



El tránsito Aragoniense-Vallesiense en el área de Daroca-Nombrevilla (Zaragoza, España)

The Aragonian-Vallesian transit on the Daroca-Nombrevilla area (Zaragoza, Spain)

M^a. Ángeles Álvarez Sierra¹, Jose Pedro Calvo², Jorge Morales³, Ana Alonso-Zarza², Beatriz Azanza⁴, Israel García Paredes¹, Manuel Hernández Fernández^{1,3}, Albert Jan van der Meulen⁵, Pablo Peláez-Campomanes³, Victoria Quiralte³, Manuel J. Salesa³, Israel M. Sánchez³ y Dolores Soria³.

Resumen: A pesar del extenso registro fósil del Mioceno español, es escaso el conocimiento de yacimientos provenientes de depósitos que cubran el tránsito Aragoniense-Vallesiense. Durante los últimos años, nuevos muestreos paleontológicos se han llevado a cabo en el área de Daroca (Zaragoza, España) para completar la información sobre este intervalo. Además se han realizado estudios litoestratigráficos y muestreos magnetoestratigráficos. El resultado de dichos estudios pone de manifiesto la existencia, en el área de Daroca-Nombrevilla, de una sección estratigráfica que incluye quince yacimientos fosilíferos (de los cuales nueve son de reciente hallazgo) y que viene a completar el conocimiento del registro fósil del Aragoniense superior-Vallesiense inferior.

Palabras clave: Litoestratigrafía, Sedimentología, Paleontología, Bioestratigrafía, Mamíferos.

Abstract: Despite the extensive continental fossil record from the Spanish Miocene, few localities from deposits covering the Aragonian-Vallesian boundary are known. During the last few years new sampling has been carried out around Daroca (Zaragoza, Spain) in order to complete the information of that interval. In addition, lithostratigraphic and sedimentological studies as well as magnetostratigraphic sampling have been done. The results of all these studies allow to recognise a stratigraphic section that includes fifteen mammal fossil localities (of which nine are new) completing our knowledge of the fossil record of the upper Aragonian-lower Vallesian.

Key words: Lithostratigraphy, Sedimentology, Palaeontology, Biostratigraphy, Mammals.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos realizados por Remmert DAAMS sobre faunas de mamíferos de la cuenca de Calatayud-Daroca han contribuido de forma fundamental a que este área sea considerada como uno de los mejores registros de mamíferos fósiles del Mioceno continental. La distribución de las faunas registradas en la cuenca, sin embargo, no es homogénea, existiendo

períodos en los que el número de faunas es muy alta, y por tanto de elevada resolución temporal, como es el caso del Aragoniense inferior y medio, y otros en los que dicha densidad es mucho menor, como ocurre en el tránsito Aragoniense-Vallesiense (DAAMS *et al.*, 1999a). El interés de Remmert DAAMS por aumentar el conocimiento del registro de estos períodos peor representados impulsó que los esfuerzos de los diferentes equipos de investigación, que habían

¹ Dpto. de Paleontología, Fac. CC. Geológicas, Univ. Complutense, 28040 Madrid, España. E-mail: (MAAS) masierra@geo.ucm.es

² Dpto. de Petrología y Geoquímica, Fac. CC. Geológicas, Univ. Complutense, 28040 Madrid, España.

³ Dpto. de Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, c/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid, España.

⁴ Dpto. de Ciencias de la Tierra, Fac. Ciencias, Univ. de Zaragoza, Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza, España.

⁵ Faculty of Earth Sciences, Utrecht University, Budapestlaan 4, 3584 CD Utrecht, Países Bajos.

colaborado durante años en el proyecto Aragoniense, se centrasen en completar la información existente sobre secciones fosilíferas que cubriesen el tránsito Aragoniense-Vallesiense. El área seleccionada para comenzar estos estudios fue Daroca-Nombrevilla, ya que en la misma se conocían diversos yacimientos del Aragoniense superior y Vallesiense inferior en sucesión estratigráfica (DAAMS *et al.*, 1999a).

En este trabajo presentamos una breve síntesis de los resultados que se han obtenido hasta la fecha con los estudios sedimentológicos, litoestratigráficos y paleontológicos de las secciones de Toril y Nombrevilla, resultados que fueron incluidos, con carácter preliminar, en el trabajo de síntesis sobre el Mioceno de las cuencas de Calatayud-Daroca y Teruel elaborado por ALCALÁ *et al.* (2000). Los resultados del estudio magnetoestratigráfico se presentan en un artículo aparte (GARCÉS *et al.*, este volumen).

CONTEXTO GEOLÓGICO

El área estudiada se sitúa entre las localidades de Daroca y Nombrevilla, en el extremo sur de la provincia de Zaragoza. Geológicamente se ubica en la denominada Depresión terciaria de Calatayud-Montalbán (FERREIRO & RUIZ, 1991), también llamada Cuenca o Fosa de Calatayud-Daroca (COLOMER & SANTANACH, 1988; ANADÓN & MOISSENET, 1996). Esta depresión presenta una orientación NO-SE (Fig. 1), estando limitada en sus bordes occidental y oriental por los macizos paleozoicos de Ateca-Daroca y de Calatayud-Montalbán, respectivamente (FERREIRO Y RUIZ, 1991). La estructura de la cuenca es compleja, mostrando variaciones en el estilo de las fallas que la limitan según el sector de la cuenca considerado (JULIVERT, 1954; COLOMER y SANTANACH, 1988; ANADÓN & MOISSENET, 1996). En la zona central, donde se sitúa este estudio, el margen occidental de la cuenca está limitado por la Falla del Jiloca, de dirección NO-SE, mientras que en el margen oriental los sedimentos del Mioceno superior llegan a cubrir en *onlap* los materiales hercínicos presentes en este margen. Un rasgo peculiar de la estructura tectónica en el sector de Daroca es la existencia de cabalgamientos de las formaciones paleozoicas sobre depósitos miocenos (JULIVERT, 1954) y la progradación de facies aluviales de esta edad hacia el centro de cuenca (JULIVERT, 1954; COLOMER & SANTANACH, 1988).

La Cuenca de Calatayud-Daroca está rellena por

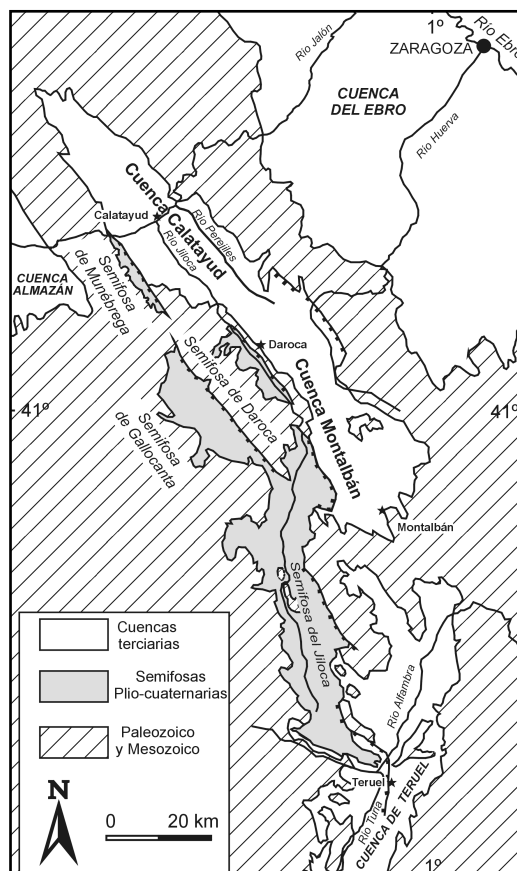


Figura 1.- Localización geográfica y geológica del área de Daroca-Nombrevilla.

Figure 1.- Geographic and geologic location of the Daroca-Nombrevilla area.

sedimentos terciarios cuyo espesor llega a alcanzar los 1200 m en el área de Calatayud (SANZ RUBIO, 1999). En el área de Daroca no se dispone de datos precisos sobre el espesor de sedimentos terciarios en profundidad, y los depósitos aflorantes estratigráficamente más bajos son de edad Aragoniense, tal como ponen de manifiesto los abundantes yacimientos de vertebrados presentes en el área de Villafeliche, unos 8 km al NO de la localidad de Daroca (DAAMS *et al.*, 1999a). Por el contrario, hacia el sur de Daroca, en el área de Navarrete del Río-Calamocha, quedan expuestos sedimentos miocenos más antiguos, también con yacimientos de vertebrados, a partir de los cuales DAAMS *et al.* (1987) definieron el Ramblense como un nuevo piso continental.

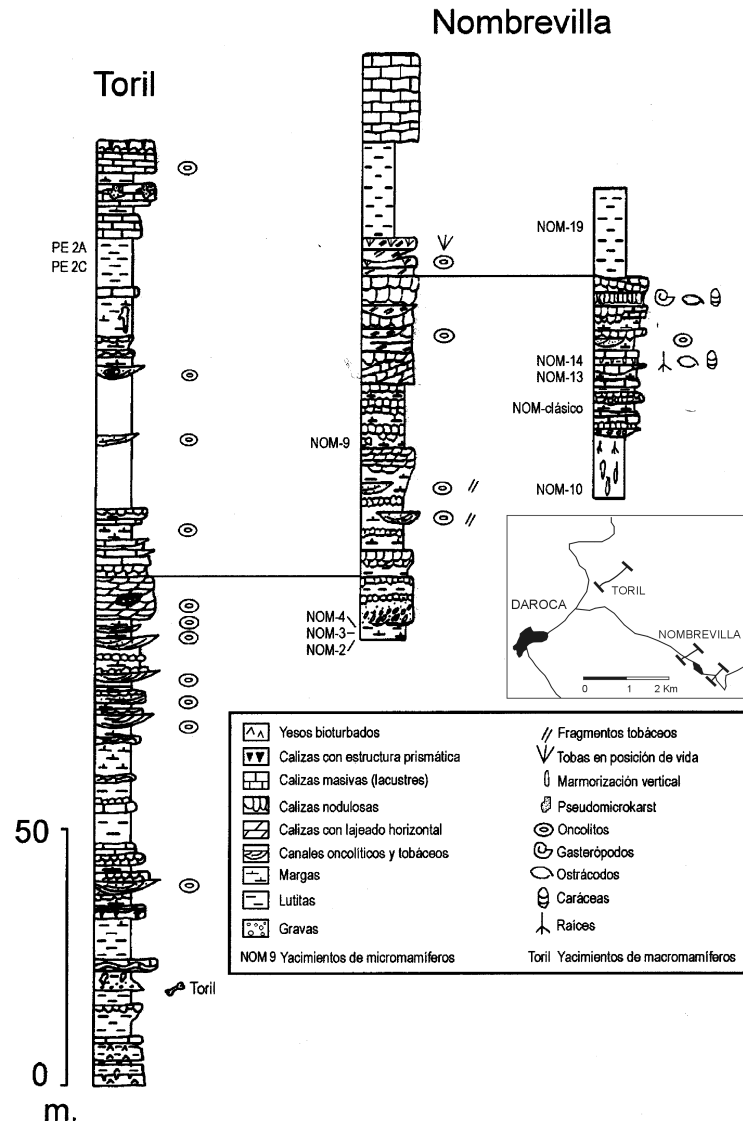


Figura 2.- Sección litoestratigráfica general de los depósitos miocenos en el área de Daroca- Nombrevilla, con situación de las columnas parciales y su correlación. Se indica en las columnas la posición de los yacimientos de macro- y microvertebrados encontrados en dichas secciones.

Figure 2.- General lithostratigraphic section of the Miocene deposits in the Daroca-Nombrevilla area, including partial sections location and correlations. The position of the macro and microvertebrate localities found on each section are indicated.

LITOESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS MIOCENOS

La litoestratigrafía de los depósitos miocenos en el área de Daroca-Nombrevilla se ha establecido mediante el levantamiento de una amplia sección (sección de Toril) situada inmediatamente al norte de

la localidad de Daroca y su correlación con dos secciones parciales situadas al oeste y este del pueblo de Nombrevilla (Fig. 2). La sección compuesta, así obtenida, alcanza un espesor próximo a los 200 m. Los términos inferiores de la sección están constituidos predominantemente por depósitos siliciclásticos de color rojizo, formados por lutitas con intercalacio-



Figura 3.- Aspecto general de los depósitos miocenos en en área de Daroca-Nombrevilla. Obsérvese cómo, de derecha a izquierda de la fotografía (de E a O), los niveles de carbonatos se sitúan, de forma progresiva, en posiciones estratigráficamente más bajas.

Figure 3.- General view of the Miocene deposits in the Daroca-Nombrevilla area. From right to left (E to W) the carbonate levels are progressively located lower stratigraphically.



Figura 4.- Vista general de los niveles donde se sitúa el yacimiento de Vertebrados de Toril-3A (a la derecha de la fotografía). El yacimiento aparece en lutitas y arenas rojizas y verdes y está cubierto por una capa de carbonato de origen lacustre muy somero.

Figure 4.- General view of the levels including the vertebrate locality of Toril 3A (on the right side of the picture). The locality consists of redish and green silt ans sand and it is covered by a carbonate layer of shallow lacustrine origin.

nes locales de areniscas y conglomerados. Estos depósitos se incluyen en la 'Unidad detrítica inferior' de HERNÁNDEZ SAMANIEGO *et al.* (1983), que bordea el margen suroccidental de la cuenca en el área de Daroca. El análisis detallado de estas facies terrígenas pone de manifiesto la presencia de algunos niveles de yeso, tal como se reconoce en la parte más

inferior de la sección de Toril, así como de intercalaciones locales de depósitos de carbonatos (Fig. 2). En conjunto se observa un decrecimiento en el espesor de la sucesión de depósitos terrígenos rojizos de E a W, de forma que en la sección de Toril estos niveles pasan en la vertical a depósitos margosos y carbonatados en posiciones estratigráficamente más bajas



Figura 5.- Afloramiento correspondiente a la asociación de facies característica de la parte superior de la sección de Toril-Nombrevilla. El afloramiento permite observar la truncación de depósitos masivos de carbonato por capas de mediano espesor, también formadas por carbonatos lacustres.

Figure 5.- Outcrop showing the characteristic facies association of the upper part of the Toril-Nombrevilla section. The massive carbonate deposits are truncated by lacustrine carbonates of medium thickness.

que en el área de Nombrevilla (Fig. 3). Los yacimientos de Toril se encuentran situados litoestratigráficamente en términos correspondientes a las facies terrígenas rojizas (Fig. 4).

La parte superior de la sección de Toril está formada predominantemente por depósitos de carbonatos y margas, con algunas intercalaciones de lutitas rojizas. Parte de esta sucesión carbonatada y margosa de la sección de Toril, con abundante presencia de depósitos oncolíticos, es correlacionable con la sucesión presente en los alrededores de Nombrevilla, donde se encuentran numerosos yacimientos de vertebrados (Fig. 2). Estos últimos aparecen usualmente en depósitos lutíticos, generalmente ricos en materia orgánica, que están intercalados con capas de carbonatos con rasgos palustres (rizolitos, estructura prismática debida a penetración de raíces, estructura nodular por desecación, etc.).

La asociación de facies (lutitas, areniscas y conglomerados, carbonatados) presente en la sucesión de depósitos terrígenos rojizos que forma la parte inferior de la sucesión miocena en el área de Daroca-Nombrevilla se interpreta como correspondiente a las partes distales de un sistema de abanicos aluviales

cuya cabecera se situaría en el margen paleozoico del sur de la cuenca. La posición estratigráfica cada vez más baja de estos depósitos de E a O sugiere que, durante gran parte del depósito de los materiales clásticos, la cabecera de los abanicos aluviales se situó al SE de Daroca, interdigitándose distalmente con otros cuyas cabeceras se localizaban al NO de dicha localidad. En estas posiciones distales de los abanicos aluviales se desarrollaron charcas de extensión limitada, abastecidas episódicamente por corrientes con mayor capacidad de transporte con carga de fondo. Es en este contexto de pequeñas charcas o lagos muy restringidos donde tuvo lugar la concentración de los restos de vertebrados que han dado lugar a los yacimientos de Toril.

La asociación de facies (carbonatos con oncolitos, carbonatos con rasgos palustres, margas y lutitas rojizas u oscuras) presente en los depósitos de la parte superior de la sucesión miocena en Daroca-Nombrevilla se interpreta como propia de ambientes lacustres someros de baja salinidad. En esta asociación de facies predominantemente carbonatada destaca la abundancia de niveles que presentan rasgos de exposición subaérea así como de frecuentes discontinui-

Rodentia	Aragoniense							Vallesiense							
	G3							H		I					
	TOR 1	TOR 2	TOR 3A	TOR 3B	NOM 2	NOM 3	NOM 4	NOM 9	NOM 10	NOM 11	NOM 13	NOM 14	PE 2A	NOM 19	PE 2C
<i>Democricetodon larteti</i>															
<i>D. crusafonti</i>															
<i>Democricetodon</i> sp.															
<i>Megacricetodon crusafonti-ibericus</i>															
<i>M. ibericus</i>															
<i>M. minor-debruijii</i>															
<i>Cricetodon</i> spp.															
<i>Hispanomys</i> spp.															
<i>Cricetulodon</i>															
<i>Progonomys hispanicus</i>															
<i>Heteroxerus</i> spp.															
<i>Atlantoxerus</i> sp.															
<i>Spermophilus bredai</i>															
<i>Tamias</i> sp.															
<i>Microdyromys legidensis</i>															
<i>M. complicatus</i>															
<i>Tempestia hartenbergeri</i>															
<i>Muscardinus thaleri</i>															
<i>M. hispanicus</i>															
<i>Myoglis meini</i>															
<i>Eliomys truci</i>															
<i>Myomimus dehmi</i>															
<i>Ramys multicrestatus</i>															
<i>Paraglrulus wrenfelsi</i>															
<i>Glirudinus</i> sp.															
Castoridae															

Tabla 1.- Listados faunísticos de los roedores en yacimientos del área de Daroca-Nombrevilla.
 Table 1.- Fauna list of the rodent taxa recorded in localities from the Daroca-Nombrevilla area.

dades sedimentarias marcadas por truncaciones entre sí de capas de carbonatos (Fig. 5). Tomadas estas facies en conjunto, se observa un incremento en el espesor y número de capas de carbonato de E a O, siendo muy frecuentes las capas de carbonato con rasgos de exposición subaérea en los alrededores de Nombrevilla. Todo ello es acorde con el esquema paleogeográfico esbozado para los depósitos terrígenos infrayacentes, de forma que el incremento en la distalidad de los sistemas aluviales va acompañado de un mayor desarrollo de sistemas lacustres en el espacio de acomodación creado hacia partes más centrales de la cuenca.

Los yacimientos encontrados en las inmediaciones de la localidad de Nombrevilla corresponden a concentración de restos de vertebrados en charcas muy someras generadas en periodos de bajo nivel relativo de los sistemas lacustres carbonatados, ya de

por sí también muy someros. Este patrón de formación de los yacimientos del área de Nombrevilla es básicamente coincidente con el deducido para buena parte de los yacimientos de edad Aragoniense en la sección tipo de Villafeliche (DAAMS *et al.*, 1999a).

La parte más superior de la sección compuesta de Toril está formada por un tramo, de hasta unos 20 m de espesor, de lutitas rojas con intercalaciones de depósitos de arena y grava con geometría de canal, todo ello cubierto a su vez por depósitos de carbonatos lacustres (Fig. 2). En estos niveles de lutitas se encuentra el yacimiento NOM-19, estratigráficamente el más alto dentro de la sucesión estudiada.

PALEONTOLOGÍA

Los sedimentos miocenos que aparecen entre las localidades de Daroca y Nombrevilla contienen una

Macromamíferos	Aragoniense		Vallesiense		
	G3		H		I
	TOR 3A	NOM 2	NOM 9	NOM 1	PE 2A
<i>Martes burdigaliensis</i>					
<i>Martes</i> sp.					
<i>Proputorius</i> sp.					
<i>Hemicyon</i> sp.					
<i>Ursavus primaevus</i>					
<i>Agnotherium antiquus</i>					
<i>Protictitherium crassum</i>					
<i>Sansanosmilus jourdani</i>					
<i>Pseudaelurus lorteti</i>					
<i>Gomphotherium angustidens</i>					
<i>Tetraolophodon longirostris</i>					
<i>Deinotherium giganteum</i>					
<i>Anchitherium</i> cf. <i>hippoides</i>					
<i>Anchitherium sampelayoi</i>					
<i>Hipparion primigenium</i>					
<i>Hipparion</i> sp.					
<i>Alicornops simorreense</i>					
<i>Aceratherium tetradactylum</i>					
<i>Dicerorhinus sansaniensis</i>					
<i>Listriodon splendens</i>					
<i>Paraceluastochoerus steinheimensis</i>					
<i>Barberahyus castellensis</i>					
<i>Micromeryx flourensianus</i>					
<i>Palaeomeryx</i> sp.					
<i>Euprox furcatus</i>					
<i>Euprox dicranocerus</i>					
<i>Amphiprox</i> sp.					
<i>Hispanomeryx aragonensis</i>					
<i>Decematherium pachecoi</i>					
<i>Samotragus pilgrimi</i>					
<i>Eotragus</i> aff. <i>sansanensis</i>					
Bovidae indet.					

Tabla 2.- Listados faunísticos de los macromamíferos en yacimientos del área de Daroca-Nombrevilla.
Table 2.- Fauna list of the macromammal taxa recorded in localities from the Daroca-Nombrevilla area.

sucesión de abundantes yacimientos de macro y microvertebrados que permite establecer de forma bastante precisa la transición desde el Aragoniense superior al Vallesiense y su caracterización bioestratigráfica. Las faunas más antiguas en el área corresponden a los yacimientos de Toril 1, 2, 3A y 3B (incluidos como un único yacimiento en la figura 2), los dos primeros conteniendo únicamente restos de microvertebrados y los dos últimos de macro y microvertebrados. Todos ellos son de edad Aragoniense superior, correlacionables con el yacimiento de Las Planas 5H de la sección tipo del Aragoniense en Villafeliche (DAAMS *et al.*, 1999a). El resto de los yacimientos, menos Pedregueras 2A y 2C (Figura 2), se encuentra en las dos secciones de Nombrevilla. Hasta la fecha, el límite Aragoniense-Vallesiense se

situaba entre los yacimientos de Nombrevilla 2 y Nombrevilla 1 (NOM Clásico). Las prospecciones paleontológicas llevadas a cabo en los últimos años han dado como resultado el descubrimiento de cuatro nuevos yacimientos que completan la sucesión faunística y acotan con mayor precisión el límite Aragoniense-Vallesiense (GARCÉS *et al.*, este volumen). Estos cuatro yacimientos son NOM 3, 4, 9 y 10. Nombrevilla 3, 4 y 10 son faunas exclusivamente de microvertebrados mientras que Nombrevilla 9 presenta una rica fauna de micro y macrovertebrados. El límite inferior del Vallesiense se ha establecido con la primera aparición de *Hipparion* (*Perissodactyla*) (DAAMS & FREUDENTHAL, 1981). Dada la ausencia de *Hipparion* en NOM 9, todos estos yacimientos nuevos son datados, por tanto, como Aragoniense superior.

Además de estas nuevas localidades del Aragoniense superior, se han descubierto nuevas faunas de microvertebrados situadas por encima del yacimiento clásico de Nombrevilla (NOM 1). Los niveles de NOM 13 y 14 se encuentran unos pocos metros por

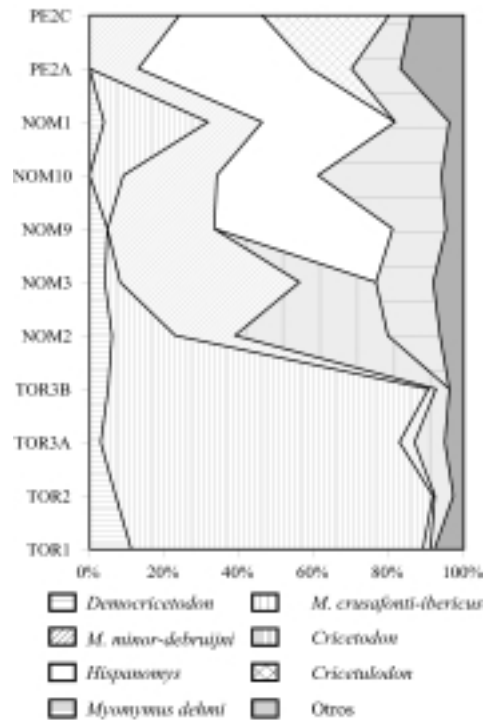


Figura 6.- Abundancia relativa de los roedores en yacimientos del área de Daroca-Nombrevilla.
Figure 6.- Relative abundance of the rodent taxa recorded in localities from the Daroca-Nombrevilla area.

encima de NOM 1, siendo asignados a la zona H. El yacimiento de NOM 19, por el contrario, contiene *Progonomys* y ha sido correlacionado con el yacimiento de Pedregueras 2C, coincidiendo además la posición estratigráfica de ambas localidades hacia el techo de la secuencia, por tanto zona I.

La existencia de un mejor conocimiento de las faunas del tránsito Aragoniense-Vallesiense ha demostrado la necesidad de modificar ligeramente las ideas que se tenían sobre la bioestratigrafía de la cuenca de Calatayud-Daroca y sobre todo la asignación de las biozonas definidas en ella a cada uno de los pisos continentales. Dentro del Vallesiense inferior, DAAMS & FREUDENTHAL (1981) definieron dos zonas: H e I. La zona H está caracterizada, en cuanto a los micromamíferos, por una gran abundancia del cricétido hipsodonto *Hispanomys* combinada con la presencia de *Megacricetodon ibericus* (DAAMS et al., 1999a). En cuanto a los macromamíferos, se registraba la primera aparición de *Hipparion* y el jiráfido *Decennatherium pachecoi* (DAAMS et al., 1998). Los nuevos datos de la sección de Nombrevilla (Tabla 1) muestran que existen faunas que presentan una composición en micromamíferos típica de la zona H pero en las que no se registra *Hipparion* y, por tanto, deben ser asignadas al Aragoniense superior. En cuanto a macromamíferos se observa también que la primera aparición de *Decennatherium pachecoi* es previa a la primera aparición de *Hipparion* (Tabla 2). Consecuentemente, el límite Aragoniense-Vallesiense se sitúa dentro de la zona local H de DAAMS & FREUDENTHAL (1981).

La evolución faunística de los micromamíferos en el área viene marcada principalmente por los cambios sufridos en el género *Megacricetodon*. El Aragoniense superior está caracterizado por una alta diversidad y abundancia del género *Megacricetodon* (Cricetidae), sin embargo al final de la zona G3 se produce un cambio brusco en la abundancia de este género, fuerte descenso en la línea *M. gersii-M. ibericus* y aumento moderado en la línea *M. minor-M. debruijini*, acompañado de un aumento en la frecuencia relativa del género *Cricetodon* (Figura 6). Este cambio viene precedido por la reaparición en la cuenca (TOR 3A) de castóridos, ausentes de la misma durante 7 millones de años, todos estos cambios se relacionan con la tendencia climática propuesta en este área hacia una mayor humedad (DAAMS et al., 1999b; ALCALÁ et al., 2000). Entre la zona G3 y H se produce la sustitución de *Cricetodon* por *Hispa-*

nomys ambos presentando una alta frecuencia relativa. La tendencia climática hacia una mayor humedad también parece estar relacionada con los cambios faunísticos que marcan el inicio de la zona I, como son la extinción en el área de la línea *Democricetodon franconicus-D. crusafonti* (VAN DER MEULEN et al., este volumen) y la línea *M. gersii-M. ibericus*, acompañado de la aparición del cricétido *Cricetodon* y el glírido *Ramys*.

En el caso de las faunas de macromamíferos, durante la zona G se desarrolla una asociación faunística muy típica y constante dominada por *Alicornops simorreense* y *Euprox furcatus*. Dentro de la zona G3 también se producen importantes cambios como son la aparición de los géneros *Barberahyus*, *Samotragus* y *Ursavus*, representando el primer registro de estas taxa en las cuencas centrales españolas. Como se ha indicado anteriormente, dentro de la zona H se produce, aunque de forma escalonada la primera aparición de *Decennatherium* e *Hipparion*. Por último, el tránsito entre zona H e I coincide con la entrada de *Amphiprox* y el reemplazamiento en los équidos marcado por la desaparición de *Anchitherium*, y el aumento en diversidad del género *Hipparion*.

AGRADECIMIENTOS

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a todas las personas que han participado en las excavaciones paleontológicas. Este trabajo ha sido financiado por la DGESIC proyectos PB98-0691-C03-01, PB98-0691-C03-02 y PB98-0691-C03-03, y por la Diputación General de Aragón.

REFERENCIAS

- ALCALÁ, L., ALONSO ZARZA, A.M., ÁLVAREZ SIERRA, M.A., AZANZA, B., CALVO, J.P., CAÑAVERAS, J.P., VAN DAM, J.A., GARCÉS, M., KRIJGSMAN, K., 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 de las cuencas de Calatayud-Daroca y Teruel. Evolución paleoambiental y paleoclimática de la zona centro-nororiental de la Península Ibérica durante el Neógeno. *Rev. Soc. Geológica de España*, **13** (2): 323-343
- ANADÓN, P. & MOISSENET, E. 1996. Neogene basins in the Eastern Iberian Range. In: *Tertiary basins of Spain. The stratigraphic record of crustal kinematics*. World and Regional Geology 6, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 68-76.

- COLOMER, M. & SANTANACH, P. 1988. Estructura y evolución del borde sur-occidental de la Fosa de Calatayud-Daroca. *Geogaceta*, **4**: 29-32.
- DAAMS, R., ALCALÁ, L., ÁLVAREZ SIERRA, M.A., AZANZA, B., VAN DAM, J., VAN DER MEULEN, A.J., MORALES, J., NIETO, M., PELÁEZ-CAMPOMANES, P. & SORIA, D. 1998. A stratigraphical framework for Miocene (MN4-MN13) continental sediments of Central Spain. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences de Paris*, Ser. II. **327**: 625-631
- & FREUDENTHAL, M. 1981. Aragonian: the Stage concept versus Neogene Mammal Zones. *Scripta Geologica*, **62**: 1-17.
- FREUDENTHAL, M. & ÁLVAREZ SIERRA, M.A. 1987. Ramblian, a new Stage for continental deposits of Early Miocene age. *Geol. Mijnbouw*, **65**: 297-308.
- VAN DER MEULEN, A.J., ÁLVAREZ SIERRA, M.A., PELÁEZ-CAMPOMANES, P., CALVO, J.P., ALONSO ZARZA, A.M. & KRIGSMAN, W. 1999a. Stratigraphy and sedimentology of the Aragonian (Early to Middle Miocene) in its type area (North-Central Spain). *Newsletters on Stratigraphy*, **37** (3): 103-139.
- VAN DER MEULEN, A.J., PELÁEZ-CAMPOMANES, P. & ÁLVAREZ-SIERRA, M.A. 1999b. Trends in rodent assemblages from the Aragonian (early-middle Miocene) of the Calatayud-Daroca Basin, Aragon, Spain. In: *Hominoid Evolution and climatic change in Europe, vol. 1. The evolution of Neogene Terrestrial Ecosystems in Europe* (AGUSTÍ, J., ROOK, L. & ANDREWS, P., Eds), 127-139. Cambridge University Press. Cambridge.
- FERREIRO, E. & RUIZ, V. 1991. *Memoria y Mapa geológico 1/200.000, Daroca (Hoja nº 40)*. Inst. Tecnológico y Geomínero de España, Madrid.
- GARCÉS, W. KRIGSMAN, M., P. PELÁEZ-CAMPOMANES, M.A. ÁLVAREZ SIERRA & R. DAAMS. Este volumen. *Hipparion* dispersal in Europe: magnetostratigraphic constraints from the Daroca area (Spain). *Coloquios de Paleontología*
- HERNANDEZ SAMANIEGO, A., OLIVE, A., MOISSENET, E., CARLS, P., SDZUY, K. & KOLB, S. 1983. *Memoria y Mapa Geológico a escala 1/50.000 de Daroca (Hoja nº 465)*. Mapa Geológico de España, Serie MAGNA, IGME, Madrid.
- JULIVERT, M. 1954. Observaciones sobre la tectónica de la Depresión de Calatayud. *Arrahona*, 3-18.
- VAN DER MEULEN, A.J., PELÁEZ-CAMPOMANES, P. & DAAMS, R. Este volumen. Revision of medium-sized cricetidae from the Miocene of the Daroca-Villafeliche area in the Calatayud-Teruel basin (Zaragoza, Spain). *Coloquios de Paleontología*
- SANZ RUBIO, E. 1999. *Análisis de los sistemas deposicionales carbonáticos y evaporíticos del Neógeno de la Cuenca de Calatayud (provincia de Zaragoza)*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid, 579 p.