



Paleocorología de los mamíferos del Mioceno medio de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid)

Marta Pina¹, Miriam Pérez de los Ríos¹ & Manuel Hernández Fernández^{1,2}

1. Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria, C/ José Antonio Novais 2, 28040, Madrid, Spain. E-mail: M.P.: marta.pina.bio@gmail.com; M.P.R.: lapime@hotmail.com

2. Unidad de Investigación en Paleontología, Instituto de Geología Económica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, C/ José Antonio Novais 2, 28040, Madrid, Spain. E-mail: hdezfdz@geo.ucm.es

Abstract

A palaeochorological study of the mammalian fauna from Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid) during the middle Miocene (Aragonian, MN5, local biozone E, 14 Ma) has shown two main types of biogeographical distributions: endemisms and species with wide distribution. Comparison with the modern fauna from Madrid reveals that the proportion of endemic species was slightly higher 14 million years ago. Probably, this is related to the Neogene global cooling trend, which has made the Iberian Peninsula shift from the Palaeotropical biogeographic realm to the Palaearctic realm. As a result, modern Iberian faunas have become more similar to central European ones than in the Miocene.

Keywords: *Faunal analysis, Aragonian, Chorology, species geographical range, endemism, Mammalia, Palaeobiogeography, Iberian Peninsula.*

Palabras clave: *Análisis faunístico, Aragoniense, Corología, distribución geográfica de especies, endemismo, Mammalia, Paleobiogeografía, Península Ibérica.*

1. Introducción

En un reciente trabajo, Maridet et al. (2007) han propuesto que el grado de provincialismo de las faunas de mamíferos europeos durante el Neógeno estaría relacionado con el progresivo enfriamiento global que se inicia en el Mioceno medio. Según estos autores, la disminución

de las temperaturas y el incremento de la intensidad de su gradiente latitudinal incidieron en un aumento de la heterogeneidad en las faunas locales de Europa debido al establecimiento de patrones de distribución latitudinal de la vegetación en los continentes septentrionales (Wolfe, 1985).

En este trabajo se pretende probar la

generalidad de esta hipótesis por medio de un análisis paleocorológico comparativo. La Corología es una ciencia analítica que estudia las áreas de distribución de las especies, mediante la compilación de los lugares donde se registra su presencia. Estos tipos de estudios biogeográficos son habituales en comunidades actuales de plantas o insectos, y algo más raros en faunas de mamíferos (Real et al. 1996). Pero en las faunas de los yacimientos de fósiles este planteamiento corológico ha quedado tradicionalmente en un plano secundario, sirviendo simplemente como apoyo cuando se realizan trabajos sobre alguna especie (Agustí 1989; Dzyuba & Zakharov 1999; Krutzsch 2004; Pushkina 2007).

El provincialismo y la heterogeneidad se relacionan directamente con la endemicidad registrada en las biotas locales. En el contexto europeo el provincialismo se asocia principalmente con el área mediterránea, especialmente la Península Ibérica, tanto en la actualidad como en el Neógeno (Baquero & Tellería, 2001; Maridet et al., 2007).

Se ha estudiado la fauna de mamíferos del Mioceno medio de Somosaguas, comparando el grado de endemicidad de los taxones registrados en este yacimiento con el que se encuentra en la fauna actual de Madrid. La fauna de Somosaguas, siendo claramente tropical (Hernández Fernández et al. 2006) y perteneciendo a la región biogeográfica Paleotropical (Pickford & Morales 1994), es representativa del periodo temporal en el que se inició el desarrollo del casquete de hielo antártico (Shevenell et al. 2004), lo cual aceleró la tendencia hacia el enfriamiento del planeta. La fauna actual, por su parte,

representa una comunidad de mamíferos de carácter templado y perteneciente a la región biogeográfica Paleártica. Si la hipótesis de Maridet et al. (2007) es correcta, la fauna de mamíferos de Somosaguas debería mostrar un grado de endemicidad menor que la fauna actual de la Comunidad de Madrid.

2. El yacimiento de Somosaguas

El yacimiento paleontológico de vertebrados de Somosaguas se encuentra situado junto a la Facultad de Ciencias Políticas en el Campus Universitario de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón) de la Universidad Complutense de Madrid. Perteneció al Mioceno medio y su datación biocronológica indica que forma parte de la biozona local E (14 Ma, MN5) (Mein 1999; Alcalá et al. 2000; López Martínez et al. 2000; Luis & Hernando 2000).

Situado al oeste de la Cuenca de Madrid, su litología se caracteriza por la presencia de dos unidades bien diferenciadas: unos niveles con arcosas pertenecientes a facies de abanicos aluviales y otros ricos en arcillas, indicativos de medios subacuáticos con altas tasas de decantación de carácter lacustre (Mínguez Gandú 2000; Cuevas-González 2005). Los estudios mineralógicos también han aportado interesantes datos acerca de las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas. Las asociaciones de minerales de la arcilla muestran un ambiente estacional con una estación seca predominante, mientras que los microcristales de yeso indicarían ambientes de cristalización marcados por una elevada aridez (Fesharaki 2005). Estos datos paleoambientales concuerdan con los resultados obtenidos

a partir de los estudios paleontológicos de asociaciones de faunas, (Hernández Fernández et al. 2006) así como con los análisis de isótopos estables y de elementos traza (Domingo et al. 2007, 2008) o con la interpretación sobre el origen del yacimiento, que supone la acumulación de los huesos de vertebrados durante avenidas en cortos periodos de lluvias torrenciales que alternarían con periodos de sequía estacional (Polonio & López Martínez 2000). Los fósiles hallados presentan adaptaciones morfológicas relacionadas con los paleoambientes.

La importancia de este yacimiento viene dada por varios factores. Primero, es uno de los pocos yacimientos registrados en Europa hace 14 Ma, durante el periodo temporal en el que se inició la formación del casquete polar antártico (Shevenell et al. 2004). Segundo, reúne especies tanto de macro- como de micromamíferos, lo cual permite realizar un estudio del conjunto de la comunidad de mamíferos. Tercero, el número de restos estudiados hasta el momento es muy elevado, siendo más de 500 los restos de macromamíferos y cerca de 2000 las piezas de micromamíferos (Hernández Fernández et al. 2006) lo cual permite mantener un elevado nivel de confianza acerca de las especies registradas en el mismo. Finalmente, aunque el estado de conservación de los fósiles es muy variado (Polonio & López Martínez 2000), se han encontrándose numerosos restos frágiles con superficies intactas que incluso conservan las microestructuras histológicas del hueso fósil (Cuezva & Elez 2000).

3. Material y métodos

3.1 Datos

Para la realización de este trabajo se partió del listado de taxones registrados en el yacimiento de Somosaguas (Hernández Fernández et al. 2006, Tabla 1). A continuación se realizó una búsqueda de todos aquellos yacimientos, a escala global, en los cuales se han registrado dichos taxones durante la unidad MN5. La búsqueda se ha realizado tanto a escala de especie (17 especies identificadas en Somosaguas) como de género (20 géneros). Esta información se obtuvo con la ayuda de dos bases de datos, “Neogene of the Old World Database of Fossil Mammals” (Fortelius 2003) y “The Paleobiology Database” (Alroy 2006), complementadas con una revisión de la literatura.

Para realizar el estudio comparativo entre la fauna del Mioceno medio de Somosaguas y la fauna actual madrileña, se analizaron las 38 especies actuales (32 géneros) presentes en la Comunidad de Madrid (Burton 1985; Mitchell-Jones et al. 1999; Palomo et al. 2007).

3.2 Análisis

La información obtenida acerca de la distribución de los diferentes taxones de Somosaguas se plasmó en un mapa paleogeográfico de Europa hace 14 Ma (modificado de Ilyina et al. 2004). De esta manera se pudo trazar el área de distribución aproximada de cada taxón incluyendo los yacimientos en los que se han encontrado

restos del mismo. Con estos datos, y en función del área de distribución geográfica obtenida, los taxones se dividieron en dos patrones de distribución o corotipos diferentes: taxones de amplia distribución y endemismos de la Península Ibérica, incluyendo este último los endemismos ibero-occitanos.

Estos dos corotipos también fueron identificados en las especies actuales de Madrid a partir de la información disponible en Mitchell-Jones et al. (1999).

Dado que hay un cierto número de taxones en Somosaguas que sólo han podido identificarse a nivel genérico, el grado de endemismo se analizó independientemente tanto para las especies (17 especies en Somosaguas y 38 en la actualidad) como para los géneros (20 en Somosaguas y 32 actuales).

4. Resultados

4.1 Análisis específico

De las 17 especies descritas en Somosaguas (Tabla 1), cinco de ellas (*Armantomys tricristatus*, *Cricetodon soriae*, *Heteroxerus grivensis*, *Anchitherium* sp. cf. *A. cursor* y *Micromeryx* sp. cf. *Micromeryx* sp. nov. 2) muestran una distribución de tipo endémico durante la MN5 (Fig. 1) (Daams 1990; Sánchez et al. 1998; Hernández Fernández et al. 2006; Sánchez & Morales 2006). De ellas, *Heteroxerus grivensis* tiene un área de distribución que abarca desde la Península Ibérica hasta el sur de Francia, es decir, es un endemismo ibero-occitano (Fig. 2).

El estudio comparativo de las faunas muestra que en la actualidad el 28,9 % de

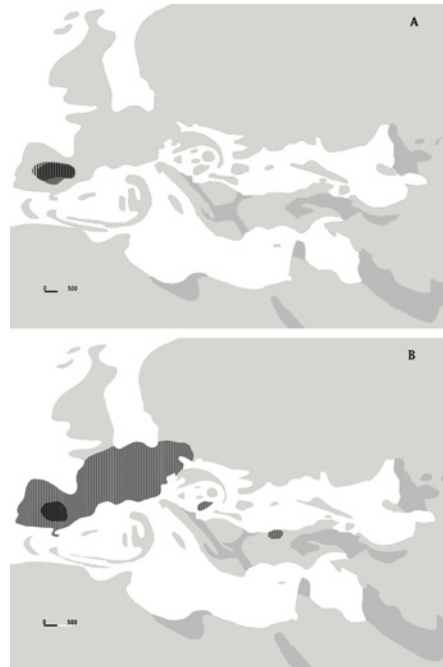


Figura 1. Ejemplos de endemismos ibéricos durante la zona MN5 (Mein, 1999). Las trazas verticales representan el área de distribución del género y las zonas de color negro, las de la especie. **A:** distribución endémica del género *Armantomys* y de la especie *A. tricristatus*. **B:** la especie *Anchitherium* sp. cf. *A. cursor* muestra una distribución restringida a la Península Ibérica, mientras que el género al que pertenece tiene una distribución europea. Paleogeografía de Ilyina et al. (2004), con diferente tonalidad se muestran las tierras emergidas permanentemente y las zonas inundadas durante una trasgresión marina.

las especies de Madrid presentan una distribución endémica (11 especies). En el caso de las especies del Mioceno de Somosaguas se ha obtenido un porcentaje de endemismos del 29,4 %. Por tanto, parece contradecirse la hipótesis de Maridet et al. (2007) que estipula que el grado de heterogeneidad de las faunas de mamíferos europeos aumenta al disminuir la



Figura 2. El género *Heteroxerus* se distribuye a lo largo de todo el continente europeo. En cambio, la especie *H. grivensis* es un endemismo ibero-occitano durante la MN5. La zona de color negro representa el área de distribución de la especie, y las trazas verticales el área de las demás especies del género. Paleogeografía de Ilyina et al. (2004), con diferente tonalidad se muestran las tierras emergidas permanentemente y las zonas inundadas durante una trasgresión marina.

temperatura global.

En el caso del yacimiento estudiado, la endemidad es una característica restringida a representantes de los órdenes Rodentia (el 42,9 % de las especies de este taxón tienen dicha distribución), Perissodactyla y Artiodactyla. Sin embargo, en la actualidad, las especies endémicas se reparten en más órdenes, principalmente, de micromamíferos (Tabla 2).

4.2 Análisis genérico

El estudio de los géneros revela que sólo uno de los que aparecen en el yacimiento es endémico (*Armantomys*, orden Rodentia). Esto supone un 5,0 % sobre el total de los 20 géneros analizados. El resto se extiende a lo largo del continente europeo (Fig. 3). En algunos casos, (*Megacricetodon*, *Miosorex*, *Gompho-*

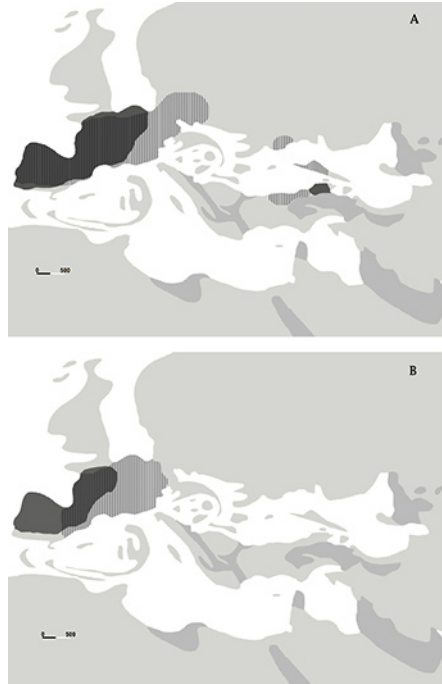


Figura 3. Distribución europea de las especies *Megacricetodon collongensis* (A) y *Prosantorhinus douvillei* (B) durante la zona MN5. Las zonas de color negro representan el área de distribución de la especie y las trazas verticales, las del resto de especies del género. Paleogeografía de Ilyina et al. (2004), con diferente tonalidad se muestran las tierras emergidas permanentemente y las zonas inundadas durante una trasgresión marina.

therium, *Hemicyon* y *Anphicyon*) se podrían considerar de amplia distribución, al abarcar su territorio también otros continentes.

Por otra parte, en la fauna madrileña actual existen dos géneros endémicos de la Península Ibérica (*Galemys*, orden Insectivora, y *Oryctolagus*, orden Lagomorpha), lo que representa el 6,3 % de los 32 que habitan hoy en la Comunidad de Madrid (Burton 1985; Mitchell-Jones

Orden	Especie	Endémicas	Distribución europea
Insectivora	<i>Galerix exilis</i> (Blainville, 1839)		X
	<i>Miosorex grivensis</i> (Depéret, 1892)		X
Lagomorpha	<i>Prolagus</i> sp. cf. <i>P. oeningensis</i> König, 1825		X
	<i>Lagopsis penai</i> (Royo, 1928)		X
Rodentia	<i>Microdyromys koenigswaldi</i> de Bruijn, 1966		X
	<i>Microdyromys monspeliensis</i> Aguilar 1977		X
	<i>Armantomys tricristatus</i> López Martínez in López Martínez et al. 1977	X	
	<i>Democricetodon larteti</i> (Schaub, 1925)		X
	<i>Megacricetodon collongensis</i> (Mein, 1958)		X
	<i>Cricetodon soriae</i> López Martínez et al. in Hernández Fernández et al. 2006	X	
	<i>Heteroxerus grivensis</i> (Forsyth Major, 1909)	X*	
Carnivora	<i>Pseudaelururs</i> sp.		X
	<i>Hemicyon</i> sp. cf. <i>H. sansaniensis</i> Lartet, 1851		X
	<i>Amphicyon</i> sp.		X
Artiodactyla	<i>Conohyus simorrensis</i> (Lartet, 1851)		X
	<i>Micromeryx</i> sp. cf. <i>Micromeryx</i> sp. 2 (Sánchez & Morales, 2006)	X	
	<i>Heteroprox</i> sp.		X
	<i>Tethytragus</i> sp.		X
Proboscidea	<i>Gomphotherium angustidens</i> (Cuvier, 1817)		X
Perissodactyla	<i>Anchitherium</i> sp. cf. <i>A. cursor</i> Sánchez et al. 1998	X	
	<i>Prosantorhinus douvillei</i> (Osborn, 1900)		X

Tabla 1. Distribución de las especies que aparecen en el yacimiento de Somosaguas (las especies no determinadas, se consideran a nivel de género). *: endemismo ibero-occitano.

et al. 1999) (Tabla 3). Es decir, en este análisis a nivel genérico sí que se ha detectado una endemividad mayor de la fauna del periodo más frío (actual) que la del más cálido, como proponen Maridet et al. (2007), aunque dicho incremento en la proporción de endemismos es muy escaso.

5. Discusión

Las distribuciones obtenidas para las especies de mamíferos del yacimiento de Somosaguas presentan dos patrones bien diferenciados: unas ocupaban un área restringida a la Península Ibérica, como *Armantomys tricristatus* y *Anchitherium* sp. cf. *A. cursor* (Daams 1990; Sánchez

	ACTUALIDAD			MIOCENO MEDIO		
	Endémicas	Distribución europea	Total	Endémicas	Distribución europea	Total
Orden Insectívora	3	5	8	0	2	2
Orden Lagomorfa	2	0	2	0	2	2
Orden Rodentia	4	9	13	3	4	7
Orden Carnívora	1	10	11	0	1	1
Orden Artiodactyla	1	3	4	1	1	2
Orden Proboscidea	-	-	-	0	1	1
Orden Perissodactyla	-	-	-	1	1	2
	11	27	38	5	12	17

Tabla 2. Distribución del número de especies de mamíferos actuales y de las que aparecen en el yacimiento de Somosaguas, en función del orden y el corotipo al que pertenecen.

	ACTUALIDAD			MIOCENO MEDIO		
	Endémicos	Distribución europea	Total	Endémicos	Distribución europea	Total
Orden Insectívora	1	6	7	0	2	2
Orden Lagomorfa	1	1	2	0	2	2
Orden Rodentia	0	8	8	1	5	6
Orden Carnívora	0	11	11	0	3	3
Orden Artiodactyla	0	4	4	0	4	4
Orden Proboscidea	-	-	-	0	1	1
Orden Perissodactyla	-	-	-	0	2	2
	2	30	32	1	19	20

Tabla 3. Distribución del número de géneros de mamíferos actuales y de hace 14 Ma, en función del orden y el corotipo al que pertenecen.

et al. 1998), mientras que otras se extendían por Europa.

En cuanto a los géneros, como era de esperar, muestran distribuciones más amplias que las de las especies. Particularmente, *Hemicyon* y *Megacricetodon* llegaron a ocupar zonas de China durante este periodo (Fortelius 2003; Alroy 2006;

de Brujin et al. 1992; Rössner & Heissig 1999), *Gomphotherium* y *Miosorex* se han registrado en la Península Arábiga (Fortelius 2003; Alroy 2006; de Brujin et al. 1992; Rössner & Heissig 1999), y *Amphicyon* ha sido encontrado en Norteamérica (Alroy 2006).

Nuestros resultados indicaron que el

porcentaje de especies endémicas en la fauna de mamíferos de Madrid podía ser mayor o menor en el Aragoniense que en la actualidad dependiendo de si el objeto de estudio eran especies o géneros. No obstante, en ninguno de los dos casos se muestra un rotundo incremento de endemismos en la actualidad con respecto al Mioceno medio, como podría esperarse si atendiésemos al planteamiento de Maridet et al. (2007), que postulan un aumento del provincialismo en Europa asociado con la disminución de las temperaturas globales.

Las áreas de distribución de las especies están condicionadas por varios factores. Por una parte, los pasos naturales accesibles hace 14 Ma en Europa tenían unas características distintas a los actuales dado que la orogenia Alpina todavía no se había completado (Ziegler 1990; Ilyna et al. 2004). Por otra parte, existen estudios paleoecológicos como el planteado por Maridet et al. (2007), que define que la heterogeneidad de las faunas europeas aumenta al disminuir la temperatura global. Esto se puede relacionar con la variabilidad del sistema climático y su influencia sobre la estructura biogeográfica de Europa.

Según Pickford & Morales (1994), el límite entre los reinos biogeográficos Paleotropical y Paleártico fluctúa latitudinalmente a lo largo del tiempo debido a las variaciones de la temperatura global. Esto implica que la fauna de la Península Ibérica es más similar a la de África o de Europa central dependiendo de la ubicación latitudinal de dicho límite. Durante la mayor parte del Neógeno las condiciones climáticas en la Península Ibérica fueron de tipo tropical semiárido (van

der Meulen & Daams 1992; van Dam & Weltje 1999, López Guerrero 2006, Hernández Fernández et al. 2007, Jiménez-Moreno & Suc 2007) y las faunas de mamíferos ibéricos mostraron un patrón de provincialismo acorde con la propuesta de Maridet et al. (2007). Durante periodos con temperaturas elevadas, el límite se situaba en la porción septentrional de Europa y se observa en la Península Ibérica un conjunto de especies muy similares a las del resto de Europa (Maridet et al. 2007). En los periodos menos cálidos este límite se desplazaba hacia el sur y producía que las penínsulas mediterráneas y Centroeuropa perteneciesen a reinos biogeográficos diferentes (Pickford y Morales 1994), lo cual provocaba que sus faunas se diferenciases, incrementándose la tendencia hacia la endemidad en las primeras, y que aumentase la heterogeneidad de la fauna continental (Maridet et al. 2007). Sin embargo, en el Plioceno superior la bajada de temperaturas globales que comenzó en el Mioceno medio llegó a su punto culminante y provocó que finalmente la Península Ibérica se situase bajo la influencia de climas templados de manera permanente (Hernández Fernández et al. 2007). Con ello, dejó de producirse el patrón de aumento del provincialismo en las faunas de mamíferos de Europa durante los periodos fríos. No obstante, no se debe olvidar que incluso en el Pleistoceno la Península Ibérica ha mantenido un cierto nivel de aislamiento respecto al resto de Europa no sólo por una diferencia climática (causante de la existencia de las regiones biogeográficas Mediterránea y Eurosiberiana) sino también por la existencia de los Pirineos.

6. Conclusiones

La hipótesis de que la heterogeneidad de las faunas de mamíferos europeos aumenta al disminuir la temperatura (Maridet et al. 2007) parece no proporcionar una explicación general en todos los contextos climáticos. Estas conclusiones sólo serían válidas en el contexto biogeográfico derivado de una situación en la que una porción de Europa se hallase bajo la influencia de un clima tropical, como ocurre durante la mayor parte del Neógeno (por ejemplo, hace 14 Ma). Sin embargo, no se cumple en una situación en la que toda Europa se ve influenciada por climas templados, como en el Pleistoceno (no incluido en el estudio de Maridet et al. 2007). Debido a esto, nuestros resultados no concuerdan con lo esperado según Maridet et al. (2007), indicando la importancia de tener en cuenta que las áreas de distribución de las especies no están únicamente influenciadas por el clima de manera directa (aunque este pueda ser muy importante), sino que también hay una influencia indirecta a través de la fluctuación del límite Paleártico-Paleotropical (Pickford & Morales 1994) y que, finalmente, la orografía juega un papel clave en estas configuraciones.

Agradecimientos

Los autores agradecen la activa participación de los componentes del equipo del Proyecto Somosaguas, por su trabajo desinteresado y entusiasta a lo largo de todos estos años. En especial, queremos reconocer el apoyo brindado por Ana R. Gómez Cano, tanto en lo profesional como en lo personal. Gracias a todas las

personas que nos han apoyado durante la elaboración de esta investigación. También agradecemos la ayuda de numerosos colegas y estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid, que han participado en las excavaciones paleontológicas realizadas en Somosaguas. Este trabajo se ha beneficiado de diversas aportaciones de Laura Domingo, Omid Fesharaki, Álvaro García, Rocío Jiménez, Adriana Oliver e Israel Sánchez. Finalmente, los comentarios de Gloria Cuenca Bescós y Nieves López Martínez ayudaron a mejorar el manuscrito original.

La UCM, la CAM y el MCYT han proporcionado financiación para las campañas de excavación a lo largo del último lustro (AE00-0256-DIF). El proyecto CGL2006-01773/BTE del MEC ha contribuido a la financiación parcial de esta investigación. Este trabajo es una contribución, a través del Seminario de Introducción a la Investigación GeoPaleoBiológica de Somosaguas, de los Grupos de Investigación UCM-CAM 910607 sobre Evolución de Mamíferos y Paleoambientes Continentales Cenozoicos, dirigido por Marián Álvarez Sierra, y 910161 sobre Registro Geológico de Periodos Críticos: Factores Paleoclimáticos y Paleoambientales, dirigido por Nieves López Martínez. M.H.F. disfruta de un contrato UCM del Programa "Ramón y Cajal" del Ministerio de Educación y Ciencia.

Bibliografía

Agustí, J. 1989. On the peculiar distribution of some muroid taxa in the Western Mediterranean region. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*.

28: 147-154.

Alcalá, L., Alonso-Zarza, A.M., Álvarez Sierra, M.A., Azanza, B., Calvo, J.P., Cañaveras, J.C., van Dam, J.A., Garcés, M., Krijgsman, W., van der Meulen, A.J., Morales, J., Peláez-Campomanes, P., Pérez González, A., Sánchez Moral, S., Sancho, R., & Sanz Rubio, E. 2000. El registro sedimentario y faunístico de las cuencas de Calatayud-Daroca y Teruel. Evolución paleoambiental y paleoclimática durante el Neógeno. *Revista de la Sociedad Geológica de España*. 13: 323-343.

Alroy, J. (coordinador). 2006. The Paleobiology Database. <http://paleodb.org/>

Baquero, R.A. & Tellería, J.L. 2001. Species richness, rarity and endemism of European mammals: a biogeographical approach. *Biodiversity and Conservation*. 10: 29-44.

de Bruijn, H., Daams, R., Daxner-Höck, G., Fahlbusch, V., Ginsburg, L., Mein, P. & Morales, J. 1992. Report of the RCMNS working group on fossil mammals, Reisenburg 1990. *Newsl. Stratigraphy*. 26(2/3): 65-118.

Burton, M. 1985. Guía de los mamíferos de España y de Europa. 1-253. Omega (Ed.).

Cuevas González, J. 2005. Estado actual de los conocimientos paleontológicos y estratigráficos de los yacimientos aragoneses de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). *Coloquios de Paleontología*. 55: 103-123.

Cuezva, S. & Elez, J. 2000. Estudio preliminar de la microestructura de los huesos fósiles de mamíferos de Somosaguas (Mioceno Medio, Madrid). *Coloquios de Paleontología*. 51: 137-157.

Daams, R. 1990. Hypsodont Myomiminae (Gliridae, Rodentia) from the Miocene and the Oligocene-Miocene boundary interval of Spain. *Scripta Geologica*. 95: 1-63

van Dam, J.A. & Weltje, G.J. 1999. Reconstruction of the Late Miocene climate of Spain using rodent palaeo-community successions: an application of end-member modeling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 151: 267-305.

Domingo, L., López-Martínez, N., Grimes, S. T., 2007. Application of trace elements (Ba, Sr, Zn) to paleoecological reconstruction of Middle Miocene herbivores at Somosaguas Site (Madrid, Spain). *Journal of Vertebrate Paleontology*. 27: 69A.

Domingo, L., Cuevas-González, J., Grimes, S. T., López-Martínez, N. 2008. Reconstrucción paleoclimática y paleoecológica del yacimiento de Somosaguas (Mioceno Medio, Cuenca de Madrid) mediante el análisis geoquímico del esmalte dental de herbívoros. *Seminarios de Paleontología de Zaragoza*. (en este volumen).

Dzyuba, O.S. & Zakhorov, V.A. 1999. Statistical analysis in evaluation of the chorology of belemnites in the Late Jurassic and Early Cretaceous Arctic seas in the north of Eurasia. *Geology I Geofizika*. 40: 270-280.

Fesharaki, O. 2005. Mineralogía y Sedimentología del yacimiento paleontológico de Somosaguas (Mioceno, Cuenca de Madrid). DEA. Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad Complutense de Madrid. 1-146.

Fortelius, M. (coordinador). 2003. Neogene of the Old World Database of

- Fossil Mammals (NOW). University of Helsinki. <http://www.helsinki.fi/science/now/>.
- Hernández Fernández, Álvarez Sierra, M.A. & Peláez Campomanes, P. 2007. Bioclimatic analysis of rodent palaeofaunas reveals severe climatic changes in Southwestern Europe during the Pliocene-Pleistocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 251: 500-526.
- Hernández Fernández, M., Cárdena, J.A., Cuevas-González, J., Fesharaki, O., Salesa, M., Corrales, B., Domingo, L., Elez, J., López Guerrero, P., Sala-Burgos, N., Morales, J. & López Martínez, N. 2006. Los yacimientos de vertebrados del Mioceno Medio de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid): implicaciones paleoambientales y paleoclimáticas. *Estudios geológicos*. 62 : 263-269.
- Ilyina, L.B., Shcherba, I.G., Khondkarian, S.O. & Gonscharova, I.A. 2004. Map 6: Mid Middle Miocene (Middle Serravallian, Late Badenian, Konkian) 14-13 Ma. *Courrier Forsch. Institute Senckenberg*. 250: 23-25.
- Jiménez-Moreno, G. & Suc, J.-P. 2007. Middle Miocene latitudinal climatic gradient in Western Europe: evidence from pollen records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 253: 208-225.
- Krutzsch, W. 2004. Neue Untersuchungen über präquartäre Malvaceen-Pollen aus den Unterfamilien der Tilioideae, helictivoideae und Bombacoideae. *Palaeontographica, Abteilung B, Paläophytologie*. 267 : 67-160.
- López Guerrero, P. 2006. Paleoclimatología de Europa Occidental en el Aragoniense. Libro de Resúmenes de las XXII Jornadas de Paleontología. 56-57.
- Fernández-Martínez, E. (Ed.). Universidad de León, Secretariado de Publicaciones.
- López Martínez, N., Elez, J., Hernando, J.M., Luis, A., Mazo, A., Mínguez, D., Morales, J., Polonio, I., Salesa, M.J. & Sánchez, I.M. 2000. Los fósiles de vertebrados de Somosaguas (Pozuelo, Madrid). *Coloquios de Paleontología*. 51: 71-85.
- Luis, A. & Hernando, J.M. 2000. Los microvertebrados del Mioceno Medio de Somosaguas Sur (Pozuelo de Alarcón, Madrid, España). *Coloquios de Paleontología*. 51: 87-136.
- Maridet, O., Escarguel, G., Loïc, C., Mein, P., Hugueney, M. & Legendre, S. 2007. Small mammal (rodents and lagomorphs) European biogeography from the Late Oligocene to the mid Pliocene. *Global Ecology and Biogeography*. 16: 529-544.
- Mein, P. 1999. European Miocene Mammal Biochronology. *The Miocene Land Mammals of Europe*. 25-28. Rössner, G.E. & Heissig, K. (Ed.). Verlag Friedrich Pfeil.
- van der Meulen, A.J. & Daams, R. 1992. Evolution of early-middle miocene rodent faunas in relation to long-term palaeoenvironmental changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 93: 227-253.
- Mínguez Gandú, D. 2000. Marco estratigráfico y sedimentológico de los yacimientos paleontológicos miocenos de Somosaguas (Madrid, España). *Coloquios de Paleontología*. 51: 183-196.
- Mitchell-Jones, A.J., Amori, G., Bogdanowicz, W., Kryštufek, B., Reijnders, P.J.H., Spitzenberg, F., Stubbe, M., Thisсен, J.B.M., Vohralík, V. & Zima, J. 1999.

- The Atlas of European mammals. 1-484. T & AD Poyser (Ed.).
- Palomo, L.J., Gisbert, J. & Blanco, J.C. 2007. Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España. 1-586. Ministerio de Medio Ambiente (Ed.).
- Pickford, M. & Morales, J. 1994. Biostratigraphy and palaeobiogeography of East Africa and the Iberian peninsula. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 112: 297-322.
- Polonio, I. & López Martínez, N. 2000. Análisis tafonómico de los yacimientos de Somosaguas (Mioceno Medio, Madrid). *Coloquios de Paleontología*. 51: 235-266.
- Pushkina, D. 2007. The Pleistocene easternmost distribution in Eurasia of the species associated with the Eemian *Palaeoloxodon antiquus* assemblage. *Mammal Review*. 37: 224-245
- Real, R., Márquez, A.L., Guerrero, J.C., Vargas, J.M. & Palomo, L.J. 1996. Modelos de distribución de los insectívoros en la Península Ibérica. *Doñana, Acta Vertebrata*. 23: 123-142
- Rössner, G.E. & Heissig, K. 1999. The Miocene Land Mammals of Europe. 1-515 Verlag Friedrich Pfeil (Ed.).
- Sánchez, I.M. & Morales, J. 2006. Distribución biocronológica de los Moschidae (Mammalia, Ruminantia) en España. *Estudios Geológicos*. 62: 533-546.
- Sánchez, I.M., Salesa, M.J. & Morales, J. 1998. Revisión sistemática del género *Anchitherium* Meyer 1834 (Equidae; Perissodactyla) en España. *Estudios Geológicos*. 54 : 39-63.
- Shevenell, A.E., Kennett, J.P., Lea, D.W. 2004. Middle Miocene Southern Ocean cooling and Antarctic cryosphere expansion. *Science*. 305: 1766-1770.
- Wolfe, J.A. 1985. Distribution of major vegetational types during the Tertiary. *American Geophysical Union Monographs*. 32: 357-375.
- Ziegler, P.A. 1990. Geological Atlas of Western and Central Europe. 1-239. Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V. (Ed.).