

# Análisis mineralógico de las arcillas del tránsito Mioceno inferior-medio en la sección Loma Negra (Bardenas Reales de Navarra, Cuenca del Ebro)

*Mineralogical analysis of the clays of Lower-Middle Miocene transition in Loma Negra section (Bardenas Reales de Navarra, Ebro Basin)*

Oier Suarez-Hernando<sup>1</sup>, María Cruz Zuluaga<sup>2</sup>, Blanca Martínez-García<sup>1</sup>, Aitziber Suárez-Bilbao<sup>1</sup>, Juan Cruz Larrasoña<sup>3</sup> y Xabier Murelaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Estratigrafía y Paleontología, 48080 Bilbao, España. oier.suarez@ehu.eus, blancamaria.martinez@ehu.eus, aitziber.suarez@ehu.eus, xabier.murelaga@ehu.eus.

<sup>2</sup> Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Mineralogía y Petrología, 48080 Bilbao, España. mcruz.zuluaga@ehu.eus.

<sup>3</sup> Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Unidad de Zaragoza, 50006 Zaragoza, España. jc.larra@igme.es.

## ABSTRACT

A continuous succession of Lower and Middle Miocene continental sediments, ranging from 20.5 to 15.5 Ma, crops out in the Natural Park of Bardenas Reales de Navarra. The good characteristics of the outcrops has favoured numerous studies in the area in order to reconstruct the palaeoenvironmental conditions between the Ramblian and Aragonian, where the beginning Miocene Climatic Optimum is included. This work presents the first results of mineralogical study in the Loma Negra section, which previously has been subject of palaeontological studies. Total rock analyses show that mineralogy reflects changes previously established from lithologic criteria, suggesting an evolution from a distal alluvial environment to the establishment of a shallow lacustrine environment. The clay mineralogy indicates constant environmental conditions in the series, except for the samples LN-64a and b, with a high value of smectite perhaps representing a semiarid environment characterized by short rainy season compared to dry environment represented by illite and chlorite.

**Key-words:** Ebro Basin, clay mineralogy, palaeoenvironment, Aragonian.

## RESUMEN

En el Parque Natural de Las Bardenas Reales de Navarra aflora una serie casi continua de los sedimentos continentales del Mioceno inferior y medio, abarcando desde 20,5 hasta 15,5 Ma. La buena calidad de los afloramientos ha propiciado que en la zona se hayan realizado numerosos estudios con el fin de reconstruir las condiciones paleoambientales entre el Ramblense y el Aragoniense, en el cual se incluye el comienzo del Óptimo Climático del Mioceno. En este trabajo se presentan los primeros resultados del estudio mineralógico de la sección de Loma Negra, que anteriormente ya ha sido objeto de estudios paleontológicos. Los análisis de roca total muestran que la mineralogía refleja los cambios previamente establecidos a partir de criterios litológicos, que marcan una evolución desde un medio aluvial distal hasta la instauración de un medio lacustre somero. La mineralogía de arcillas indica unas condiciones secas poco cambiantes representadas por la illita y la clorita, con excepción de las muestras LN-64a y b, en las que el alto valor de esmectita pudiera indicar un ambiente semiárido caracterizado por una corta estación de lluvias.

**Palabras clave:** Cuenca del Ebro, mineralogía de arcillas, paleoambiente, Aragoniense.

*Geogaceta*, 60 (2016), 111-114  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 31 de enero de 2016  
Revisión: 20 de abril de 2016  
Aceptación: 20 de Mayo de 2016

## Introducción

En las últimas dos décadas se han realizado numerosos estudios bioestratigráficos y paleoambientales en el Parque Natural de las Bardenas Reales de Navarra, con el objetivo de calibrar el límite entre las zonas locales definidas por Daams y Freudenthal (1981) y de estudiar la evolución climática durante el Ramblense y Arago-

niense, aportando todo ello nuevos datos al estudio sobre el comienzo del Óptimo Climático del Mioceno medio (entre otros: Murelaga, 2000; Larrasoña *et al.*, 2006; Ruiz-Sánchez *et al.*, 2013; Suarez-Hernando *et al.*, 2013 y Martínez-García *et al.*, 2014). Hasta la actualidad, en la mayoría de estos trabajos se han utilizado como indicadores paleoambientales exclusivamente restos fósiles, tanto de vertebrados (peces, anfibios,

reptiles, aves y mamíferos) como de invertebrados (gasterópodos, ostrácodos y carófitas).

El tipo de arcillas de un sedimento depende de las características del área fuente, de la diagénesis y de los procesos de formación de suelos. En este último caso, se producen durante la meteorización química en el área fuente y posteriormente son transportadas y depositadas. El estudio de

estas arcillas provenientes de la meteorización puede aportar datos sobre la evolución paleoambiental, tales como las condiciones de drenaje y de pH de los ambientes locales de formación de suelos (Wilson, 1999; Thiry, 2000).

Estudios de mineralogía de arcillas acompañados de datos paleontológicos en medios continentales terciarios se han realizado, por ejemplo, en la Cuenca del Ebro en la cercana área de Tarazona de Aragón (MN 5, zona local E) (Murelaga *et al.*, 2008) y en la Cuenca de Madrid en el yacimiento de Somosaguas (MN 5, zona local E) (Carrasco *et al.*, 2008). En ambos trabajos se han descrito niveles con altos contenidos en esmectita que se han relacionado con momentos de clima semiárido y una corta estación de lluvias.

En este trabajo se ha realizado el análisis mineralógico de roca total y de la fracción arcilla de 15 muestras, con el objetivo de obtener una aproximación de las condiciones ambientales que predominaron durante el momento del depósito de la sección de Loma Negra. Esta sección ya ha sido estudiada desde un punto de vista paleontológico, describiéndose las asociaciones de micromamíferos (Suarez-Hernando *et al.*, 2013) y de ostrácodos (Martínez-García *et al.*, 2014).

### Situación geográfica y geológica

El área de estudio se sitúa en el Parque Natural de las Bardenas Reales de Navarra, terreno comunal que se ubica en las cercanías de la localidad de Tudela, al SE de Navarra. Geológicamente, la sección se encuentra en la parte noroccidental de la cuenca continental cenozoica del Ebro (Fig. 1), incluyendo facies aluvio-lacustres de la Formación Tudela (Larrasoña *et al.*, 2006).

La Formación Tudela está integrada principalmente por arcillas de tonalidades rojas, ocre, grises y beige, entre las cuales se intercalan capas de calizas, areniscas y yesos. Esta formación se interpreta como el relleno sedimentario, de la parte central del sector Navarro-Riojano, por facies palustres, lacustres y aluviales distales, provenientes estas últimas de los Pirineos y de la Cordillera Ibérica. La edad de la Formación Tudela está comprendida entre el Ageniense y el Aragoniense (Larrasoña *et al.*, 2006).

La sección estudiada en este trabajo (Fig. 2) se halla en la ladera norte de la Plana Negra, en las cercanías de Loma

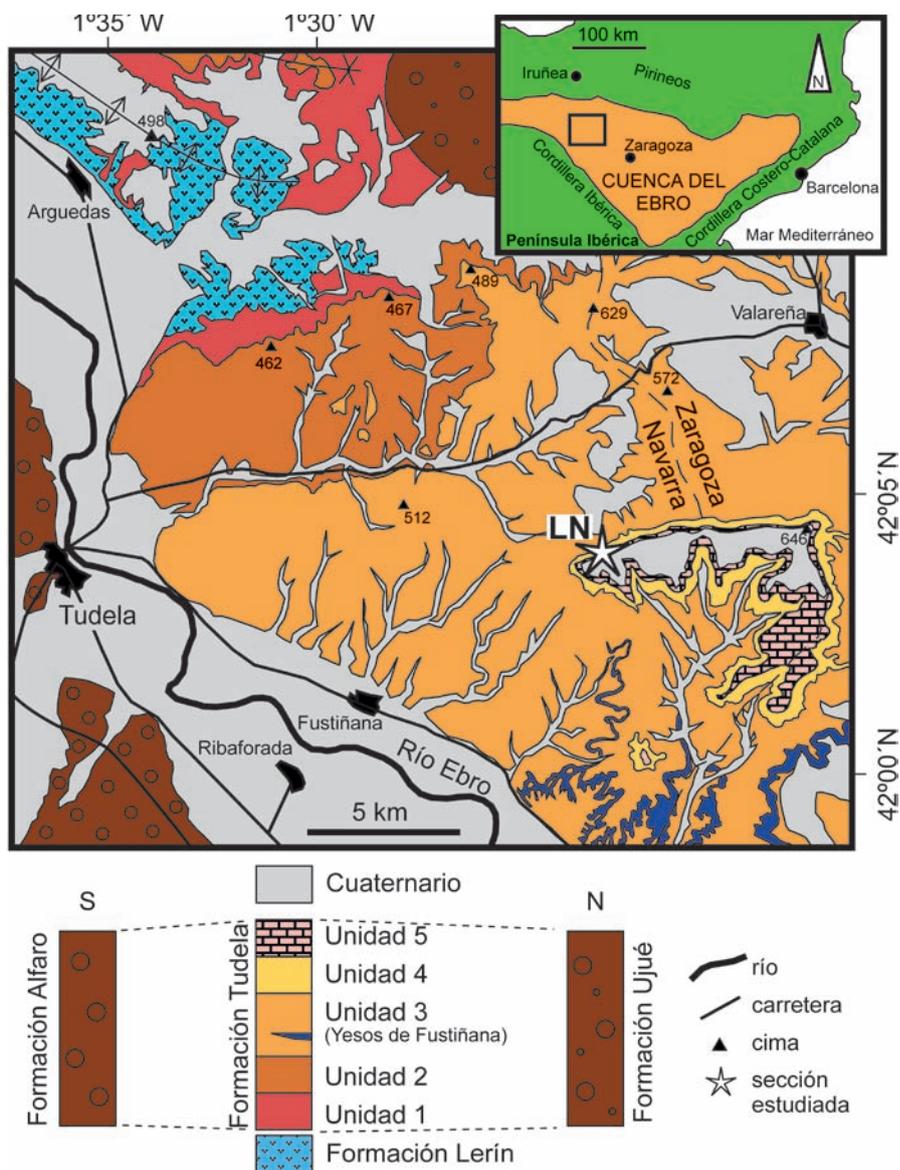


Fig. 1.- Mapa geológico de los sedimentos continentales miocenos de las Bardenas Reales de Navarra, con la ubicación de la sección estudiada. Modificado de Larrasoña *et al.* (2006). Ver figura en color en la Web.  
Fig. 1.- Geological map of the Miocene continental sediments from the Bardenas Reales de Navarra area, with the location of the studied section. Modified from Larrasoña *et al.* (2006). See colour figure on the Web.

Negra (LN), por lo que se le ha denominado con este topónimo (Fig. 1). En este afloramiento se ha descrito un yacimiento con restos fósiles de micromamíferos que datan ese nivel (LN-64) dentro de la zona D del Aragoniense (Mioceno medio, MN 5) (Suarez-Hernando *et al.*, 2013).

Esta sección estratigráfica se sitúa en las unidades 4 y 5 descritas por Larrasoña *et al.* (2006), por lo que comprende aproximadamente un intervalo de entre 16,3 y 15,7 Ma, en 80 metros de espesor (Martínez-García *et al.*, 2014).

Martínez-García *et al.* (2014) identifican tres tramos estratigráficos en Loma Negra, fundamentándose en las características li-

tológicas. Los primeros 30 metros están compuestos por lutitas rojas y amarillas, con alguna intercalación de canales de arenisca de 0,2–0,5 m de potencia. Estas facies representan los depósitos distales de un abanico aluvial o una llanura de inundación fangosa. En el tramo central, de unos 20 metros, predominan las lutitas grises con algunos paquetes calizos intercalados de potencia variable, entre 0,2 m y 2 m. Este tramo se interpreta como el tránsito de un ambiente aluvial distal a condiciones lacustres. Finalmente, los 30 metros superiores están compuestos por una alternancia de lutitas grises y calizas bioturbadas de aspecto sacaroideo, en niveles de potencia va-

riable entre 0,2 m y 2 m, y un nivel de 2 m de lutitas amarillas en torno al metro 61. Este último tramo representa un ambiente lacustre carbonatado somero.

### Metodología

Se ha realizado un muestreo de roca procurando mantener una densidad constante a lo largo de la columna, registrando cada cambio litológico. Se han analizado un total de 15 muestras de lutitas y margas, la mayoría cogidas a la misma altura estratigráfica que las tomadas para el estudio de ostrácodos por Martínez-García *et al.* (2014).

El análisis mineralógico de las muestras ha sido realizado mediante difracción de Rayos X con un difractómetro Philips X'Pert MPD del Servicio General de Rayos X, perteneciente a la Unidad de Rocas y Minerales, de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). En todos los casos se ha utili-

zando la radiación CuK $\alpha$ . Las condiciones instrumentales de análisis han sido de 40 kV y 20 mA. La mineralogía de roca total se ha analizado por el método de polvo desorientado. La mineralogía de las arcillas ha sido determinada mediante agregados orientados (de especímenes < 2  $\mu$ m) después de la decarbonatación de las muestras.

### Resultados

En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos mediante el análisis de roca total y la fracción arcilla inferior a 2  $\mu$ m.

#### Análisis mineralógico de roca total

En los porcentajes obtenidos mediante el análisis de roca total se pueden diferenciar tres tramos muy característicos, si bien no coinciden exactamente con los litológicos. El primero abarca los metros inferiores

de la columna, por debajo de la muestra LN-28, donde se ve un claro predominio de los filosilicatos (> 55%) frente a la calcita (< 30%). El segundo, comprende la parte central y superior de la columna, por encima de la muestra LN-33 hasta LN-70. En este tramo central se ve un predominio de la calcita (> 65%) frente a los filosilicatos (< 30%). Aquí, destaca la presencia de un aumento muy significativo de predominio de filosilicatos (60%) en el nivel LN-62. El tercer tramo se corresponde con la parte alta de la columna, muestras LN-74 y LN-80, con porcentajes muy parecidos entre filosilicatos y calcita, aunque con un ligero predominio de esta última.

#### Análisis mineralógico de arcillas

Pese a que las proporciones de filosilicatos referidos a los análisis de roca total varíen en la vertical, no se aprecian cambios sustanciales en los porcentajes semicuanti-

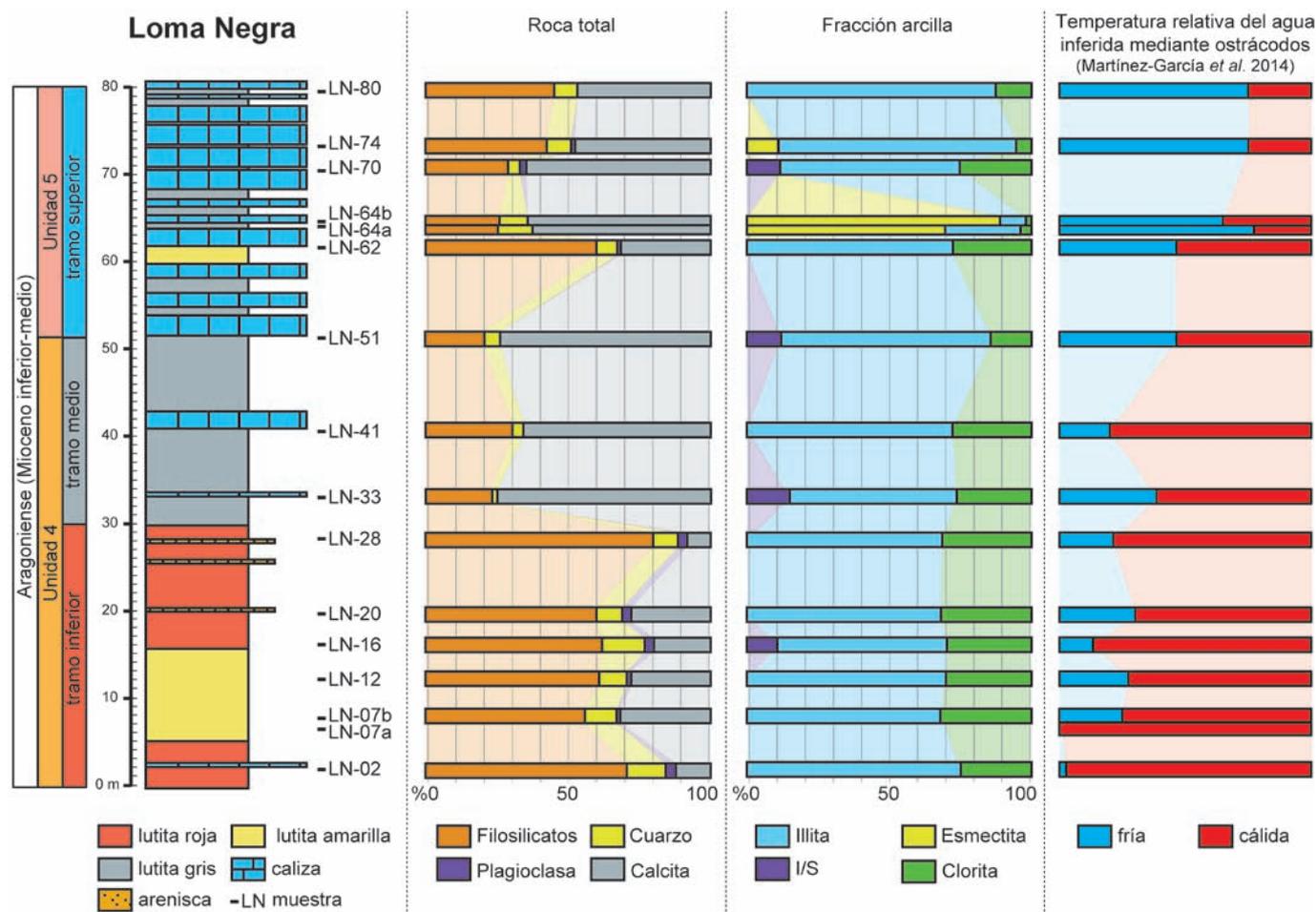


Fig. 2.- Columna estratigráfica de Loma Negra con la posición de las muestras recogidas, los resultados del análisis mineralógico de roca total y el de la fracción arcilla (en porcentaje), comparadas con la temperatura relativa del agua inferida mediante ostrácodos por Martínez-García *et al.* (2014). Ver figura en color en la Web.

Fig. 2.- Loma Negra stratigraphic column with the position of the samples collected, the results of mineralogical analysis of total rock and clay fraction (in percentage) compared to the relative water temperature inferred by ostracods by Martínez-García *et al.* (2014). See colour figure on the Web.

tativos de la mineralogía de arcillas en los tramos diferenciados anteriormente mediante mineralogía de roca total. La proporción de illita (60-70%) y clorita (15-30%) se mantienen constantes en prácticamente toda la sección, con algunos niveles en los que aparecen interestratificados de illita y esmectita (I/S). En las dos muestras superiores (LN74 y LN-80), se aprecia un pequeño aumento de la illita (85%) respecto a la clorita (< 15%).

Cabe destacar la presencia de tres niveles con esmectita que se corresponden con los puntos de muestreo LN-64a, LN-64b y LN-74. De estos tres puntos con esmectita, las muestras LN-64a y LN-64b presentan valores superiores al 70% y coinciden estratigráficamente con la base y el techo del yacimiento paleontológico descrito por Suarez-Hernando *et al.* (2013) en ese mismo nivel.

## Discusión

La mayor proporción de filosilicatos detríticos se da en los niveles de colores rojizos y amarillos de los 30 metros inferiores de la columna, y coincide con la interpretación realizada por Martínez-García *et al.* (2014) de facies que representan los depósitos distales de un abanico aluvial o una llanura de inundación fangosa. El descenso de filosilicatos en los tramos superiores podría interpretarse como la implantación de condiciones palustres y lacustres, con menos aportes terrígenos y mayor precipitación de carbonatos. Dentro de este tramo hay una muestra (LN-62) de lutitas amarillentas con mayor proporción de filosilicatos, que representaría un momento con un considerable aporte de terrígenos, al igual que los dos niveles superiores (LN-74 y LN-80) que muestran proporciones similares de filosilicatos y calcita.

La illita, asociada a clorita detrítica, domina en ambientes secos, donde la meteorización física es intensa (Chamley, 1989; Ehrmann y Mackensen, 1992; Ehrmann, 1998). La esmectita suele ser indicativa de climas templados, tanto húmedos como semiáridos, con lluvias estacionales (Singer, 1984; Chamley, 1989). Según Galán (1986), valores altos de esmectita se pueden dar en climas con estaciones secas de larga duración y estaciones húmedas cortas. Esta última es la interpretación que se les ha dado a los altos valores de esmectita registrados tanto en el yacimiento de Somosaguas (Ca-

rrasco *et al.*, 2008), como en los niveles Me-20 y Me-30 del área de Tarazona de Aragón (Murelaga *et al.*, 2008), donde los valores medidos son similares a los encontrados en los niveles LN-64a y b. Con todo ello, los altos valores de esmectita que se identifican en las muestras LN-64a, LN-64b y LN-74 respecto a la casi constante proporción de illita y clorita que se presenta en el resto de la serie, podría ser indicativa de unas condiciones relativamente más cálidas, semiáridas y con una estación corta de lluvias (Galán, 1986). Estos datos coinciden con las condiciones estimadas mediante micromamíferos por Suarez-Hernando *et al.* (2013) en la sección de Loma Negra.

Bauluz *et al.* (1994) describen altos valores de esmectita en sedimentos de la Sierra de Alcubierre (Cuenca del Ebro, Mioceno inferior-medio) relacionados con la alteración de vidrios volcánicos. A diferencia de la zona de Bardenas Reales, que hasta la fecha no se han identificado niveles volcánicos. No hay que descartar la posibilidad de que las variaciones identificadas en la mineralogía de arcillas podrían ser causadas por un cambio en el área fuente en el caso de que fueran heredadas, o por procesos diagenéticos posteriores.

## Conclusiones

El análisis de roca total complementa la interpretación realizada por Martínez-García *et al.* (2014) de que la sección de Loma Negra representa la evolución desde un medio aluvial distal hasta la instauración de un medio lacustre somero.

La mineralogía de arcillas indica unas condiciones ambientales secas y prácticamente homogéneas en casi toda la sección, con excepción de las muestra LN-64a, LN-64b y, en menor medida, LN-74, durante el depósito de las cuales prevalecería un ambiente más cálido, semiárido y con una corta estación de lluvias.

## Agradecimientos

En la obtención de las muestras estudiadas se ha contado con la ayuda de la Comunidad de las Bardenas Reales de Navarra, y de los proyectos GIU12/35 y GIU15/34 de la UPV/EHU.

B. M.-G. disfruta de una beca postdoctoral de la UPV/EHU "Contratación para la especialización de personal investigador doctor" y O. S.-H. (BFI-2012-118) y A. S.-B.

(PRE\_2014\_1\_345) disfrutan de becas predoctorales del Gobierno Vasco.

Queremos agradecer a las revisoras M<sup>a</sup> Aránzazu Luzón Aguado y Blanca Bauluz Lázaro por las mejoras realizadas en el manuscrito gracias a sus críticas y sugerencias.

## Referencias

- Bauluz, B., Arenas, C., Fernández-Nieto, C. y González, J. M. (1994). *Clay Minerals* 29, 391-400.
- Carrasco, Á., Sacristán, S., Benítez-López, G., Romero-Nieto, D., Fesharaki, O. y López Martínez, N. (2008). *Palaeontologica Nova SEPAZ* 8, 135-149.
- Chamley, H. (1989). *Clay sedimentology*. Springer, Berlin, 625 p.
- Daams, R. y Freudenthal, M. (1981). *Scripta Geologica* 62, 1-17.
- Ehrmann, W. (1998). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 139, 213-231.
- Ehrmann, W. y Mackensen, A. (1992). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 93, 85-112.
- Galán, E. (1986). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 9, 11-22.
- Larrasoña, J.C., Murelaga, X. y Garcés, M. (2006). *Earth and Planetary Science Letters* 243, 409-423.
- Martínez-García, M., Suarez-Hernando, O., Suárez-Bilbao, A. Pascual, A., Ordiales, A., Larrasoña, J.C., Murelaga, X. y Ruiz-Sánchez, F.J. (2014). *Ameghiniana* 51, 405-419.
- Murelaga, X. (2000). *Estudio de las faunas de vertebrados del Mioceno inferior de las Bardenas reales y áreas colindantes (Cuenca del Ebro, Navarra)*. Tesis Doctoral, Univ. del País Vasco (UPV/EHU), 363 p.
- Murelaga, X., Pérez-Rivarés, F.J., Vázquez-Urbez, M. y Zuluaga, M.C. (2008). *Ameghiniana* 45, 393-406.
- Ruiz-Sánchez, F.J., Murelaga, X., Freudenthal, M., Larrasoña, J.C., Furió, M., Garcés, M., González-Pardos, M. y Suarez-Hernando, O. (2013). *Bulletin of Geosciences* 88, 131-152.
- Singer, A. (1984). *Earth Science Reviews* 21, 251-293.
- Suarez-Hernando, O., Martínez-García, B., González-Pardos, M., Pascual, A., Larraz, M., Ruiz-Sánchez, F.J., Larrasoña, J.C. y Murelaga, X. (2013). *Geogaceta* 54, 63-66.
- Thiry, M. (2000). *Earth Science Reviews* 49, 201-221.
- Wilson, M.J. (1999). *Clay Minerals* 34, 7-25.