

# El yacimiento de icnitas de artiodáctilos de Fondota (Abiego, Huesca): paleoambiente e icnotafonomía

*The artiodactyl tracksite of Fondota (Abiego, Huesca): paleoenvironment and ichnotaphonomy*

Martín Linares Montes<sup>1,2\*</sup>, Diego Castanera<sup>3</sup> José Ignacio Canudo<sup>1,2</sup> y M<sup>a</sup> Aránzazu Luzón<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, C/Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza, España.

[martinlinmon@gmail.com](mailto:martinlinmon@gmail.com)

<sup>2</sup> Grupo de investigación Aragosaurus-Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón.

[jicanudo@unizar.es](mailto:jicanudo@unizar.es)

<sup>3</sup> Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis/Museo Aragonés de Paleontología, Avenida Sagunto, 44002, Teruel, España.

[castanera@fundaciondinopolis.org](mailto:castanera@fundaciondinopolis.org)

<sup>4</sup> Grupo de investigación Geotransfer-Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón.

[aluzon@unizar.es](mailto:aluzon@unizar.es)

\* Corresponding author

## ABSTRACT

The Fondota tracksite (Abiego, Huesca) is one of the paleontological sites with more vertebrate ichnite fossils in the Ebro Basin. They present a great variety in the quality of morphological preservation (MP), so it is essential to know the sedimentological conditions under which it was generated. The tracksite is located in the lower part of the Peraltilla Formation (Early Oligocene) and is situated on the top of a grey massive limestone level with indications of shallow conditions and subaerial exposure (nodulization, stromatolite lamination...). This limestone level represents a palustrine area developed over channel deposits in an alluvial distal setting. In that situation the ichnites were originated under different conditions with variations in humidity and water content in the substrate. These conditions had a direct influence in the low or high values of MP, and thus in the presence/absence of anatomical details.

**Key-words:** Peraltilla Formation, sedimentology, Ebro Basin, Oligocene, Anoplotheriipus.

## RESUMEN

El yacimiento de Fondota (Abiego, Huesca) es uno de los yacimientos con más fósiles de icnitas de vertebrados de la Cuenca del Ebro. Éstas presentan una gran variedad de grados de preservación morfológica (MP) por lo que resulta fundamental conocer las condiciones sedimentológicas bajo las que se desarrolló. El yacimiento, localizado en la parte inferior de la Formación Peraltilla (Oligoceno inferior), se sitúa en la superficie de un nivel de calizas grises masivas que presenta indicadores de escasa profundidad y desecación (nodulización, laminación estromatolítica...). El nivel calcáreo correspondió a un área encharcada desarrollada sobre depósitos de un relleno de canal en una zona aluvial distal. En dicha situación, las icnitas se originaron bajo diferentes condiciones con variaciones en la humedad y el contenido de agua del sustrato. Estas condiciones tuvieron una influencia directa en los valores altos o bajos de MP, y, por tanto, en la presencia/ausencia de detalles anatómicos.

**Palabras clave:** Fm. Peraltilla, sedimentología, Cuenca del Ebro, Oligoceno, Anoplotheriipus.

Geogaceta, 74 (2023), 79-82

<https://doi.org/10.55407/geogaceta98217>

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 01/02/2023

Fecha de revisión: 20/04/2023

Fecha de aceptación: 26/05/2023

## Introducción

La Cuenca del Ebro presenta una excepcional riqueza en yacimientos icnológicos de vertebrados del Cenozoico (Astibia et al., 2007; Rabal-Garcés et al., 2018 y referencias). Entre ellos, destaca el yacimiento de Fondota del Oligoceno inferior de Abiego (Huesca), que es uno de los yacimientos con mayor número de icnitas y rastros en la cuenca (Rabal-Garcés et al., 2018; Linares et al., 2021).

Se han identificado más de 600 icnitas de tres icnotaxones de artiodáctilos (Linares et al., 2021) (Fig. 1). Hasta el momento no se había realizado un estudio de las características sedimentológicas que permita conocer sus condiciones de

formación e incrementar su interés científico y divulgativo.

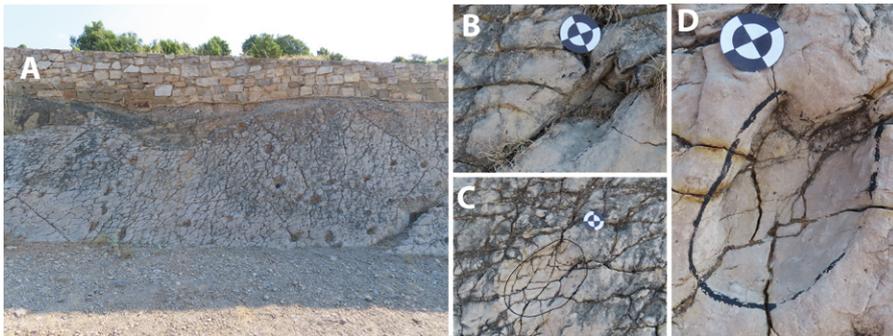
Las icnitas de Fondota presentan gran variedad de grados de preservación, observándose icnitas con buena preservación en las que se distinguen los detalles anatómicos (Fig. 1D) y otras con mala, donde únicamente se observa la depresión producida por el animal en el barro (Fig. 1B). El grado de preservación de las icnitas depende de las condiciones reológicas del sedimento durante la formación de las huellas (Marty et al., 2009; Razzolini et al., 2014; Falk et al., 2017; Marchetti et al., 2019). Resulta, por tanto, fundamental analizar los materiales en los que se generaron las huellas que han dado lugar al yacimiento y analizar la in-

fluencia de los depósitos en la formación y preservación de las icnitas.

El objetivo del trabajo es la caracterización sedimentológica del yacimiento de Fondota y del paleoambiente que representa y determinar su influencia en la conservación de las icnitas. Para ello se utilizan las icnitas del icnogénero *Anoplotheriipus* (Fig. 1B-1D) como ejemplo, al ser las más abundantes del yacimiento y encontrarse distribuidas por toda la superficie del mismo.

## Situación geológica y geográfica

El yacimiento se encuentra en las cercañas (NE) del núcleo urbano de Abiego (Huesca). Se sitúa próximo al margen



**Fig. 1.- A) Vista general del sector central del yacimiento de Fondota. B) Icnita de *Anoplotheriipus* con mala conservación y elevada profundidad. C) Icnita de *Anoplotheriipus* con mala conservación y baja profundidad. D) Icnita de *Anoplotheriipus* con buena conservación y profundidad intermedia. Escala = 5 cm diámetro.**

*Fig. 1. – A) General view of the central sector of Fondota tracksite. B) Poorly-preserved Anoplotheriipus footprint with high depth. C) Poorly-preserved and shallow Anoplotheriipus footprint. D) Well-preserved Anoplotheriipus footprint with intermediate depth. Scale = 5 cm diameter.*

norte de la Cuenca del Ebro, en su sector central (Fig. 2). Durante el estadio endorreico de esta cuenca se desarrollaron sistemas aluviales en los márgenes que gradaron a zonas lacustres hacia la zona central (Muñoz et al., 2002; Pardo et al., 2004). La sedimentación estuvo muy influenciada por la actividad tectónica y el levantamiento de las cadenas montañosas circundantes. Se ha dividido el relleno de la cuenca en 8 unidades tectosedimentarias (Muñoz et al., 2002; Pardo et al., 2004), encontrándose el yacimiento de Fondota en la UTS T3 (Luzón, 2005).

Desde el punto de vista litoestratigráfico, el yacimiento se localiza en la parte inferior de la Formación Peraltilla (Luzón, 2005; Linares et al., 2021). Se trata de una unidad aluvial de procedencia pirenaica y sus depósitos forman parte del sistema fluvial de Huesca (Hirst y Nichols, 1986). En la zona de estudio está mayoritariamente integrada por una alternancia de niveles de lutitas marrones-anaranjadas y de areniscas marrones a ocre, en niveles tabulares o canaliformes, siendo estos últimos, en general, más potentes.

En la zona de Abiego y hacia el sureste, aparece en su base un conjunto carbonatado, con intercalaciones de margas, y más escasas de yesos y areniscas poco potentes, que se corresponde con la unidad informal “Capas de Abiego” (García Sansegundo, 2004). El yacimiento, se encuentra en la parte más alta de ese conjunto, en transición a la serie detrítica (Fig. 3).

La edad del yacimiento de Fondota se establece como Oligoceno inferior por su correlación con el yacimiento de micromamíferos de Peraltilla (Álvarez Sierra et al., 1990), asignado a la biozona MP-23,

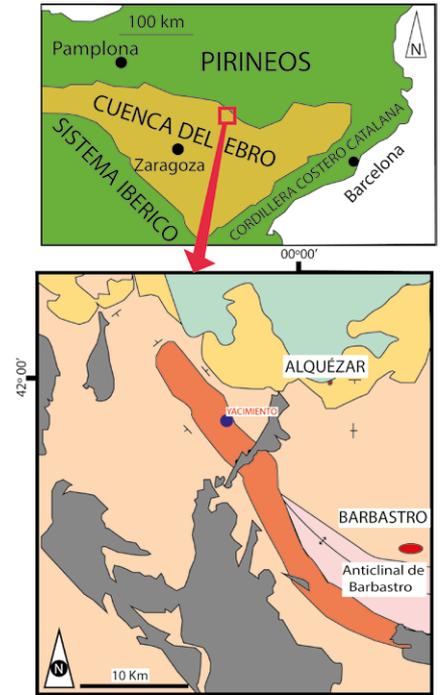
que se sitúa en un conjunto de calizas, lutitas y areniscas, en la base de la Fm. Peraltilla en las proximidades de la localidad del mismo nombre.

### Caracterización sedimentológica

El afloramiento con las icnitas es un paquete de calizas con una superficie de afloramiento de 50 m de longitud por 7 m de anchura. Presenta 60 cm de potencia y está compuesto por varios estratos tabulares con superficies irregulares, encontrándose las icnitas en la superficie del más moderno (Figs. 1 y 4). El paquete calcáreo se apoya predominantemente sobre un nivel de areniscas, si bien localmente aparecen lutitas bajo las calizas.

Las areniscas situadas debajo del nivel icnológico son de grano medio a grueso y se disponen en un nivel de geometría tabular con base localmente canalizada, y una potencia de unos dos metros. Contiene cicatrices internas también canalizadas que individualizan secuencias granodecrescientes de espesor decimétrico con *ripples* asimétricos y estratificación cruzada en surco. Por encima del nivel de calizas aparecen lutitas rojizas y grises con intercalaciones de areniscas en niveles tabulares, de espesor generalmente decimétrico, en ocasiones con bases localmente erosivas.

Las calizas son masivas y las superficies de estratificación no son continuas. La observación en lámina delgada revela una textura *wackestone - packstone* con contenido variable en terrígenos (Fig. 5). Los restos fósiles son tallos y oogonios de carofitas, además de escasas valvas de ostrácodos y bivalvos. Otros componentes carbonatados son pellets, intraclastos



**Fig. 2.- Situación geográfica y geológica del yacimiento de Fondota en la Cuenca del Ebro. Modificado de Luzón (2005).**

*Fig. 2. – Geographical and geological setting of the Fondota tracksite in the Ebro Basin. Modified from Luzón (2005).*

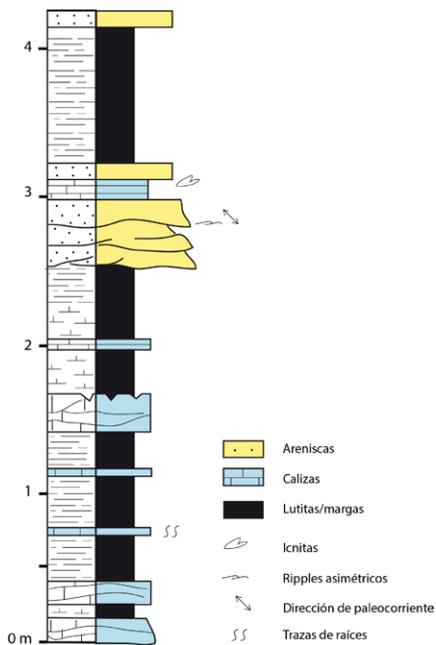
**Fig. 2.- Situación geográfica y geológica del yacimiento de Fondota en la Cuenca del Ebro. Modificado de Luzón (2005).**

*Fig. 2. – Geographical and geological setting of the Fondota tracksite in the Ebro Basin. Modified from Luzón (2005).*

y extraclastos. Como fracción terrígena dominan los granos de cuarzo de angulosidad media-alta, similares a los que integran las areniscas. Existen algunas muestras con nodulización, en las cuales se observan una individualización de nódulos de micrita, entre los que existe cemento carbonatado u óxidos de hierro. En algunas muestras se observa la preservación de laminación estromatolítica.

### Interpretación paleoambiental e implicaciones icnotafonómicas

La unidad predominantemente lutítico-carbonatada localizada por debajo del yacimiento de Fondota se corresponde con la litofacies “Calizas y margas” (KM) de Luzón y González (2003), interpretada por estos autores como relacionada con el desarrollo de lagunas someras, sometidas a frecuentes oscilaciones de la lámina de agua, en áreas distales de abanicos aluviales de procedencia norte. La serie detrítica localizada por encima se corresponde con la litofacies “Lutitas y areniscas” (LA), que representa la exis-



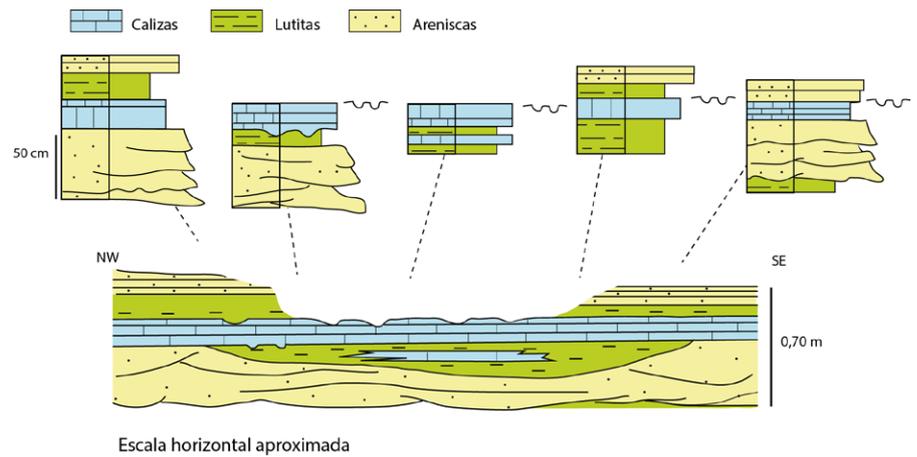
**Fig. 3.- Columna estratigráfica detallada de la serie del yacimiento de Fondota.**  
 Fig. 3. – Detailed stratigraphic log of the Fondota tracksite.

tencia de flujos acuosos desconfiados o canalizados en las zonas distales de los abanicos aluviales, en concreto de un abanico de grandes dimensiones que accedió a la Cuenca del Ebro por sectores localizados hacia el noreste de la zona en la que se encuentra el yacimiento. El tránsito desde la litofacies KM a LA refleja la progradación del sistema aluvial sobre zonas lacustres-palustres.

Dada su posición estratigráfica, las facies con las que se relaciona y el espesor y características del nivel del yacimiento, el conjunto se corresponde a la litofacies LA. Se encuentra, a techo de una secuencia granodecreciente que refleja el progresivo relleno y abandono de un canal y el desarrollo de una zona encharcada en ese espacio, que frecuentarían los productores de las huellas.

El sedimento original, se correspondería a una mezcla de barro micrítico generado *in situ*, restos de organismos carbonatados y granos detríticos que alcanzarían la zona en momentos de avenida, viéndose ésta en ocasiones desecada. Se trataría de una zona de poca profundidad que estaría sometida a momentos de exposición subaérea con oscilaciones de la lámina de agua y pérdida de humedad.

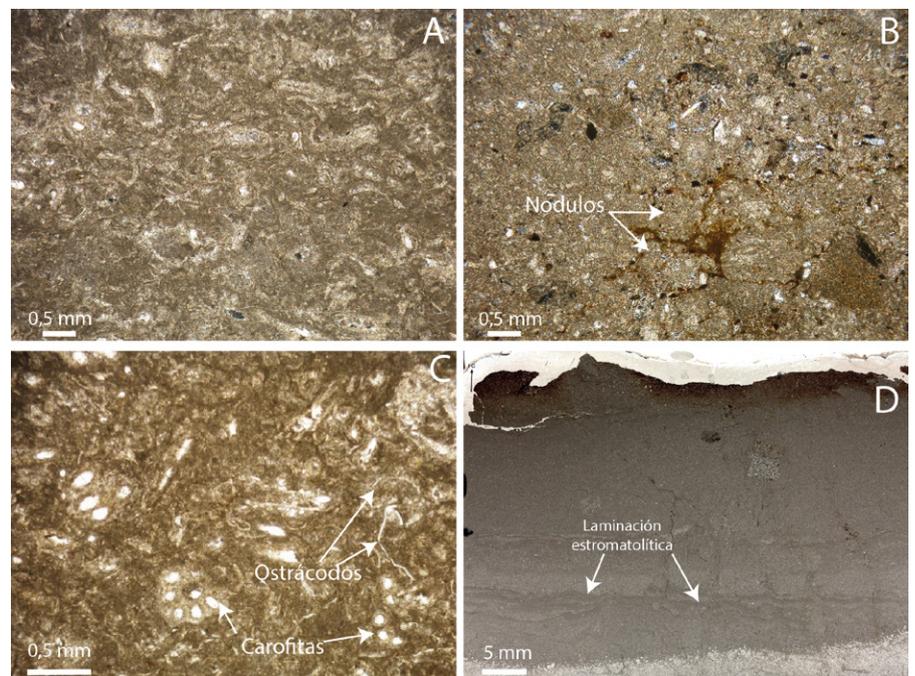
Las características y condiciones descritas son propicias para la formación y preservación de las icnitas (ej. Razzolini et al., 2014; Falk et al., 2017). Se han re-



**Fig. 4.- Detalle de las características litológicas y de la arquitectura del conjunto en el que se encuentra el yacimiento de Fondota.**  
 Fig. 4. – Detail of lithological features and architecture of the set where Fondota site is located.

conocido icnitas con distintos grados de preservación y diferente definición de los elementos anatómicos (Fig. 1). Estas diferencias se han relacionado con las condiciones del sustrato en el momento de origen de las mismas (Marty et al., 2009; Morse et al., 2013). Se postula la presencia de, al menos, tres situaciones diferentes en la formación de las icnitas de *Anoplotheriipus*. Por un lado, se han reconocido icnitas de escasa profundidad y sin mucha definición en los elementos

anatómicos de los autópodos (Fig. 1C) que se desarrollarían en unas condiciones de cierta sequedad y baja saturación en agua del sustrato. Hay icnitas de mayor profundidad con una definición ligeramente superior al caso anterior que se generaron en una situación de mayor humedad y saturación del sustrato, mostrando fuerte deformación, de manera que en su mayoría presentan una mala conservación en la actualidad (Fig. 1B). Por último, existen icnitas con una mejor



**Fig. 5.- Fotografías de láminas delgadas de muestras del yacimiento de Fondota. A) Carofitas. B) Calizas con extraclastos silíceos y carbonatados. Se observa nodulización remarcada por el desarrollo de óxidos. C) Carofitas y ostrácodos. D) Caliza micrítica con laminación estromatolítica caracterizada por la existencia de láminas detríticas y láminas calcíticas con morfologías algales/microbianas y grietas de retracción.**  
 Fig. 5. – Pictures of thin sections of the samples from Fondota tracksite. A) Charophytes. B) Limestone with siliceous and carbonate extraclasts. Notice the micrite nodules bordered by oxides. C) Charophyte and ostracod. D) Micritic limestone with stromatolite lamination (detrital and calcite laminae with microbial-algal morphologies) and retraction cracks.

definición de sus elementos anatómicos y en general una mejor preservación (Fig. 1D); se desarrollarían en condiciones intermedias a las antes mencionadas y cuando el substrato era firme.

Las diferentes condiciones de formación pueden estar relacionadas con factores distintos. Uno tendría relación con variaciones temporales de la lámina de agua, desarrollándose las pisadas, en distintos momentos que variaban desde condiciones de exposición a condiciones con cierta lámina de agua. Otra posibilidad sería que las diferencias de saturación estuvieran relacionadas con la existencia de zonas expuestas y zonas encharcadas en la orilla del sistema e incluso que el distinto grado de saturación se debiera a la posición de las pisadas respecto a la orilla, encontrándose los ambientes menos saturados más alejados de esta. Sin embargo, con los datos actuales no se ha podido establecer de forma concluyente la razón concreta detrás de estas diferencias, de manera que los estudios futuros deben centrarse en toda la superficie del yacimiento y la distribución de las pisadas.

## Conclusiones

El yacimiento de Fondota se formó en la orilla de una zona encharcada de escasa profundidad y permanencia en el tiempo. Se desarrolló en la parte distal de un sistema aluvial de procedencia norte. El substrato de la zona encharcada se componía de una mezcla de barro micrítico precipitado *in situ* y bioclastos (ostrácodos, carofitas, bivalvos...), con aportes terrígenos esporádicos.

Los animales pisaron un substrato con condiciones de humedad y saturación distintas, que explica la variedad en la preservación de las icnitas. Estas condiciones pudieron darse en distintos mo-

mentos de pisada o en momentos similares, más o menos alejadas de la orilla.

## Contribución autores

Linares: Estructura del trabajo, metodología, adquisición de datos, edición, figuras, revisión del manuscrito, investigación/análisis, coordinación.

Castanera: Estructura del trabajo, adquisición de datos, revisión del manuscrito, coordinación.

Canudo: Estructura del trabajo, revisión del manuscrito.

Luzón: Estructura del trabajo, metodología, adquisición de datos, revisión del manuscrito, investigación/análisis, coordinación.

## Agradecimientos

Este trabajo está financiado por los grupos de investigación Aragosaurus, recursos geológicos y paleoambientes, Geotransfer y E04\_23R FOCONTUR del Gobierno de Aragón, y los proyectos PID2019-108705-GB-I00, PID2021-122612OB-I00 y Unidad de Paleontología de Teruel, financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España).

Gracias a los revisores cuyos comentarios han ayudado a mejorar el manuscrito.

## Bibliografía

Álvarez Sierra, M., Daams, R., Lacomba, J.I., López Martínez, N., Meulen, A. J.V.D., Sesé, C., y Visser, J. D. (1990). *Scripta Geologica*, 94, 1-75.

Astibia, H., Suberbiola, X.P., Payros, A., Murelaga, X., Berreteaga, A., Baceta, J. I. y Badiola, A. (2007). *Ichnos*, 14(3-4), 175-184. <https://doi.org/fkbtqjh>

Falk, A.R., Hasiotis, S.T., Gong, E., Lim, J.D. y Brewer, E.D. (2017). *Palaos*, 32(11),

689-707. <https://doi.org/gqjg42>

García Sansegundo, J. (2004). *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, hoja nº 287 (Barbastro) y memoria*. IGME. 22 pp.

Hirst, J.P.P., y Nichols, G.J. (1986). En: *Foreland basins* (P.A. Allen y P. Homewood, Eds.), 247-258.

Linares Montes, M., Canudo, J.I., Luzón, A. y Castanera, D. (2021). *Comunicações Geológicas*, 108, 103-107.

<https://doi.org/jt5n>

Luzón, A. (2005). *Sedimentary Geology*, 177(1-2), 19-39.

<https://doi.org/d86g64>

Luzón A. y González A. (2003). *Revista Sociedad Geológica Española*, 16, 239-56.

Marchetti, L., Belvedere, M., Voigt, S., Klein, H., Castanera, D., Díaz-Martínez, I., Marty, D., Xing, L., Feola, S., Melchor, R.N. y Farlow, J. O. (2019). *Earth-Science Reviews*, 193, 109-145. <https://doi.org/gjdwxc>

Marty, D., Strasser, A., y Meyer, C.A. (2009). *Ichnos*, 16(1-2), 127-142.

<https://doi.org/fgq6rc>

Morse, S. A., Bennett, M. R., Liutkus Pierce, C., Thackeray, F., McClymont, J., Savage, R. y Crompton, R.H. (2013). *American journal of physical anthropology*, 151(2), 265-279. <https://doi.org/jt5q>

Muñoz, A., Arenas, C., González, A., Luzón, A., Pérez, A., Pardo, G. y Villena, J. (2002). *Geology of Spain*. Geological Society of London, London, 301-309

Pardo, G., Arenas, C., González, A., Luzón, A., Muñoz, A. y Pérez, A., (2004) En: *Geología de España*. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España. 343-353

Rabal-Garcés, R., Castanera, D., Luzón, A., Barco, J.L. y Canudo, J. I. (2018). *Geheritage*, 10(3), 499-509.

<https://doi.org/gd63rf>

Razzolini, N. L., Vila, B., Castanera, D., Falkingham, P.L., Barco, J.L., Canudo, J.I., Manning, P.L. y Galobart, A. (2014). *PLoS one*, 9(4), e93708. <https://doi.org/jt5r>