

Datación U-Pb con SHRIMP de circones de las eclogitas ofiolíticas del Complejo del Mulhacén (Cordillera Bética)

U-Pb SHRIMP dating of zircons from the ophiolitic eclogites of the Mulhacén Complex (Betic Cordillera)

E. Puga ⁽¹⁾, M. Fanning ⁽²⁾, J.M. Nieto ⁽³⁾ y A. Díaz de Federico ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR). Facultad de Ciencias, Fuentenueva s/n. 18002 Granada.

⁽²⁾ Research School of Earth Sciences, Australian National University, Mills Road, Canberra ACT 0200, Australia.

⁽³⁾ Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, 21071 Huelva.

ABSTRACT

Eclogites formed during the eoalpine HP metamorphic event are common within the Ophiolitic Unit of the Mulhacén Complex. A detailed cathodoluminescence study and U-Pb SHRIMP dating of zircons from eclogites of the locality of Lugros, has revealed two types of domains (igneous and metamorphic) in these zircons with different age. Igneous domains, with idiomorphic zoning, gave a Jurassic age, while the age of the metamorphic domains cluster around the Upper Cretaceous – Palaeocene.

Key words: Datación U-Pb SHRIMP, circón, eclogitas, Cordillera Bética

Geogaceta, 33 (2003), 131-134

ISSN:0213683X

Introducción y encuadre geológico

Las eclogitas, cuyas dataciones por el método U-Pb con SHRIMP sobre circones, se exponen en este trabajo, afloran en la localidad de Lugros al Norte de Sierra Nevada (Fig. 1), formando parte del Complejo del Mulhacén (CM). Este complejo, definido por Puga et al. (2002), sobrecorrió al Complejo del Veleta (CV) después del acontecimiento metamórfico eoalpino, que se desarrolló bajo presiones netamente superiores en el CM que en el CV. El CM está formado por dos unidades de origen cortical, la Caldera debajo y las Sabinas encima, entre las cuales está tectónicamente intercalada la unidad ofiolítica, de origen oceánico (Fig. 2). Las características litológicas fundamentales de cada una de estas unidades, así como las del CV infrayacente, están detalladas en esta figura.

Las eclogitas de Lugros, por sus características geoquímicas y petrológicas, descritas en Cámara (1995) y Puga et al (1995, 2000, 2002; Puga en prensa), forman parte de la Asociación Ofiolítica Bética (AOB) definida por Puga (1990). Esta asociación está formada por numerosos lentejones, de tamaño métrico a kilométrico, de rocas metamórficas, derivadas de rocas básicas, ultramáficas y sedimenta-

Punto datado	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Pb* (ppm)	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	f ₂₀₆	f ₂₀₆ %	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	Total ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		Edad (Ma)				
									±	±	±	±			
2,1	246	143	0,58	7	-	7,91E-03	0,79	33,86	0,50	0,0562	0,0017	0,0293	0,0004	186,2	2,7
5,1	1141	959	0,84	36	0,000412	0,00208	0,21	33,47	0,40	0,0516	0,0005	0,0298	0,0004	189,4	2,2
6,1	917	1848	2,02	14	0,002498	0,04351	4,35	88,43	1,32	0,0807	0,0019	0,0108	0,0002	69,4	1,0
7,1	338	1918	5,67	4	0,007927	0,14934	14,93	176,79	3,22	0,1640	0,0039	0,0048	0,0001	30,9	0,6
7,2	554	404	0,73	15	0,000323	0,00483	0,48	42,78	0,66	0,0529	0,0010	0,0233	0,0004	148,2	2,3
8,1	283	243	0,86	4	0,002842	0,0586	5,66	81,59	1,47	0,0910	0,0021	0,0116	0,0002	74,1	1,4
8,2	147	86	0,58	4	0,002147	0,0336	3,36	40,16	0,90	0,0757	0,0025	0,0241	0,0006	153,3	3,5
9,1	350	113	0,32	5	0,000786	0,01442	1,44	72,20	1,19	0,0578	0,0016	0,0137	0,0002	87,4	1,4

Tabla I.- Resultado de las dataciones U/Pb con SHRIMP de los circones representados en la Figura 3.

Table I.- SHRIMP U-Pb results for zircons represented in Figure 3.

rias, que proceden de una litosfera oceánica Jurásica, cubierta por sedimentos Cretácicos (Tendero *et al.*, 1993; Puga *et al.*, 1989a, 1995, 1999, 2002, Puga en prensa). Esta asociación ofiolítica es similar a las que abundan en la Cordillera de los Alpes y los Apeninos, todas las cuales proceden del extremo occidental del suelo oceánico del Tethys, que fue en su mayor parte consumido, por subducción, durante la primera etapa compresiva entre las placas Ibérica y Africana en el Cretáceo superior (Dewey *et al.*, 1989; Desmons *et al.*, 1999).

Las eclogitas de Lugros, como el resto de las que afloran en el CM (Fig. 1), se originaron durante el acontecimiento metamórfico eoalpino, de alta presión, que se desarrolló como consecuencia del primer proceso de subducción intraoceánico

alpino y fueron exhumadas sobre el margen continental, junto con otros componentes del suelo oceánico metamorfozado, durante un estadio distensivo Paleoceno (Dewey *et al.*, 1989; Puga en prensa). En esta etapa distensiva intraorogénica se depositó la Formación Soportújar (Fig. 2), nutrida en parte por materiales eclogitizados del CM y por materiales piroclásticos de naturaleza calcoalcalina (Puga *et al.*, 1996). Esta formación, junto con los materiales metamórficos del CM, sobre los que se depositó, fueron deformados y metamorfozados durante el acontecimiento mesoalpino, de edad Eoceno-Oligoceno, que se desarrolló en condiciones de facies anfíbolitas de Ab-Ep, tanto en el CM como en el CV, como consecuencia de un nuevo acercamiento entre las placas Europea y Africana. Este nuevo

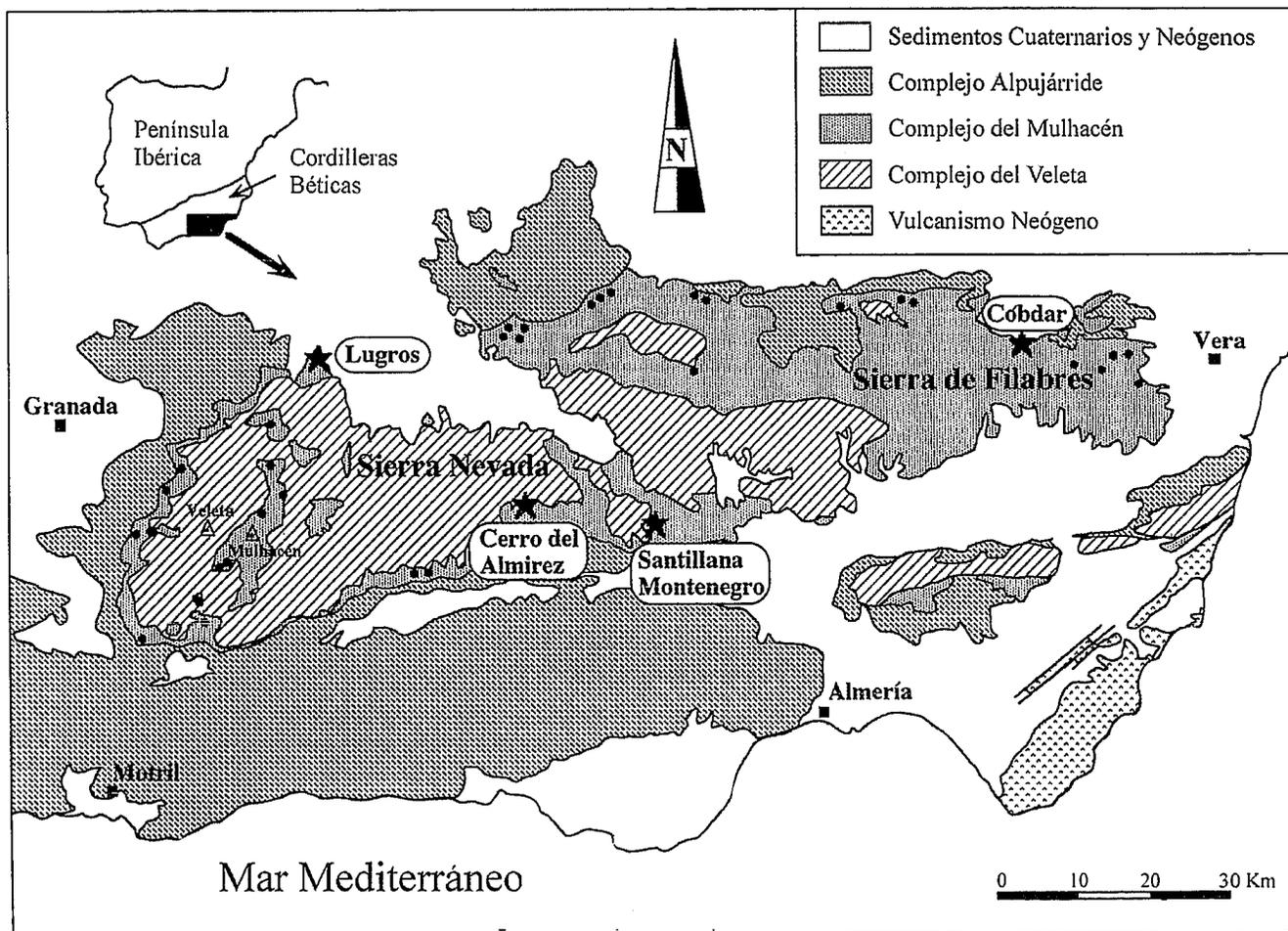


Fig. 1.- Mapa geológico sintético del sector central-oriental de las Cordilleras Béticas. Los puntos negros y estrellas representan los principales afloramientos de la Asociación Ofiolítica Bética.

Fig. 1.- Geological sketch map of the central-eastern sector of the Betic Cordilleras. Black dots and stars represent the main outcrops of the Betic Ophiolitic Association.

periodo compresivo pudo originar una nueva subducción intra-continental de algunas unidades, que fueron posteriormente exhumadas hacia el límite Oligoceno-Mioceno, produciendo la retrogresión Neoalpina de las paragénesis preexistentes (Puga y Díaz de Federico, 1978; Puga *et al.*, 1989b, 2000, 2002). Esta segunda subducción alpina derivó en la colisión generalizada del orógeno bético, la cual fue seguida de un colapso extensional, entre el límite Oligoceno-Mioceno y el Mioceno medio (Galindo Zaldívar *et al.*, 1989; Platt y Visser, 1989).

Las dataciones radiométricas obtenidas sobre diferentes litotipos de origen ígneo y sedimentario de la AOB, por los métodos de datación K/Ar, Ar/Ar, Rb/Sr y Sm/Nd, así como las obtenidas sobre otros litotipos de las unidades de origen cortical del CM, recopiladas en Puga *et al.*, (2002), permitieron establecer tentativamente la edad de los diferentes estadios de blastesis antes mencionados. El

método de datación de circones con SHRIMP se aplicó a las eclogitas de Lugros en un intento de dilucidar, con un método de datación considerado como más adecuado que los anteriores para terrenos polimetamórficos, tanto la edad del magmatismo básico de sus protolitos como la de su metamorfismo alpino.

Características de las eclogitas de Lugros y de los circones datados

Las eclogitas de Lugros datadas con SHRIMP, proceden de litotipos gabroídicos, como muestran sus texturas ígneas preservadas, en las que la plagioclasa, el piroxeno y el olivino, interpenetrados formando texturas ofíticas de grano grueso, han sido totalmente reemplazados por la paragénesis eclogítica, formada por onfácita, almandino, rutilo ± distena y ± glaucofana, con texturas coroníticas. Esta paragénesis eclogítica ha sido localmente reemplazada, a su vez, por otra anfibolítica, formada por anfíboles sodocálcicos,

albita y epidota, con texturas simplectíticas que evolucionan hacia nematoblásticas en las zonas más deformadas.

Los circones separados de estas eclogitas son poco abundantes y su tamaño suele estar comprendido entre 50 y 200 µm. Como puede verse en la Fig. 3 (en la que se muestran 6 cristales representativos), estos presentan formas externas subidiomorfas, con bandas de zonado oscilatorio paralelas a las superficies planas del cristal, que son propias de los circones de origen ígneo, así como bordes irregulares. El color por catodoluminiscencia de los bordes cristalinos de los circones es gris, mas o menos oscuro, mientras que los bordes irregulares presentan un aspecto moteado o anubarrado, con colores variables de gris claro a blanco, y texturas en mosaico que parecen resultado de la tectonización y recristalización de los cristales ígneos preexistentes. Algunas de estas manchas blanquecinas se extienden desde la periferia hacia el interior de los cristales, y

rodean pequeños huecos (de color negro) que son frecuentes en el interior de estos circones.

Metodología y resultados geocronológicos

Se han obtenido un total de 59 análisis de U, Th y Pb sobre 39 granos de circon separados de las eclogitas de Lugros, utilizando la microsonda iónica de alta resolución (SHRIMP) de la Universidad Nacional de Australia en Canberra. Las condiciones instrumentales y de adquisición de datos son las descritas en Compton et al. (1992).

Las dataciones de las zonas de color gris y aspecto homogéneo en catodoluminiscencia, dan razones Pb^{206}/U^{238} a las que corresponden edades comprendidas entre el Jurásico inferior y el superior (Fig. 3 y Tabla 1), mientras que las zonas moteadas, de colores blanquecinos, presentan valores más bajos, correspondientes en su mayoría al Cretáceo superior y Paleoceno y, excepcionalmente, al Oligoceno. En ningún caso se han encontrado bordes de recrecimiento de edad posterior al Jurásico, ni núcleos heredados de edad más antigua.

Interpretación de las dataciones y discusión

Las dataciones de SHRIMP procedentes de las zonas con características igneas preservadas en estos circones, permiten datar de forma inequívoca el magmatismo básico del que proceden las eclogitas ofiolíticas de Lugros, como de edad Jurásica; por otra parte, la inexistencia en estos circones de núcleos heredados, que pudieran interpretarse como resultado de la asimilación de rocas corticales, atravesadas por los magmas en su camino ascensional, es congruente con el origen de estos magmas en un ambiente de dorsal oceánica, como indican sus características geoquímicas (Puga et al., 1995) y, en especial, sus razones isotópicas de Nd próximas a 1.513, que corresponden a un magma de tipo E-MORB (Puga et al., 2002; Puga en prensa).

En cuanto a las dataciones de las zonas moteadas de los circones, se interpretan como la recristalización parcial de los cristales ígneos durante las etapas metamórficas alpinas, especialmente durante la etapa de eclogitización eoalpina que, según estas dataciones, correspondería al Cretáceo superior (Tabla 1), en concordancia con las dataciones radiométricas previamente realizadas con otros métodos (Puga et al., 2002). En el

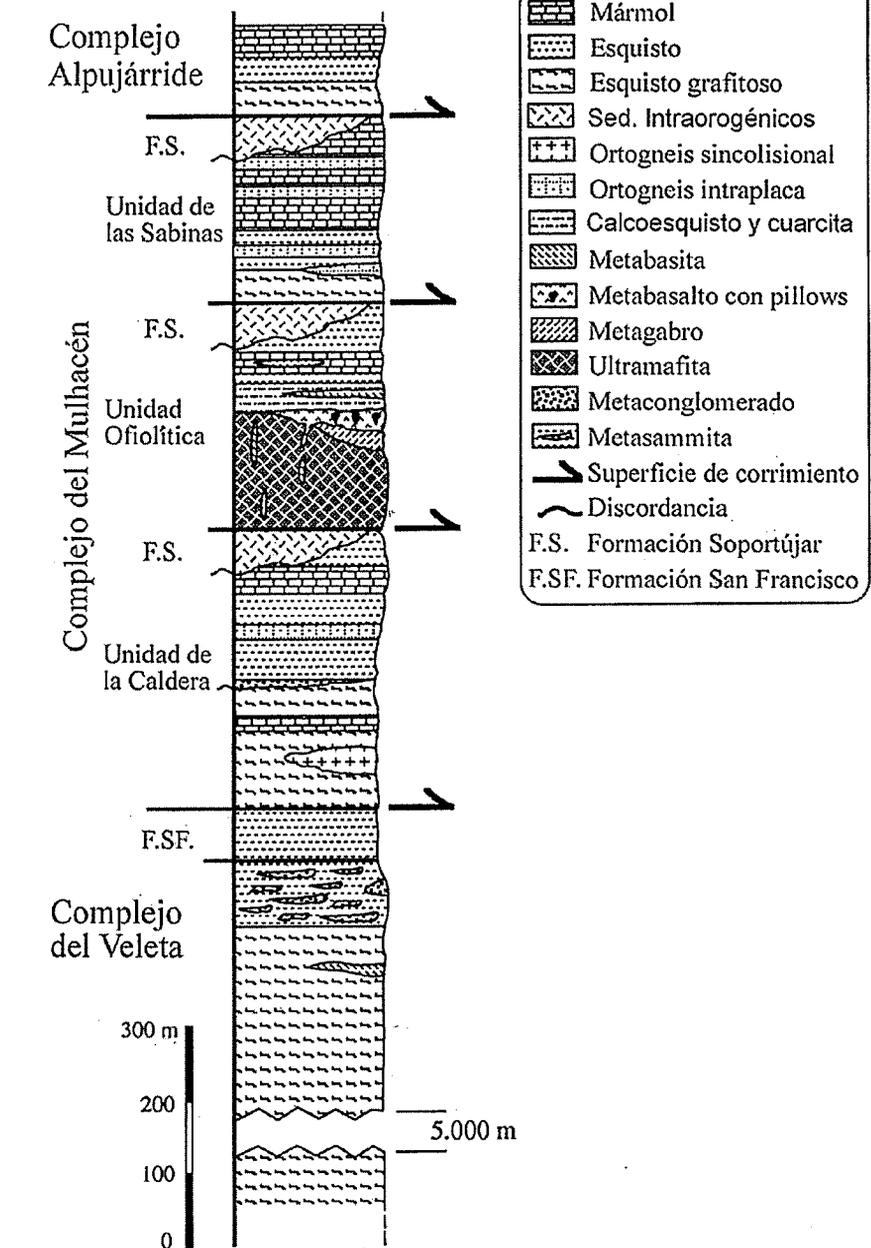


Fig. 2.- Columna litostratigráfica sintética de los complejos del Veleta y Mulhacén, junto con una litostratigrafía simplificada (sin escala) del Complejo Alpujarride.

Fig. 2.- Schematic lithostratigraphic column of the Veleta and Mulhacén complexes, together with a simplified lithostratigraphy (not to scale) of the Alpujarride Complex.

clímax metamórfico eoalpino se alcanzaron condiciones P-T de 700 °C y 22 kb en Lugros (Puga et al., 1995, 2000), que fueron insuficientes para el recrecimiento de los circones ígneos, probablemente como consecuencia de la escasez de fluidos metamórficos característica de esta facies. Las condiciones metamórficas desarrolladas en Lugros durante el proceso de anfibolitización mesoalpino, alcanzaron los 600 °C y 9 kb (Puga et al., 1995, 2000) y, aunque la disponibilidad de fluidos debió ser mayor en este acontecimiento metamórfico que en el anterior, tampoco se

consiguieron condiciones adecuadas para el recrecimiento de los circones ígneos, al menos en las muestras datadas, en las que predomina la paragénesis eclogítica y se preservan incluso las texturas ígneas, como consecuencia de la escasa deformación metamórfica alpina.

Recientemente, López Sánchez-Vizcaino et al. (2001) han datado circones con SHRIMP de 15 ± 0.6 Ma, procedentes de un lentejón de clinopiroxenita en serpentinitas del Cerro del Almirez, correspondientes a la AOB (Fig. 1), que han sido interpretados como originados du-

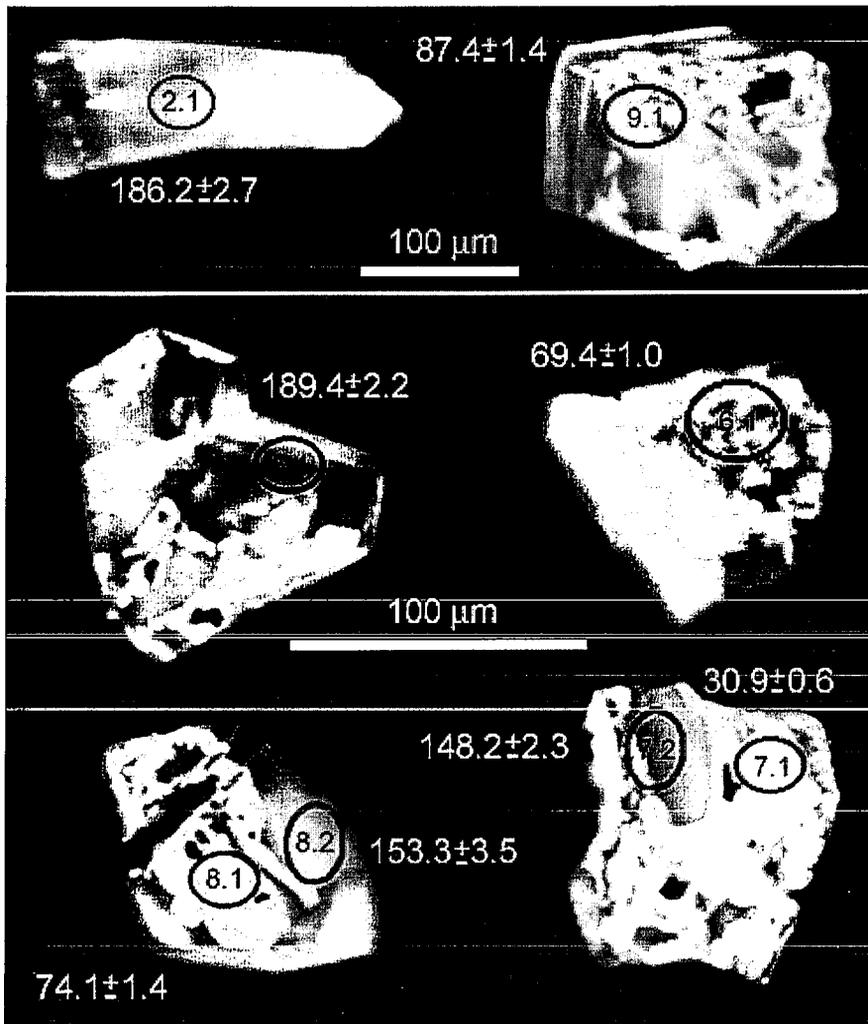


Fig. 3.- Cristales de circon representativos datados en este trabajo. Los números en círculos corresponden a los números de análisis en la Tabla I.

Fig. 3.- Representative zircon crystals dated in this study. Numbers in circles refer to analyses number in Table I.

rante el metamorfismo de alta P, en facies eclogitas, que afectó a las rocas ultramáficas encajantes (Trommsdorff *et al.*, 1998; Puga *et al.*, 1999). La adjudicación de estos circones a la paragénesis eclogítica y no a un estadio retrógrado Nealpino, se basa en un hecho de interpretación textural controvertida, como el de que algunos circones contienen inclusiones de antigorita y por lo tanto son paragéneticos con este mineral. Por otra parte, la antigorita no es un mineral típico

tamórfica de estas rocas y una edad muy reciente del metamorfismo de alta P. Sin embargo, otra posible explicación al desarrollo de estos circones en la clinopiroxenita, durante el Mioceno medio, pudo ser la descomposición, bajo la influencia de los abundantes fluidos hidrotermales que circularon en este estadio descompresivo, de algunos minerales con Zr, tales como el clinopiroxeno mantélico, o la titanclinohumita de la paragénesis eclogítica, junto a otros productos de descompo-

Complejo del Mulhacén permite establecer, con seguridad, una edad Jurásica para el magmatismo básico que originó estas rocas. Los circones analizados, además de zonaciones idiomorfas de origen ígneo, presentan zonas moteadas de distribución irregular que se interpretan como la recrystalización parcial de los cristales ígneos durante las etapas metamórficas alpinas, especialmente durante la etapa de eclogitización eoalpina. Las dataciones obtenidas en estas zonas moteadas corresponden al Cretáceo superior - Paleoceno, y se interpretan como la edad de recrystalización metamórfica de estos circones.

Referencias

Compston W., Williams I.S., Kirschvink J.L., Zhang Z. & Ma G. (1992): J. Geol. Soc. London, 149, 171-184.
 Desmons, J., Compagnoni, R. & Cortesogno, L. (1999): Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt, 79, 111-134.
 Fraser, G, Ellis, D. & Eggins, S. (1997): Geology, 25, 607-610.
 López Sanchez-Vizcaino, V, Rubatto, D., Gomez Pugnare, M.T., Trommsdorff, V. & Müntener, O. (2001). Terra Nova, 13, 327-332.
 Nesbitt, R.W.; Pascual, E.; Fanning, C.M.; Toscano, M.; Saez, R. & Almodovar, G.R. (1999): J. Geol. Soc. London, 156, 7-10.
 Puga, E. & Diaz de Federico, A. (1978): Reunión Geodinámica Cordilleras Béticas y Mar de Alborán. Universidad de Granada . España, pp. 79-111.
 Puga, E.; Diaz de Federico, A.; Bargossi, G. M. & Morten, L. (1989a): Geodin. Acta, 3, 17-36.
 Puga, E., Diaz de Federico, A., Fediukova, E., Bondi, M. & Morten, L. (1989b): Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 69, 435-455.
 Puga, E.; Diaz de Federico, A. & Demant, A. (1995): Terra Nova, 7, 31-43.
 Puga, E.; Nieto J. M., Diaz de Federico, A., Portugal, M. & Reyes, E. (1996): Eclogae Geol. Helv., 89, 129-162.
 Puga, E., Nieto J.M., Diaz de Federico, A.