

# Litoestratigrafía y mineralogía del yacimiento paleontológico de Makro-Las Rejas (Mioceno, Cuenca de Madrid)

*Lithostratigraphy and mineralogy of the Makro-Las Rejas palaeontological site (Miocene, Madrid Basin)*

Omid Fesharaki<sup>1</sup>, Juan Antonio Cárdbaba<sup>2</sup>, María Presumido<sup>2</sup> y Javier Salas-Herrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Área de Paleontología, Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid. [omidfesh@ucm.es](mailto:omidfesh@ucm.es); [jsalas02@ucm.es](mailto:jsalas02@ucm.es)

<sup>2</sup> Geosfera C.B. Departamento de Innovación y Desarrollo. C/ Madres de la Plaza de Mayo 2, 28523 Rivas-Vaciamadrid, Madrid. [info@proyectogeosfera.es](mailto:info@proyectogeosfera.es)

## ABSTRACT

The lithostratigraphic characteristics of a new Miocene vertebrate fossil site in the Madrid Basin are described. The stratigraphic succession is mainly formed of silty-clayey and marly lithologies, deposited in palustrine-lacustrine environments. A preliminary analysis of the mineralogy indicates predominance of phyllosilicates, followed by feldspars, quartz, carbonates (calcite and dolomite in very variable quantities) and local evidence of gypsum. Smectites predominate in the clay fraction (always more than 70%) followed by micas and varying amounts of sepiolite and chlorite and/or kaolinite. Microtextures show different types of smectite particle associations generally forming honeycomb textures. Local modification of the microtexture due to bioturbation is observed, as well as evidence of microbial action.

**Key-words:** clays, Madrid Basin, palaeontological site, Miocene, vertebrates.

*Geogaceta*, 68 (2020), 15-18  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

## Introducción

Las obras del centro comercial Makro (este de Madrid), realizadas en el año 2014, dejaron al descubierto sedimentos miocenos con contenido paleontológico. Las empresas *Argea Consultores S.L.* y *Geosfera C.B.* realizaron las excavaciones *in situ* y la recogida de sedimento para su procesado en busca de microfauna. En total se removilizaron 195 metros cúbicos de sedimentos, y se han obtenido más de 5000 restos paleontológicos. El 91 % corresponde a vertebrados identificables a nivel taxonómico. Este importante contenido faunístico del denominado yacimiento de Makro-Las Rejas, una vez sea analizado, permitirá la datación de los sedimentos de esta zona y será muy útil para un mejor conocimiento paleoambiental de este periodo temporal en la Cuenca de Madrid. Esta cuenca alberga multitud de yacimientos miocenos cuyos datos han ido precisando la sucesión de cam-

bios ambientales acaecidos durante este periodo (Villarreal *et al.*, 2018). El estudio de nuevos yacimientos ubicados en facies continentales es de gran interés para afinar las inferencias paleoambientales y paleoclimáticas.

El interés de estos yacimientos es múltiple, ya que poseen abundantes restos de macro y microvertebrados, facilitando una buena caracterización faunística; además coinciden con un periodo de enfriamiento y aumento de la aridez detectados en toda la Cuenca de Madrid (Domingo *et al.*, 2012; Fesharaki *et al.*, 2015), que concuerdan con los datos globales para el periodo posterior al Óptimo Climático del Mioceno (Böhme, 2003).

El objetivo de este trabajo es mostrar los primeros datos obtenidos del análisis litoestratigráfico y mineralógico del yacimiento de Makro-Las Rejas, poniendo así los cimientos para el conocimiento de las características paleoambientales y paleoclimáticas de esta zona de la Cuenca de Madrid durante el Mioceno.

## RESUMEN

Se describen las características litoestratigráficas de un nuevo yacimiento de fósiles de vertebrados del Mioceno de la Cuenca de Madrid. La sucesión estratigráfica está formada principalmente por litologías limo-arcillosas y margosas, depositadas en ambientes palustres-lacustres. El análisis preliminar de la mineralogía indica predominio de los filosilicatos, seguidos de feldespatos, cuarzo, carbonatos (calcita y dolomita en cantidades muy variables) y localmente indicios de yeso. En la fracción arcillosa predominan las esmectitas (siempre más del 70%) seguidas de micas y cantidades variables de sepiolita y clorita y/o caolinita. Las microtexturas muestran diferentes tipos de asociaciones de partículas de esmectitas formando generalmente texturas en panal de abeja. Se observa modificación local de la microtextura por la acción de organismos bioturbadores, así como indicios de acción microbiana.

**Palabras clave:** arcillas, Cuenca de Madrid, yacimiento paleontológico, Mioceno, vertebrados.

Fecha de recepción: 31/01/2020  
Fecha de revisión: 23/04/2020  
Fecha de aceptación: 29/05/2020

## Contexto geológico

La Cuenca de Madrid, en la que se encuentra el yacimiento estudiado, está delimitada en sus bordes por sistemas montañosos de diversa litología, que influyen en la composición de sus sedimentos, siendo frecuentes los cambios laterales de facies. Para el Mioceno medio de esta cuenca se ha definido una distribución concéntrica de facies, con facies detríticas en los bordes, una zona de transición con lutitas palustres, calizas y margas lacustres e intercalaciones de sepiolita y nódulos de sílex, y una zona central evaporítica (Benayas *et al.*, 1960; Megías *et al.*, 1983). A su vez se han definido tres unidades tecto-sedimentarias (ver síntesis en Calvo *et al.*, 1984, 1993). Desde el punto de vista geológico, el yacimiento de Makro-Las Rejas pertenecería a la parte superior de la Unidad Inferior del Mioceno, y estaría en una posición intermedia en las facies de transición, con cierta influencia de detríticos finos.

### Metodología

La caracterización litoestratigráfica se ha realizado durante la campaña de excavaciones del yacimiento. Se han realizado columnas estratigráficas y se ha observado la continuidad lateral de los tramos para comprobar los posibles cambios laterales de facies. Se ha efectuado el muestreo sistemático de todos los estratos, definiendo en algunos casos subniveles que han sido muestreados individualmente (Fig. 1).

De los tramos T1 a T8 se han seleccionado muestras representativas para un estudio más detallado de *visu*, así como para su estudio mineralógico.

Para la determinación de la composición mineralógica se han analizado 10 muestras por difracción de rayos X (DRX) de polvo total. También, de forma preliminar, se ha separado la fracción menor de 2 micras de las 10 muestras, que han sido sometidas a tratamientos para el estudio de la mineralogía de arcillas y la posterior cuantificación de sus fases según la metodología seguida por Fesharaki *et al.* (2007).

Para la observación de la microtextura se ha realizado el estudio mediante microscopía electrónica de barrido (MEB). Para ello se ha seguido la misma metodología de preparación de muestras realizada por Fesharaki *et al.* (2007).

### Resultados

#### Descripción litoestratigráfica

La columna estratigráfica realizada está formada por nueve tramos de edad miocena situadas por debajo de dos tramos de materiales cuaternarios y actuales, respectivamente (Fig. 1):

- Tramo basal: solo aflora, parcialmente, en la zona norte de la parcela estudiada. Tiene una potencia máxima observable de 40 cm de margas limosas masivas de tonos blanquecinos a rosados.

- Tramo 1: potencia media de unos 180 cm de lutitas arcillosas compactas de tonos verdosos y con presencia de finas micas flotadas. En seco parte en grandes bloques con cierta tendencia a ser expansiva. Hacia techo presenta signos de

bioturbación por raíces. Su contacto con el estrato suprayacente es mediante una superficie erosiva.

- Tramo 2: potencia variable entre 20 y 30 cm y gran continuidad lateral. Está compuesto por lutitas arcillosas y lutitas aleuríticas en alternancias milimétricas. En algunas zonas puede presentar estructuras de escape de fluidos y laminación cruzada de *ripples*. Hacia techo la laminación se difumina y aparecen frecuentes signos de bioturbación por raíces, que de forma característica han dejado los huecos sin relleno o presentan solo un relleno parcial. Al norte y este de la parcela, en la mitad inferior del tramo, aparecen lentejones de arenas finas micáceas de colores verdosos muy bien seleccionadas.

- Tramo 3: unos 100 cm de margas limo-arcillosas de color marrón-grisáceo. Hacia la base presentan el mayor contenido en limos. A mitad del tramo son frecuentes los carbonatos y arcillas sepiolíticas de colores blanquecinos. Hacia techo aumentan las huellas de bioturbación por raíces, generando una fracturación en bloques algo menores que en T1.

- Tramo 4: 25 cm de margas y lutitas arcillosas de colores blanquecino-rosados y grisáceos, respectivamente. Se han seleccionado dos muestras de los niveles internos con diferente coloración.

- Tramo 5: potencia muy variable de entre 40 y 140 cm y menor continuidad lateral que los niveles infrayacentes. Su litología es de lutitas arcillosas, en algunas zonas aleuríticas, con frecuentes laminaciones de margas y sepiolitas de colores rosados que suelen rellenar los huecos dejados por raíces. Las zonas más arcillosas presentan buenos indicios de presencia de microfauna. De *visu* se ha podido recuperar una hemimandíbula del lagomorfo *Lagopsis*. Presenta cambios laterales con variaciones de granulometría y color, siendo estos más abruptos hacia techo, donde pasa al que se ha definido como el tramo 6 en el noroeste de la parcela.

- Tramo 6: compuesto por lutitas aleuríticas que presentan ciertos niveles internos enriquecidos en cantos blandos. Estos son de naturaleza diversa: arcillas verdosas, sepiolitas y en menor medida *chips* blanquecinos de composición carbonatada. Presenta frecuentes superficies de discontinuidad con presencia de óxidos de hierro. Se observan algunas zonas con gran consistencia debida a procesos de silicificación parcial que,

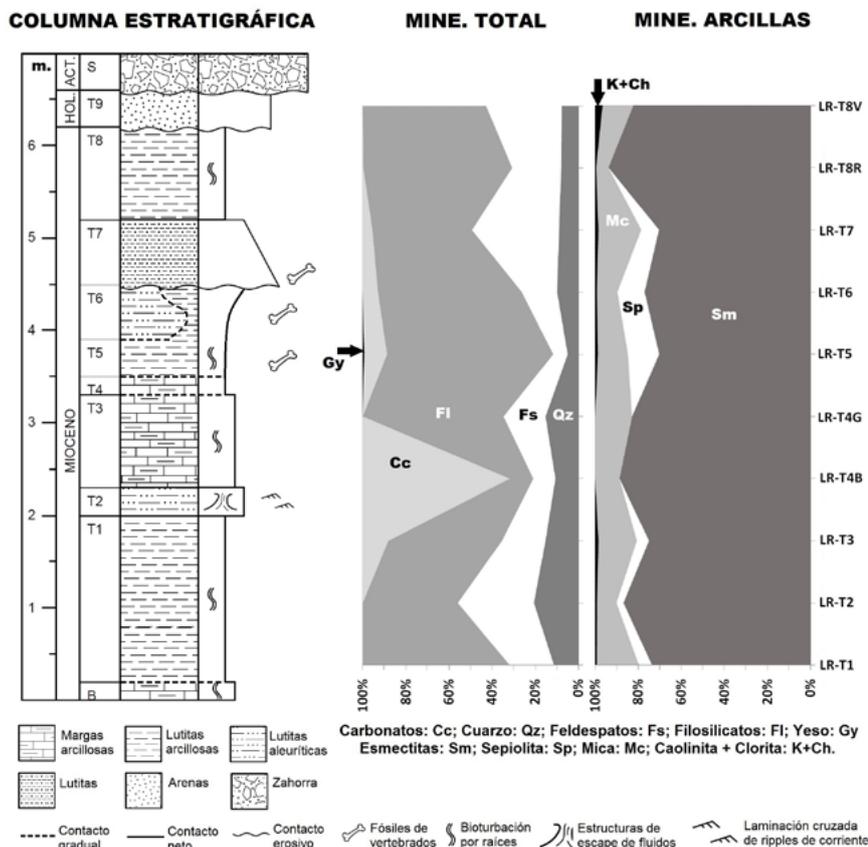
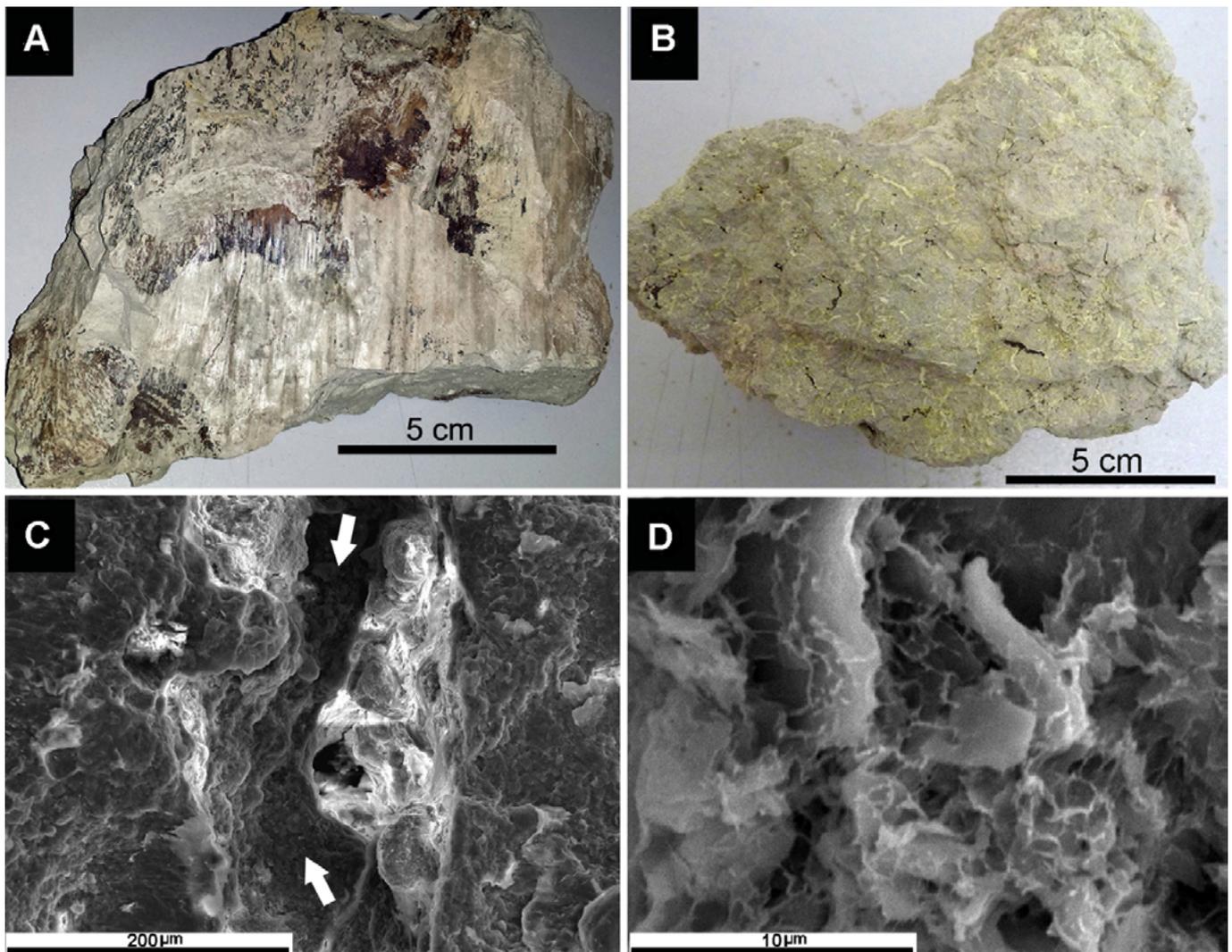


Fig. 1.- Columna estratigráfica y diagramas de variación de la mineralogía total y de la fracción arcillosa de la sucesión sedimentaria del yacimiento de Makro-Las Rejas.

Fig. 1.- Stratigraphic section and variation diagrams of the whole-rock mineralogy and the clayey fraction of the sedimentary succession of the Makro-Las Rejas site.



**Fig. 2.- Imágenes de muestras de mano y microfotografías mediante MEB. A) Fracturas con superficies curvadas y estriadas. B) Detalle de una muestra con tubos de bioturbación rellenos. C) En el centro de la imagen se observa un tubo de bioturbación con estructuras de escape de gases (ver flechas). D) Relaciones texturales de arcillas mostrando texturas en panal de abeja. Ver figura en color en la web.**

*Fig. 2.- Images of hand specimens and SEM microphotographs. A) Fractures with curved striated surfaces. B) Detail of a sample with filled bioturbation tubes. C) In the center of the image, it can be observed a bioturbation tube with gas exhaust structures (white arrows). D) Textural relations between clay particles showing honeycomb textures. See color figure in the web.*

ocasionalmente, muestran nódulos de sílex, mientras que otras zonas presentan baja consistencia, no estando cementadas. Es un tramo fosilífero del que se ha podido extraer de *visu* un resto del cricétido *Megacricetodon*.

- Tramo 7: potencia de entre 60 y 90 cm, y morfología tabular que da un claro resalte con respecto a los tramos infrayacentes (T5 y T6). Tanto T5 como T6 presentan un paleorrelieve sobre el que se ha depositado T7. Se compone de lutitas gris-verdosas, localmente enriquecidas en limos micáceos o en cantos blandos de arcillas blanquecinas. Su base presenta abundante presencia de restos óseos fósiles formando un *lag*. La mayoría de los restos pertenecen a tortugas terrestres del género *Titanochelon*.

- Tramo 8: unos 90 cm de lutitas arcillosas de tonos rosados o verdosos. Se

observa el relleno de la bioturbación con margas. En su mitad inferior es común la presencia de una tenue laminación paralela coincidente con zonas algo más enriquecidas en limos.

Todos los tramos anteriores están afectados por fracturas con superficies lisas y brillantes de arcillas, que en ocasiones presentan estrías verticales u oblicuas ligeramente curvadas (*slickensides*, Fig. 2A). Prácticamente todos los tramos están afectados por bioturbación por raíces y/o pequeños invertebrados (Fig. 2B y C).

- Tramo 9: tramo muy localizado en la parcela con una base erosiva que hace muy variable su potencia, aunque no supera los 30 cm. Está compuesto por arenas ligeramente limosas, con cantos dispersos, que presentan estratificación laminar o cruzada según la zona. Son de

edad cuaternaria discordantes sobre los tramos miocenos y su superficie también es irregular en contacto con los materiales actuales, representados por restos de asfalto, zahorra, etc.

### Mineralogía

En cuanto a la mineralogía de la muestra total, los análisis por DRX muestran contenidos de filosilicatos superiores al 45 %, con la única excepción de los niveles de color más blanquecino en el tramo T4 (solo un 11 %). La proporción de feldespatos es variable, siendo máximo en el tramo T7 (40 %) y mínimo en las zonas más arcillosas del tramo T5 (7 %). La proporción de cuarzo también es muy variable (de 5 % en T5 a 20 % en T2). Los carbonatos solo son la fase mayoritaria en el nivel blanquecino que hay en

el tramo T4 (más del 65 %). Se han obtenido indicios de la presencia de yeso en T5 (Fig. 1).

Los primeros datos sobre la mineralogía de las arcillas indican el predominio de las esmectitas, siempre en cantidades superiores al 70 %. Las micas son los siguientes filosilicatos más abundantes (contenidos variables entre el 6 % y el 20 %). Solo son una fase mayoritaria de la fracción arcillosa en los niveles de arenas micáceas del tramo T2. La sepiolita está presente en cantidades variables en todos los tramos con la excepción de T4 y T8. En todos los tramos, excepto en T4, aparece una reflexión que podría corresponder a clorita, a caolinita, o a ambas, quedando para estudios de mayor detalle su diferenciación (Fig. 1).

Desde el punto de vista microtextural, la mayor parte de las arcillas presentan texturas típicas en panal de abeja y en rosetón. Estas texturas se originan por contactos borde-borde y borde-cara (Figs. 2C y D), aunque también se observan zonas con uniones cara-cara en las que la textura resultante es menos porosa. Estas texturas arcillosas recubren casi por completo toda la muestra, tapizando las superficies de los minerales detríticos. Los análisis cualitativos realizados sobre algunas partículas arcillosas indican que son esmectitas trioctaédricas.

Son muy abundantes los rasgos que muestran actividad bioturbadora de plantas y/o invertebrados. Los más típicos son tubos verticales u oblicuos a la superficie, que presentan procesos asociados de escape de gases (Fig. 2C) y reorientación de minerales detríticos. Las arcillas externas al tubo presentan una disposición en panal de abeja, mientras que las internas están subparalelas unas a otras, lo que podría deberse a la propia acción de los organismos productores. En la zona interna de los *burrow* se observan indicios (velos bacterianos, etc.) de actividad biogénica posterior al abandono del tubo por parte del organismo productor.

## Discusión y Conclusiones

Del estudio de la sucesión estratigráfica se infiere un ambiente de transición entre zonas palustres y lacustres, con ciertos momentos de mayor energía por influencia de las zonas distales de los abanicos aluviales progradantes hacia el centro de la cuenca. Los niveles de arenas

micáceas se han relacionado con procesos tipo *sheet flood* en la transición entre las arcosas de los abanicos aluviales y los depósitos lutíticos de centro de cuenca (Lomoschitz *et al.*, 1985).

La abundante presencia de bioturbación por raíces, y el desarrollo de rasgos de formación de paleosuelos (con esmectitas expansivas como en los vertisoles), indicarían periodos de exposición subaérea (sequedad) alternantes con periodos de mayor disponibilidad hídrica (laminación horizontal de finos, silicificación, precipitación de carbonatos, etc.), y con influencia de entrada de detríticos (niveles de arenas micáceas o más lutíticos con abundante contenido en feldespatos y cuarzos). Esta posible alternancia de condiciones de extrema aridez y otras más húmedas se ha relacionado con los procesos de neoformación y transformación de fases minerales, principalmente de los minerales de la arcilla (De Santiago *et al.*, 2000 entre otros).

Finalmente, las microtexturas indican procesos de decantación de arcillas definiendo fábricas típicas de ambientes de baja energía, que han sufrido, posteriormente, reorientaciones y alteraciones debidas a la acción bioturbadora de raíces de plantas y/o pequeños invertebrados. Asociado a estos procesos hay indicios de acción microbiana. Esta acción podría ser la causante de generar microambientes propicios para las transformaciones entre fases minerales, como ya se han indicado previamente en otras zonas de la Cuenca de Madrid (Leguey y Cuevas Rodríguez, 2010). Las tonalidades rosadas o verdosas que muestran los sedimentos estudiados podrían ser indicativas de cambios locales de condiciones de pH y Eh, lo que concuerda con procesos locales de acción microbiana y alteraciones de los minerales de la arcilla.

Quedan para futuros estudios la caracterización composicional de los minerales de la arcilla (tipos de esmectitas, etc.), y un mayor detalle de las características microtexturales que permitan concretar las secuencias de formación y transformación mineral e inferir la verdadera influencia que haya podido tener la acción microbiana.

## Agradecimientos

Los trabajos fueron financiados por Makro Autoservicio Mayorista S.A.U., en

cumplimiento de la Ley de Patrimonio Cultural de la Comunidad Autónoma de Madrid, y autorizados por la Dirección General de Patrimonio Cultural. Agradecemos el asesoramiento científico de Adán Pérez García, Jorge Morales y Pablo Peláez-Campomanes, así como las sugerencias de David Martín Perea y un revisor anónimo que han mejorado considerablemente este trabajo.

## Referencias

- Benayas, J., Pérez Mateos, J. y Riba, O. (1960). *Anales de Edafología y Agrobiología* 19, 633-670.
- Böhme, M. (2003). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 195, 389-401.
- Calvo, J.P., Ordóñez, S., Hoyos, M. y García del Cura, M.A. (1984). *Revista de Materiales y Procesos Geológicos* 2, 145-176.
- Calvo, J.P., Daams, R., Morales, J., López-Martínez, N., Agustí, J., Anadón, P., Armenteros, I., Cabrera, L., Cívís, J., Corrochano, A., Díaz-Molina, M., Elizaga, E., Hoyos, M., Martín-Suárez, E., Martínez, J., Moissenet, E., Muñoz, E., Pérez-García, A., Pérez-González, A., Portero, J.M., Robles, F., Santisteban, C., Torres, T., Van del Muelen, A.J., Vera, J.A. y Mein, P. (1993). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 6 (3-4), 29-40.
- De Santiago, C., Suárez, M., García-Romero, E. y Doval, M. (2000). *Clays and Clay Minerals* 48, 366-373.
- Domingo, L., Koch, P.L., Grimes, S.T., Morales, J. y López, N. (2012). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 339, 98-113.
- Fesharaki, O., García-Romero, E., Cuevas-González, J. y López-Martínez, N. (2007). *Clay Minerals* 42(2), 187-201.
- Fesharaki, O., Arribas, J. y López-Martínez, N. (2015). *Journal of Iberian Geology* 41(2), 205-222.
- Leguey, S. y Cuevas Rodríguez, J. (2010). *Macla* 13, 13-20.
- Lomoschitz, A., Calvo, J.P. y Ordóñez, S. (1985). *Estudios Geológicos* 41, 343-358.
- Megías, A.G., Ordóñez, S. y Calvo, J.P. (1983). *Revista de Materiales y Procesos Geológicos* 1, 163-191.
- Villarreal Gómez, A., Álvarez Sierra, M.A., López Guerrero, P. y Fesharaki, O. (2018). *Geogaceta* 64, 87-90.