

# Caracterización geoquímica de los leucogranitos de Núria y los gneises de Queralbs (Pirineos Orientales)

*Geochemical characterization of the Núria leucogranites and the Queralbs gneisses (Eastern Pyrenees)*

Pere Enrique

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. C/. Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona. pere.enrique@ub.edu

## ABSTRACT

New geochemical data indicates that Núria granite and Queralbs gneiss probably do not belong to the same intrusive complex as has been suggested in some previous works. Besides the lack of direct links in the model of «Christmas Tree» originally proposed, the Y and Nb contents does not favor the model of a rapakivi A-type intrusion. By contrast, low deformation and intrusive contacts in the Núria granite show an age clearly younger than the protolith of the Queralbs gneiss while Rb-(Y+Nb) trace element data show a «syn-collision granites» affinity. On the other hand, Núria leucogranites show a higher absolute concentration in  $P_2O_5$  and Rb, and lower MgO, V, Ba, Zr and Ti than Queralbs gneiss. A Ti/Zr vs.  $SiO_2$  and a triangular Zr/300-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diagram are used to demonstrate the different origin and evolution of their parental magmas.

**Key words:** Orthogneiss, peraluminous granite, Paleozoic plutonism, Canigou massif, geochemical discrimination.

Geogaceta, 49 (2010), 87-90  
ISSN: 2173-6545

Fecha de recepción: 15 de julio de 2010  
Fecha de revisión: 3 de noviembre de 2010  
Fecha de aceptación: 26 de noviembre de 2010

## Introducción

El Macizo gneísico del Canigó es un afloramiento de unos 500 km<sup>2</sup> constituido principalmente por rocas cuarzofeldespáticas de composiciones y edades diversas.

Su disposición geológica en forma de substrato de la serie cambro-ordovícica, a grandes rasgos concordante, dió origen a la hipótesis de que podía representar un zócalo granítico precámbrico deformado y recrystalizado durante la Orogenia Herciniana. Sin excluir la posibilidad de que haya también afloramientos precámbricos, las dataciones U-Pb realizadas en los gneises más representativos han permitido reinterpretarlos como un conjunto de intrusiones lacólicas emplazadas entre el Ordovícico inferior (Barbey *et al.*, 2001, Cocherie *et al.*, 2005) y el Ordovícico superior (Guitard *et al.*, 1995, Casas *et al.*, 2010). Sin embargo, el magmatismo herciniano también ha dado origen a numerosas intrusiones en el interior y en la periferia del macizo, que se hallan más o menos deformadas según su edad relativa de emplazamiento. A solo 2 km al SO se encuentra un pequeño macizo gneísico y granítico de unos 15 km<sup>2</sup> que se considera parte integrante del Macizo del Canigó.

Este afloramiento (Domo del Freser o Macizo de Núria) y sus distintas unidades litológicas han sido renombrados y

reinterpretados en varias ocasiones, tal como se expone con más detalle en un trabajo anterior (Enrique, 2004). En esencia

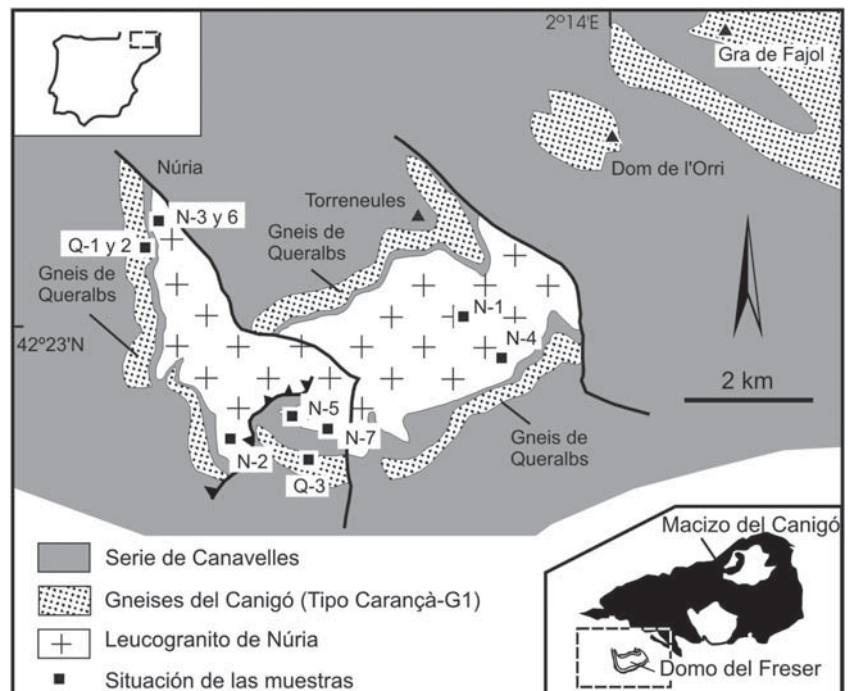


Fig. 1.- Situación geológica del leucogranito de Núria y localización de las muestras estudiadas.

Fig. 1.- Geological setting of the Núria leucogranite and location of the studied samples.

se halla formado por una unidad leucogranítica inferior poco deformada que intruye en los esquistos y cuarcitas de la serie de Canavelles (Enrique, 2004) y un sill granítico-leucogranítico de unos 150 m de espesor medio, intensamente deformado (gneis de Queralbs), situado también en los esquistos de la serie de Canavelles y separado de la unidad leucogranítica inferior por solo unas decenas de metros (Fig. 1). Las dos unidades graníticas fueron interpretadas por Sebastián *et al.* (1982) como una única intrusión ramificada (semejante al tipo «Christmas-tree» descrito por Rocchi *et al.*, 2002) emplazada durante el Cambro-Ordovícico. No obstante, existe una diferencia estructural obvia entre las dos unidades intrusivas y no se han podido observar en ningún caso evidencias de campo de conexión magmática entre ellas. Estas diferencias quedan claramente reflejadas en las cartografías presentadas en trabajos posteriores. Así, en la cartografía de la Hoja 1:50.000 del IGME (Cirés *et al.*, 1994) la unidad granítica inferior está representada como Gn1 (equivalente a la unidad del borde meridional del Macizo del Canigó) mientras que los gneises superiores (gneis de Queralbs) se representan como una unidad independiente (Gn2). Esta representación cartográfica no se justifica con las características estructurales visibles en los afloramientos y se halla aparentemente

invertida (la unidad de Canigó y Queralbs formada por gneises bien foliados, incluso con plegamiento de la foliación, sin contactos intrusivos visibles, quedaría mejor representada como Gn1; las rocas graníticas de Núria y valle del Freser poco deformadas y con numerosos contactos intrusivos casi intactos, que cortan la esquistosidad dominante, deberían ser considerados posteriores desde un punto de vista cartográfico y denominarse Gn2). Esta observación queda reflejada en el trabajo de Barbey *et al.*, (2001). Estos autores proponen que todas las unidades graníticas descritas corresponden a distintas intrusiones de un complejo lacolítico. Los gneises de Queralbs formarían un sill independiente de leucogranitos, leucogranitos porfídicos y aplitas, de características similares a los gneises de Carançà, mientras que las rocas leucograníticas de Núria serían otra intrusión del mismo complejo, equivalentes a los gneises de La Preste (tanto los gneises de Queralbs, los de Carançà, Núria y La Preste, quedarían incluidos en los gneises de tipo G1 de Guitard *et al.*, 1995). Asimismo Barbey *et al.*, (2001) atribuyen a ese magmatismo unas características similares a los granitos rapakivi formados en un contexto de intraplaca. En dos recientes publicaciones, Martínez *et al.*, 2009, y Martínez *et al.*, 2010, mediante un estudio de U-Pb SHRIMP establecen una misma edad ordovícica supe-

rior para las dos intrusiones. Estas intrusiones son consideradas de afinidad geoquímica distinta: leucogranítica de procedencia metapelítica (Núria) y calcoalcalina (Queralbs), si bien no se aportan datos analíticos concretos.

En este trabajo se presentan nuevos análisis químicos de elementos mayores y trazas que pretenden caracterizar mejor la unidad leucogranítica de Núria y los gneises de Queralbs y establecer algunos criterios de discriminación entre ellos.

### Descripción de las muestras y metodología

Se han obtenido y analizado 7 muestras del leucogranito de Núria (con la numeración N-1 a N-7) y 3 de los gneises de Queralbs (con la numeración Q-1 a Q-3) (Fig. 1). Las muestras del leucogranito de Núria corresponden a las tipologías principales observadas. La N-1, N-2, N-3 y N-7 presentan texturas de grano grueso equigranulares, o con cierta tendencia porfídica debido al mayor desarrollo de los cristales de feldespato potásico. El único máfico presente es la biotita, más o menos deformada y en gran parte pseudomorfizada por clorita. Siempre contienen una pequeña cantidad de moscovita. El cuarzo forma granos de 3-5 mm poco deformados (con extinción ondulante) y suele presentar algunas texturas micrográficas. La N-5 y la N-4 constituyen variedades muy diferenciadas, más leucocráticas, de grano medio a fino y más ricas en moscovita. Finalmente la N-6 es una facies, menos frecuente, de aspecto porfídico debido a la presencia de fenocristales de cuarzo y una disminución de la matriz hasta tamaño aplítico. A pesar de las variaciones descritas el plutón en conjunto muestra un aspecto bastante homogéneo. La variación petrográfica de los gneises de Queralbs es mucho más

**Tabla I.- Composición de elementos mayores y trazas de los leucogranitos de Núria (N1 a N7) y los gneises de Queralbs (Q-1 a Q-3) (más detalles de las muestras en el texto). Se incluyen los parámetros B y A de Debon y Le Fort (1983), el parámetro PTi definido en este trabajo, y las coordenadas U.T.M. (ED50)**

*Table I.- Major and trace element composition of the Núria leucogranite (N1 to N7) and the Queralbs gneisses (Q1 to Q3) (more sample information in the main text). Other data includes : 1) B and A parameters from Debon and Le Fort (1983), 2) PTi parameter, defined in this work, and 3) U.T.M. coordinates (ED50).*

n°	Granito de Núria							Gneis de Queralbs		
	N-1 egz3-3	N-2 glv-1	N-3 fde-1	N-4 egz3-2	N-5 egj-1	N-6 fde-2	N-7 idh-1	Q-1 fgk-9	Q-2 fgk-4	Q-3 idh-2
SiO <sub>2</sub>	72.81	74.93	74.94	75.41	75.44	75.53	76.09	71.55	72.09	76.4
TiO <sub>2</sub>	0.23	0.11	0.17	0.11	0.07	0.1	0.11	0.34	0.4	0.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.04	13.1	13.46	13.24	13.66	13.09	12.89	14.08	13.68	13.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.04	1.49	1.91	1.25	1.02	1.38	1.41	2.65	2.76	1.95
MnO	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05
MgO	0.29	0.25	0.25	0.15	0.13	0.18	0.2	0.64	0.65	0.33
CaO	0.72	0.44	0.41	0.38	0.44	0.44	0.29	0.94	1.1	0.3
Na <sub>2</sub> O	3.06	3.02	2.98	2.8	3.3	3.28	2.06	2.73	3.1	2.69
K <sub>2</sub> O	5.24	4.97	4.81	5.12	4.42	4.76	5.4	5.15	4.56	4.94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2	0.23	0.26	0.22	0.28	0.26	0.2	0.13	0.15	0.1
Cr	22	17	22	29	23	17	14	43	22	29
Ni	1	0	2	7	2	0	0	14	4	4
V	15	8	10	8	6	7	8	33	32	19
Rb	243	285	225	275	264	227	269	167	171	207
Ba	197	34	117	42	23	116	135	883	553	289
Sr	44	45	66	38	58	57	31	82	73	42
Ga	23	24	24	22	26	25	20	16	20	17
Nb	15	15	18	14	18	18	15	14	14	13
Zr	153	83	123	79	49	83	77	167	181	113
Y	32	19	22	18	10	17	18	37	34	33
Th	20	10	13	10	8	10	8	15	15	14
Ce	75	30	61	14	15	25	32	71	57	42
B	36	26	32	21	17	23	24	53	56	35
A	40	38	51	47	52	34	61	45	32	55
PTi	47	68	60	67	80	72	65	28	27	32
X	434629	431600	430399	435071	432122	430399	432694	430200	430400	432414
Y	4692107	4690750	4693830	4691848	4691236	4693830	4690945	4693800	4693870	4690605

acentuada si bien se distinguen a primera vista de las rocas graníticas de Núria por su intensa foliación, concordante con la de los esquistos encajantes. Son muy frecuentes las facies oclares y se observa una notable variabilidad en el tamaño de grano y en el contenido en máficos (Culí, 2006). Las muestras Q-1 y Q-2 son facies oclares típicas con porfiroclastos de feldespato potásico entre 1 y 3 cm y relativamente ricas en biotita (parcialmente recrystalizada a clorita). La muestra Q-3 es representativa de las facies más leucocráticas de grano fino (1-3 mm). Los análisis de elementos mayores y trazas han sido realizados en los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona mediante las técnicas habituales de fluorescencia-X.

**Geoquímica**

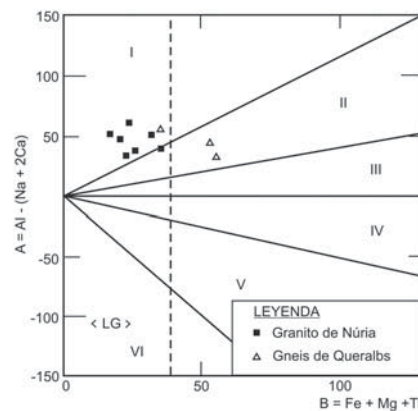
Los resultados de los análisis (Tabla I) se han representado en primer lugar en el diagrama de clasificación B-A (grado de saturación en aluminio respecto al contenido en ferromagnésicos) de Debon y Le Fort (1983) (Fig.2). Las muestras de la unidad intrusiva de Núria presentan las siguientes características: 1) tienen un rango composicional muy restringido, 2) todas las facies estudiadas tienen un valor de B inferior a 37.5 (línea de puntos vertical en el diagrama) lo cual indica que se trata de leucogranitos, 3) todas las muestras rozan o se sitúan claramente en el interior del campo I, lo que las define como marcadamente peraluminicas. En cambio, los gneises de Querulbs: 1) tienen un campo composicional bastante restringido pero algo más extendido hacia tipos más máficos, 2) las facies más diferenciadas entran algo en el campo I pero los gneises oclares se sitúan en composiciones menos peraluminicas (campo II).

En base a estas observaciones el plutón intrusivo de Núria (Enrique, 2004) constituye una asociación aluminica, típica de magmas anatéticos procedentes de la Corteza continental. Los gneises de Querulbs también son compatibles con un origen mayoritariamente anatético.

En el trabajo de Barbey *et al.*, (2001), se sugiere una afinidad de intraplaca en la génesis del lacolito del Canigó, del cual formarían parte los gneises de Querulbs y los leucogranitos de Núria.

En las figuras 3 y 4 se han representado las relaciones Y-Nb y Rb-Y+Nb en los diagramas de discriminación tectónica de Pearce *et al.* (1984). Se constatan las siguientes características: 1) en los dos diagramas los

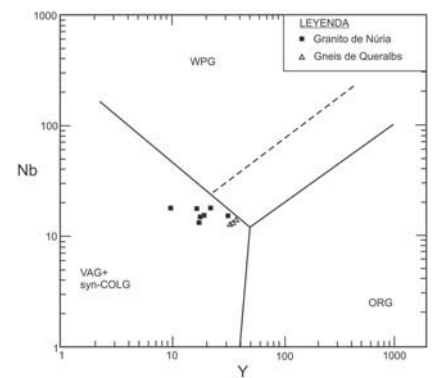
leucogranitos de Núria y los gneises de Querulbs se agrupan separadamente lo que sugiere que proceden de magmas genéticamente distintos, 2) en ambos casos las muestras se sitúan en el campo de los granitos de arco volcánico o de sin-colisión, 3) en el diagrama Rb-Y+Nb se acentúa la diferencia. Los leucogranitos de Núria entran en buena parte en el campo de sin-colisión, característico de los granitos anatéticos. Los gneises de Querulbs quedan totalmente fuera de este campo y se mantienen en la zona de los granitos de arco volcánico, 4) ninguna de las muestras de las dos unidades intrusivas se sitúa en el campo propio de los granitos de intraplaca (WPG).



**Fig. 2.- Representación de las muestras en el diagrama B-A (Debon y Le Fort, 1983).**

*Fig. 2.- Plot of the analysed samples on the B-A diagram, from Debon and Le Fort (1983).*

Las representaciones gráficas en los diagramas precedentes sugieren diferentes procedencias para los granitoides de la intrusión de Núria y la de Querulbs, sin embargo existe una cierta superposición en el diagrama B-A y bastante proximidad en el diagrama Rb-Y+Nb que podría quizás acentuarse con un mayor muestreo. Para tratar de poner de manifiesto de forma más evidente las diferencias geoquímicas entre las dos unidades litológicas se han estudiado las concentraciones de todos los elementos de las muestras estudiadas. En base a ellos se constata que los leucogranitos de Núria respecto a los gneises de Querulbs muestran: 1) unos valores sistemáticamente más elevados en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y en Rb y 2) valores sistemáticamente más bajos en MgO, en V y en Ba, y 3) valores más bajos en Zr y en Ti (excepto en una muestra). Si estas diferencias se expresan como valores re-



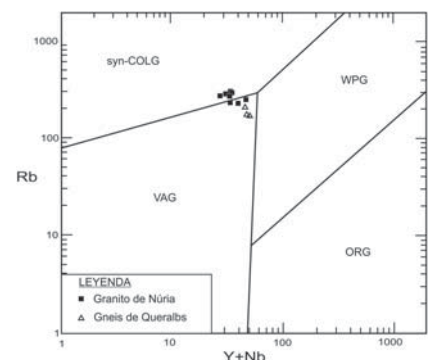
**Fig. 3.- Representación de las muestras en el diagrama Y-Nb de Pearce *et al.* (1984).**

*Fig. 3.- Plot of the analysed samples on the Y vs. Nb diagram, from Pearce et al. (1984).*

lativos entre elementos se puede demostrar una diferencia sistemática entre los dos conjuntos. Para ello se han escogido dos diagramas determinantes: 1) diagrama de la relación Ti/Zr respecto al contenido en sílice (Fig.5), y 2) diagrama triangular Zr/300-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Fig.6).

El diagrama Ti/Zr vs. SiO<sub>2</sub> muestra muy claramente una relación Ti/Zr inferior en los leucogranitos de Núria respecto a los gneises de Querulbs para cualquier valor en sílice de las rocas. La línea de discriminación puede considerarse la horizontal Ti/Zr = 10.

El diagrama triangular Zr/300-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> es aún más ilustrativo pues, además de separar totalmente las muestras de los dos conjuntos, nos muestra un comportamiento geoquímico distinto para las dos intrusiones. En efecto, en el caso de los gneises de Querulbs se observa que la relación P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/TiO<sub>2</sub> es aproximadamente constante independientemente de su contenido en sílice, mientras que en



**Fig. 4.- Representación de las muestras en el diagrama Rb vs.Y+Nb de Pearce *et al.* (1984).**

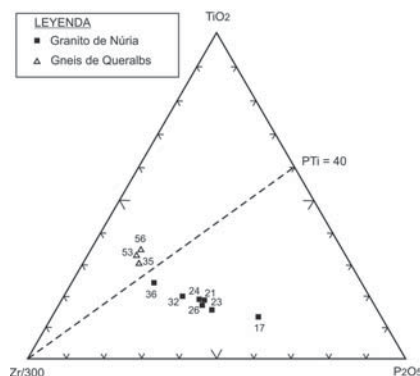
*Fig. 4.- Plot of the analysed samples on the Rb vs.Y+Nb diagram, from Pearce et al. (1984).*

los leucogranitos de Núria se observa, no sólo una relación  $P_2O_5/TiO_2$  superior en todos los casos, sino un aumento progresivo en estos valores hacia los términos más diferenciados. Para visualizar el grado de diferenciación de las muestras se ha indicado en el gráfico de la figura 6 el valor B de Debon y le Fort (1983) de cada una de ellas (valor proporcional al contenido en máficos de cada una de ellas). Un modo práctico para representar esta relación puede ser el índice  $PTi = 100 \times P_2O_5 / (P_2O_5 + TiO_2)$ . En el caso que nos ocupa todas las muestras del leucogranito de Núria tienen un índice  $PTi > 40$  mientras que los gneises de Querulbs lo tienen inferior a ese valor.

**Discusión**

Las diferentes relaciones con los esquistos encajantes y el distinto grado de deformación de los leucogranitos de Núria y los gneises de Querulbs sugieren que se trata de dos intrusiones distintas probablemente separadas por un largo lapso de tiempo (Enrique, 2004). La caracterización geoquímica llevada a cabo en este trabajo distingue las dos intrusiones y excluye que puedan ser ramificaciones de un mismo cuerpo magmático. Las características macroscópicas y microscópicas de los gneises de Querulbs se corresponden notablemente con las de los gneises de Carançà y del Roc de l'Orri (pequeño macizo aislado entre los dos afloramientos) y podría representar una ramificación o la terminación del lacolito ordovícico del Canigó (Barbey *et al.*, 2001, Cocherie *et al.*, 2005). Por el contrario, las características químicas y el bajo grado de defor-

mación del leucogranito de Núria coincidirían mejor con las de un granito anatóctico hercíniano relativamente precoz. Este magma anatóctico, a diferencia de lo habitual, habría llegado a emplazarse en niveles de grado metamórfico relativamente bajo (zona de la clorita-moscovita), produciendo una aureola de metamorfismo de contacto que habría sido en gran parte retrogradada durante las últimas deformaciones



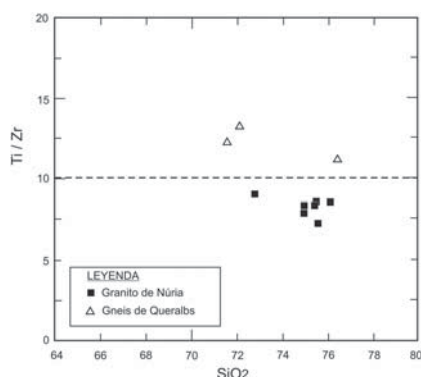
**Fig. 6.- Representación de las muestras en el diagrama Zr/300-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (más detalles en el texto principal).**

*Fig. 6.- Plot of the analysed samples on the Zr/300-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (more details in the main text).*

hercínianas. Como en otras áreas del Pirineo el protolito del magma anatóctico podría proceder de los esquistos cambro-ordovícicos, los esquistos o gneises precámbricos o incluso de sills o lacolitos ordovícicos emplazados a mayor profundidad. Dado el carácter anatóctico de este granito los circones podrían ser en gran parte heredados.

**Conclusiones**

- 1.- Los nuevos datos geoquímicos obtenidos sugieren que los gneises de Querulbs y los leucogranitos de Núria no forman parte de una misma intrusión magmática.
- 2.- Las relaciones Ti/Zr vs. SiO<sub>2</sub> y Zr/300-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se muestran muy efectivas en la discriminación geoquímica de los gneises de Querulbs y los leucogranitos de Núria. Probablemente sean también de utilidad en otras intrusiones de afinidad dudosa de los Pirineos.
- 3.- El sill de Querulbs (Barbey *et al.*, 2001) no muestra características de magmatismo de intraplaca como las que se atribuyen a la unidad principal de granitos rapakivi del Canigó.



**Fig. 5.- Representación de las muestras en el diagrama Ti/Zr vs. SiO<sub>2</sub>.**

*Fig. 5.- Plot of the analysed samples on the Ti/Zr vs. SiO<sub>2</sub>.*

4.- El leucogranito de Núria presenta afinidad geoquímica con los granitos anatócticos de ambiente geotectónico de sin-colisión (Pearce *et al.*, 1984).

**Agradecimientos**

El autor agradece al Dr. Guillermo Corretgé y al Dr. Ramón Casillas las sugerencias y mejoras aportadas en la revisión de este trabajo.

**Referencias**

Barbey, P., Cheilletz, A. y Laumonier, B. (2001). *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Series IIA Earth and Planetary Science*, 332, 129-136.

Casas, J.M., Castiñeiras, P., Navidad, M., Liesa, M. y Carreras, J. (2010). *Gondwana Research*, 17, 317-324.

Cirés, J., Casas, J.M., Muñoz, J.A., Fleta, J. y Barbera, M. (1994). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 218 (Molló)*. I.G.M.E

Cocherie, A., Baudin, T., Autran, A., Guerrot, C., Fanning, C.M. y Laumonier, B. (2005). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 196, 269-282.

Culí, L. (2006). *Caracterització petrològica dels gneissos superiors del Dom del Freser entre Núria i Fontalba*. Treball de Fi de Carrera. (inèd). Univ. de Barcelona, 69 p.

Debon, F. y Le Fort, P. (1983). *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 73, 135-149.

Enrique, P. (2004). *Geogaceta*, 36, 35-38.

Guitard, G., Autran, A. y Fonteilles, M. (1995). En: *Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées. Tome I. Cycle Hercynien*. (A. Barnolas y J.C. Chiron, Eds.). BRGM-ITGE, Orléans - Madrid, 137-155.

Martínez, F.J., Capdevila, R., Iriondo, A. y Reche, J. (2009). En: *The International Geoscience Programme. IGCP 497/574. Field trip guide and Conference abstracts Volume*, 270-271.

Martínez, F.J., Iriondo, A., Aleinikoff, J.N., Peucat, J.J., Cirés, J. y Dietsch, C. (2010). En: *GSA Denver Annual Meeting. Abstracts with Programs*, 42, 239.

Pearce, J.A., Harris, N.B.W y Tindle, A.G. (1984). *Journal of Petrology*, 25(4), 956-983.

Rocchi, S., Westerman, D.S., Dini, A., Innocenti, F. y Tonarini, S. (2002). *Geology*, 30, 983-986.

Sebastián, A., Martínez, F.J. y Gil Ibarquchi, J.I. (1982). *Boletín Geológico y Minero de España*, 93 (6), 508-523.