

# Geocronología de las rocas volcánicas de El Castillo (Salamanca, Zona Centroibérica)

## *Geochronology of the El Castillo Volcanic rocks (Salamanca, Central Iberian Zone)*

G. Gutiérrez-Alonso <sup>(1)</sup>, J. B. Murphy <sup>(2)</sup>, J. Fernández-Suárez <sup>(3)</sup> y M.A. Hamilton <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca, Spain; gabi@usal.es

<sup>(2)</sup> Department of Earth Sciences, St. Francis Xavier University, Antigonish, Nova Scotia, B2G 2W5, Canada

<sup>(3)</sup> Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense and Instituto de Geología Económica (Consejo Superior de Investigaciones Científicas-CSIC), 28040 Madrid, Spain

<sup>(4)</sup> Jack Satterly Geochronology Lab, Dept. of Geology, Univ of Toronto, Toronto, ON M5S 3B1, Canada

### ABSTRACT

Exposures of volcanic rocks (El Castillo) in the Central Iberian Zone near Salamanca, Spain, are representative of Paleozoic volcanic activity along the northern Gondwanan passive margin. Alkaline basalts and mafic volcanoclastic rocks of this sequence are structurally preserved in the core of the Variscan Tamames Syncline. On the basis of the occurrence of graptolite fossils in immediately underlying strata, the El Castillo volcanics traditionally have been regarded as Lower Silurian in age. In contrast, most Paleozoic volcanic units in western Iberia are rift-related mafic to felsic rocks emplaced during the Late Cambrian-Early Ordovician, and are attributed to the opening of the Rheic Ocean. We present new zircon U-Pb TIMS data from a mafic volcanoclastic rock within the El Castillo unit. These data yield a near-concordant, upper intercept age of  $394.7 \pm 1.4$  Ma that is interpreted to reflect a Middle Devonian (Emsian-Eifelian) age for the magmatism, demonstrating that the El Castillo volcanic rocks lie unparaconformably above lower Silurian strata.

**Keywords:** Geocronología, Zona Centriérica, rocas volcánicas, Devónico

*Geogaceta*, 44 (2008), 3-6  
ISSN: 0213683X

### Introducción

El avance en las técnicas geocronológicas y progresivo aumento de datos de edades absolutas existentes permiten calibrar y comprobar las edades de sucesiones sedimentarias que posean rocas volcánicas intercaladas. Este es el caso de la sucesión paleozoica que aflora en el núcleo del Sinclinal de Tamames, en la que existen rocas volcánicas alcalinas intercaladas en una serie siliciclástica a la que se ha atribuido clásicamente una edad silúrica, basada en la existencia de graptolites (Saavedra Alonso *et al.*, 1973; Rölz, 1975; Jiménez Fuentes y Saavedra, 1971; Jiménez Fuentes, 1973; Gutiérrez Marco y Rabano, 1983).

En este trabajo, presentamos los resultados del análisis geocronológico, mediante el método U-Pb en circones, de las rocas volcánicas situadas en el alto de El

Castillo, en la Zona Centroibérica, en el núcleo del Sinclinal de Tamames. Los datos obtenidos permiten precisar una edad Eifeliense (Devónico Medio) de acuerdo con la escala de Gradstein *et al.* (2004).

### Marco geológico

Las rocas volcánicas estudiadas se encuentran en sector del orógeno Varisco que aflora en el Oeste de la península ibérica, concretamente en la Zona Centroibérica (Fig. 1), que es el dominio paleogeográfico más extenso de Iberia y que se caracteriza por la presencia de una potente sucesión de rocas sedimentarias, fundamentalmente siliciclásticas, de edad Ediacarane y Paleozoica. Esta sucesión fue deformada con distinta intensidad durante la Orogenia Varisca, siendo uno de los resultados de la misma la presencia de pliegues con planos axiales verticales que

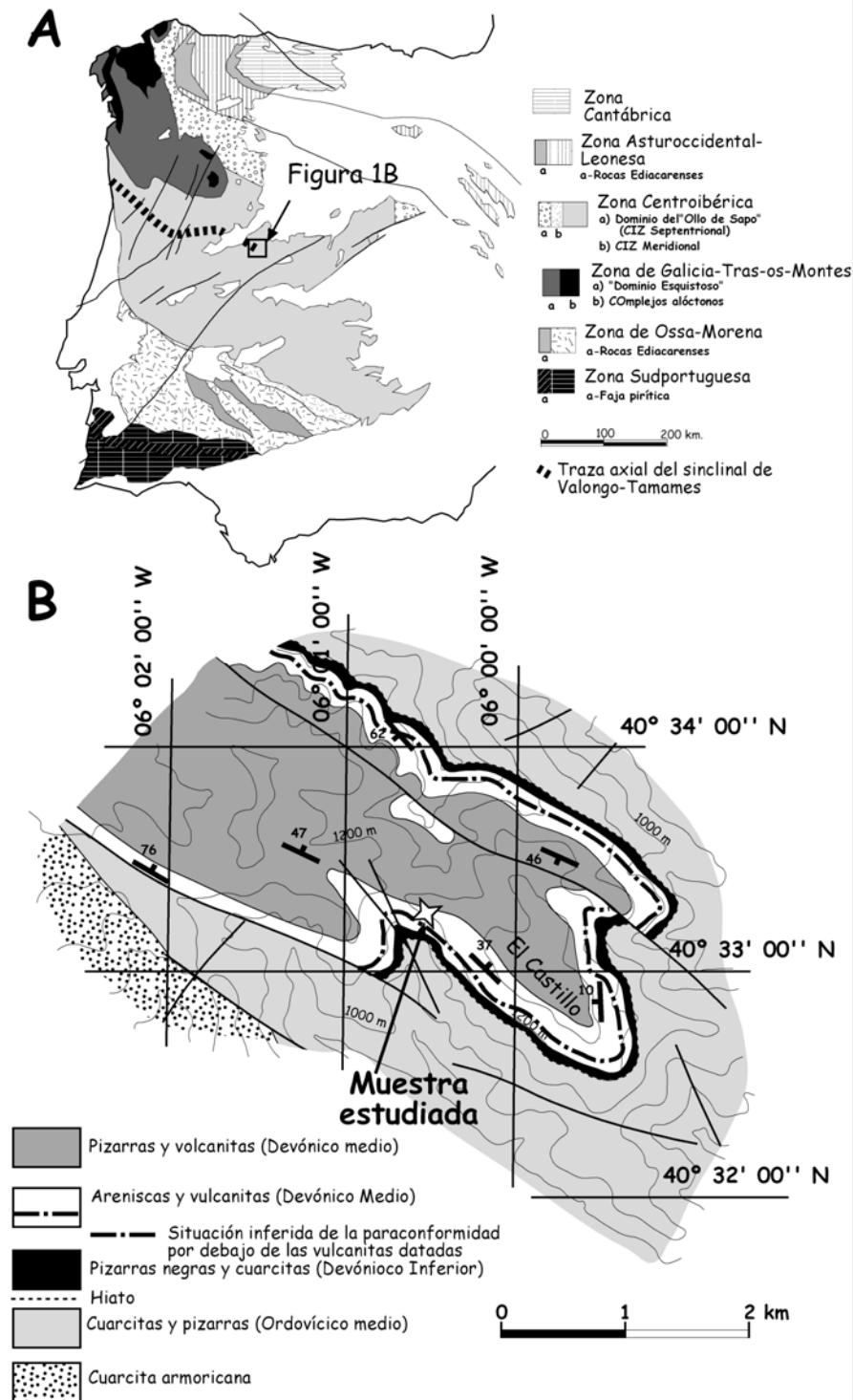
preservan ocasionalmente en los núcleos de los sinclinales rocas silúricas y devónicas. La Zona Centroibérica se encuentra profusamente intruida por granitoides variscos de edad carbonífera. Uno de estos sinclinales es el denominado sinclinal de Valongo-Tamames, cuya traza axial puede seguirse durante más de 250 km desde Portugal a la provincia de Salamanca (Fig. 1). Su núcleo preserva en su extremo más oriental rocas silúrico-devónicas antes de desaparecer debido a la intrusión de un granitoide varisco del Batolito del Sistema Central.

En el núcleo de este sinclinal aflora una secuencia compuesta por areniscas, grauvacas y pizarras, siendo estas últimas más abundantes hacia el techo de la sucesión. Estos sedimentos clásticos están interestratificados con rocas volcánicas de composición intermedia o máfica. Se trata de tobas volcanoclasticas y algunos

Nº deCircones	Peso (µg)	U (ppm)	Pb* (pg)	Pb <sub>c</sub> (pg)	Th/U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb		± 2σ		<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U		± 2σ		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb		± 2σ		Edades (Ma)		Disc. (%)
						± 2σ	± 2σ	± 2σ	± 2σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	± 2σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	± 2σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	± 2σ					
1	9.2	609	477.1	0.70	1.67	32315	0.062627	0.000156	0.471201	0.001477	0.054569	0.000083	391.6	0.9	392.0	1.0	394.6	3.4	0.8	
1	6.4	490	308.9	6.70	1.73	5696	0.062021	0.000124	0.466835	0.001521	0.054591	0.000112	387.9	0.8	389.0	1.1	395.5	4.6	2.0	
1	23.0	294	580.4	0.55	1.70	49463	0.062757	0.000122	0.472145	0.001158	0.054564	0.000056	392.4	0.7	392.7	0.8	394.4	2.3	0.5	
1	3.2	865	234.5	0.66	1.65	16843	0.062630	0.000119	0.471115	0.001214	0.054556	0.000073	391.6	0.7	392.0	0.8	394.1	3.0	0.6	
1	25.0	471	1001.0	2.52	1.73	18541	0.061925	0.000121	0.466301	0.001329	0.054613	0.000095	387.3	0.7	388.6	0.9	396.4	3.9	2.4	

Tabla I.- Resultados analíticos

Table I.- Analytical results



**Fig. 1.- (A)** Mapa geológico del Macizo Ibérico donde se muestran las diferentes zonas paleogeográficas (según Julivert *et al.*, 1972, Farias *et al.*, 1987 y Pérez-Estaún *et al.*, 2004). Se indica la localización del Sinclinal de Valongo-Tamames y del sector donde se recogió la muestra estudiada. **(B)** Mapa geológico del extremo oriental del Sinclinal de Valongo-Tamames (Díez Balda, 1986; Martín Herrero *et al.*, 1990) donde se muestra la localización de la muestra estudiada y la posición de una supuesta paraconformidad entre los sedimentos silúricos y las rocas volcánicas devónicas.

*Fig. 1.- (A)- Geological sketch of the Iberian Massif with the different paleogeographic zones used in the text. From Julivert *et al.*, (1972), Farias *et al.*, (1987) and Pérez-Estaún *et al.*, (2004). It is also indicated the location of the Valongo Tamames syncline and the location of the area where the sample was collected. (B)- Geological map of the eastern end of the Valongo-Tamames syncline (Díez Balda, 1986; Martín Herrero *et al.*, 1990), with the location of the studied sample and the inferred position of the paraconformity between the lower Silurian sediments and the Middle Devonian metavolcanics.*

niveles de basaltos que han sido intensamente alterados y reemplazados por carbonatos. Esta serie se superpone a otra compuesta por cuarcitas y pizarras negras que contienen abundantes graptolites de edad Silúrico inferior (Díez Balda, 1986; Martín Herrero *et al.*, 1990) que han servido clásicamente para asignar una edad silúrica a toda la sucesión (Saavedra Alonso *et al.*, 1973; Röhlz, 1975; Jiménez Fuentes y Saavedra, 1971; Jiménez Fuentes, 1973; Gutiérrez Marco y Rábano, 1983).

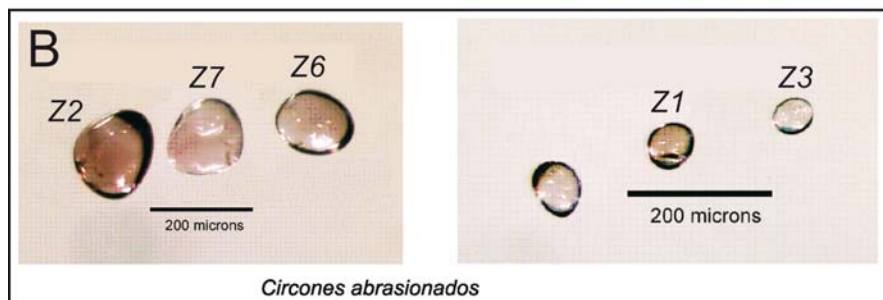
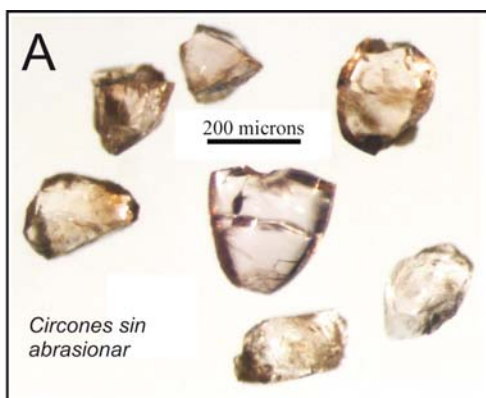
La muestra estudiada se recogió en una de los niveles de rocas volcánicas más bajos de la serie, concretamente en las proximidades del cerro de El Castillo (Fig. 1), que da nombre a la sucesión, y que se sitúa a unos 3 km al noreste de la villa de San Martín de Robledo (Salamanca). Estas rocas han sido estudiadas en detalle por Díez Balda (1986), quien las describe como flujos de lava masivos con intercalaciones ocasionales de pizarras y/o areniscas. Las coladas tienen texturas amigdaloides que se hacen más abundantes hacia el techo de cada colada. Díez Balda (1986) clasificó estas rocas como basanitas en base a sus características petrográficas y geoquímicas. La muestra estudiada se corresponde con una de las coladas y preserva un gran número de amígdalas rellenas de calcita y un clivaje incipiente paralelo al plano axial del sinclinal de Valongo-Tamames.

**Método analítico**

Los concentrados iniciales de minerales pesados fueron inicialmente preparados en el Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense mediante molienda convencional y el uso de una mesa Wilfley. A continuación se separaron los circones mediante separación magnética, uso de líquidos densos y selección manual en el laboratorio de geocronología «Jack Satterly» de la Universidad de Toronto (Canadá). Los circones obtenidos (Fig. 2) fueron abrasionados con aire, de acuerdo con el método de Krogh (1982). Tras la dilución química, la composición isotópica de Pb y U en cada uno de los circones fue medida usando un espectrómetro de masas VG354.

**Resultados**

Los circones analizados en este trabajo son todos los que se obtuvieron de la muestra recolectada, consistente en unos 12 kg de roca. Los circones obtenidos son fragmentos vítreos, incoloros o



roca total, Loeschke, 1983). En la Zona Centroibérica, existen rocas volcánicas que pueden tener edades equivalentes en el Sinclinal de Alcañices (González Clavijo, 1997), aunque no han sido datadas isotópicamente; también han sido descritas en el sector oriental de la Zona Centroibérica rocas volcánicas de edad similar (Ancochea *et al.*, 1988). En esta misma Zona, la alteración hidrotermal asociada a las importantes mineralizaciones de mercurio del Sinclinal de Almadén ha sido datada en una edad similar (Hall *et al.*, 1997). Por último, se han reconocido rocas volcánicas de la Zona de Ossa-Morena que tienen atribuida una edad equivalente (Piçarra, 2000).

Este evento volcánico puede ser relacionado con la actividad extensional que se reconoce en el Eifelense y que da lugar a la existencia de olistolitos en el Sinclinal de Alcañices (González Clavijo y Martínez Catalán, 2002) y de discontinuidades estratigráficas en las Zonas Centroibérica (Puschmann, 1967; Pardo Alonso y García Alcalde, 1996) y de Ossa-Morena (Robardet y Gutiérrez Marco 1990, 2004).

**Agradecimientos**

Este proyecto ha sido financiado con el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España

ligeramente amarillentos o marrónceos, de geometría irregular mostrando ocasionales facetas cristalinas. En ningún caso se observaron evidencias de un retrabajado sedimentario. Los datos isotópicos obtenidos para cada uno de los granos se muestran en la tabla I y se muestran gráficamente en la figura 3. Tres de los circones se superponen a la Concordia (0.5-0.8% de discordancia), mientras que otros dos son ligeramente discordantes. La relación Th/U es de 1.7 para cada uno de los granos, lo que permite interpretar un origen común para todos ellos, a partir de un magma relativamente máfico (Heaman *et al.*, 1990). La edad obtenida para el conjunto de circones analizados es de  $394.7 \pm 1.4$  Ma. Partiendo de estos datos, la edad obtenida es interpretada como una edad magmática que representa la edad de cristalización, y por tanto de erupción, de las rocas volcánicas de El Castillo.

**Discusión**

La edad obtenida para las rocas volcánicas de El Castillo establece una edad Eifelense (Gradstein *et al.*, 2004 y Kauffman, 2006) para rocas del núcleo del Sinclinal de Valongo-Tamames que previamente estaban consideradas como silíceas. Este hecho implica la existencia de un hiato, probablemente una paraconformidad, que separe estas rocas de las infrayacentes, que poseen fósiles silíceos. El significado de esta disconti-

nidad estratigráfica es desconocido.

Por otro lado cabe preguntarse las causas de la actividad volcánica en esta edad y su posible correlación con otros eventos volcánicos en el margen de Gondwana. Existen eventos volcánicos coetáneos en la zona Cantábrica. Así, existen rocas volcánicas en la formación Huergas datadas en 395 Ma. (Rb-Sr en

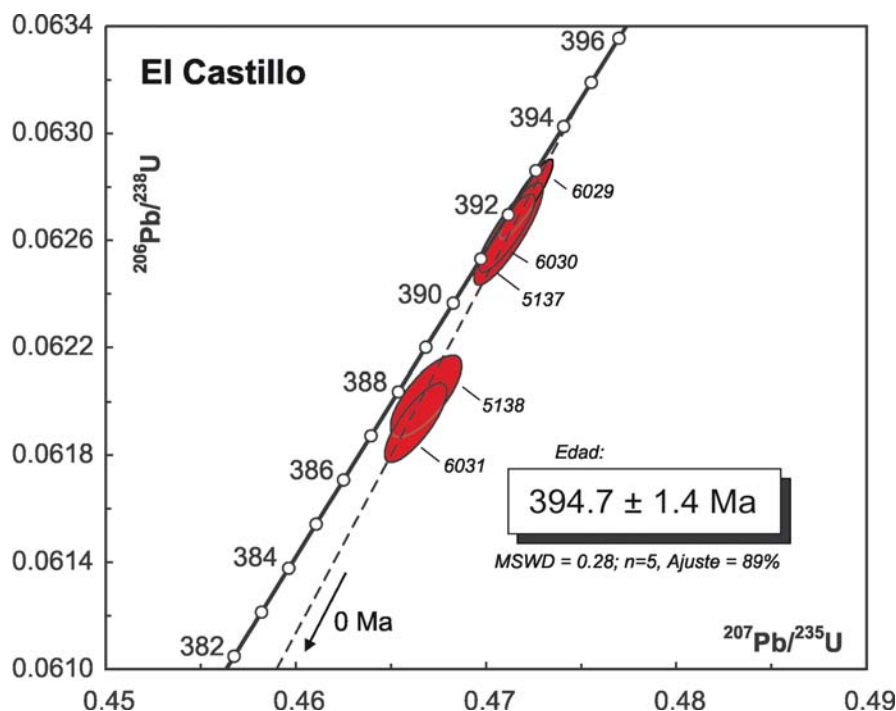


Fig. 3.- Diagrama de concordia de los resultados obtenidos en el análisis de los circones de las rocas volcánicas de El Castillo.

Fig. 3.- Concordia plot of the obtained results for El Castillo volcanic rocks.

CGL2006-00902 (O.D.R.E.) y por la beca del programa de movilidad PR2007-0475. Agradecemos a E. González Clavijo sus comentarios acerca de los resultados obtenidos.

## References

- Ancochea, E., Arenas, R., Brandle, J.L., Peinado, M. y Sagrado, J., (1988). *Geociencias*, Aveiro, 3, 23-34.
- Díez Balda, M. A. (1986). *El Complejo Esquisto Grauwáquico, las series paleozoicas y la estructura hercínica al sur de Salamanca*. Acta Salmanticensia, 52, Salamanca, Spain, 162 p.
- Farias, P., Gallastegui, G., González-Lodeiro, F., Marquínez, J., Martín Parra, L., Martínez Catalán, J.R., De Pablo Maciá, J.G. y Rodríguez Fernández, L.R. (1987). *Memorias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico*, 1, 411-431.
- González Clavijo, E. (1997). *La geología del Sinforme de Alcañices, oeste de Zamora*. Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 330 p.
- González Clavijo, E. y Martínez Catalán, J.R. (2002). En: *Variscan-Appalachian Dynamics: The building of the Late Paleozoic Basement* (J.R. Martínez Catalán, R.D. Hatcher, R. Arenas, y F. Díaz García, Eds.). Geological Society of America, Special Papers, 364, 17-35.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G. y Smith, A.G., (2004). *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge. 589 p.
- Gutiérrez Marco J. C. y Rábano, I. (1983) *COL-PA*, 38, 13-25.
- Hall, C.M., Higuera, P.L., Kesler, S.E., Lunar, R., Dong, H. y Halliday, A.N. (1997). *Earth and Planetary Science Letters*, 148, 287-298.
- Heaman, L.H., Bowins, R. y Crocket, J. (1990) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 1597-1607.
- Jiménez Fuentes, E. (1973). *Cuadernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 6, 65-70.
- Jiménez Fuentes, E. y Saavedra Alonso, J. (1971). *Studia Geológica Salmanticensia*, 2, 7-24.
- Julivert, M., Marcos, A. y Truyols, J. (1972). *Bulletin de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne*, 4, 1-7.
- Kauffman, B. (2006). *Earth-Science Reviews*, 76, 175-190.
- Krogh, T.E. (1982). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46, 637-649.
- Loeschke, J. (1983). *Neues Jahrbuch fuer Geologie und Palaeontologie. Abhandlungen*, 7, 419-439.
- Martín Herrero, D., Ugidos Meana, J. M., Nozal Martín, F. y Pardo Alonso, M. V. (1990). *Mapa Geológico de España 1: 50.000, hoja nº 527 (Tamames)*. IGME.
- Pardo Alonso, M.V. y García Alcalde, J.L. (1996). *Revista Española de Paleontología*. Vol. Especial, 72-81.
- Peréz-Estaún, A., Bea, F., Bastida, F., Marcos, A., Martínez Catalán, J.R., Martínez Poyatos, D., Arenas, R., Díaz García, F., Azor, A., Simancas, J.F. y González Lodeiro, F. (2004). En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.). SGE-IGME, 21-25.
- Piçarra, J.M. (2000). *Estudo estratigráfico do sector Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa-Morena, Portugal*. Tesis Doctoral. Univ. de Évora. Portugal. 268 p.
- Puschmann, H. (1967). *Geologische Rundschau*, 56, 528-542.
- Robardet, M. y Gutiérrez Marco, J.C. (1990). En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (R.D. Dallmeyer, y E. Martínez García, Eds.). Springer-Verlag, Berlin, 267-272.
- Robardet, M. y Gutiérrez-Marco, J.C. (2004). *Journal of Iberian Geology*, 30, 73-92.
- Rölz, P. (1975). *Münster. Forsch. Geol. Paläont., Heft*. 36, S. 1-68, Münster (Westf.)
- Saavedra Alonslo, J., García Sánchez, A. y Moreno Abati, L. (1973). *Acta Geológica Hispánica*, 8, 30-32.