

# Las espesartitas, camptonitas y bostonitas del complejo intrusivo de Aiguablava (Cadenas Costeras Catalanas): cartografía y composición

*The spessartites, camptonites and bostonites from the Aiguablava intrusive complex (Catalan Coastal Ranges): cartography and composition*

Pere Enrique Gisbert <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> 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

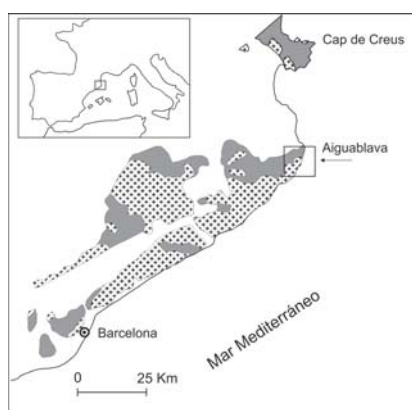
The lower Permian Hercynian Aiguablava leucogranite (288 Ma) is intruded by a dense vertical dyke swarm and a few subhorizontal dykes that fill several joint systems developed during the crystallization and cooling of the plutonic intrusions. The hypabyssal rocks have been divided into three groups: 1) felsites and granophyres (out of the studied area in this work), 2) calc-alkaline lamprophyres (spessartites), probably upper Permian (253 Ma whole-rock K-Ar age) and 3) upper Cretaceous (76 Ma) alkaline lamprophyres (camptonites). This work provides new cartographic and geochemical data that allow to show the morphology, distribution and dimensions of the intrusions and the presence of a fourth type of differentiated alkaline lamprophyres (bostonites) not previously described in the Catalan Coastal Ranges.

**Key words:** Bostonite, camptonite, lamprophyre, Cretaceous, Aiguablava.

Geogaceta, 47 (2009), 125-128  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El batolito tardi-herciniano de las Cadenas Costeras Catalanas está constituido por numerosas intrusiones plutónicas de composiciones granodioríticas y monzograníticas (Enrique, 1990). En el extremo nororiental aflora un pequeño conjunto intrusivo del Pérmico inferior (287.8 Ma) (Ferrés, 1998) en el que destaca el plutón leucogranítico de Aiguablava (Losantos *et al.*, 2000) (Fig. 1). Una característica muy destacable de estos granitos es su red filoniana formada por una multitud de diques verticales y algunos diques subhorizontales que rellenan varios sistemas de diaclasas desarrollados durante la consolidación y enfriamiento de los cuerpos plutónicos. A diferencia de la mayor parte del batolito, donde las rocas filonianas están formadas principalmente por pórfidos (Enrique, 1990), en el complejo intrusivo de Aiguablava las intrusiones hipoabisales corresponden a tres conjuntos composicionales diferentes: 1) felsitas y granófidios (que aparecen fuera del área de este estudio), 2) lamprófidios calcoalcalinos (espesartitas) de probable edad pérmica



**Fig. 1.- Localización geológica de los lamprófidios estudiados en el batolito de las Cadenas Costeras Catalanas.**

*Fig. 1.- Geological setting of the studied lamprophyric intrusions from the Catalan Coastal batholith.*

superior, (253 Ma) (Losantos *et al.*, 2000) y 3) lamprófidios alcalinos (camptonitas) de edad cretácica (76 Ma) (Solé *et al.*, 2003). Los primeros estudios y la clasificación de algunas de estas rocas (espesartitas y camptonitas) se deben a San Miguel de la Cámara (1936) y a San Miguel Arribas (1952). Este últi-

mo aporta los primeros análisis de elementos mayores de los lamprófidios.

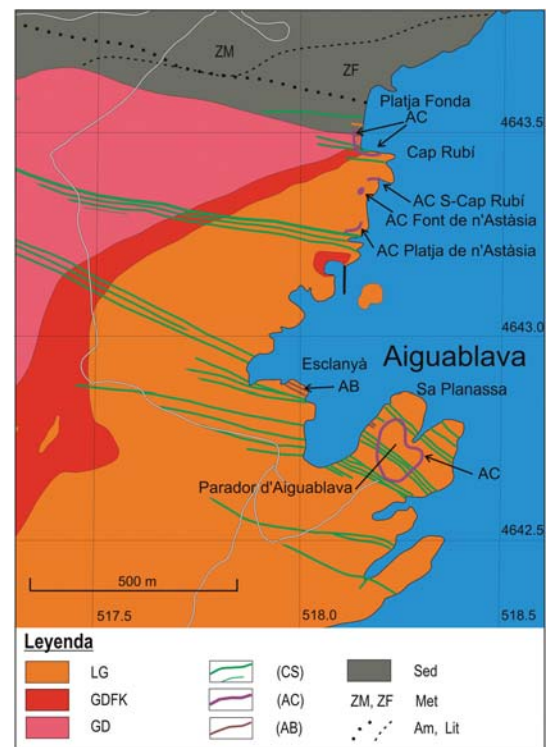
En el presente trabajo se aportan nuevos datos cartográficos y geoquímicos que permiten poner en evidencia la morfología, distribución y dimensiones de las intrusiones, así como la presencia de un cuarto tipo de diferenciados de lamprófidios alcalinos (bostonitas) no descritos anteriormente en las Cadenas Costeras Catalanas.

## Cartografía

En este trabajo se aportan nuevos datos cartográficos obtenidos en el estudio a escala 1:5.000 del área intrusiva de Aiguablava-Tamariu que completan o modifican, los publicados en el mapa a escala 1:25.000 (Losantos *et al.*, 2000) y en el Mapa Litològic del Massís de Begur (Pallí y Roqué, 1991) (Fig. 2). Entre estos nuevos datos destacan: 1) la extrapolación interpretativa de los contactos de las diferentes unidades intrusivas, tanto plutónicas como hipoabisales; 2) la mayor resolución en la representación de los diques de lamprófidios calcoalcalinos (espesartitas); 3) la inclusión de dos diques de bostonita (diferenciado lamprófidico alcalino de la serie camptonita-maenita-bostonita de

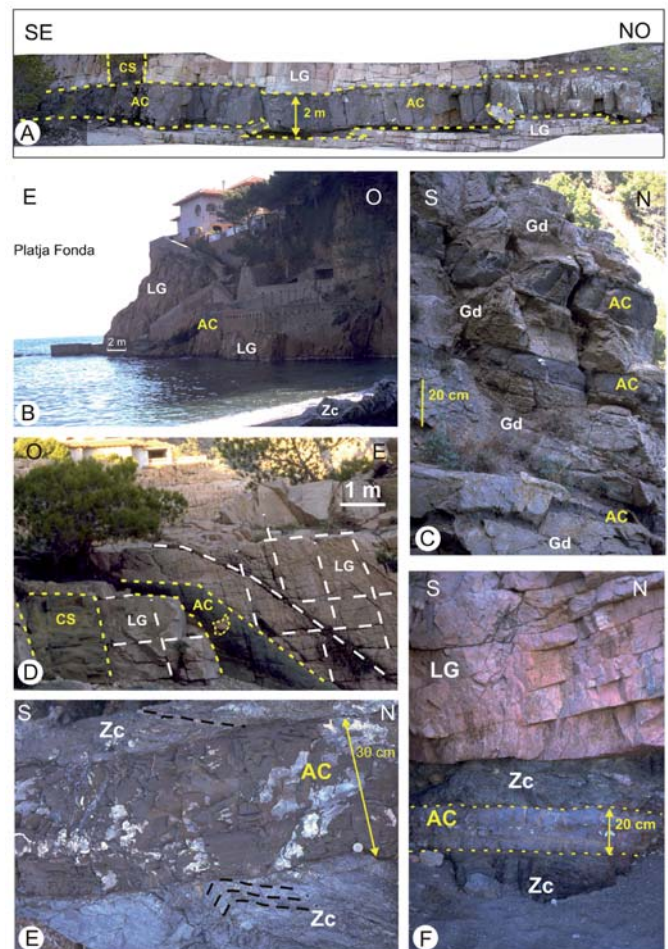
Rock, 1991) identificados en la realización del presente estudio; y, por último, 4) la representación de 6 afloramientos de los diques subhorizontales de lamprófidos alcalinos (camptonitas) reconocidos. Estos afloramientos (5 de ellos nuevos) son, de sur a norte: a) el afloramiento anular del dique subhorizontal de Sa Planassa-Parador d'Aiguablava (Fig. 3A), b) el dique subhorizontal de la Platja de n' Astàsia, c) el dique subhorizontal (pequeño afloramiento anular) de la Font de n' Astàsia, d) la transición dique subhorizontal -dique subvertical de la vertiente sur de Cap Rubí (Fig. 3D), e) el dique subhorizontal de la vertiente norte de Cap Rubí (Fig. 3B), f) el extremo sur de la Platja Fonda, en donde se produce la ramificación en 3 o 4 pequeños diques subhorizontales (de 20 o 30 cm de espesor) del dique subhorizontal principal (unos 2 m), aparentemente en continuidad con el afloramiento anterior. Los afloramientos a,b,c,d y e se hallan emplazados en el leucogranito mientras que en el afloramiento f, el dique subhorizontal de camptonita corta claramente el contacto del leucogranito con las granodioritas (Fig. 3C) y algo más al norte intruye en las cornubianitas y filitas encajantes (Fig. 3D y 3E).

**Fig. 2.-** Mapa geológico del sector nororiental del complejo intrusivo de Aiguablava (Batolito de las Cadenas Costeras Catalanas) modificado del Mapa Geològic de Catalunya 1:25 000 (Losantos *et al.*, 2000). AC: Situación de los principales afloramientos de camptonita identificados; AB: Situación del nuevo afloramiento de bostonita. **Leyenda.-** LG: leucogranito biotítico; GDFK: granodiorita biotítica con megacrismos de feldespato potásico; GD: granodiorita biotítica; (CS): espesartita; (AC): camptonita; (AB): bostonita; Sed: lutita, caliza y dolomía cámbrica; Met: ZM: mármol, ZF: filita y cuarcita; Am: aureola metamórfica; Lit: contacto litológico. **Coordenadas: UTM.**



**Fig. 2.-** Geological map from the northeast sector of the Aiguablava intrusive complex (Catalan Coastal Ranges Batholith). Modified from the «Mapa Geològic de Catalunya 1:25 000» (Losantos *et al.*, 2000). AC: Location of the main camptonite outcrops; AB: Location of the new bostonite outcrop. **Legend.-** LG: biotitic leucogranite; GDFK: K-feldspar megacrysts biotitic granodiorite; GD: biotitic granodiorite; (CS): spessartite; (AC): camptonite; (AB): bostonite; Sed: Cambrian limestones and dolostones; Met: ZM: marble, ZF: phyllite and quartzite; Am: metamorphic aureole; Lit: lithologic contact. UTM coordinates.

**Fig. 3.-** A: Vista panorámica del dique subhorizontal de camptonita ultrabásica (AC) de Sa Planassa emplazado en los leucogranitos de Aiguablava (LG). En la parte izquierda se observa como secciona perpendicularmente a un dique vertical de espesartita (CS). Tanto la morfología del dique subhorizontal cretácico como la del dique permico están determinadas por las direcciones de las diaclasas tardihercínicas del leucogranito; B: Afloramiento del dique subhorizontal de camptonita del N de Cap Rubí; C: Ramificación del dique subhorizontal principal de camptonita en tres pequeños diques subhorizontales paralelos cerca de su terminación septentrional en la Platja Fonda. GD: granodiorita; D: Afloramiento de la intrusión de camptonita del S de Cap Rubí. Se aprecia un cambio brusco en el buzamiento, pasando de dique subhorizontal a dique de unos 30° de inclinación. Puede verse claramente el control estructural de las intrusiones por el diaclasado previo; E: Intrusión de un pequeño dique subhorizontal discordante de camptonita en las rocas pelíticas encajantes (Zc) de los granitoides de la Platja Fonda. Se observa claramente el contacto secante que corta a la foliación plegada; F: Un pequeño dique subhorizontal de camptonita se emplaza en las rocas pelíticas paralelamente al contacto del leucogranito en la Platja Fonda.



**Fig. 3.-** A: Panoramic view of the Sa Planassa subhorizontal dike of ultrabasic camptonite (AC) emplaced into the Aiguablava leucogranites (LG). To the left, a vertical spessartitic dike is clearly cross-cut by the subhorizontal dike. Both the Cretaceous subhorizontal dike and the Permian dike morphologies are conditioned by the late-Hercynian joints of the leucogranite.; B: Northern Cap Rubí outcrop of a camptonite subhorizontal dike; C: Branching of the main camptonite subhorizontal dike into three parallel smaller ones near of its ending at Platja Fonda outcrop. GD: granodiorite; D: Southern outcrop of Cap Rubí. The subhorizontal dike abruptly changes its morphology into a dike dipping about 30°. The structural control of the intrusions are determined by the previous jointing of the granite; E: Small camptonite subhorizontal dike cross-cutting the pelitic rocks (Zc) (the enclosing-rocks of the granitic intrusion at Platja Fonda); F: A small camptonite subhorizontal dike intrudes parallel to a previous leucogranite-pelitic rocks contact at Platja Fonda.



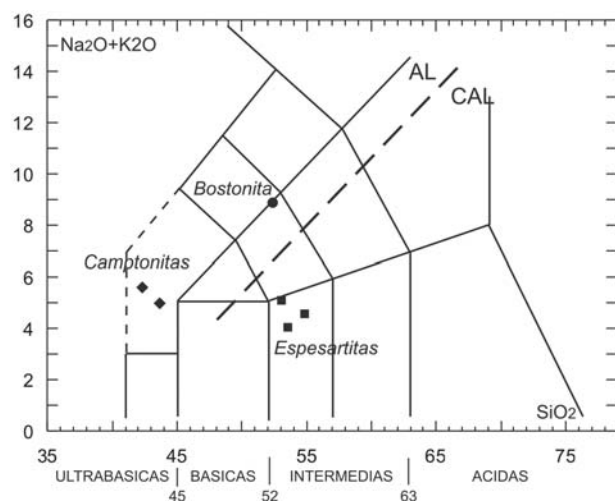
## Geoquímica

Los primeros datos sobre la composición química de los lamprófidos de Aiguablava se deben a San Miguel Arribas (1952) quién caracteriza las camptonitas, unos lamprófidos verdes y otros marrones. Por su contenido en sílice, los lamprófidos verdes corresponden claramente a las espesartitas mientras que los marrones son algo más diferenciados y no tienen correspondencia con ninguna de las muestras estudiadas en este trabajo. En estudios más recientes se describen aspectos estructurales y mineralógicos de las camptonitas pero no se aportan nuevos datos de composiciones de roca total (Gimeno, 2002; Ubide *et al.*, 2008). En este trabajo se presentan los resultados analíticos de elementos mayores y trazas de 6 muestras que representan las principales rocas hipoabisales reconocidas en el sector de Aiguablava (Tabla I). Las tres primeras muestras (6dl-1, 5je-a, y 6dm-2) corresponden a los principales diques de lamprófidos (de colores verdes, más o menos oscuros, generalmente de 0.5 a 2 m de potencia) que ocupan una familia de diaclasas orientadas mayoritariamente NO-SE a ONO-ESE. Estas rocas presentan un contenido en sílice próximo al 50% aunque, debido a su elevado contenido en agua y en otros volátiles (rasgo típico en los lamprófidos), cuando se recalculan en base anhidra los valores de sílice alcanzan entre el 53 y el 55%. En la página 82 del trabajo de Rock (1991) se recomienda la proyección directa de las composiciones de los lamprófidos en el diagrama TAS para evitar el aumento exagerado de los valores de SiO<sub>2</sub> en los tipos ultramáficos. En cambio, el mismo autor recomienda su recálculo a 100 en composiciones más diferenciadas. En el diagrama TAS (modificado por Rock, 1991 para incluir la división entre lamprófidos alcalinos y calcoalcalinos) (Fig. 4) estas rocas se sitúan en el campo de las espesartitas (CS, nomenclatura de Rock (1991). El índice de color (normativo) *M'* se sitúa entre 31 y 35%, en el límite de definición de lamprófidio (33%, modal) propuesta por Rock (1991). La norma CIPW (calculada considerando el contenido de FeO como el 80% del total del hierro presente) nos indica composiciones casi saturadas en sílice (ligeras cantidades de olivino o cuarzo normativos). Las muestras 7j5-3 y E5-26 corresponden a camptonitas (AC, Rock, 1991) elegidas en zonas centrales del dique subhorizontal (en las que no se produce acumulación de cristales). Por su contenido en sílice se trata de camptonitas

Loc.	A) Lamprófidos calcoalcalinos (Espesartitas)			B) Lampr. alcalinos (Camptonitas)		C) AL dif. (Bostonita)
	Tamariu 6dl-1	Aiguablava 5je-a	Esclanyà1 6dm-2	Planassa 7j5-3	C. Rubí E5-26	Esclanyà2 7j5-1
Muestra	6dl-1	5je-a	6dm-2	7j5-3	E5-26	7j5-1
SiO <sub>2</sub>	51,60	50,88	49,26	41,01	38,10	48,61
TiO <sub>2</sub>	1,11	1,02	1,03	3,71	3,58	1,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,12	16,41	16,53	14,48	13,67	16,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	8,06	7,91	8,10	13,88	14,22	8,56
MnO	0,12	0,14	0,16	0,20	0,20	0,13
MgO	6,80	6,97	7,24	8,46	5,16	4,36
CaO	6,31	8,23	6,14	7,97	10,58	4,39
Na <sub>2</sub> O	2,19	2,42	2,32	2,41	2,60	5,12
K <sub>2</sub> O	2,10	1,45	2,43	2,29	2,46	3,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,49	0,32	0,32	0,75	0,74	1,07
Q	5,30	2,64	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Z	0,04	0,03	0,04	-	0,06	0,06
or	13,16	9,03	15,50	14,36	14,83	20,03
ab	19,66	21,53	21,09	12,41	0,00	35,89
an	29,71	31,17	29,68	23,34	20,39	14,33
lc	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	0,00
ne	0,00	0,00	0,00	5,02	13,22	5,84
di	0,29	7,90	0,87	10,90	27,12	1,72
hy	26,06	22,60	27,33	0,00	0,00	0,00
ol	0,00	0,00	0,19	20,34	9,56	14,04
mt	2,48	2,41	2,53	4,28	4,57	2,67
il	2,24	2,05	2,11	7,50	7,53	2,96
ap	1,24	0,80	0,82	1,89	1,95	2,77
M'	31,11	34,99	33,07	43,02	48,84	21,45
Ni	112	69	80	-	15	12
V	130	157	154	-	324	174
Cu	13	8	4	-	38	1
Pb	15	7	16	-	6	5
Zn	91	75	83	-	104	111
Sn	4	4	3	-	0	0
Mo	1	1	1	-	2	1
Rb	68	48	93	-	75	93
Ba	491	445	492	-	503	1213
Sr	300	318	250	-	809	358
Ga	18	17	18	-	23	22
Nb	14	10	11	-	59	31
Zr	183	160	173	-	263	279
Y	24	24	23	-	26	30
Th	8	8	7	-	0	20
Ce	65	68	59	-	113	173

**Tabla I.- Composición de elementos mayores y trazas de las muestras estudiadas . Se incluye la composición normativa CIPW calculada en base a un 80% del FeO del total del hierro presente. *M'* (normativo): índice de color (Le Maître, 1989). A: análisis de las espesartitas (CS); B: análisis de las camptonitas y su posible diferenciado bostonítico. Localización de las muestras (coordenadas UTM).- Tamariu: 512.473, 4640.879; Aiguablava: 517.897, 4642.759; Esclanyà1: 517.970, 4642.852; Planassa: 518.244, 4642.811; C. Rubí: 518.175, 4643.455; Esclanyà2: 517.973, 4642.868.**

*Table I.- Major and trace element compositions of the studied samples . CIPW norm on a basis of FeO =80% is included. *M'* (normative): color index (Le Maître, 1989). A: spessartite analyses (CS); B: camptonites and a probably bostonitic differentiate. Sample location (UTM coordinates).- Tamariu: 512.473, 4640.879; Aiguablava: 517.897, 4642.759; Esclanyà1: 517.970, 4642.852; Planassa: 518.244, 4642.811; C. Rubí: 518.175, 4643.455; Esclanyà2: 517.973, 4642.868.*



**Fig. 4.- Representación de las muestras analizadas en el diagrama TAS (Le Maître et al., 1989) en base anhidra. La línea discontinua divide los campos de los lamprófidos alcalinos (AL) de los calcoalcalinos (CAL) (Rock, 1991).**

*Fig. 4.- Plot of the analysed samples on the TAS diagram (Le Maître et al., 1989). Data recalculated to 100% free of volatiles before plotting. The dashed line AL/CAL divides alkaline from calcalkaline lamprophyres (Rock, 1991).*

ultrabásicas, moderada a fuertemente subsaturadas en sílice como se pone de manifiesto en la norma CIPW por la aparición de nefelina normativa e incluso, en la muestra E5-6, de una pequeña proporción de leucita normativa. Además de un alto contenido en álcalis (en relación a su bajo contenido en sílice) tienen un elevado contenido en Ti y en Nb, lo que se corresponde claramente con su afinidad alcalina (próxima a composiciones basáníticas).

La muestra 7j5-1 procede de un dique paralelo a la mayoría de los diques lamprofídicos de la zona. Se trata de una roca afanítica muy compacta y dura pese a contener abundantes minerales secundarios. Es de color algo rojizo y contiene un menor porcentaje de minerales máficos que el resto de los diques de la zona. Su composición es básica (o intermedia si se recalcula en base anhidra) y es muy rica en álcalis (> 8%) (Fig. 4). Tiene un índice de color  $M'$  (normativo) (Le Maître, 1989) de 21 (Tabla I-C) el cual la excluye de la clasificación de los lamprófidos en sentido estricto ( $M' > 33$ , Rock, 1991;  $M' > 35$ , Le Maître, 1989). Sin embargo, su composición química (alto contenido en álcalis, en Ti, en P y en Nb) y la presencia de casi un 6% de nefelina normativa la sitúa en una clara tendencia de diferenciación de magmas alcalinos (com-

posición próxima a las fonotefritas, Fig. 4). El yacimiento filoniano hipoabisal y el alto contenido en volátiles sitúa esta roca en la línea evolutiva de los magmas camptoníticos (camptonita-maenita-bostonita). El bajo contenido en máficos induce a considerar esta roca como un tipo bostonítico (o con características químicas semejantes a las de las bostonitas).

### Conclusiones

Se presenta un mapa detallado de las intrusiones hipoabisales lamprofídicas del área de Aiguablava con la localización de nuevos afloramientos camptoníticos.

Se sitúa y se analiza, por primera vez en el NE de la Península Ibérica, un afloramiento de un diferenciado lamprofídico alcalino, con características similares a las bostonitas.

Los análisis de las camptonitas muestran un contenido en sílice claramente inferior al 45% por lo que corresponden a camptonitas ultrabásicas.

### Agradecimientos

Este estudio ha sido parcialmente financiado por el Institut Cartogràfic de Catalunya (Servei Geològic) en la realización del Mapa Geològic de Catalunya

(1:25.000), Palafrugell 335-1-1 (79-25). El autor agradece al Dr. Ramón Casillas las sugerencias aportadas en la revisión de este trabajo.

### Referencias

- Enrique, P. (1990). *Acta Geológica Hispánica*, 25, 39-64.
- Ferrés, M. (1998). *Géochronologie, pétrogenèse et évolution géochimique des intrusions granitiques alcalines des Chaînes côtières Catalanes dans le cadre du magmatisme hercynien de la Méditerranée nord-occidentale*. Tesis Doctoral, Univ. de Genève, 198 p.
- Jimeno, D. (2002). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 11, 105-133.
- Le Bas, M.J., Le Maître, R.W., Streckeis, A. y Zanettin, B. (1986). *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- Le Maître, R.W. (Ed.). (1989). *A classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Blackwell Scientific Publ., 193 p.
- Losantos, M., Montaner, J., Solà, J., Mató, E., Sampsó, J.M., Picart, J., Calvet, F., Enrique, P., Ferrés, M. y Solé, J. (2000). *Mapa Geològic de Catalunya 1:25.000, Palafrugell 335-1-1 (79-25)*. ICC (Servei Geològic de Catalunya).
- Pallí, L. y Roqué, C. (1991). *Mapa litològic del massís de Begur 1:25.000*. Col·legi Universitari de Girona.
- Rock, N. M. S. (1991). *Lamprophyres*. Blackie, 285 p.
- San Miguel Arribas, A. (1952). En: *Congr. Géol. Inter. Comptes Rendus*, 19, 77-79.
- San Miguel de la Cámara, M. (1936). *Mem. Acad. Cienc. Madrid. Ser. Ciencias Nat.* Tomo VI. 660 pp.
- Solé, J., Pi, T. y Enrique, P. (2003). *Cretaceous Research*, 24, 135-140.
- Ubide, T., Galé, C., Arranz, E., y Lago, M. (2008). En: *28 Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía y 21 Reunión de la Sociedad Española de Arcillas*. Resúmenes, 249-250.