

# Composición komatiítica de las hornblenditas del Macizo del Montnegre (Sierra Litoral Catalana, NE de la Península Ibérica)

*Komatiitic composition of the hornblendites from the Montnegre Massif (Coastal Catalan Range, NE Iberian Peninsula)*

Pere Enrique

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

## ABSTRACT

*Olivine hornblendites represent the most remarkable petrological type from the Montnegre massif. Its ultramafic composition and its close association with a hornblende gabbro intrusion suggest, at first, a cumulative origin from a hydrated basaltic magma. However, major element composition, coincident with komatiites and –very roughly– with the komatiitic trend, suggests the possibility of their origin by fractional crystallization processes from an ultramafic magma. The high MgO contents of hornblendites (up to 25 wt.%) would require an elevated partial melting degree of the mantle. Unlike komatiitic magma, hydrated ultramafic magma can be produced at significantly lower temperatures after H<sub>2</sub>O (or other volatile) influx, as suggested for the "Alaskan-type" intrusions. On the other hand, the obvious subalkaline affinity of olivine hornblendites and hornblende gabbros from the Montnegre massif (showing high amounts of normative hyperstene) compositionally distinguishes them from Cortlandt ultramafic complexes, of alkaline affinity.*

**Key-words:** hornblendite, komatiite, cortlandtite, Hercynian, Montnegre massif.

## RESUMEN

*Las hornblenditas olivínicas constituyen el tipo petrológico más destacable del Macizo del Montnegre. Su composición ultramáfica y su estrecha asociación con una intrusión de gabro hornbléndico sugiere en primera instancia un origen acumulativo a partir de un magma basáltico hidratado. Sin embargo la coincidencia composicional en elementos mayores con las komatiitas y, muy aproximadamente, con evoluciones químicas komatiíticas, induce a pensar en la posibilidad de la formación de las hornblenditas a partir de un magma ultramáfico mediante procesos de cristalización fraccionada. El elevado contenido en MgO de las hornblenditas (hasta un 25%) requeriría un alto grado de fusión parcial del manto. A diferencia del magma komatiítico, el magma ultramáfico hidratado se produciría a temperaturas sensiblemente inferiores, por influjo de H<sub>2</sub>O y otros volátiles como se ha sugerido en las intrusiones "Alaskan-type". Por otra parte, la clara afinidad subalcalina de las hornblenditas olivínicas y los gabros hornbléndicos del Montnegre (altos valores de hiperstena normativa) las distingue composicionalmente de las ultramáficas del complejo de Cortlandt, de afinidades alcalinas.*

**Palabras clave:** hornblendita, komatiita, cortlandtita, Herciniano, Macizo del Montnegre.

*Geogaceta*, 60 (2016), 103-106  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

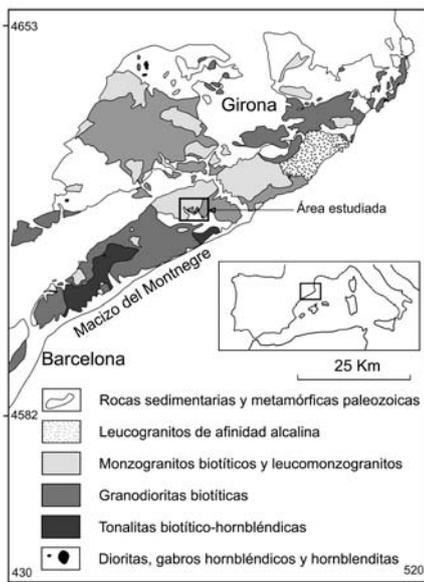
Recepción: 15 de febrero de 2016  
Revisión: 20 de abril de 2016  
Aceptación: 20 de Mayo de 2016

## Introducción

Las hornblenditas olivínicas del Macizo del Montnegre (Batolito de las Sierras Costeras Catalanas) (Fig. 1) forman parte de una pequeña intrusión, de morfología compleja, rica en rocas plutónicas básicas (Enrique, 1983). Las relaciones intrusivas entre las distintas unidades petrográficas sugieren que su emplazamiento consistió en más de un pulso magmático que dio origen, tanto a contactos netos de tipo frágil, como a contactos graduales producidos en estado magmático. En contacto directo con las hornblenditas se hallan unas masas mayores

de gabros hornbléndicos (bojitas) que intruyen en las rocas encajantes metasedimentarias de bajo grado, dando origen a un intenso metamorfismo de contacto. Los gabroides contienen algunos xenolitos del encajante que indican un tipo de emplazamiento frágil con desarrollo de "piecemaal stoping". Un hecho destacable es la diversidad composicional de los gabros hornbléndicos a la escala de pocas decenas de metros, desde tipos algo leucocráticos hasta hornblenditas olivínicas, pasando por gabros hornbléndicos s.s. y melagabros hornbléndicos (Enrique, 1990). Tanto las hornblenditas como diversas facies de gabros hornbléndicos contienen peque-

ñas cantidades de orto y clinopiroxeno (Enrique y Galán, 1989; Butjosa *et al.*, 2013). Por otra parte, la textura poiquilítica de grandes cristales de anfíbol incluyendo olivino, hace comparable las hornblenditas olivínicas del Montnegre con las cortlandtitas de Cortland (Domenick y Basu, 1982) y con otros afloramientos semejantes asociados a contextos orogénicos, como son las rocas apiniticas caledonianas (Pitcher y Berger, 1972), las hornblenditas hercinianas (Leterrier, 1972; Franco, 1980; Galán, 1981; Bea *et al.*, 1999; Castro *et al.*, 2003) y las paleozoico-cenozoicas de supra-subducción *Alaskan type* (Himmelberg y Loney, 1995; Batanova *et al.*, 2005).



**Fig. 1.- Situación del área estudiada en el batolito de las Cordilleras Costeras Catalanas (ETRS89 UTM 31N).**

*Fig. 1.- Location of the studied area in the Catalan Coastal Ranges batholith (ETRS89 UTM 31N).*

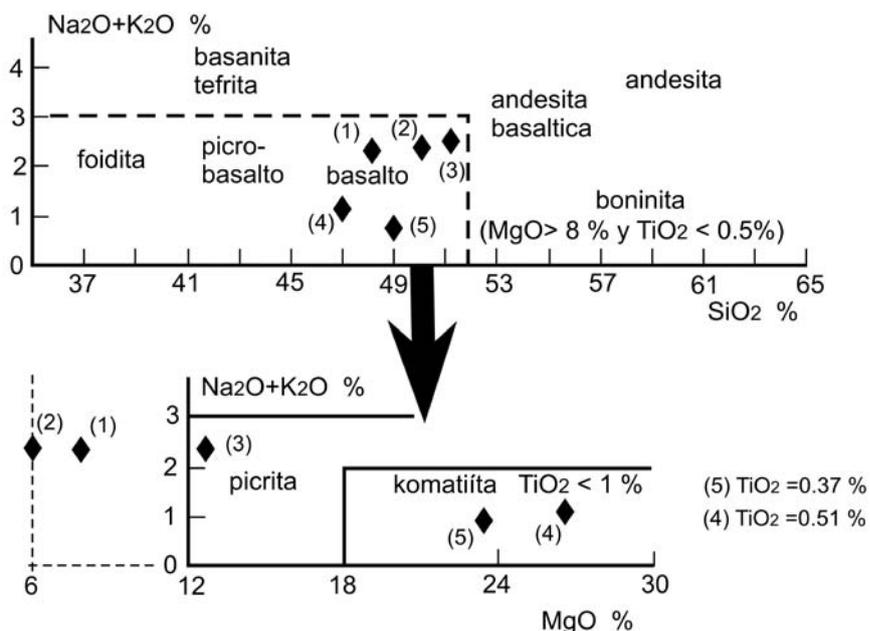
En los trabajos anteriores sobre las hornblenditas del Montnegre se explica la variación progresiva en el contenido de minerales máficos mediante un proceso de diferenciación por precipitación gravitacional de minerales máficos en un magma básico hidratado. Sin embargo, si bien no parece haber duda de la existencia de cristalización fraccionada en alguna medida, cabe destacar que no se han hallado ejemplos evidentes de estratificación ígnea bien desarrollada. Tampoco se han hallado tipos petrográficos en los que haya una coexistencia entre el olivino y la plagioclasa, y la inclusión poiquilítica del olivino en anfíbol sugiere un crecimiento simultáneo (similar al ofítico) como el que se observa entre anfíbol y bytownita en algunos gabros hornbléndicos asociados (Enrique, 1990). Todo ello induce a pensar en la posibilidad de la cristalización directa de magmas más básicos que los magmas basálticos, lo cual representa el objeto de este trabajo preliminar.

**Clasificación y petrogénesis**

La comparación de las hornblenditas olivínicas del Montnegre con la composición de rocas volcánicas solo tiene significado si las hornblenditas olivínicas son representativas de la composición de un magma y no se trata de acumulados. Manteniendo esta hipótesis y dado el elevado contenido en

magnesio de estas rocas, se han representado en los diagramas de clasificación de Le Maitre (2002) para la discriminación de rocas volcánicas ricas en magnesio (Fig. 2). Las muestras estudiadas corresponden a los ejemplos analizados en Enrique (1983) y son las siguientes: 1) gabro hornbléndico con textura análoga a la ofítica (bytownita incluida en anfíbol) (A-93), 2) gabro hornbléndico clinopiroxénico leucocrático (A-42), 3) melagabro hornbléndico (A-43), y hornblenditas olivínicas 4) (A-92) y 5) (A-108). Como puede verse las dos hornblenditas olivínicas, con un contenido en MgO > 20% y TiO<sub>2</sub> < 1%, se sitúan claramente en el campo de la komatiita. El melagabro hornbléndico se corresponde con las picritas mientras que el gabro hornbléndico y el gabro hornbléndico leucocrático tienen composiciones basálticas. Si las muestras se representan en el diagrama catiónico Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-(FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiO<sub>2</sub>)-MgO de Jensen y Pyke (1982) (Fig. 3), la composición de las hornblenditas olivínicas del Montnegre queda totalmente centrada en el campo de las komatiitas, en particular, en el subcampo de las komatiitas peridotíticas, y el melagabro hornbléndico en el campo de las komatiitas basálticas. El gabro hornbléndico se clasificaría como un basalto calcoalcalino, mientras que el leucogabro hornbléndico quedaría clasificado como una andesita. El diagrama de Jensen (1976) y de Jensen y Pyke (1982)

(que difieren en la división entre komatiitas peridotíticas y komatiitas basálticas) es muy útil, no solo para la clasificación de las komatiitas sino también para la discriminación entre las series toleíticas y las calcoalcalinas. En este sentido, en el diagrama se ha representado también (área de trazos discontinuos) el campo de dispersión de las composiciones de todas las rocas plutónicas calcoalcalinas (MNT-CA) del Macizo del Montnegre (Enrique, 1990) (Fig. 4). Puede comprobarse que la distribución en el diagrama (incluso de las composiciones andesíticas y basálticas) se localiza en composiciones con una relación (Fe+Ti)/Mg más elevada que los gabros hornbléndicos situados en el mismo campo composicional. Esta característica parece indicar claramente que pertenecen a series ígneas distintas. Para apreciar mejor esta diferencia se han superpuesto en el diagrama de Jensen (1976) las tendencias de dispersión de una serie komatiítica típica y la correspondiente a la distribución composicional de las hornblenditas olivínicas y gabros hornbléndicos de Montnegre (indicada como "MNT") (Fig. 4). En este diagrama se aprecia cómo la dispersión composicional de las rocas máficas y ultramáficas del Montnegre define una tendencia análoga a la marcada por las composiciones komatiíticas pero difiere hacia los términos más pobres en MgO. En efecto, la serie komatiítica representada (Jensen, 1976)



**Fig. 2.- Representación de las composiciones de las muestras máficas y ultramáficas del Montnegre en los diagramas de clasificación TAS y MgO vs. Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (Le Maitre, 2002). Se indican los números de las muestras descritas en el texto.**

*Fig. 2.- Compositional field of the Montnegre mafic and ultramafic rocks on the diagrams TAS and MgO vs. Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (Le Maitre, 2002). Sample number as described in the main text.*

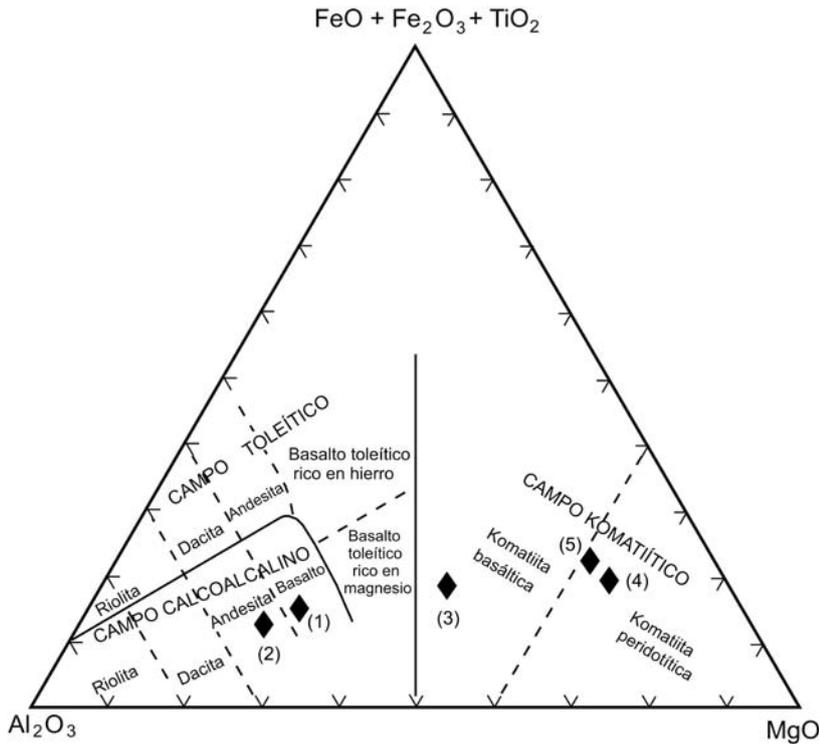


Fig. 3.- Diagrama catiónico de Jensen y Pyke (1982) para la clasificación de rocas volcánicas komatiíticas, toleíticas y calcoalcalinas. Los romboides representan las rocas máficas-ultramáficas del Macizo del Montnegre. La numeración corresponde a las muestras descritas en el texto.

Fig. 3.- Cationic diagram of Jensen and Pyke (1982) for the classification of komatiitic, tholeiitic and calc-alkaline volcanic rocks. Rhombs represent the mafic-ultramafic plutonic rocks from the Montnegre Massif. Sample number as described in the main text.

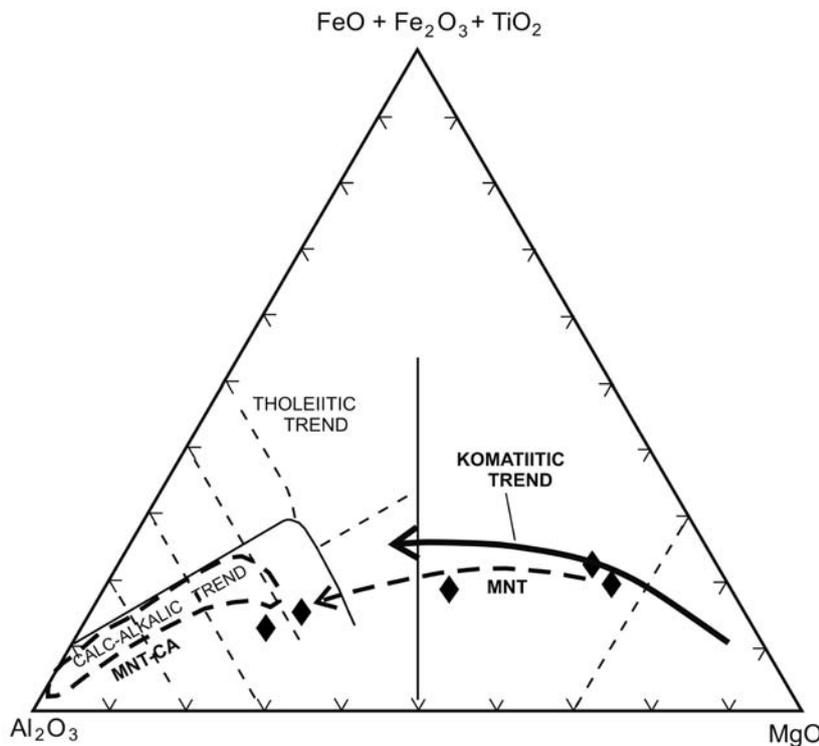


Fig. 4.- Diagrama catiónico de Jensen (1976). Tendencia evolutiva de la asociación máfica-ultramáfica del Montnegre (MNT) en comparación con la tendencia komatiítica.

Fig. 4.- Cationic diagram from Jensen (1976). Evolutionary trend of the Montnegre mafic-ultramafic association (MNT) compared with the komatiitic trend

evoluciona hasta entrar en el campo de las series toleíticas, en concreto en el campo de los basaltos toleíticos ricos en magnesio. En cambio, la distribución máfica-ultramáfica del Montnegre llega hasta las composiciones basálticas y andesíticas calcoalcalinas con una relación (Fe+Ti)/Mg notablemente más baja. Ambas distribuciones muestran pautas similares lo que sugiere que las hornblenditas del Montnegre definen una tendencia originada por diferenciación magmática. Si ello fuera así, los gabros hornbléndicos podrían no ser necesariamente los representantes de un magma basáltico hidratado parental y las hornblenditas los acumulados complementarios, sino que podrían ser el resultado de la diferenciación de un magma parental ultramáfico hidratado. Como argumento a favor de esta hipótesis pueden compararse las composiciones de las hornblenditas del Montnegre con magmas komatiíticos diferenciados in situ (Dostal, 2008) (Fig. 5). En el diagrama puede verse que las composiciones de las hornblenditas están mucho más próximas al magma parental komatiítico que a las rocas ultramáficas producidas a partir de él y que, en realidad, las hornblenditas representan composiciones incluso algo diferenciadas. Por otra parte, en el diagrama  $Al_2O_3$  vs.  $FeO^*/(FeO^*+MgO)$  de Tracy *et al.* (1984) se comparan las cortlanditas de Cortlandt y las komatiitas (Fig. 6) con las hornblenditas del Montnegre y de nuevo se observa más afinidad composicional de éstas con las komatiitas al quedar incluidas en su campo de dispersión y alejadas del de las cortlanditas.

Finalmente, para explicar el posible origen de magmas ultramáficos se ha propuesto un alto grado de fusión por aporte de fluidos ricos en cloro u otros volátiles a un manto harzburgítico, en un contexto de suprasubducción intraoceánica (Batanova *et al.*, 2005) como se ha sugerido en los complejos ultramáficos *Alaskan-type* de Kamchatka.

### Conclusiones

Las hornblenditas olivínicas del Montnegre tienen una gran similitud composicional en elementos mayores con las komatiitas peridotíticas (Jensen y Pyke, 1982).

Las composiciones de los gabros hornbléndicos y de las hornblenditas definen probablemente una tendencia evolutiva de diferenciación magmática similar a la tendencia komatiítica (Jensen, 1976).

No obstante, la tendencia final de la serie máfica-ultramáfica del Montnegre evoluciona

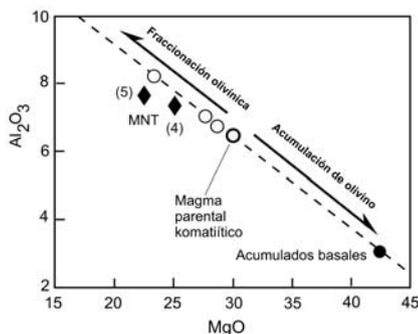


Fig. 5.- Diagrama  $Al_2O_3$  vs.  $MgO$  (en %) (Dostal, 2008). Comparación de las composiciones de las hornblenditas olivínicas del Montnegre (MNT) con magmas komatiíticos.

Fig. 5.-  $Al_2O_3$  vs.  $MgO$  (weight %) (Dostal, 2008) diagram. Montnegre olivine hornblendites (MNT) are compared with komatiitic fractionated magmas.

hacia los basaltos calcoalcalinos y no hacia los basaltos toleíticos ricos en magnesio.

La composición de las hornblenditas olivínicas se halla más próxima a la de los magmas komatiíticos algo diferenciados que a la de los acumulados de komatiitas (Dostal, 2008).

El diagrama  $Al_2O_3$  vs.  $FeO^*/(FeO^*+MgO)$  muestra una mayor afinidad composicional con las komatiitas que con las cortlanditas de Cortlandt (Tracy *et al.*, 1984).

El origen de los posibles magmas ultramáficos hidratados del Montnegre podría estar determinado por un elevado grado de fusión del manto a causa de un influjo importante de fluidos acuosos y otros componentes volátiles que rebajarían sustancialmente el solidus peridotítico.

## Agradecimientos

El autor agradece al Dr. Carlos Villaseca, a un revisor anónimo y al editor las impor-

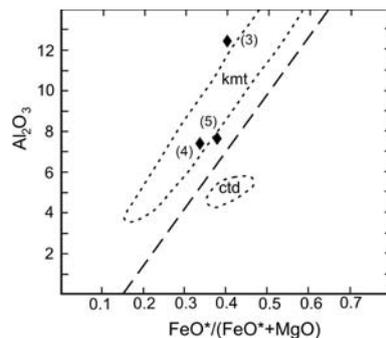


Fig. 6.- Situación de las rocas ultramáficas del Montnegre (rombos) en el diagrama  $Al_2O_3$  vs.  $FeO^*/(FeO^*+MgO)$  de Tracy *et al.* (1984). kmt-Komatiitas, ctd-cortlandtites.

Fig. 6.- Plot of the Montnegre ultramafic rocks on the  $Al_2O_3$  vs.  $FeO^*/(FeO^*+MgO)$  diagram (Tracy *et al.*, 1984). kmt-komatiites, ctd-cortlandtites.

tantes mejoras introducidas en la redacción de este trabajo.

## Referencias

- Batanova, G., Pertsev, A.N., Kamenetsky, V.S., Ariskin, A.A., Mochalov, A.G. y Sobolev, A.V. (2005). *Journal of Petrology* 46, 1345-1366.
- Bea, F., Montero, P. y Molina, J. F. (1999). *Journal of Geology* 107, 399-419.
- Butjosa, L., Enrique, P. y Galán, G. (2013). *Geogaceta* 54, 35-38.
- Castro, A., Corretge, L.G., De la Rosa, J.D., Fernández, C., Lopez, S., García-Moreno, O. y Chacon, H. (2003). *Journal of Petrology* 44, 1309-1344.
- Dostal, J. (2008). *Geosciences Canada* 35, 21-31.
- Domenick, M.A. y Basu, A.R., (1982). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 79, 290-294.

Enrique, P. (1983). *Revista d'Investigacions Geològiques* 36, 25-38.

Enrique, P. (1990). *Acta Geológica Hispánica* 25, 39-64.

Enrique, P. y Galán, G. (1989). *Boletín Geológico Minero de España* 100, 897-916.

Franco, M.P. (1980). *Estudio petrológico de las formaciones metamórficas y plutónicas al NE de la depresión del Corneja-Ambles Sierra de Avila*. Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 273 p.

Galán, G. (1981). *Cuadernos de Geología Ibérica* 7, 275-293.

Himmelberg, G.R. y Loney, R. (1995) *Characteristics and Petrogenesis of Alaskan-type Ultramafic-Mafic Intrusions, Southwestern Alaska*. U.S. Geological Survey, Professional Paper 1564, 47 p.

Jensen, L. S. (1976). *A new caption plot for classifying subalkalic volcanic rocks*. Ontario Division of Mines, Geological Survey Miscellaneous Paper 66, 22p.

Jensen, L.S. y Pyke, D.R. (1982). En: *Komatiites* (N.T. Arnt y E.G. Nisbet, Eds.). Allen & Unwin, London, 526 pp.

Le Maitre, R.W. (Ed.) (2002). *A classification of Igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on The Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge University Press, Cambridge, 236 p.

Leterrier, J. (1972). *Étude pétrographique et géochimique du Massif granitique de Quérigut (Ariège)*. CNRS, Nancy, Mémoire 23, 292 p.

Pitcher, W.S. y Berger, A.R. (1972). *The Geology of Donegal: A Study of Granite Emplacement and Unroofing*. John Wiley & Sons, Chichester, 435 p.

Tracy, R.J., Robinson, P. y Wolff, A. (1984). *American Journal of Science* 284, 530-558.