

# Morfología de circones vs. filiación geoquímica de rocas metavolcánicas en el Antiforme del Narcea (N de España)

Zircon morphology vs. geochemical signature in meta-volcanic rocks of the Narcea Antiform (N Spain)

A. Rubio-Ordóñez <sup>(1)</sup>, A. Cuesta <sup>(1)</sup>, G. Gallastegui <sup>(1)</sup>, O. Suárez <sup>(1)</sup>, J. P. Pupin <sup>(3)</sup> y L. G. Corretgé <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Oviedo, C) Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo. arubio@geol.uniovi.es.

<sup>(2)</sup> Instituto Geológico y Minero de España, Parque Científico, Avda. Real 1, 24006 León.

<sup>(3)</sup> Universidad de Nice Sophia Antipolis (Francia).

## ABSTRACT

In the Narcea Antiform, both Ediacaran upper volcanic series and volcanic clasts in the overlying Cambrian micro-conglomerates, show geochemistry between those of calc-alkaline and alkaline series in the TAS diagram, and a mainly calc-alkaline trend in the Zr/TiO<sub>2</sub>-Nb/Y diagram. However, zircons reveal a common high temperature nature of the crystals and have overall characteristics typical of alkaline magmas. Such an apparent contradiction can be interpreted as a result of a change in the tectonic conditions. This would account for the mixed characteristics of rocks having a calc-alkaline geochemical signature but with an alkaline mineral assemblage. Moreover, zircon morphology has turned out to be an interesting clue to resolve the petrographical and geochemical discrimination in low-grade metamorphosed paleovolcanic rocks.

Key words: Zircon morphology, meta-volcanic rocks, Neoproterozoic-Cambrian, Narcea Antiform, Iberian Massif

Geogaceta, 40 (2006), 143-146

ISSN: 0213683X

## Introducción

El estudio de rocas paleovolcánicas deformadas y afectadas por metamorfismo, plantea en muchos casos serios problemas de tipificación tanto petrográfica como geoquímica. Sin embargo el estudio de la morfología de circones realizado en rocas volcánicas de edad Neoproterozoico Superior y en cantos volcánicos del Cámbrico basal en el Antiforme del Narcea, se ha revelado como de gran valor a la hora de precisar la filiación geoquímica del magmatismo.

## Marco geológico

El Antiforme del Narcea (Julivert, 1971), uno de los mayores afloramientos de rocas neoproterozoicas del Macizo Varisco Ibérico, se localiza en el límite entre las zonas externas (Zona Cantábrica) e internas (Zona Asturoccidental-Leonesa) de la cadena (Gutiérrez-Alonso *et al.*, 1990) (Fig. 1). Estas rocas están afectadas por una intensa deformación polifásica (Gutiérrez-Alonso, 1992) y un metamorfismo hercínico de bajo grado (Suárez *et al.*, 1990; Gutiérrez-Alonso, 1992; Gutiérrez-Alonso y Nieto, 1996).

La serie neoproterozoica del Antiforme del Narcea está dividida en dos unida-

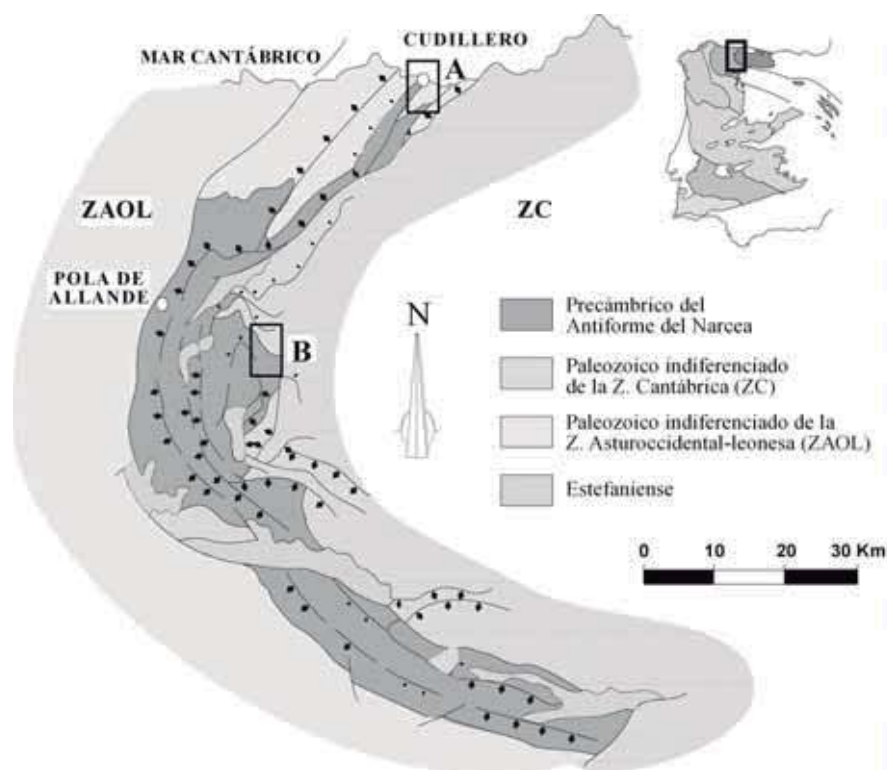


Fig. 1.- Esquema geológico del Precámbrico del Antiforme del Narcea simplificado y modificado a partir de Pérez Estaún (1990) y localización de los sectores estudiados (A y B).

Fig. 1.- Geological sketch map of the Precambrian Narcea Antiform after Pérez Estaún (1990) and study areas localization (A and B).

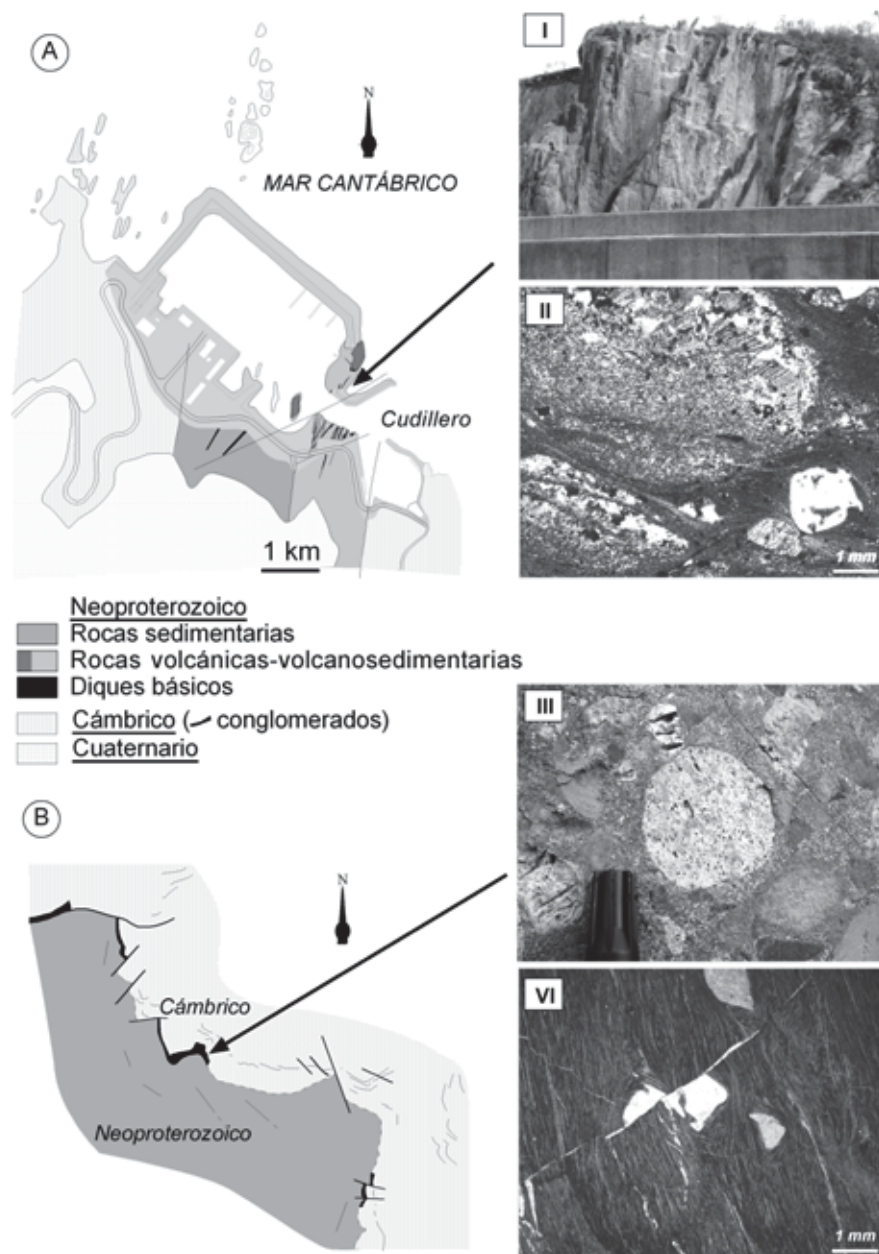


Fig. 2.- Esquemas cartográficos y posición de las muestras de los sectores estudiados. A) Puerto de Cudillero: I. Lapilli accretionado cortado por diques basálticos. II. Fotomicrografía del lapilli accretionado anterior. B) Contacto Cámbrico-Precámbrico y localización de los conglomerados volcánicos (negro). III. Canto de riolita en los conglomerados volcánicos. VI. Fotomicrografía de un clasto de ignimbrita riolítica.

Fig. 2.- Schematic cartographies and position of the samples in the study areas. A) Cudillero Harbour: I- Photograph of an armored tuff cross-cut by basaltic dikes, II- Photomicrograph of previous rhyolitic armored tuff. B) Cambrian-Precambrian contact and position of the volcanic conglomerates (black): III. Photograph of the Cambrian conglomeratic unit, with a rhyolitic clast. VI. Photomicrograph of a rhyolitic ignimbrite clast.

des (Gutiérrez-Alonso y Fernández-Suárez, 1996), una unidad inferior constituida principalmente por rocas volcanogénicas y volcanosedimentarias denominada Unidad de Tineo (Gutiérrez-Alonso, 1992), y una unidad superior de naturaleza claramente sedimentaria con escasa participación volcánica o Unidad del Narcea. A su vez, la Unidad de Tineo está

constituida por dos series. La inferior es volcánica-volcanoclástica con escasa participación sedimentaria donde intruyen varios cuerpos plutónicos, con edades de alrededor de 600 Ma (Fernández-Suárez *et al.*, 1998). La superior está constituida por un volcanismo submarino de naturaleza intermedia a ácida y escasa potencia (Cuesta *et al.*, 2004), cuya edad

es de  $559 \pm 3$  Ma (Gutiérrez-Alonso *et al.*, 2004), intercalado en un conjunto fundamentalmente sedimentario.

Sobre ambas series se sitúan de manera discordante los materiales siliciclásticos del Cámbrico basal, que en algunos lugares está constituido por un conglomerado polimítico con un contenido variable en cantos de naturaleza volcánica (Parga y Luque, 1971).

### Los materiales estudiados

Este trabajo se centra en el estudio de rocas volcánicas neoproterozoicas de la Unidad de Tineo y de cantos volcánicos de composición similar incluidos en el Cámbrico basal sobre la Unidad del Narcea (Sectores A y B, Fig. 1).

**Sector A.** Corresponde al afloramiento de rocas volcánicas de la villa de Cudillero, en el extremo norte del Antiforme (Fig. 2A). El conjunto no supera los 500 m de sección y está integrado por una serie inferior sedimentaria, formada por una alternancia de pizarras, limolitas y areniscas de grano fino, con pequeñas intercalaciones de carácter volcanoclástico, y una serie superior de naturaleza volcánica y composición principalmente riolítica. La serie volcánica está constituida por una alternancia de brechas pumíticas con matriz tobácea y abundantes cantos líticos en las bases, y algunas coladas lávicas cuya proporción aumenta hacia el techo de la serie. En los últimos 20 m se intercala un nivel de 1-3 m de espesor de lapilli accretionado y con granoclasificación positiva (Fig. 2 A. I y II). Las rocas volcánicas están intruidas por dos pequeños cuerpos de naturaleza diorítica y todo el conjunto está atravesado por una red de diques de naturaleza básica, más frecuentes en la serie volcánica (Nieto-Fernández, F. J., 1997; Nieto-Fernández *et al.*, 1998; Cuesta *et al.*, 2004).

**Sector B.** En el flanco este del Antiforme del Narcea, a techo de la secuencia neoproterozoica, afloran de forma discordante sobre la Unidad del Narcea materiales siliciclásticos de la Fm. Herrería de edad Cámbrico Inferior (Pallacios y Vidal, 1992). A lo largo de una extensión de 10 km la base está constituida por cuerpos conglomeráticos de espesor variable (Fig. 2 B), interpretados como "debris flow" cohesivos y canales "braided" (Rubio *et al.*, 2004). Gran parte de los clastos son rocas volcánicas de carácter tobáceo, algunas ignimbriticas, y composición riolítica, además de algunas dacitas y andesitas (Fig. 2B III y VI), afectadas por una intensa alteración hidrotermal.

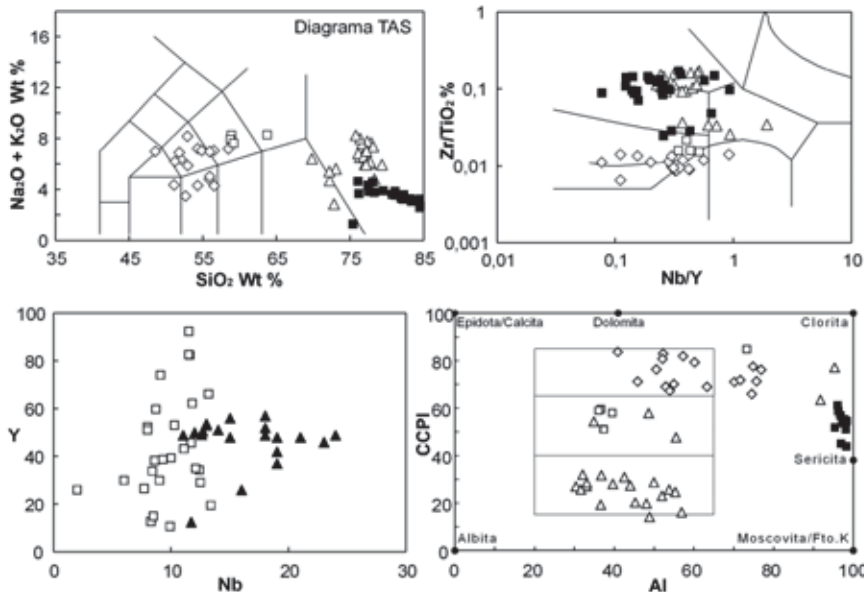


Fig. 3.- Proyección de las rocas volcánicas-volcanoclasticas ediacarienses (Rombos blancos: diques. Cuadros blancos: dioritas. Triángulos blancos: tuff-lavas) y de los cantos volcánicos de los conglomerados basales cámbricos (Cuadros negros) en los diagramas  $Na_2O+K_2O$  vs.  $SiO_2$  (Le Bas *et al.*, 1986),  $Zr/TiO_2$  vs.  $Nb/Y$  (Winchester y Floyd, 1977),  $Y$  vs.  $Nb$  y  $CCPI$  vs.  $AI$  (Large *et al.*, 2001).

Fig. 3.- Plot of both ediacarian volcanic-volcaniclastic rocks (Open rhombs: dikes. Open squares: diorites. Open triangles: tuff-lavas) and volcanic clasts of basal cambrian microconglomerates (Black squares) in the  $Na_2O+K_2O$  vs.  $SiO_2$  (Le Bas *et al.*, 1986),  $Zr/TiO_2$  vs.  $Nb/Y$  (Winchester and Floyd, 1977),  $Y$  vs.  $Nb$  and  $CCPI$  vs.  $AI$  (Large *et al.*, 2001) diagrams.

**Tipificación geoquímica**

En el diagrama TAS (Le Bas *et al.*, 1986), las rocas lávicas y lapillis acrecionados de la serie neoproterozoica de Cudillero y los cantos volcánicos de los conglomerados cámbricos son mayoritariamente de composición riolítica, aunque éstos últimos son algo más pobres en  $Na_2O$  y ricos en  $SiO_2$ . Las rocas básicas - intermedias de Cudillero (diques e intrusiones dioríticas) muestran una composición transicional entre la de las series calcoalcalinas y alcalinas (Fig. 3). Sin embargo en el diagrama  $Zr/TiO_2$  frente a  $Nb/Y$  (Winchester y Floyd, 1977)

todo el conjunto se ajusta, salvo alguna excepción, a la composición de las asociaciones calcoalcalinas (Fig. 3). En este diagrama existe un notable solapamiento entre las rocas ácidas neoproterozoicas y los cantos volcánicos de los conglomerados cámbricos, mientras que otros elementos como  $Y$  y  $Nb$  (Fig. 3) discriminan ambos tipos de rocas; las primeras se caracterizan por una variación en el contenido en  $Nb$  para contenidos casi constantes en  $Y$  mientras que los cantos volcánicos del conglomerado cámbrico presentan una variación inversa.

En el diagrama de alteración AI (índice de alteración; Ishikawa, 1976 (en:

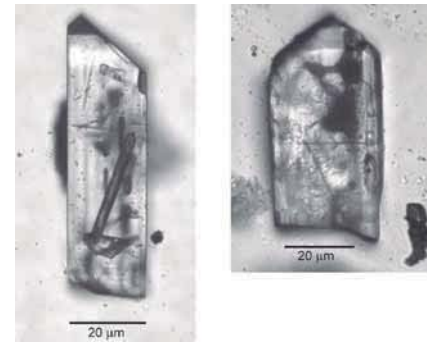


Fig. 4.- Aspecto morfológico de los circones de alta temperatura con inclusiones de apatito y vidrio volcánico.

Fig. 4.- Morphologic aspect of high temperature zircons with apatite and glass inclusions.

Large *et al.* (2001)) frente a  $CCPI$  (índice clorita-calcita-pirita) de Large *et al.* (2001) las rocas neoproterozoicas de Cudillero no muestran signos de alteración hidrotermal, mientras que los cantos volcánicos del conglomerado cámbrico evidencian una fuerte alteración sericitica.

**Tipología de circones**

El análisis morfológico de los circones se ha realizado en tres muestras según la metodología de Pupin y Turco (1972). Una de las muestras pertenece al conjunto volcánico Neoproterozoico del puerto de Cudillero. Las otras dos muestras corresponden a cantos volcánicos del conglomerado basal del Cámbrico discordante.

Roca volcánica del Neoproterozoico de Cudillero: El estudio morfológico de circones se ha realizado en un lapilli acrecionado (Fig. 2 A. I y II) constituido por nódulos más o menos redondeados de hasta 14 mm de diámetro, rodeados por una mesostasis microporfídica de cuarzo volcánico, plagioclasa y sericita. Los nódulos están constituidos por una matriz

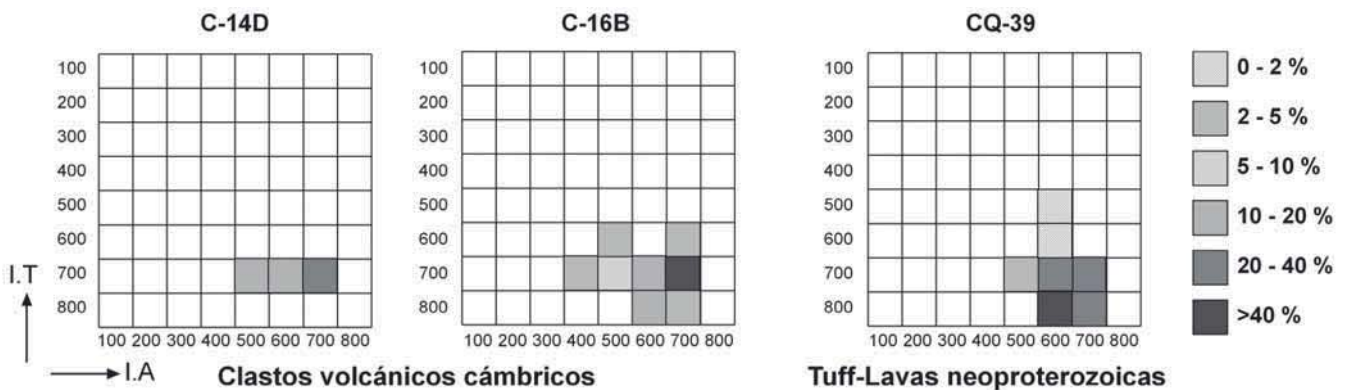


Fig. 5.- Distribución tipológica de las poblaciones de circones en el diagrama I.A - I.T (Pupin y Turco, 1972).

Fig. 5.- Zircon population distribution in the A.I - T.I (Pupin and Turco, 1972) diagram.



microcristalina silícea con algo de sericita y fenocristales algo mayores que la mesostasis. Además, presentan una recristalización parcial de la matriz que indica una cierta polaridad (Fig. 2 A. II). Esta roca presenta una deformación penetrativa, con desarrollo de planos de esquistosidad, lo que unido a su textura nodulosa le confiere un falso aspecto neísico.

Conglomerado volcánico Cámbrico (Fig. 2 B. III y VI): Debido a la escasa población de circones obtenida, la identificación morfológica se ha efectuado sobre dos muestras. En un caso se trata de un canto dacítico constituido por fenocristales de plagioclasa (20%), cuarzo (10%), minerales máficos alterados (10%), fragmentos de rocas volcánicas (10%) y "shards" vítreos aplastados. Presenta una textura de recristalización de tipo "patching", aunque se conservan relictos de una textura esferulítica previa. La otra muestra es una riolita constituida por cuarzo (35%), feldespato (15%), minerales máficos alterados (10%) y "shards" vítreos aplastados. Presenta una textura de recristalización incipiente tipo "paching". Ambas rocas presentan una alteración sericítica importante que junto a la formación de hematites sustituye a las plagioclasas, y una incipiente alteración silícea.

En las tres muestras estudiadas los circones presentan características muy similares. Son cristales con tamaños medios de 120  $\mu\text{m}$  y color rosa pálido; desarrollan caras externas con defectos de crecimiento y engloban abundantes inclusiones de apatito y vidrio volcánico (Fig. 4). Se ha representado la distribución de las diferentes poblaciones de circones en el diagrama de frecuencia IA-IT de Pupin y Turco (1972). Las poblaciones muestran unos índices A y T similares cuyos valores medios se sitúan respectivamente en torno a 650 y 710, correspondiendo al tipo morfológico P5 (Fig. 5). De acuerdo con los valores obtenidos los circones habrían cristalizado a alta temperatura (> 800  $^{\circ}\text{C}$ ). Además son comparables a los circones formados en magmas de naturaleza alcalina (Pupin, 1978; Baouch *et al.*, 1990), como también puede observarse en la figura 6, en la que se han representado los índices A-T de circones de diferentes riolitas.

## Conclusiones

Las rocas volcánicas de naturaleza básica-intermedia neoproterozoicas (Ediacariense superior) de la Serie de

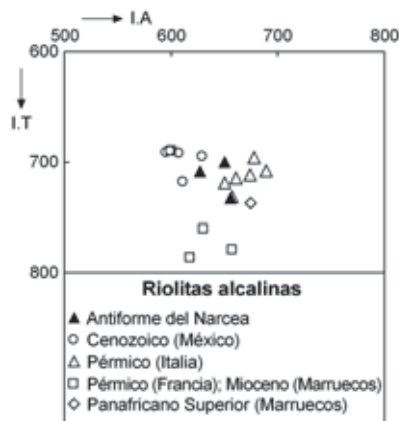


Fig. 6.- Poblaciones de circones representativas de diferentes riolitas alcalinas en el diagrama IA. - IT (Pupin y Turco, 1972).

Fig. 6.- Representative zircon populations of different alkaline rhyolites in the Pupin and Turco (1972) diagram.

Tineo, que afloran en el extremo norte del Antiforme del Narcea (sector de Cudillero) muestran características geoquímicas transicionales entre magmas calcoalcalinos y alcalinos en el diagrama TAS. Tanto estas rocas como las rocas riolíticas de dicho sector (lapillis acreionados y lavas) y los cantos volcánicos de los conglomerados basales cámbricos tienen una composición calcoalcalina en el diagrama  $\text{Zr}/\text{TiO}_2$  frente a  $\text{Nb}/\text{Y}$ . Sin embargo, los circones cristalizados a alta  $T^a$  en ambos tipos de riolitas son característicos de magmas de filiación alcalina. Esta aparente contradicción podría ser atribuida a procesos de alteración que habrían modificado la composición del magma original pero, mientras que los cantos volcánicos del cámbrico basal están afectados por una fuerte alteración hidrotermal, las rocas neoproterozoicas del sector de Cudillero no muestran una alteración significativa. Otra explicación que justificaría la formación de magmas ácidos de filiación calcoalcalina pero con paragénesis minerales típicas de magmas alcalinos sería el inicio de un cambio en el régimen tectónico durante el desarrollo de este magmatismo finiprecámbrico que culminaría con el desarrollo de un magmatismo alcalino a partir del Cámbrico Medio en las zonas Cantábrica y Asturoccidental-Leonesa.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos MCT-02-BTE 04241-C02-01y MEC-04-GCL-06808-C04-03.

## Bibliografía

- Baouch, S., Lahman, M. y Pupin, J. P. (1990). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Paris*, 310, 1649-1655.
- Cuesta, A., Gallastegui, G., Suárez, O. y Rubio Ordóñez, A. (2004). *Geogaceta*, 36, 15-18.
- Fernández-Suárez, J., Gutiérrez-Alonso, G., Jenner, G. A. y Jackson, S. E. (1998). *Canadian Journal of Earth Sciences*, 35, 1439-1453.
- Gutiérrez-Alonso, G. (1992). *El Antiforme del Narcea y su relación con los mantos occidentales de la Zona Cantábrica*. Tesis Doctoral, Univ. Oviedo. España. 317 p.
- Gutiérrez-Alonso, G. y Fernández-Suárez, J. (1996). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 9, 227-239.
- Gutiérrez-Alonso, G. y Nieto, F. (1996). *Journal of the Geological Society London*, 153, 287-299.
- Gutiérrez-Alonso, G., Alonso, G. V. y Martín-Parra, L. G. (1990). *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 15, 271-279.
- Gutiérrez-Alonso, G., Fernández-Suárez, J. y Jeffries, T. E. (2004). *Geogaceta*, 35, 79-82.
- Julivert, M. (1971). *American Journal of Science*, 270, 1-29 p.
- Large, R. R., Allen, R. L., Blake, M. D. y Herrmann, W. (2001). *Economic Geology*, 96, 1055-1072.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. y Zanettin, B. (1986). *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- Palacios, T. y Vidal, G. (1992). *Geological Magazine*, 129, 421-436.
- Pérez Estaún, A. (1990). En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. (R.D. Dallmeyer y E. Martínez García, Eds.). Springer-Verlag, 7B9, 7-8.
- Parga, J.R. y Luque, C. (1971). *Boletín Geológico y Minero*, 83, 310-320.
- Pupin, J. P. (1978). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Paris*, 286(D), 173-176.
- Pupin, J. P. y Turco, G. (1972). *Bulletin de la Société Française du Cristallographie*, 95, 173-176.
- Rubio Ordóñez, A., Barba, P., Cuesta, A., Gallastegui, G., Suárez, O., Ugidos, J. M. y Valladares, M. I. (2004). *Geogaceta*, 36, 11-14.
- Suárez, O., Corretgé, L. G. y Galán, G. (1990). En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. (R.D. Dallmeyer y E. Martínez García, Eds.). Springer-Verlag, 7B9, 129-133.
- Winchester, J. A. y Floyd, P. A. (1977). *Chemical Geology*, 20, 325-343.