calcoalcalinos de márgenes de placa destructivos.

Discusión y conclusiones

Las evidencias de campo, los datos geoquímicos de roca total y la geología regional sugieren que el PCSX es el resultado de la hibridación de dos magmas de composición contrastada, formados a partir de fuentes diferentes que son compatibles con un ambiente geodinámico de arco volcánico con una zona de subducción acoplada. Por un lado, las rocas máficas se podrían haber generado a partir de una fuente MORB, enriquecida probablemente por los fluidos que se infiltran en la cuña mantélica situada por encima de la zona de subducción. Por otro lado, el origen de las rocas félsicas estaría relacionado con la fusión cortical provocada por el intenso magmatismo que se produce en los arcos volcánicos. Al encontrarse ambos magmas se originó una hibridación parcial que resulta evidente por las estructuras de *mingling* generadas y por los datos geoquímicos. Además, diversos autores (Martínez Catalán et al., 1999; Abati, 2000) han propuesto un ambiente geodinámico para las unidades superiores de los Complejos Alóctonos de noroeste de Macizo Ibérico similar al que se propone en este trabajo para la formación del plutón compuesto de San Xiao.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto PB97-0234-CO2 de la DGI-CYT. Agradecemos el soporte facilitado por el programa *Access to Research Infrastructure action of the Improving Human Potential* de la Unión Europea para la obtención de los datos de geoquímica de roca total en el *Department of Earth Sciences* de la Universidad de Bristol.

Referencias

- Abati, J. (2000): Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid. 200 pp.
- Arenas, R.; Gil Ibarguchi, J.I.; González Lodeiro, F.; Klein, E.; Martínez Catalán, J.R.; Ortega Gironés, E.; de Pablo Maciá, J.G. y Peinado, M. (1986): *Hercynica*, II, 87-110.
- Basterra, R.; Cassi, J.M.; Pérez San Román, L.; Tascón, A. y Gil Ibarguchi, J.I. (1989): *Stud. Geol. Salmant. Univ. Salamanca*, 4, 131-144.
- Bastida, F.; Marcos, A.; Marquín, J.; Pérez-Estaún, A. y Pulgar, J.A. (1984): *Mapa y memoria explicativa de la hoja I (A Coruña) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:200.000*, IGME.
- Bateman, R. (1995): *Earth Sci. Rev.*, 39, 91-106.
- Brown, G.C. (1982): *Andesites*. John Wiley & Sons, 437-461.
- Castro, A.; Moreno-Ventas, I. y de la Rosa, J.D. (1994): *Bol. Geol. Min.*, 105, 63-83.
- Didier, J. y Barbarin, B. (1991): *Developments in petrology*, 13, 625 pp.
- Martínez Catalán, J.R.; Arenas, R.; Díaz García, F. y Abati, J. (1999): *Basement Tectonics*, Kluwer, 13, 65-84.
- Pearce, J.A.; Harris, N.B.W. y Tindle, A.G. (1984): *Jour. Petrol.*, 25, 956-983.
- Sparks, R.S.J. y Marshall, L.A. (1986): *Jour. Volcanol. Geoth. Res.*, 29, 99-124.
- Rollinson, H. (1993): *Using geochemical data*. Prentice Hall. 352 pp.
- Vogel, D.E. (1967): *Leidse Geol. Meded.*, 40, 121-213.
- Wood, D.A. (1980): *Earth Planet. Sci. Letters*, 50, 11-30.
- Xu, X.; Dong, Ch.; Li, W. y Zhou, X. (1999): *Lithos*, 46, 299-315.
- Zorpi, M.J.; Coulon, C.; Orsini, J.B. y Cocirca, C. (1989): *Tectonophysics*, 157, 315-329.