

Estado actual de los conocimientos paleontológicos y estratigráficos de los yacimientos aragoneses de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid)

Actual stage of palaeontological and stratigraphical knowledge of the Aragonian outcrops from Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid)

Jaime Cuevas González¹

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.

Resumen: En este trabajo se describe el marco geológico y paleontológico de los yacimientos de Somosaguas dentro del Mioceno Medio, actualizando los datos obtenidos durante los seis últimos años de excavación. Estos nuevos datos permiten proponer una nueva interpretación paleoambiental, que presenta diferencias en las condiciones de humedad o aridez relativas del clima del Aragoniense de la Cuenca de Madrid respecto a las publicadas previamente. Se amplían los datos geológicos, paleontológicos y bioestratigráficos previos sobre los yacimientos de Somosaguas y se ha llevado a cabo una revisión de la información litoestratigráfica y paleontológica existente del Aragoniense Medio de la Cuenca de Madrid, en concreto del área de la ciudad de Madrid, integrando los datos de Somosaguas en los estudios previos con el objetivo de ampliar el conocimiento del marco paleoambiental para los yacimientos de este periodo. Una vez analizados los datos, se discuten las discrepancias encontradas en las interpretaciones paleoambientales en la Cuenca de Madrid en relación con la Cuenca de Calatayud-Daroca.

Palabras clave: Somosaguas, Aragoniense Medio, Cuenca de Madrid, Vertebrados fósiles, Paleoambientes.

Abstract: In this paper we describe the geological and paleontological framework of Somosaguas sites from Middle Miocene of Madrid Basin, updating the data of the last six years of work in this site. These updated data allow us to propose a new paleoenvironmental interpretation, which exhibits differences in the Aragonian climatic relative humidity or aridity conditions in regards with the previously published. Previous data about Somosaguas sites are analysed thoroughly and the lithostratigraphic and paleontological information from Middle Aragonian of Madrid Basin are revised in detail, Madrid city area in particular, with integration of information from Somosaguas sites in previous stratigraphic and paleontological studies. Our aim is to obtain a paleoenvironmental framework for the sites of this period. The different paleoenvironmental interpretations in Madrid Basin are discussed, and in relation with the Calatayud-Daroca Basin.

Key words: Somosaguas, Mid Aragonian, Madrid Basin, Fossil vertebrate, Palaeoenvironments.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de Madrid forma parte, junto con la Depresión Intermedia o Cuenca de Loranca, de una depresión mayor que es la Cuenca del Tajo (Fig. 1), la cual queda incluida dentro del conjunto de cuencas cenozoicas de la Península Ibérica. Esta cuenca presenta una superficie de cerca de 15.000 km² cubiertos de

depósitos terciarios que se disponen en estratos aproximadamente horizontales en superficie, en los que se encuentra encajada la red fluvial cuaternaria del río Tajo y sus afluentes. El sondeo Pradillo-1 realizado al Norte de Madrid (Fig. 1) cortó el basamento paleozoico a 3400 m, de los cuales 3246 m corresponden a sedimentos terciarios con un registro que abarca el Paleógeno y el Neógeno (RACERO, 1988). Los espesores del relleno ter-

¹ Departamento y UEI de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, José Antonio Novais 2, 28040 Madrid, e-mail: jaimete1121@yahoo.es

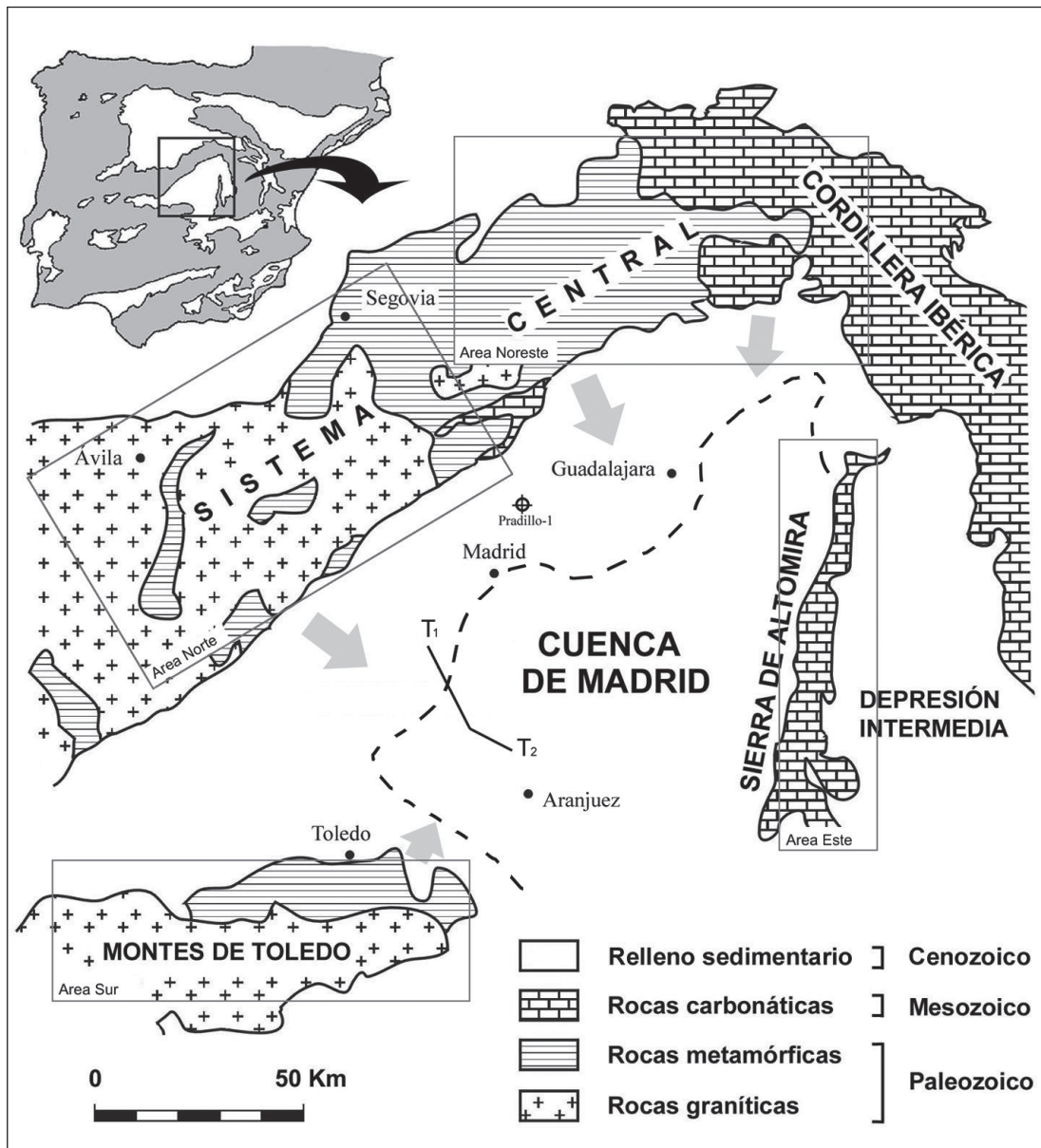


Figura 1.- Situación de la Cuenca de Madrid en la Península Ibérica y mapa geológico simplificado, indicando la nomenclatura utilizada en el texto para cada margen. Las flechas indican la dirección principal de los aportes de los sistemas de abanicos aluviales. La línea de puntos corresponde al límite paleogeográfico del contacto de las facies detríticas de borde con las facies de orla lacustre en el Aragoniense Medio y Superior (Unidad Intermedia) según CALVO *et al.* (1989). Se ha indicado la posición del sondeo Pradillo-1 y la traza del corte geológico de la figura 3 (T₁-T₂).

Figure 1.- Location of Madrid Basin and simplified geological sketch, with indication of nomenclature used in text for each margin. The arrows indicate de main flow direction of the alluvial fan systems. The striped line is the paleogeographic limit of the contact of detritic facies with lake margin facies in the Intermediate and Upper Aragonian (Intermediate Unit) according to CALVO *et al.* (1989). It's indicated the position of Pradillo-1 core and the track of the cross-section of figure 3 (T₁-T₂).

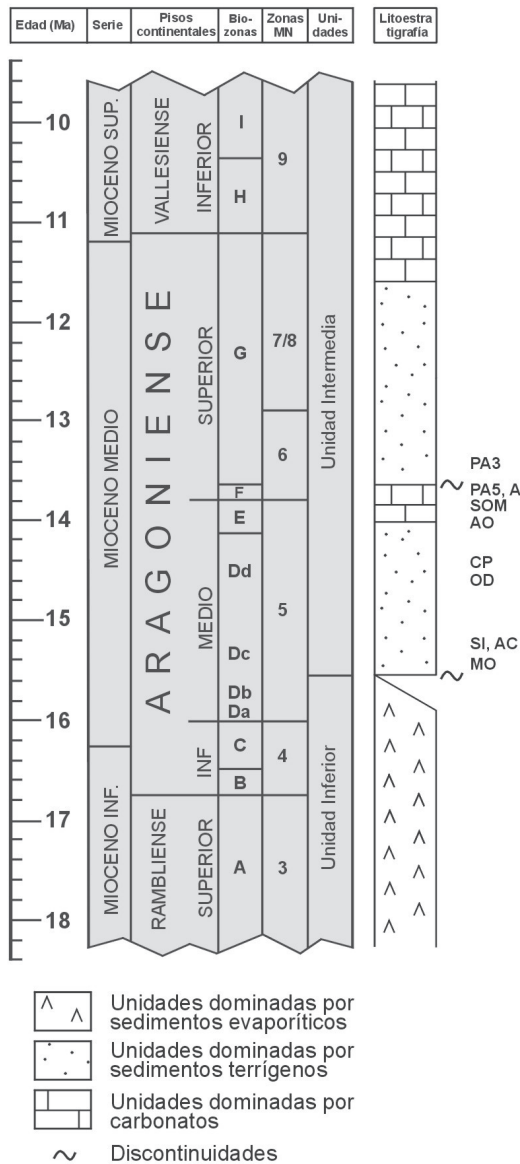


Figura 2.- Cronoestratigrafía y litoestratigrafía del Aragoniense de la Cuenca de Madrid, con la posición temporal de los yacimientos de vertebrados del área de Madrid (ver figura 4). Unidades tectosedimentarias según CALVO *et al.* (1989). Biozonas según DAAMS (1999). Modificado de FRAILE *et al.* (2000).

Figure 2.- Chronostratigraphy and lithostratigraphy of Aragonian from Madrid Basin, with the temporal position of vertebrate sites from Madrid area (see figure 4). Tectosedimentary units according to CALVO *et al.* (1989). Biozones according to DAAMS (1999). Modified from FRAILE *et al.* (2000).

ciario muestran un reparto netamente asimétrico (MEGÍAS *et al.*, 1983), con valores medios de 1500 a 2000 m en las partes central y oriental de la cuenca, y valores máximos (depocentro) cercanos a los 4000 m próximos al borde Norte de la cuenca (Sistema Central).

Los yacimientos de Somosaguas se sitúan al Oeste de Madrid, en el término municipal de Pozuelo de Alarcón junto a la localidad de Somosaguas, dentro del campus que la Universidad Complutense tiene en esta localidad. En la serie que contiene ambos yacimientos se han distinguido tres tramos sedimentarios (T1, T2 y T3) que corresponden a sedimentos terrígenos terciarios pertenecientes a las facies medio-distales de los abanicos aluviales procedentes del Sistema Central ("Facies Madrid" en MÍNGUEZ GANDÚ, 2000). En estos yacimientos se han reconocido 26 especies de vertebrados entre las cuales 22 son de mamíferos, lo que constituye uno de los conjuntos faunísticos de mayor riqueza específica dentro de los yacimientos del Mioceno Medio (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2000) de la llamada "fauna clásica de Madrid". La edad asignada a esta asociación faunística corresponde, dentro del Mioceno Medio, al final del Aragoniense Medio, biozona E de DAAMS *et al.*, 1999 (LUIS & HERNANDO, 2000) (Fig. 2).

El límite entre dos de las unidades tectosedimentarias definidas en la Cuenca de Madrid, Unidad Inferior y Unidad Intermedia (MEGÍAS, 1980), queda situado cerca de la biozona E y ha sido interpretado por diferentes autores como un cambio climático desde condiciones áridas a húmedas (ALBERDI *et al.*, 1983; SAN JOSÉ, 1989). Asimismo, en base a las faunas de mamíferos de la Cuenca de Madrid, se considera que en la biozona E hubo condiciones de mayor humedad y menor temperatura que en la biozona D precedente (SORIA *et al.*, 2000, CALVO *et al.*, 1993). Sin embargo, otros autores interpretan en sucesiones de mamíferos de cuencas cercanas, correlacionadas con la escala global, que la biozona E marca el máximo árido en el Mioceno Medio (VAN DER MEULEN & DAAMS, 1992).

El objetivo de este trabajo es la actualización de los datos existentes y de datos obtenidos en los últimos años de excavación en el yacimiento de Somosaguas, del que ya fueron publicados previamente diferentes aspectos estratigráficos y paleontológicos (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2000; LUIS & HERNANDO, 2000; MAZO, 2000; MÍNGUEZ GANDÚ, 2000; POLONIO & LÓPEZ-MARTÍNEZ, 2000; SALESA & MORALES, 2000; SALESA & SÁNCHEZ, 2000; SÁNCHEZ, 2000).

CONTEXTO GEOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DE LA CUENCA DE MADRID

La Cuenca del Tajo pertenece al grupo de cuencas cenozoicas de la Península Ibérica íntimamente relacionadas con el Macizo Ibérico, caracterizado por tener bajas tasas de deformación tectónica desde el final del Cretácico, que se prolongan durante todo el Cenozoico (CIVIS, 2004). Una vez individualizada la Cuenca de Madrid, su evolución estructural durante el Neógeno viene determinada por el movimiento heterogéneo de las fracturas del borde de la cuenca, hecho que incide directamente en la evolución de los sistemas aluviales asociados a estos márgenes (CALVO *et al.*, 1989).

Los márgenes de la cuenca presentan litologías muy diferentes (ALONSO-ZARZA *et al.*, 1990), lo que condiciona la gran variabilidad litológica y morfología de los sistemas de abanicos aluviales y los depósitos lacustres que se generan en su interior (Fig. 1). Los márgenes Norte y Noreste son los que presentan los mayores relieves actuales, y es presumiblemente desde estos límites desde donde se generaron los mayores aportes sedimentarios. Los márgenes Este y Sur presentan relieves más suaves, por lo que los sistemas aluviales que generaron hacia el centro de la cuenca fueron menores.

Los sedimentos neógenos que rellenan la Cuenca de Madrid se han dividido en tres unidades deposicionales según criterios tectónicos, estratigráficos y sedimentológicos, conocidas como Unidad Inferior, Intermedia y Superior (MEGÍAS, 1980). Estas unidades presentan patrones de sedimentación que encajan con los modelos de distribución centrípeta de facies de cuencas endorreicas: facies detríticas aluviales junto a las áreas fuente (áreas proximales), facies de transición (orla lacustre) y facies lacustres *sensu stricto* en el centro de la cuenca, las cuales se conectan mediante cambios laterales dentro de cada unidad (Fig. 3).

Unidad Inferior

En los márgenes Norte y Sur de la Unidad Inferior los depósitos detríticos aluviales son de naturaleza arcósica, muy inmaduros, mal seleccionados y con alto contenido en arcillas.

Las facies de transición en el área de Madrid, según las observaciones de ALBERDI *et al.* (1984), están formados fundamentalmente por arcillas verde-grisáceas que en las áreas de contacto con las facies detríticas de borde presentan frecuentes fenómenos pedogénicos, intercalaciones de arenas micáceas y niveles de sepiolita de espesor métrico (ALBERDI *et al.*, 1984; CALVO, 1989). Hacia el Sur de Madrid se observan intercalaciones de yesos tableados con sales magnési-

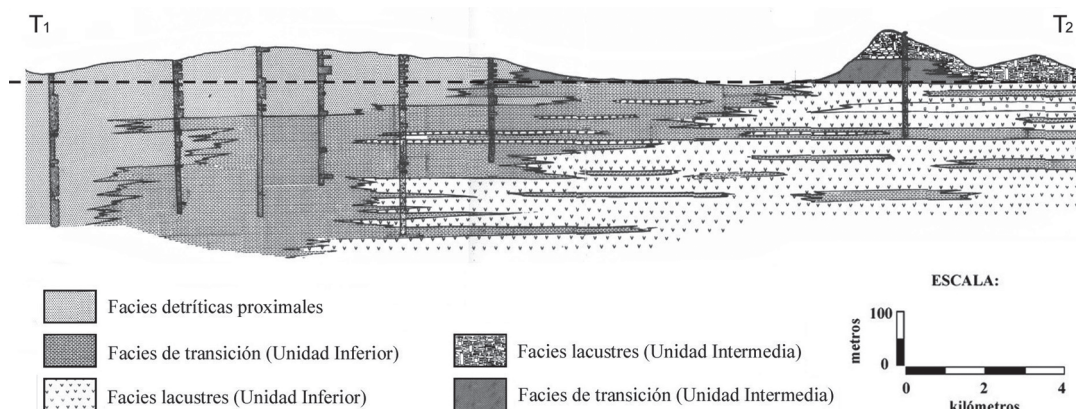


Figura 3.— Corte geológico de la Cuenca de Madrid interpretado con sondeos realizados por ENUSA dentro de los trabajos de exploración del Plan Nacional del Uranio (PNEU). La línea de rayas indica el límite entre la Unidad Inferior y la Intermedia. La traza del corte se muestra en la figura 1. Según HOYOS *et al.* (1985).

Figure 3.— Cross-section of Madrid Basin interpreted with cores (ENUSA) from exploration works of Uranium National Plan (PNEU). The striped line indicates the limit between Lower Unit and Intermediate Unit. The track of the cross-section is shown in figure 1. According to HOYOS *et al.* (1985).

cas (glauberita y polihalita), semejantes a los depósitos observados en la zona de Aranjuez (MEGÍAS *et al.*, 1983; GARCÍA DEL CURA *et al.*, 1986; CALVO, 1989).

Las facies lacustres centrales son de naturaleza evaporítica y se las conoce como “Unidad Salina” (ORDOÑEZ *et al.*, 1982; ALBERDI *et al.*, 1984).

Unidad Intermedia

Esta unidad representa una programación de varios kilómetros de los terrígenos sobre la Unidad Salina en las áreas centrales, relacionándose ambas unidades mediante una paraconformidad diacrónica con contactos erosivos y paleokarstificación local.

Las facies detríticas aluviales de esta unidad mantienen características similares a las de la Unidad Inferior y son conocidas como Facies Madrid (CALVO, 1989).

Las facies de transición de esta unidad en el área de Madrid son sedimentos arcillosos de tonos verdes conocidos como “Facies Peñuelas”, que en zonas proximales presentan intercalaciones de arenas verdes micáceas, características de esta unidad (ALBERDI *et al.*, 1984; CALVO, 1989).

Las facies centrales de la Unidad Intermedia, conocidas como “Serie Blanca”, están formadas por sedimentos fundamentalmente carbonatados con intercalaciones de arcillas (ALBERDI *et al.*, 1984).

El techo de la Unidad Intermedia viene definido por un amplio desarrollo de sistemas lacustres con predominio de carbonatos de agua dulce, que en la mayor parte de la cuenca llegan a expandirse de forma nítida sobre los sistemas aluviales previos.

Unidad Superior

Sucesión poco potente que integra un nivel inferior predominantemente clástico conocido como “red fluvial intra-miocena” (CAPOTE & CARRO, 1968) y un nivel superior carbonático denominado “calizas de páramo”. Se dispone erosivamente sobre la Unidad Intermedia, sellando una superficie de paleokarstificación desarrollada sobre el techo de esta.

CONTEXTO PALEONTOLÓGICO DE LA CUENCA DE MADRID

PALEOBOTÁNICA

Algunos de los yacimientos con restos paleobotánicos que han sido estudiados en el Cuenca de Madrid

son el Sondeo SGOP-3, en la Unidad Inferior, y el Arroyo del Culebro y Parla, ambos en la Unidad Intermedia.

El aspecto más destacable en el sondeo SGOP-3 es la presencia del género *Ephedripites* como indicador de xericidad (aguas saladas o áreas subdesérticas) (ÁLVAREZ RAMIS *et al.*, 1984; CALVO, 1989).

En el yacimiento del Arroyo del Culebro se ha identificado la presencia conjunta de algas planctónicas, indicadoras de un área lacustre extensa y de relativa profundidad, y polen de los géneros *Ephedripites* y *Phoenix* (palmera), que indican un bioma con zonas pantanosas de alto índice de salinidad (FERNÁNDEZ MARRÓN, *et al.* 2004).

El yacimiento de Parla es el más rico de los tres descritos, además de aportar restos de microvertebrados que han permitido situarlo aproximadamente en la zona MN6 (biozonas de MEIN, 1975). Esta asociación fósil indica una vegetación sobre los abanicos de matorrales y arbustos adaptada a condiciones secas, mientras que la zona de transición entre el abanico y el margen lacustre-palustre se caracterizaría por un ambiente ripícola con presencia de praderas húmedas y bosques de ribera. La presencia de algas de agua dulce indica un carácter menos salino de los ambientes lacustres de la Unidad Intermedia con respecto a los de la Unidad Inferior. Los restos de macroflora del yacimiento de Parla presentan en general hojas coriáceas y de tamaño reducido que indican condiciones de clima cálido y árido con variaciones estacionales que oscilan entre una estación cálida más o menos húmeda, y otra cálida y seca (FERNÁNDEZ MARRÓN, *et al.* 2004).

PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS

El registro del Mioceno Inferior es muy pobre, ya que se conocen únicamente cuatro yacimientos (La Encinilla, Barajas de Melo-Illana, Mesegar 1 y 2), de los cuales Barajas de Melo-Illana fue tentativamente atribuido al Aragoniense Inferior-Ramblense (RODRÍGUEZ-ARANDA *et al.*, 1991), y Mesegar 1 y 2 a la biozona C del Aragoniense Inferior (LÓPEZ OLMEDO *et al.*, 2004).

Los yacimientos de Vertebrados pertenecientes al Mioceno Medio son cerca de una treintena, en su mayoría emplazados dentro del casco urbano de Madrid (Fig. 4), y su asociación fósil es conocida en la bibliografía como “fauna clásica de Madrid”. Se distribuyen en cinco de las biozonas locales definidas

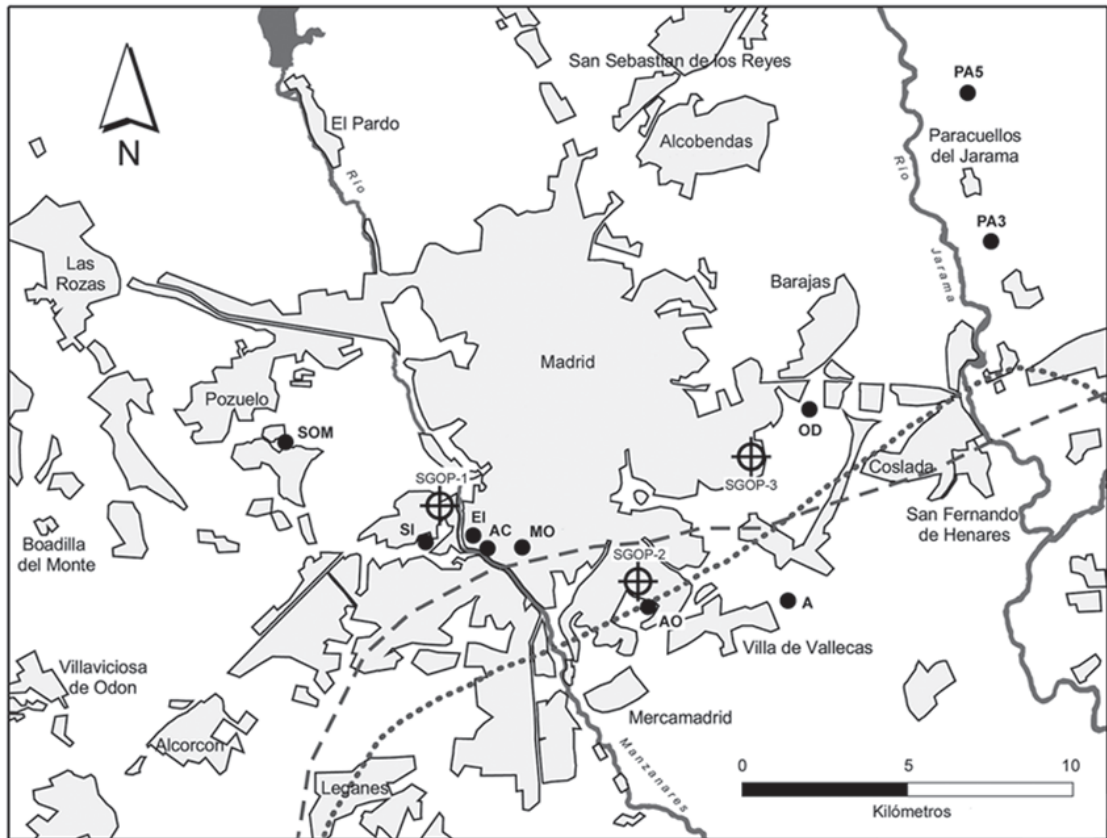


Figura 4.– Mapa de algunos de los yacimientos paleontológicos más importantes de vertebrados del área de Madrid, con la posición de los sondeos SGOP y los límites paleogeográficos Aragonienses. Línea de puntos: límite de las facies evaporíticas del techo de la Unidad Inferior; línea de rayas: límite Norte del ámbito palustre-lacustre del techo de la Unidad Intermedia. Según HOYOS *et al.* (1985). MO: Moratines; SI: San Isidro 2; AC: Paseo de Acacias; OD: O'Donnell; CP: Ciudad Pegaso; AO: Arroyo del Olivar; SOM: Somosaguas; A: Cerro de Almodovar 2; PA5: Paracuellos 5; PA3: Paracuellos 3.

Figure 4.– Map of some of most important vertebrate paleontological outcrops in the Madrid area, with the position of SGOP cores and Aragonian paleogeographic limits. Dotted line: limit of evaporitic facies from the top of Lower Unit; striped line: North limit of the palustrine-lacustrine domain from de top of Intermediate Unit. According to HOYOS *et al.* (1985).

por DAAMS *et al.* (1999) en la Cuenca de Calatayud-Daroca (Fig. 2).

Las asociaciones de la biozona D (o “Faunas con *Hispanotherium*” cf. ANTUNES, 1979) se encuentran en las Facies Peñuelas de arcillas verdes, arenas micáceas y niveles de carbonatos (ALBERDI *et al.*, 1981; HERRÁEZ, 1993).

La biozona E está representada en el área de Madrid en cuatro yacimientos: Puente de Vallecas, Arroyo del Olivar (SORIA *et al.*, 2000) y los dos de Somosaguas, que describimos en este trabajo. Estos yacimientos de la biozona E se encuentran en sedimentos detríticos de la

Unidad Intermedia, en facies medias y distales de abanicos aluviales (SORIA *et al.*, 2000).

En estas mismas facies se encuentran las asociaciones de la biozona F, con una composición faunística similar a la de la biozona E. La diferencia más notable es la sustitución del lagomorfo *Lagopsis penai* (ROYO) por *Lagopsis verus* y de la única especie del hámster *Megacricetodon collongensis* (MEIN) por las dos nuevas especies *M. rafaelli* (DAAMS & FREUDENTHAL) y *M. gersii* (AGUILAR). Esta biozona está representada en tres yacimientos, Paracuellos 5, Henares 1 y Alhambra (SORIA *et al.*, 2000).

Las faunas de la biozona G presentan extinciones y apariciones de nuevas especies (SORIA *et al.*, 2000), como el ciervo *Euprox furcati* y el perisodáctilo *Chalicotherium grande* (DE BLAINVILLE), la sustitución de las dos especies de *Megacricetodon* de la biozona F por *M. crusafonti* (FREUDENTHAL) y la considerable reducción en la abundancia de restos de *Anchitherium* (MEYER). Los yacimientos de esta biozona son Paracuellos 3 y Moraleja de Enmedio (SORIA *et al.*, 2000). Ambos yacimientos se encuentran asociados a la parte media de los abanicos aluviales de la Unidad Intermedia (SORIA *et al.*, 2000).

El Mioceno Superior se caracteriza por la presencia del équido *Hipparion* (DE CHRISTOL) y fue descrito en detalle en MORALES *et al.* (2000).

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL

En la Cuenca de Madrid las faunas indican un conjunto de biomas que definen un clima tropical durante todo el Aragoniense, con ligeras variaciones provocadas por cambios en la temperatura y la humedad. En este capítulo se comparan los cambios inferidos en el Aragoniense Medio (biozonas D y E) en la Cuenca de Madrid con los que se produjeron en la vecina Cuenca de Calatayud-Daroca. En esta cuenca, DAAMS & VAN DER MEULEN (1984) elaboraron curvas de variación de humedad y temperatura relativas para el Neógeno (Fig. 5) basadas en la sucesión de micromamíferos, en sus cambios de composición de las especies y en su abundancia.

Para el análisis de la variación de la humedad se utiliza como método la observación de los cambios en las proporciones de las distintas especies de mamíferos indicadoras de medios acuáticos o terrestres, y dentro de estos últimos, de medios boscosos frente a las de espacios abiertos. Para ello se tienen en cuenta características taxonómicas y morfológicas interpretables desde un punto de vista paleoambiental (grupo al que pertenece, tipo de dentición, tamaño de extremidades, etc).

DAAMS & VAN DER MEULEN (1984) y VAN DER MEULEN & DAAMS (1992) utilizaron la relación entre las proporciones relativas entre los géneros de lirones *Peridyromys* y *Microdyromys*, como indicador de temperaturas. Hasta la fecha, no se han establecido variaciones de datos *proxy* de la temperatura en base a micromamíferos en la Cuenca de Madrid, por lo que nos centraremos en las variaciones de humedad.

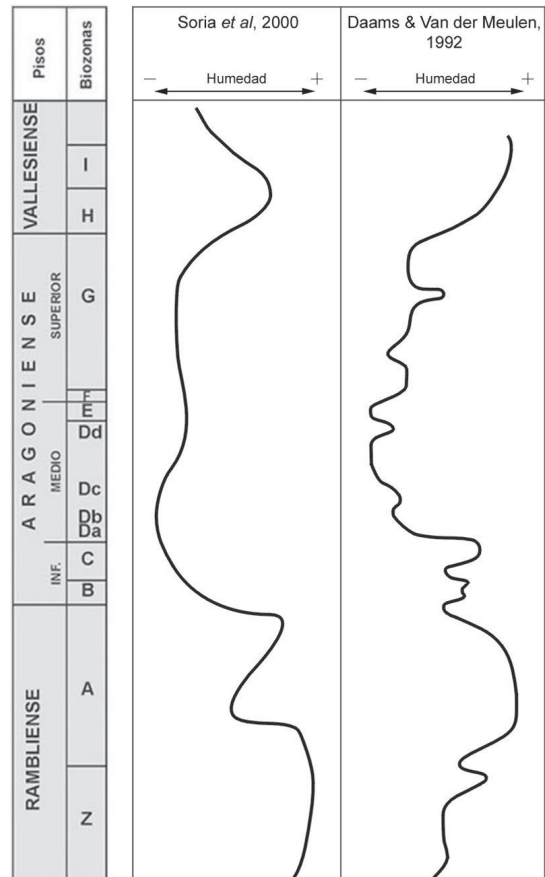


Figura 5.- Curvas de variación relativa de humedad; SORIA *et al.* (2000) para la Cuenca de Madrid y DAAMS & VAN DER MEULEN (1992) para la Cuenca de Calatayud-Daroca.

Figure 5.- Humidity relative variation curves; SORIA *et al.*, (2000) for Madrid Basin and DAAMS & VAN DER MEULEN (1984) for Calatayud-Daroca Basin.

En la figura 5 se reproduce la curva de variaciones de humedad relativa de VAN DER MEULEN & DAAMS (1992) de la Cuenca de Calatayud-Daroca para el Mioceno Inferior y Medio. Al lado se reproduce la curva deducida por SORIA *et al.* (2000) en la Cuenca de Madrid para el mismo periodo.

Tanto en Madrid como en Calatayud-Daroca se observa una mayor aridez en el Aragoniense Medio y una tendencia a condiciones de mayor humedad en el Aragoniense Superior (Fig. 5). Sin embargo, la situación de los periodos con máxima aridez varía en ambas curvas. SORIA *et al.* (2000) dedujeron un aumento de la aridez durante la biozona D; posterior-

mente, una tendencia a condiciones más húmedas durante la biozona E; sigue un periodo estable en la biozona F y por último un cambio progresivo a condiciones aún más húmedas durante la biozona G. En contraste, en la Cuenca de Daroca VAN DER MEULEN & DAAMS (1992) indican un breve periodo de mayor humedad al final de la biozona D, un máximo de aridez en la zona E y un tránsito a condiciones más húmedas en las biozonas F y G.

Estas diferencias pueden ser debidas a una menor resolución en el registro paleontológico de la Cuenca de Madrid con respecto a la de Calatayud-Daroca, a diferencias en la evolución climática en ambas cuencas, a diferencias de método, a errores de muestreo o a una combinación de estos factores.

La reconstrucción paleoambiental de los yacimientos del área de Madrid indica la existencia de ambientes hete-

rogéneos. Como observan SORIA *et al.* (2000), se combinan en un mismo yacimiento agrupaciones características de condiciones secas y parajes abiertos, de praderas húmedas y de biomas húmedos con cobertera vegetal. Dentro de la biozona D se detecta que las ardillas terrestres, cuyos representantes actuales son xerófilos, no varían en abundancia mientras que la proporción de cricétidos aumenta en detrimento de la de gliridos. Esto ha sido interpretado por SORIA *et al.* (2000) como un incremento en la aridez hacia el final de la biozona D. Para la biozona E, se detecta un incremento notable en la abundancia del antílope *Tethytragus* y sobre todo en los cérvidos, muy escasos en la biozona D. Este aumento en el número de restos de rumiantes sugiere a SORIA *et al.* (2000) un cambio a condiciones más húmedas, con mayor presencia de cobertera vegetal. Este aspecto, unido a la desaparición del género de rinoceronte *Hispanotherium*, con dentición

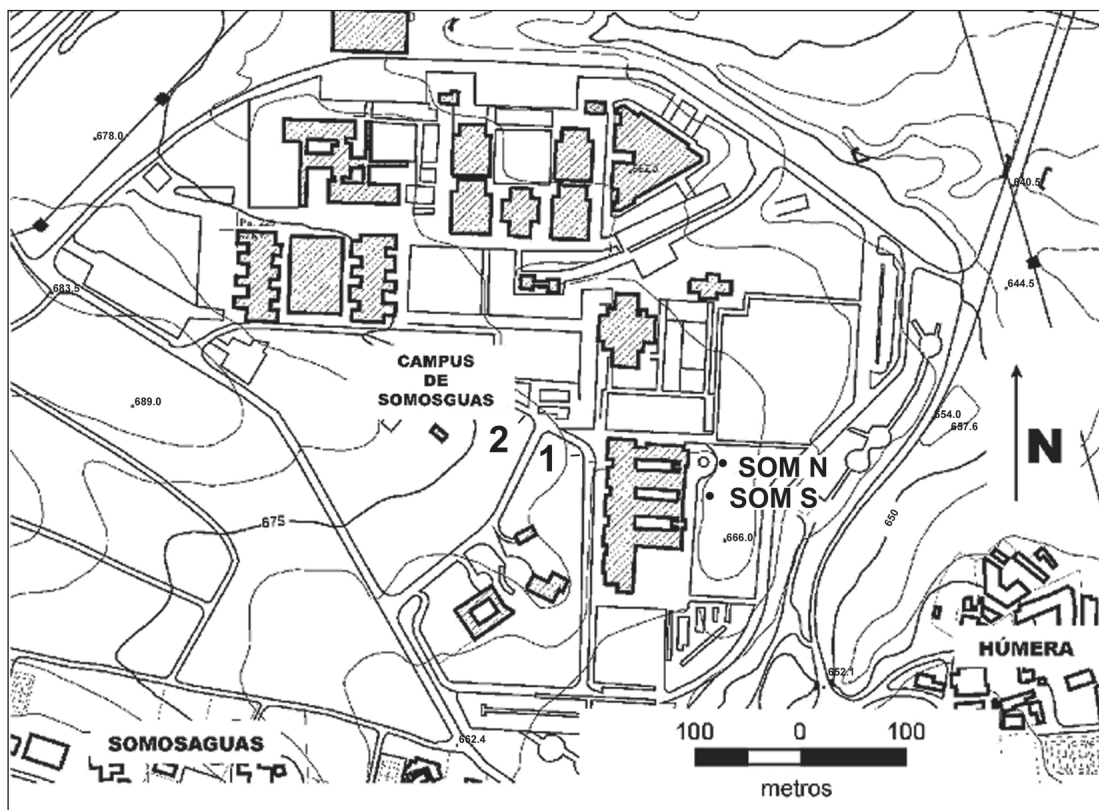


Figura 6.— Mapa del campus de Somosaguas (Universidad Complutense de Madrid). Posición de los yacimientos de Somosaguas Norte (SOM N) y Somosaguas Sur (SOM S). Localización de los yacimientos 1 y 2 del tramo T4 (modificado de MINGUEZ GANDÚ, 2000).

Figure 6.— Map showing Somosaguas campus (Complutense University of Madrid). Position of Somosaguas North (SOM N) and Somosaguas South (SOM S) outcrops. Location of T4 stretch sites 1 and 2 (modified from MINGUEZ GANDÚ, 2000).

totalmente cementada adaptada a vegetación dura propia de un ambiente xérico, parece manifestar un cambio a una mayor humedad en la biozona E (SORIA *et al.*, 2000). Las faunas de la biozona F mantienen una composición faunística similar a las de la biozona E, por lo que no hay cambios desde un punto paleoambiental (SORIA *et al.*, 2000). La reconstrucción paleoambiental de la biozona G se ha centrado en un rinoceronte de patas cortas (*Alicornops simorrensis* LARTET), al que se le atribuye un bioma de praderas húmedas arboladas, y el antílope *Tethyragus langai*, más tolerante a medios secos. Ambos definen un clima de mayor humedad para la biozona G que el de la F (SORIA *et al.*, 2000).

LOS YACIMIENTOS DE SOMOSAGUAS

Los yacimientos de Somosaguas se sitúan en el campus que la Universidad Complutense de Madrid tiene junto a la localidad de Somosaguas (Fig. 6), perteneciente al término municipal de Pozuelo de Alarcón al Oeste de Madrid.

Los materiales en los que se encuentran fueron caracterizados en la hoja nº 559 del mapa geológico MAGNA como arcosas gruesas con cantos y arenas arcósicas, los cuales se integran dentro del conjunto de las Facies Madrid (CALVO, 1989). La edad asignada a este conjunto abarca un amplio rango temporal que va desde, al menos, el Aragoniense Inferior hasta el Aragoniense Superior.

ESTRATIGRAFÍA

El contexto geológico de este área definido por CALVO *et al.* (1989) es de un conjunto de facies características de zonas medias y distales correspondientes a un sistema de abanicos aluviales cuyas áreas fuente son los granitos del Sistema Central, con cierta influencia de aportes de los materiales metamórficos de la parte oriental (Guadarrama).

Una primera caracterización estratigráfica de los yacimientos de Somosaguas fue realizada por MÍNGUEZ GANDÚ (2000) (Tabla 1), donde distinguió tres tramos litológicos caracterizados por un rápido acuñamiento del tramo intermedio (T2) hacia el Norte, quedando en esta dirección en contacto directo los tramos inferior (T1) y superior (T3) (Fig. 7).

En el tramo T3 se observa un complejo enrejado de láminas de carbonatos hacia la mitad superior. Se han distinguido dos tipologías distintas de láminas según su espesor: a) mayores de 1 cm, con huellas de raíces, generalmente horizontales y con continuidad lateral de varios metros, que reducen su espesor lateralmente hasta desaparecer y que separan sedimentos con texturas y cementos muy diferentes; y b) menores de 1 cm, tanto verticales como horizontales u oblicuas, con poca continuidad lateral y que se presentan siempre en enrejado, observándolas en algunos puntos rellenando pequeñas fracturas. Las láminas mayores de 1 cm se han usado como criterio de correlación para diferenciar cuerpos arcósicos amalgamados dentro del tramo, por lo que su presencia mayoritaria

TRAMO	DESCRIPCIÓN	FÓSILES	INTERPRETACIÓN
T1	Arcosas gruesas matriz-soportadas de tonos pardos, con abundante matriz arcillosa que aumenta hacia techo. 50 cm de potencia máxima observada.	Yacimiento de microvertebrados de Somosaguas Sur	Transporte en masa tipo <i>mud-flow</i>
T2	Alternancia de niveles de arenas micáceas con <i>ripples</i> trepadores (<i>climbing ripples</i>) y arcillas marrones. 1,5 m de potencia máxima observada.	no se han encontrado restos fósiles	Transporte tractivo asociado a una desaceleración de la corriente, producida cuando una descarga detrítica distal alcanza su nivel de base en un frente lacustre.
T3	Conjunto arcósico conglomerático con matriz arenosa. Supera los 3 m de potencia	Yacimiento de macrovertebrados de Somosaguas Norte	Transporte en masa tipo <i>debris-flow</i> con gran capacidad de transporte

Tabla 1.– Descripción e interpretación de los tramos T1, T2 y T3 publicada por MÍNGUEZ GANDÚ (2000). Se indica el contenido fósil de cada tramo.
Table 1.– Description and interpretation of T1, T2 and T3 stretches published by MÍNGUEZ GANDÚ (2000). It's indicated the fossil content for each stretch.

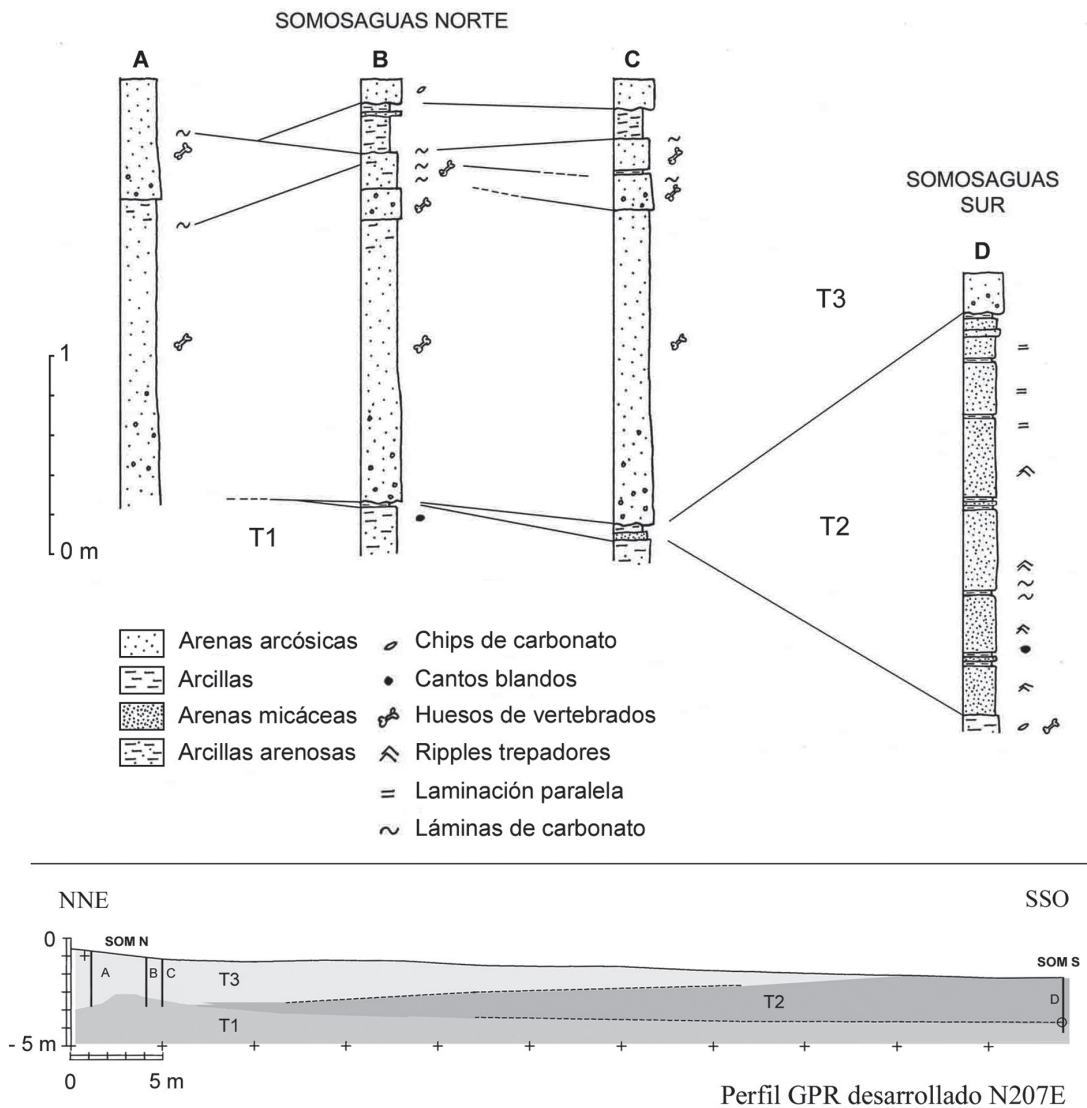


Figura 7.- Correlación de los yacimientos de Somosaguas. Abajo se muestra un perfil obtenido por métodos geofísicos (Ground Penetrating Radar), donde se sitúa la posición de las columnas.

Figure 7.- Correlation of Somosaguas outcrops. Below it's shown a cross-section obtained with geophysic method (Ground Penetrating Radar), where it's situated the position of sections.

en la parte superior nos da una idea de cuerpos sedimentarios menos potentes que en la parte inferior (Fig. 7). La posición vertical u oblicua de las láminas menores de 1 cm indica su carácter postsedimentario, por lo que se ha prescindido de ellas en la descripción estratigráfica.

Dentro del campus existe al menos un cuarto tramo arcósico (T4) por encima de los anteriores, que

sólo se observa parcialmente en dos afloramientos (Fig. 6):

1) Puerta principal de la Facultad de Ciencias Políticas, donde se observa un conjunto de 1 m de potencia de arcosas arcillosas granocrecientes, con abundante biotita y estratificación horizontal, que disminuye el contenido en arcillas hacia techo. En la base de este afloramiento

ramiento, ahora tapado por un muro, fue donde aparecieron los primeros indicios de fósiles en el campus.

2) Parada de autobuses, donde se observa un conjunto de algo más de 1 m de potencia de arenas arcósicas de grano medio-fino, algo seleccionadas y sin estructuras sedimentarias. No se han observado restos fósiles.

SEDIMENTOLOGÍA

Dentro del tramo T2, el cambio observado en las estructuras sedimentarias, que hacia techo pasan de *ripples* trepadores a laminación horizontal (Fig. 7), sería indicativo de las variaciones en la velocidad de descarga del sedimento, ya sea debido a una mayor o menor velocidad de la corriente en los niveles superiores del tramo, o bien a una diferencia en la profundidad del cuerpo de agua que alcanza el nivel de base. En este último caso las secuencias inferiores se habrían depositado en un cuerpo de agua más profundo que las superiores (STANLEY, 1974).

ALONSO-ZARZA (1999) ha descrito carbonatos laminares similares a los del tramo T3 en afloramientos de las cuencas de Madrid y del Duero, los cuales interpretó como calcretas laminares incipientes interestratificadas con materiales detríticos producidas por la actividad de raíces asociadas a suelos poco desarrollados. Por tanto, su aparición en la parte superior del tramo T3 estaría ligada a una deposición episódica con una tasa de sedimentación relativamente baja, en contraste con la parte inferior del tramo T3 donde estas láminas están prácticamente ausentes, que se caracterizaría por una tasa de sedimentación mayor. Esta interpretación define una tendencia retrogradante para esta secuencia, de manera que se pudieron depositar en la parte más alta del tramo sedimentos arcillosos correspondientes a zonas más distales.

Respecto al tramo T4, este presenta en su parte baja (puerta principal de la Facultad de Ciencias Políticas) características de transporte en masa, mientras que hacia techo aumenta su selección y disminuye el contenido en arcillas, lo que podría indicar un paso gradual a régimen tractivo. La escasez de afloramiento observado impide ser más preciso en esta interpretación.

Resumiendo, los yacimientos de Somosaguas muestran rasgos sedimentológicos propios de dos ambientes deposicionales: por un lado, facies medias de abanicos aluviales (tramos T1, T3 y T4) y por otro,

medios subacuáticos de borde de lago o charca permanente (tramo T2) en los que no se observan episodios de alteración ni desecación. No hay afloramiento suficiente para estimar la extensión geográfica del tramo T2, pero los sondeos manuales realizados aseguran su presencia en unos 2000 m² alrededor de los yacimientos.

Según los modelos paleogeográficos centrípetos que se han propuesto para la Unidad Intermedia, el área de Somosaguas quedaría dentro del dominio de las zonas medias de los abanicos aluviales, mientras que las zonas distales estarían a unos 10 km al Sureste (CALVO, 1989). No se conocen afloramientos intermedios que indiquen conexión entre la zona de Somosaguas y las orlas lacustres de transición del Sureste, por lo que la existencia de un medio sedimentario local con agua permanente en esta región durante el Mioceno de la Cuenca de Madrid no era predecible por el modelo y requiere ser explicada.

Una posible explicación de la existencia de este afloramiento de facies distales en zona aluvial media es la presencia de un acuífero aflorante en la intersección entre dos abanicos, lo que crea una depresión local en la que se puede instalar temporalmente un sistema lacustre topográficamente colgado por encima del nivel de base regional. En este caso, el medio habría de ser efímero y sufrir frecuentes ablaciones, erosiones y periodos de abandono, lo que no concuerda con las observaciones de secuencias repetidas, uniformes y ordenadas de relleno. La disposición del sistema margino-lacustre en el área de Somosaguas parece haber sido mucho más permanente de lo que los modelos paleogeográficos centrípetos sugieren.

Una interpretación paleogeográfica desarrollada por TORRES *et al.* (1995) se ajusta mejor a las observaciones en Somosaguas. En base a la proporción arena/arcilla observada en muestras de sondeos, TORRES *et al.* (1995) definieron la existencia de una franja de depósitos finos de orientación NW-SE, perpendicular a la Sierra de Guadarrama (borde de la cuenca actual NE-SW), que llamaron "Pasillo Lutítico de Majadahonda" (Fig. 8). Esta franja de una anchura de 5 a 30 km se extiende longitudinalmente desde Villanueva del Pardillo hasta Majadahonda y muestra una gran permanencia vertical para profundidades comprendidas aproximadamente entre 300 y 800 m, implicando por tanto a las Unidades Inferior e Intermedia.

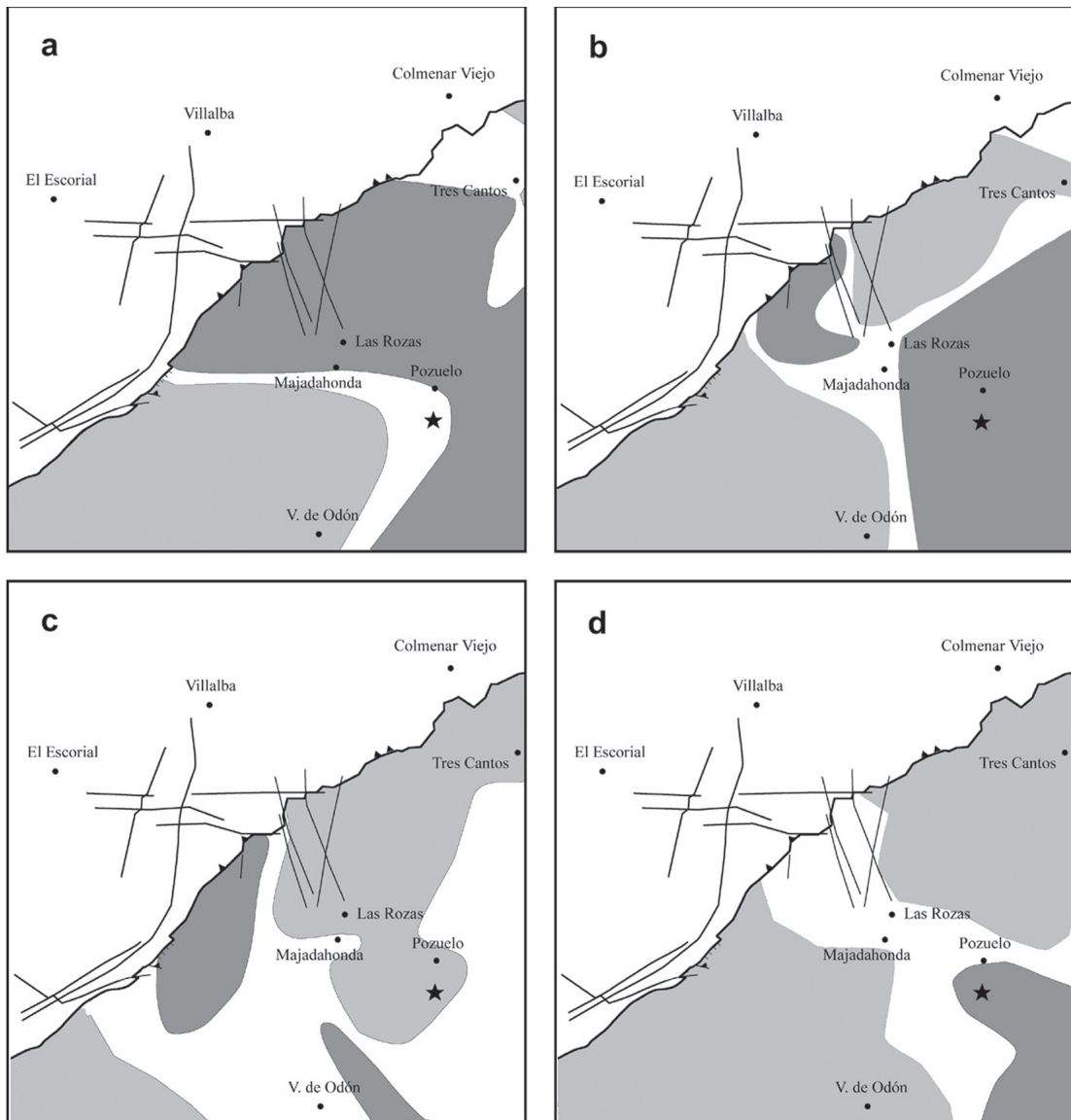


Figura 8.— Mapas de la zona de contacto del relieve granítico con los abanicos de la Cuenca de Madrid. Las áreas gris claro y oscuro indican la relación arena/arcilla, expresada en porcentaje, de más de 40% y menos de 20% de arena respectivamente; a) profundidades entre 300 y 400 m; b) profundidades entre 400 y 500 m; c) profundidades entre 500 y 600 m; d) profundidades entre 600 y 700 m. Se muestra la falla inversa de borde Norte de la cuenca con las fracturas mayores asociadas y la posición de los yacimientos de Somosaguas (estrella). Explicación en el texto. Según TORRES *et al.* (1995).

Figure 8.— Maps of the transition zone between granitic relief and alluvial fans of the Madrid Basin. Light and dark gray areas indicates sand/clay ratio, expressed in percentage, of more than 40% and less than 20% of sand respectively; a) depths between 300 and 400 m; b) depths between 400 and 500 m; c) depths between 500 and 600 m; d) depths between 600 and 700 m. Is showed the inverse fault of the North edge of the basin with associated major faults and the position of Somosaguas outcrops (star). Explanation in text. According to TORRES *et al.* (1995).

La aparición de facies distales de depósitos representados por el tramo T2, que indican un afloramiento

duradero del nivel de base local en el área de Somosaguas, se puede relacionar espacial y temporal-

mente con la presencia de este Pasillo Lutítico de Majadahonda, que se extendería hasta el área de Pozuelo de Alarcón. Esta disposición de los aparatos sedimentarios durante el Aragoniense indica la existencia de una paleogeografía distinta y más compleja que la deducida de los modelos centrípetos.

PALEONTOLOGÍA

Las campañas de excavación paleontológica en Somosaguas comenzaron en 1998. En ese año se realizó una excavación en extensión de 50 m² para la extracción de restos de macromamíferos en el yacimiento de Somosaguas Norte, y una cata de 4 m² de donde se extrajeron 50 Kg de muestra para la búsqueda de restos de micromamíferos en Somosaguas Sur (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2000). Posteriormente se ha realizado una excavación anual desde 1999 hasta 2004, profundizando y ampliando las áreas hasta completar 72 m² de excavación en Somosaguas Norte y aproximadamente 10 m² en Somosaguas Sur.

Asociación de vertebrados

En los yacimientos de Somosaguas se han reconocido 26 especies de vertebrados, entre las cuales 22 son de mamíferos (Tabla 2). De esta relación de vertebrados, es de destacar el reconocimiento por primera vez del lagomorfo *Prolagus*, una serpiente y el rinoceronte, del que se ha recuperado una mandíbula y varios restos dentarios.

Dentro de este conjunto faunístico es destacable la alta proporción de restos pertenecientes a individuos juveniles, lo que da una idea del carácter dérmico (eudémico) de estas faunas.

Tafonomía

El análisis tafonómico de los yacimientos de Somosaguas fue realizado por POLONIO & LÓPEZ-MARTÍNEZ (2000), donde describieron una gran variedad de estados de conservación. Así, es probable que los depósitos masivos de los abanicos aluviales movilizasen gran cantidad de restos con diferentes trayectorias tafonómicas previas. Debido a la gran variedad de estados de conservación no se puede excluir el que, junto a los huesos resedimentados, se puedan encontrar

huesos reelaborados de yacimientos previos. Sin embargo, hasta el momento no se han visto evidencias de reelaboración.

El yacimiento de Somosaguas Norte (tramo T3), presenta un grado alto de desintegración en los restos fósiles, mientras que en Somosaguas Sur (tramo T1), los restos presentan mayor integridad indicando un proceso de depósito por decantación (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2000).

En Somosaguas Sur, POLONIO & LÓPEZ-MARTÍNEZ (2000) señalaron la ausencia de meteorización en los fósiles, lo que indica un medio de transporte muy poco abrasivo, que favoreció la mejor conservación de los restos.

Los yacimientos de Somosaguas proceden por tanto de procesos de concentración en una misma zona geográfica de restos fósiles. La coincidencia espacial de tantos restos de vertebrados en dos yacimientos superpuestos, sugiere a POLONIO & LÓPEZ-MARTÍNEZ (2000) la existencia en las proximidades de un medio de aguas estancadas, representadas por los sedimentos del tramo T2. Este medio acuático en una región de clima relativamente árido, donde los sedimentos no han dejado evidencias de ríos permanentes, supondría un punto de atracción para los vertebrados de la región.

El modelo de clima con estacionalidad tropical contrastada de lluvias, deducido por la paleobotánica para la Unidad Intermedia (yacimiento de Parla en la zona MN6) encaja con las acumulaciones observadas en los yacimientos de Somosaguas: los restos de los vertebrados se producirían durante la estación seca, con alta proporción de individuos juveniles más sensibles a la mortalidad estacional, mientras que en la época de lluvias sus restos serían recogidos y concentrados por coladas de barro y de derrubios.

BIOCRONOLOGÍA

La datación de los yacimientos de Somosaguas fue realizada por LUIS & HERNANDO (2000) con micromamíferos de Somosaguas Sur (tramo T1). Esta microfauna permite situar el yacimiento Sur en la biozona E (final del Aragoniense Medio), que fue correlacionada en la Cuenca de Calatayud-Daroca con la escala global y datada entre 13,8 y 14,1 m.a. (DAAMS *et al.*, 1999). Debido a la escasez de micromamíferos en Somosaguas Norte se había considerado a este yaci-

			Somosaguas N Tramo T3	Somosaguas S Tramo T1	
MAMÍFEROS					
Mastodontes		<i>Gomphotherium angustidens</i>	X		
Équidos		<i>Anchitherium</i> cf. <i>A. cursor</i>	X	X	
Rinocerontes		Rhinocerotidae indet.	X		
Rumiantes	Cérvidos	aff. <i>Heteroprox</i> sp.	X		
	Bóvidos	<i>Tethytragus</i> sp.	X		
	Mósquidos	<i>Micromeryx</i> sp.	X	X	
Cerdos		<i>Conohyus</i> sp.	X	X	
Carnívoros		<i>Hemicyon sansanensis</i>	X		
		<i>Amphicyon</i> sp.	X		
		<i>Pseudaelurus</i> sp.	X		
		<i>Mustelidae</i> indet.	X		
Roedores	Hámsters	<i>Megacricetodon collongensis</i>		X	
		<i>Democricetodon</i> ("Falbuschia") <i>darocensis</i>		X	
	Lirones	<i>Armantomys aragonensis</i>			X
		<i>Microdyromys complicatus</i>			X
		<i>Microdyromys monspellensis</i>			X
	Ardillas terrestres	<i>Heteroxerus grivensis</i>			X
	Lagomorfos	<i>Lagopsis penai</i>			X
		<i>Lagopsis</i> sp.		X	
<i>Prolagus</i> cf. <i>oeningensis</i>			X	X	
Insectívoros	Erizos	<i>Galerix exilis</i>		X	
	Musarañas	<i>Miosorex grivensis</i>		X	
LAGARTOS					
Lacértidos				X	
Ánguidos				X	
SERPIENTES			X		
TORTUGAS				X	

Tabla 2.- Lista de especies por taxones de los yacimientos Somosaguas Norte y Somosaguas Sur.
 Table 2.- *Somosaguas North and Somosaguas South species list by taxons.*

miento, junto con Somosaguas Sur, perteneciente a la biozona E. Sin embargo la discordancia representada en la base del tramo T3 deja abierta la posibilidad de que exista un hiato o laguna temporal entre ambos yacimientos, y que Somosaguas Norte pueda pertenecer a otra biozona superior.

Se han buscado criterios bioestratigráficos en la fauna de Somosaguas Norte que permitan definir una posición bioestratigráfica precisa. El lagomorfo *Lagopsis*, taxón de interés bioestratigráfico, aparece tanto en Somosaguas Sur como en el yacimiento Norte. La sustitución de *L. penai* por *L. verus* es uno de los criterios usados para la discriminación entre las biozonas E y F. Las principales diferencias entre las especies *L. penai* y *L. verus* son el mayor tamaño de *L. verus* y el desarrollo de anterofléxidos en el p3 en esta especie (HERRÁEZ, 1993). El *Lagopsis* de Somosaguas Sur fue clasificado como *Lagopsis penai* por LUIS & HERNANDO (2000). El resto recuperado de *Lagopsis* en Somosaguas Norte es un p3, y aunque presenta el desarrollo avanzado del anterofléxido, su tamaño es intermedio entre el de las dos especies, solapándose con los

L. penai más grandes y los *L. verus* más pequeños (Fig. 9). Debido a que la variabilidad intraespecífica produce un pequeño solapamiento en los caracteres de las dos cronoespecies (especies sucesivas de un mismo linaje genérico, LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 1987), con estas características y en base a un único resto no es posible atribuir el *Lagopsis* de Somosaguas Norte con seguridad a *L. penai* o a *L. verus*, por lo que queda denominado como *Lagopsis* sp.

La conclusión desde un punto de vista bioestratigráfico es que, aunque no hay criterios claros en la fauna de Somosaguas Norte que permitan asignarla a la biozona E o a la F, la presencia del *Lagopsis* con caracteres compatibles con un *L. verus* primitivo, deja abierta la posibilidad de que pertenezca tanto a la biozona E como a la biozona F. La posibilidad de que Somosaguas Norte fuera más reciente aún (biozona G) puede rechazarse por la presencia de rumiantes (*Heteroprox* y *Tethytragus*) relativamente primitivos, aunque la escasez de microfauna registrada en Somosaguas Norte impide de momento ser más precisos en la datación.

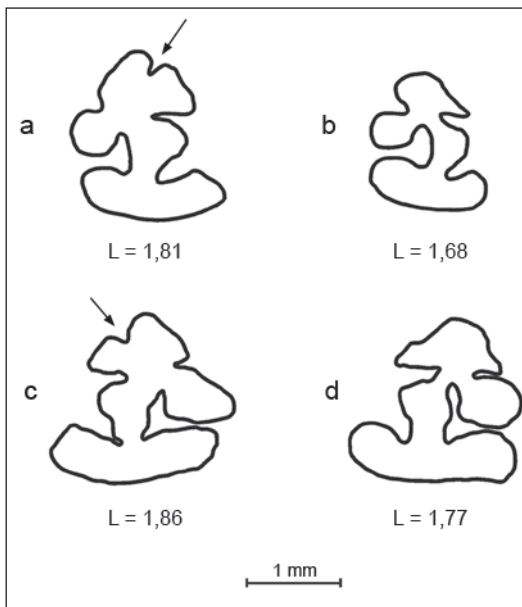


Figura 9.—Diferencias en el desarrollo del anterofléxido en el p3 (flecha) de *Lagopsis verus* y *L. penai*; a) p3 derecho de *Lagopsis* sp. de Somosaguas Norte (SOMN-523); b) p3 derecho de *Lagopsis penai* de Somosaguas Sur (SOM/SM-386); c) p3 izquierdo de *Lagopsis verus* del yacimiento de Manchones (Cuenca de Calatayud-Daroca, biozona G); d) p3 izquierdo de *Lagopsis penai* del yacimiento de Las Planas (Cuenca de Calatayud-Daroca, biozona E).

Figure 9.—Differences on development of anteroflexid in p3 (arrow) of *Lagopsis verus* and *L. penai*; a) right p3 of *Lagopsis* sp. from Somosaguas North outcrop (SOMN-523); b) right p3 of *Lagopsis penai* from Somosaguas Sur outcrop (SOM/SM-386); c) left p3 of *Lagopsis verus* from Manchones outcrop (Calatayud-Daroca Basin, G biozone); d) left p3 of *Lagopsis penai* from Las Planas outcrop (Calatayud-Daroca Basin, E biozone).

DISCUSIÓN: RELACIÓN SEDIMENTACIÓN-PALEOCLIMA

Una de las primeras interpretaciones paleoambientales de los medios sedimentarios de las unidades Inferior e Intermedia de la Cuenca de Madrid, desarrollada en base a la información geológica obtenida en el área de Madrid, fue ofrecida por ALBERDI *et al.* (1983), donde se refieren a los cambios en las características de sedimentación entre estas dos unidades como un paso de un ambiente tipo *sabkha* en la Inferior a sedimentos palustres-lacustres en la Intermedia, que hace pensar en un cambio de condiciones áridas a más húmedas. En la misma línea de interpretación, SAN JOSÉ (1989)

señala que la distribución de facies y las características de los materiales de las unidades Inferior e Intermedia indican un paisaje de clima cálido, aunque progresivamente menos árido. Esta observación, desde un punto de vista exclusivamente sedimentológico, se pone de manifiesto al comparar las características de la Unidad Salina y la Serie Blanca, ambas facies lacustres de las Unidades Inferior e Intermedia respectivamente. De ellas se deduce que el paleoambiente bajo el que se depositó la Unidad Salina tuvo que ser “más árido” que el que caracterizó la Serie Blanca.

Por otra parte, los yacimientos de Somosaguas ofrecen una información paleontológica excepcional gracias a la buena representación de las faunas tanto de macro como de microvertebrados ya que, la escasez de macrofauna en la subzona Dd y la falta de yacimientos con fauna abundante en la biozona E del área de Madrid impedían establecer una sucesión paleoambiental relativamente continua entre las biozonas D, E y F.

En el conjunto de los micromamíferos del yacimiento de Somosaguas, LUIS & HERNANDO (2000) observaron un gran predominio de especies estrategas de la *r* (oportunistas) que definiría un medio relativamente inestable y cambiante, poco favorable para los especialistas. Según estos autores, la familia de roedores *Cricetidae* (hámsters) es la más abundante de este grupo. En Somosaguas Sur los cricétidos están representados por las especies *Megacricetodon collongensis*, con pocas limitaciones ambientales (PELÁEZ-CAMPOMANES & HERRÁEZ, 2000), y *Democricetodon “Falbuschia” darocensis*, considerado como marcador de altas temperaturas por su distribución claramente meridional (VAN DER MEULEN & DAAMS, 1992).

La siguiente familia en abundancia es la de los roedores *Gliridae* (lirones) representada en Somosaguas Sur por los géneros *Microdyromys*, considerado un indicador termófilo, y *Armantomys*, con dentición hipodonta adaptada a una alimentación herbácea de tipo xérico (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 1987). El resto de especies de micromamíferos de este yacimiento están en proporciones muy bajas en comparación con los anteriores. Así, dentro de este conjunto minoritario está la ardilla terrestre *Heteroxerus*, indicadora de condiciones secas y espacios abiertos con escasa cobertura vegetal (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 1987). También se encuentran dos lagomorfos (pikas o “liebres silbadoras”), *Lagopsis* y *Prolagus*, el primero de carácter más termófilo que el segundo y de distribución más meri-

dional; su asociación es típica de regiones más septentrionales (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 1987). Se encuentran también insectívoros, que aunque necesitan abundante vegetación no son incompatibles con ambientes áridos. Dentro del conjunto de restos de microvertebrados no mamíferos destaca la presencia de los ánguidos (luciones), cuyos representantes actuales son cavadores y requieren de suelos vegetales bien desarrollados.

La conclusión deducida por LUIS & HERNANDO (2000) de la asociación de microfauna de Somosaguas Sur es el predominio de especies indicadoras de paisajes abiertos de carácter árido con gran desarrollo de vegetación dura, aunque también se infiere la presencia de suelo vegetal húmedo y medios forestales que ofreciesen biomas más ricos. Estos autores también señalan que la ausencia de restos de peces, anfibios o cocodrilos hace suponer la escasez de cuerpos de aguas limpias y permanentes.

En la figura 10 se muestra la abundancia relativa de la microfauna de la Cuenca de Madrid entre la subzo-

na Dd y la biozona F. El hecho más destacable es el predominio en todos los yacimientos de los cricétidos *Democricetodon* (*Falbuschia*) y *Megacricetodon*, ambos supuestos estrategas de la *r* y, por tanto, indicadores de un clima inestable (LUIS & HERNANDO, 2000), aunque su amplia distribución y diversificación les resta interés como indicadores de un paleoambiente determinado (HERRÁEZ, 1993).

En el paso de la subzona Dd a la biozona E se observa un aumento en la abundancia de *Armantomys*, lirón de gran tamaño que podía superar los 700 gr de peso, con alimentación de vegetales duros y una adaptación a clima seco y medios abiertos (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 1987). Por ello, el aumento en su abundancia en los yacimientos de la biozona E se puede relacionar con un paso a condiciones de mayor aridez. Según LUIS & HERNANDO (2000), el notable aumento que muestra este taxón en el yacimiento de Arroyo del Olivar puede ser debido a una sobrerepresentación de los micromamíferos de mayor tamaño,

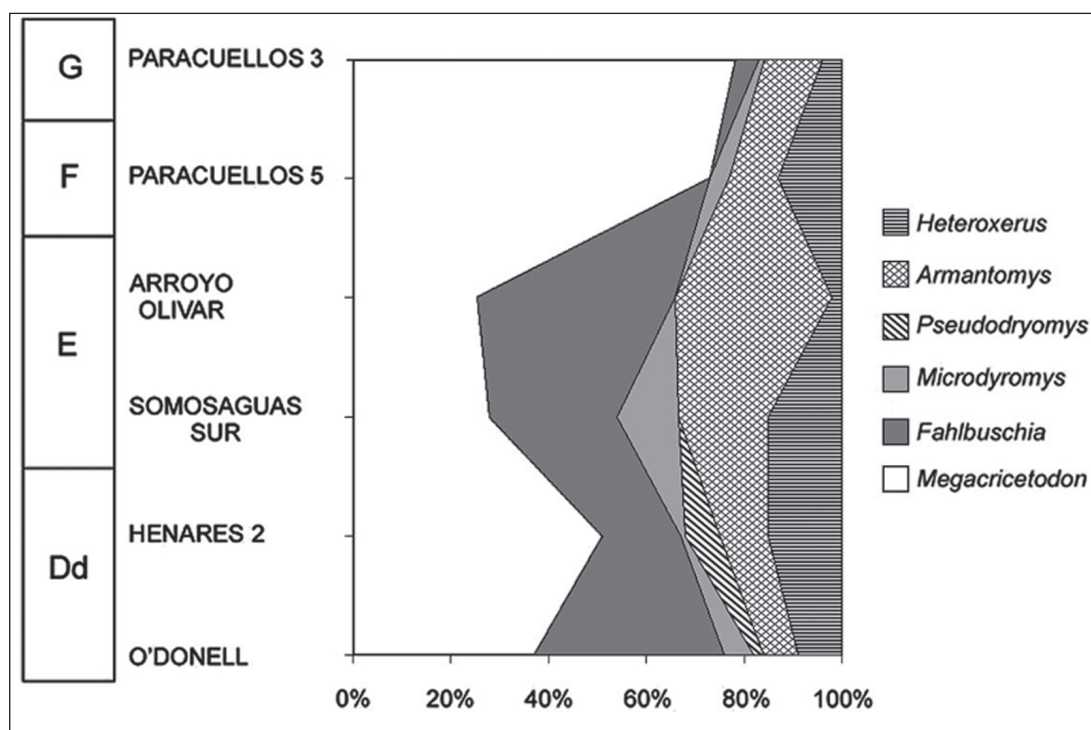


Figura 10.– Abundancia relativa de los principales taxones de micromamíferos del Aragoniense Medio y Superior. Zonas locales según DAAMS, 1999. Según LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2000.

Figure 10.– Relative abundance of principal taxons of micromammals from Intermediate and Upper Aragonian. Biozones according to DAAMS (1999). According to LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.* (2000).

como *Armantomys* y *Falbuschia*, debida a factores tafonómicos como la producción de restos por selección de presas de mayor tamaño relativo por parte de depredadores o a la selección hidrodinámica. Este sesgo se pone de manifiesto al observar la variación de abundancia relativa de *Microdyromys*, con una talla corporal mucho menor que *Armantomys* y que está ausente en Arroyo del Olivar. Si excluimos este yacimiento de la figura 10, se observa como *Microdyromys* muestra un patrón de variación similar al de *Armantomys*, con un máximo de abundancia relativa en la biozona E.

El patrón de abundancia marcado por *Armantomys* y su asociación con medios secos de vegetación dura, indica condiciones de menor aridez relativa en la subzona Dd, un máximo de aridez en la biozona E y la recuperación progresiva de las condiciones de humedad durante las biozonas F y G. Por tanto, la evolución paleoambiental deducida de la microfauna de los yacimientos del área de Madrid para el tránsito entre la subzona Dd y la biozona E incluyendo las faunas de Somosaguas, se ajusta a las curvas de variación de la humedad de VAN DER MEULEN & DAAMS (1992), que marcaban un máximo de aridez relativa en la biozona E (Fig. 5).

Dentro del conjunto de macromamíferos del yacimiento de Somosaguas Norte los restos más abundantes pertenecen a los géneros *Gomphotherium*, *Anchitherium* y al grupo de los rumiantes. Las exigencias paleoecológicas de *Gomphotherium angustidens* (CUVIER) son escasas, ya que se presenta en los yacimientos de la Cuenca de Madrid desde la biozona D hasta la G. Según MAZO (2000) estos mastodontes son característicos de climas cálidos y de medios con agua disponible, más o menos cercana.

El grupo de los rumiantes fue estudiado por SÁNCHEZ (2000), que infiere en Somosaguas Norte la existencia de dos biomas diferentes: una zona de bosque más o menos cerrado con disponibilidad de agua permanentemente, que requieren los mósquidos y los cérvidos, y otra más abierta con ambientes de pradera habitada por los bóvidos, menos exigentes de agua.

Los restos del équido tridáctilo *Anchitherium* de Somosaguas fueron estudiados por SALESA & SÁNCHEZ (2000). Estos autores reconocieron el clado *A. cursor-A. Procerum*, dotado de una serie de adaptaciones postcraneales que le confieren un carácter más corredor y por tanto más característico de medios abiertos, diferenciándolo del resto de especies del género

Anchitherium a los que se asocia con medios más boscosos. HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ *et al.* (2003) han destacando el interés paleoecológico de *Anchitherium*, ya que observaron una relación entre el tamaño relativo de la dentición, el tamaño corporal y la paleotemperatura inferida del medio, de modo que las especies con mayor dentición respecto al tamaño corporal ocupaban medios térmicamente más estacionales. Las piezas dentales recuperadas en Somosaguas se sitúan entre las de mayor tamaño de los representantes de este género en la Península Ibérica, por lo que se puede deducir para este *Anchitherium* un habitat de paisajes abiertos y un clima estacional. La combinación de estos resultados con los que ofrecen la presencia de cérvidos y mósquidos lleva a pensar en un paisaje mixto parecido al que definen los micromamíferos: espacios abiertos con desarrollo de vegetación dura, combinados con zonas más boscosas que mantienen cierto grado de humedad en proximidad a un área léntica.

Respecto a la fauna de carnívoros de Somosaguas Norte, SALESA & MORALES (2000) señalan que *Hemicyon*, *Amphicyon* y *Pseudaelurus* son formas que se distribuyen ampliamente en el Mioceno de las cuencas centrales peninsulares, ocupando marcos paleoecológicos muy diferentes, por lo que se supone que tenían requerimientos ambientales generalistas y poco exigentes.

En la figura 11 se ha representado la abundancia relativa de los principales taxones de macromamíferos de las biozonas D, E y F, incluyendo el yacimiento de Somosaguas Norte en el esquema previamente publicado por AMEZÚA *et al.* (2000). La subzona Dd se ha excluido del gráfico debido a la baja representación de macrofauna en sus yacimientos. Hemos situado Somosaguas Norte por encima de Puente de Vallecas, asumiendo que pertenece a la biozona E y que es factible su posición en la parte alta de ésta debido a la presencia en Somosaguas Norte del *Lagopsis* sp. con caracteres primitivos de *Lagopsis verus* (ver capítulo de Biocronología). La evolución en la abundancia relativa de los taxones representada en el gráfico muestra una notable reducción de los cérvidos en la fauna de Somosaguas Norte con respecto a la biozona D, la cual se recupera posteriormente en la biozona F. Esta reducción está sobrevalorada en el esquema ya que hay gran cantidad de restos de rumiantes que no han podido ser identificados como cérvidos o bóvidos debido a su estado fragmentario. La fauna de Somosaguas Norte

muestra un aumento relativo de taxones especialistas como los mastodontes y los súidos respecto a las faunas anteriores. En el caso de los mastodontes, su abundancia relativa puede estar siendo sobrerrepresentada debido al gran número de fragmentos de hueso que genera un solo individuo. Asimismo, *Anchitherium* en Somosaguas Norte muestra una reducción en su abundancia y en su diversidad respecto a los yacimientos de la biozona D, conservando en este yacimiento sólo la especie corredora de este género, *Anchitherium cursor*.

Los criterios expuestos indican que las faunas de Somosaguas Norte definen un paisaje combinado de

espacios abiertos y zonas boscosas en donde se manifiesta una reducción de los biomas boscosos y una acentuación de las condiciones áridas respecto a la biozona precedente. El aumento de la aridez podía haber llegado a situaciones extremas de sequías prolongadas, tal como parece indicar la alta mortalidad infantil observada en este yacimiento. Esta interpretación paleoambiental, deducida de la fauna de Somosaguas Norte en el contexto de los yacimientos del área de Madrid, es compatible con la curva de humedad de la Cuenca de Calatayud-Daroca desarrollada por VAN DER MEULEN & DAAMS (1992), en

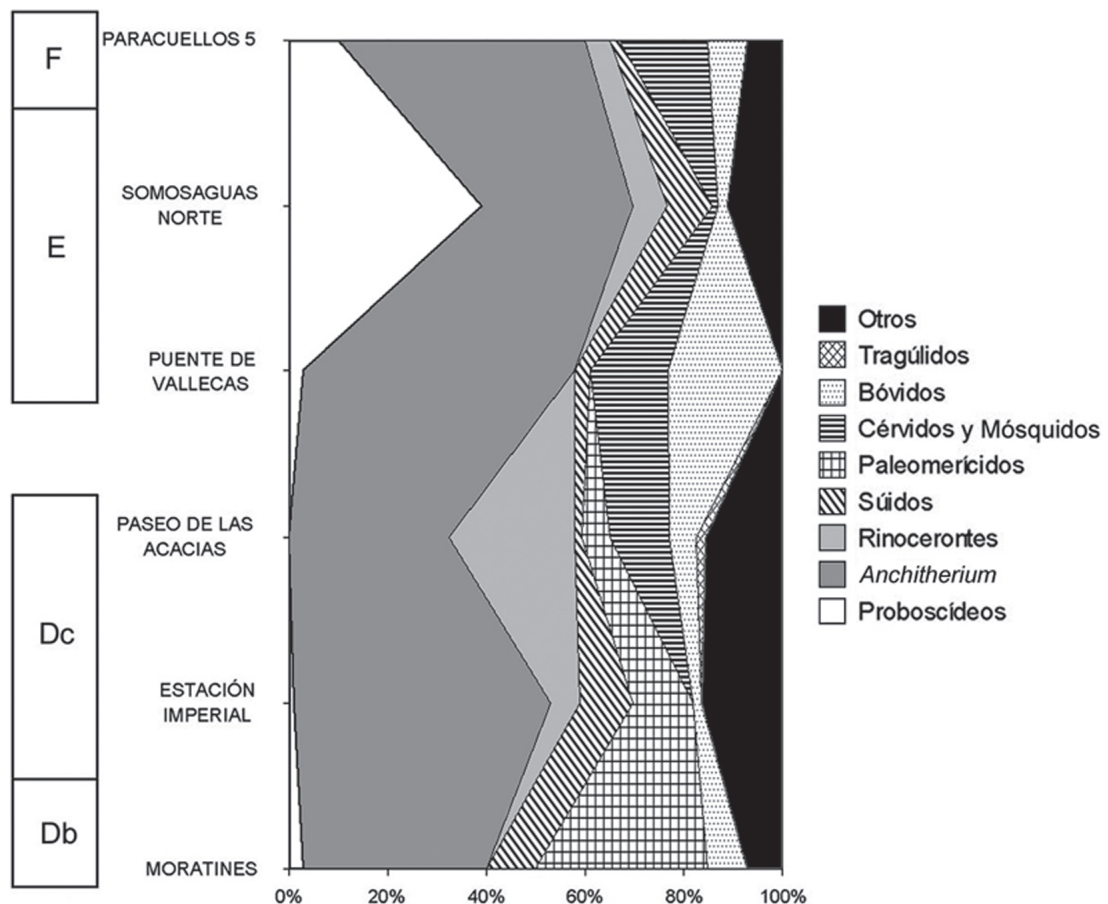


Figura 11.- Abundancia relativa de los principales taxones de macromamíferos del Aragoniense medio y superior. Biozonas según DAAMS, 1999. Se ha excluido la subzona Dd debido a la escasa representatividad de las faunas de macromamíferos en esta biozona en el área de Madrid. Modificado de AMEZÚA *et al.*, 2000.

Figure 11.- Relative abundance of principal taxons of macromammals from Intermediate and Upper Aragonian. Biozones according to DAAMS (1999). Its excluded subzone Dd because the poor representativity of faunas of macromammals in this subzone in the Madrid area. Modified from AMEZÚA *et al.* (2000).

donde se muestra un máximo de aridez en el Aragoniense durante la biozona E (Fig. 5)

Por otro lado, en las interpretaciones paleoambientales deducidas de las faunas del área de Madrid que ofrecen SORIA *et al.* (2000) se argumenta la tendencia contraria, es decir, el paso de condiciones áridas a húmedas entre las biozonas D y E. Este paso lo justifican estos autores, como ya hemos comentado (ver capítulo Evolución Paleambiental), basándose en el aumento en la abundancia de cérvidos en este tránsito, ya que los cérvidos son animales ramoneadores y se los consideran buenos indicadores de medios boscosos y, por tanto, de condiciones relativamente húmedas que permitan su desarrollo. Sin embargo, otro hecho destacable del paso entre las biozonas D y E es la desaparición de *Caenotherium* y de los Tragúlidos (Fig. 11). Ambos rumiantes se asocian a aguas perennes y muy forestadas (fauna ripícola, SORIA *et al.*, 2000) y por tanto su desaparición podría indicar un tránsito hacia una mayor aridez. Estas dos observaciones aparentemente contradictorias pueden ser compaginadas si suponemos que la desaparición de los taxones ripícolas se debe a la disminución del agua de escorrentía disponible y que su reemplazamiento por rumiantes ramoneadores, que no requieren aguas perennes, se debe al mantenimiento de la superficie con cobertera vegetal previamente existente. Esta interpretación también nos parece compatible con los criterios expuestos anteriormente que apuntan a un aumento en las condiciones de aridez en el tránsito de la biozona D a la E, por tanto, la correlación observada en las variaciones relativas de humedad, en base a las faunas de macromamíferos de la Cuenca de Madrid, con las curvas de VAN DER MEULEN & DAAMS (1992) para las biozonas D y E, una vez que incluimos las faunas de Somosaguas, permite extender las condiciones climáticas deducidas en la Cuenca de Calatayud-Daroca hasta, al menos, la Cuenca de Madrid.

Resumiendo las ideas previamente expuestas, desde el punto de vista sedimentario, la Unidad Inferior es considerada como indicadora de ambientes áridos, y la Unidad Intermedia es asociada con climas más húmedos (SAN JOSÉ, 1989). Esta misma tendencia paleoambiental es la que han deducido SORIA *et al.* (2000) sobre las faunas del Aragoniense Medio y Superior, basando el cambio a una mayor humedad entre las biozonas D y E en la reducción de los rinocerontes de clima árido (*Hispanotherium*) al mismo tiem-

po que se produce un aumento en la abundancia de los cérvidos indicadores de medios boscosos.

Sin embargo, la reconstrucción paleoambiental que se ofrece en este trabajo, basada en los yacimientos clásicos del área de Madrid incluyendo los de Somosaguas, indica que el máximo de aridez durante el Aragoniense pudo producirse en la biozona E y no en la D, de la misma forma que en las curvas paleoambientales de VAN DER MEULEN & DAAMS (1992) para la Cuenca de Calatayud-Daroca, donde también se observa el máximo de aridez en la biozona E.

Desde un punto de vista sedimentológico nos parece factible el desarrollo de los grandes abanicos de la Unidad Intermedia bajo un clima más árido de estacionalidad contrastada, ya que el tipo de sedimentación principal observado en las facies detríticas de borde de la Unidad Intermedia es el transporte en masa, estando prácticamente ausentes las facies canalizadas. De esta manera se puede ofrecer una interpretación compatible con la deducida del estudio tafonómico: durante el periodo representado por los yacimientos de Somosaguas se producirían lluvias torrenciales de manera catastrófica en periodos muy cortos de tiempo, pudiendo mantener en las estaciones secas un ambiente de extrema aridez.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha integrado el estudio paleoambiental de los yacimientos de mamíferos fósiles de Somosaguas (Mioceno Medio, Cuenca de Madrid) con datos geológicos y paleontológicos.

El estudio estratigráfico y paleontológico de los yacimientos de Somosaguas contenido en este trabajo completa estudios previos, observándose la presencia de numerosas superficies marcadas por láminas carbonáticas de origen edáfico (calcretas laminares) que han permitido inferir variaciones en la tasa de sedimentación para el tramo T3. Respecto al contenido paleontológico, se han reconocido por primera vez tres especies: el rinoceronte, el lagomorfo *Prolagus* y una serpiente.

Estudios previos habían situado el yacimiento de Somosaguas Sur, estratigráficamente inferior, en la biozona E de DAAMS *et al.* (1999), pero debido a la escasez de microfauna presente en el yacimiento de Somosaguas Norte no se ha podido realizar una datación independiente para este yacimiento, por lo que se le sigue considerando perteneciente a la biozona E.

La información paleontológica previa sobre los yacimientos del Aragoniense de la Cuenca de Madrid, su edad y sus implicaciones paleoambientales deducidas en base a criterios paleoecológicos, indican la existencia de un clima general cálido y árido a lo largo de la sucesión, con variaciones relativas en periodos sucesivos y la existencia de un mosaico de ambientes con mayor o menor cubierta vegetal y agua disponible. La interpretación paleoambiental de las asociaciones de los yacimientos de Somosaguas, proporciona resultados que se alejan de la interpretación de SORIA *et al.* (2000). Consideramos que las pérdidas de taxones propios de medios húmedos (*Caenotherium*, tragúlidos) en el tránsito de la biozona D a la E y el incremento en la abundancia de indicadores de medios áridos (*Anchitherium cursor*, *Arantomys*) reflejado en las faunas de Somosaguas, confirman la tendencia a un máximo de aridez en la biozona E, tal como infieren VAN DER MEULEN & DAAMS (1992) para la Cuenca de Calatayud-Daroca.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Dra. Nieves López-Martínez y a Javier Élez por su ayuda y apoyo, sin los cuales este trabajo hubiera sido imposible; a los Dres. Ana María Alonso-Zarza y Jorge Morales por la lectura crítica del manuscrito y al Dr. Pedro Cózar por sus discusiones y sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBERDI, M.T., JIMÉNEZ, E., MORALES, J. & SESÉ, C. 1981. Moratines: primeros micromamíferos en el Mioceno medio del área de Madrid. *Estudios geológicos*, **37**: 291-305.
- ALBERDI, M.T., HOYOS, M., JUNCO, F., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., MORALES, J., SESE, C. & SORIA, D. 1983. Biostratigraphie et évolution sédimentaire du Néogène continental de l'aire de Madrid. *Interim-Coll. RCMNS. Paleoclimatic Evolution*. Montpellier: 15-18.
- ALBERDI, M.T., HOYOS, M., JUNCO, F., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., MORALES, J., SESÉ, C. & SORIA, D. 1984. Biostratigraphy and sedimentary evolution of continental Neogene in the Madrid basin. *Paléobiologie continentale*, **2**: 47-68.
- ALONSO-ZARZA, A.M. 1999. Initial stages of laminar calcrete formation by roots: examples from the Neogene of central Spain. *Sedimentary Geology*, **126**: 177-191.
- ALONSO-ZARZA, A.M., CALVO, J.P. & GARCÍA DEL CURA, M.A. 1990. Litostratigrafía y evolución paleogeográfica del Mioceno del borde NE de la Cuenca de Madrid prov. Guadalajara. *Estudios geológicos*, **46**: 415-432.
- ÁLVAREZ RAMIS, C., FERNÁNDEZ MARRÓN, M.T. & GÓMEZ PORTER, P. 1984. Micropaleontología vegetal de niveles terciarios de la zona Sur del área de Madrid. *Memoria técnica de la Hoja geológica a escala 1:50.000, Madrid: n° 559*. IGME, Madrid (Inédito).
- AMEZÚA, L., SALESA, M.J., PÉREZ, B., PELÁEZ-CAMPOMANES, P., FRAILE, S., MORALES, J. & NIETO, M. 2000. Paleoecología. In: *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid*. MORALES, J. Ed. págs. 155-172. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Madrid.
- ANTUNES, M.T. 1979. *Hispanotherium* fauna in Iberian middle Miocene, its importance and paleoecological meaning. *Annales Geologiques des Pays Helleniques, VIIIth International Congress Mediterranean Neogene*, Athens: 25-33.
- CALVO, J.P. 1989. Terciario. In: *Memoria de la Hoja geológica a escala 1:50.000, Madrid: n° 559*. PÉREZ GONZÁLEZ, A. & CALVO SORANDO, J.P. Eds. págs. 9-45. IGME. Madrid
- 2000. Geología del Mioceno de Madrid. In: *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid*. MORALES, J. Ed. págs. 95-101. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Madrid.
- CALVO, J.P., ORDÓÑEZ, S., GARCÍA DEL CURA, M.A., HOYOS, M., ALONSO-ZARZA, A.M., SANZ, E. & RODRÍGUEZ ARANDA, J. P. 1989. Sedimentología de los complejos lacustres miocenos de la Cuenca de Madrid. *Acta geológica Hispánica*, **243**(4): 281-298.
- CALVO, J.P., DAAMS, R., MORALES, J., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., AGUSTÍ, J., ANADON, P., ARMENTEROS, I., CABRERA, L., CIVIS, J., CORROCHANO, A., DIÁZ-MOLINA, M., ELIZAGA, E., HOYOS, M., MARTÍN-SUÁREZ, E., MARTÍNEZ, J., MOISSENET, E., MUÑOZ, A., PÉREZ-GARCÍA, A., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., PORTERO, J. M., ROBLES, F., SANTISTEBAN, C., TORRES, T., VAN DER MEULEN, A.J., VERA, J. A. & MEIN, P. 1993. Up-to-date Spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **63**(4): 29-40.
- CAPOTE, R. & CARRO, S. 1968. Existencia de una red fluvial intramiocena en la depresión del Tajo. *Estudios Geológicos*, **24**: 91-96.
- CIVIS, J. 2004. Cuencas cenozoicas: Rasgos generales - estructuración. In: *Geología de España*. VERA, J.A. Ed. págs. 531-533. IGME. Madrid.
- DAAMS, R. & VAN DER MEULEN, A.J. 1984. Paleoenvironmental and paleoclimatic interpretation of micromammal faunal successions in the Upper Oligocene and Miocene of northcentral Spain. *Paléobiologie continentale*, **14**: 241-257.
- DAAMS, R., PELÁEZ-CAMPOMANES, P., ÁLVAREZ-SIERRA, M. & VAN DER MEULEN, A.J. 1999. Aragonian stratigraphy reconsidered, and re-evaluation of the middle Miocene mammal biochronology in Europe. *Earth and Planetary Sciences*, **165**(3-4): 287-294.
- FERNÁNDEZ MARRÓN, M.T., FONOLLÁ OCETE, J.F., SESÉ, C. & JIMÉNEZ RODRIGO, J.C. 2004. Estudio paleoambiental de nuevos yacimientos de plantas y vertebrados de la Unidad Intermedia del Mioceno medio de la Cuenca de Madrid. *Revista Española de Paleontología*, **192**: 67-81.

- FRAILE, S., AMEZÚA, L., MORALES, J., NIETO, M., PELÁEZ-CAMPOMANES, P., SALESA, M.J. & SÁNCHEZ, I. 2000. Marco general del Terciario. In: *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid*. MORALES, J. Ed. págs. 85-93. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Madrid.
- GARCÍA DEL CURA, M.A., ORDOÑEZ, S. & CALVO, J.P. 1986. La Unidad Salina Mioceno en el área de Madrid. Características petrológicas y sedimentarias. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, **9**: 329-338.
- HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, M., SALESA, M. J., SÁNCHEZ, I. M. & MORALES, J. 2003. Paleocología del género *Anchitherium* Von Meyer, 1834 Equidae, Perissodactyla, Mammalia en España: evidencia a partir de las faunas de macromamíferos. *Coloquios de Paleontología*, volumen extraordinario: 253-280.
- HERRÁEZ, E. 1993. *Micromamíferos Roedores y Lagomorfos del Mioceno del área de Madrid: estudio sistemático y bioestratigráfico*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- HOYOS, M., JUNCO, F., PLAZA, J.M., RAMÍREZ, A. & RUIZ SÁNCHEZ-PORRO, J. 1985. El Mioceno de Madrid. In: *Geología y Paleontología del terciario continental de la provincia de Madrid*. ALBERDI, M. T. Ed. págs. 9-16. CSIC. Madrid.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., SESÉ, C. & HERRÁEZ, E. 1987. Los yacimientos de micromamíferos del área de Madrid. *Boletín Geológico y Minero*, **982**: 159-176.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., ÉLIZ, J., HERNANDO, J.M., LUIS A., MAZO, A., MÍNGUEZ GANDÚ, D., MORALES, J., POLONIO, I., SALESA, J.M. & SÁNCHEZ, I. 2000. Los vertebrados fósiles de Somosaguas Pozuelo, Madrid. *Coloquios de Paleontología*, **51**: 69-86
- LÓPEZ OLMEDO, F., DÍAZ DE NEIRA, A., MARTÍN SERRANO, A., CALVO, J.P., MORALES, J. & PELÁEZ-CAMPOMANES, P. 2004. Unidades estratigráficas en el registro sedimentario neógeno del sector occidental de la Cuenca de Madrid. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **171**(2): 87-101.
- LUIS A. & HERNANDO, J.M., 2000. Los microvertebrados fósiles del Mioceno Medio de Somosaguas Sur Pozuelo de Alarcón, Madrid, España. *Coloquios de Paleontología*, **51**: 87-136.
- MAZO, A. 2000. Presencia de *Gomphotherium angustidens* Cuvier *Proboscidea*, *Mammalia* en el yacimiento de Somosaguas Pozuelo de Alarcón, Madrid. *Coloquios de Paleontología*, **51**: 175-182.
- MEGÍAS, A.G., ORDÓÑEZ, S. & CALVO, J.P. 1980. Rupturas sedimentarias en series continentales. Aplicación a a Cuenca de Madrid. *IX Congreso Nacional de Sedimentología, Salamanca, Actas*, **2**: 666-680.
- 1983. Nuevas aportaciones al conocimiento geológico de la Cuenca de Madrid. *Revista de materiales y procesos geológicos*, **1**: 163-191.
- MÍNGUEZ GANDÚ, D. 2000. Marco estratigráfico y sedimentológico de los yacimientos paleontológicos miocenos de Somosaguas Madrid, España. *Coloquios de Paleontología*, **51**: 183-196.
- MORALES, J., ALCALÁ, L., AMEZUA, L., ANTÓN, M., FRAILE, S., GÓMEZ, E., MONTOYA, P., NIETO, M., PÉREZ, B., SALESA, J. M. & SÁNCHEZ, I.M. 2000. Mioceno Superior: el yacimiento de el Cerro de los Batallones. In: *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid*. MORALES, J. Ed. págs. 179-190. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Madrid.
- ORDÓÑEZ, S., MENDUIÑA, J., & GARCÍA DEL CURA, M.A. 1982. El sulfato sódico natural de España. *Tecniterrae*, **46**: 16-32.
- PELÁEZ-CAMPOMANES, P. & HERRÁEZ, E. 2000. Orden *Rodentia*. In: *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid*. MORALES, J. Ed. págs. 256-262. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- POLONIO, I. & LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. 2000. Análisis tafonómico de los yacimientos de Somosaguas Mioceno Medio, Madrid. *Coloquios de Paleontología*, **51**: 235-266.
- RACERO, A. 1988. Consideraciones a cerca de la evolución geológica del margen NW de la Cuenca del Tajo durante el Terciario a partir de los datos de subsuelo. II Congreso Geológico de España, simposios: 213-222.
- RODRÍGUEZ ARANDA, J.P., CALVO, J.P. & ORDOÑEZ, S. 1991. Transición de abanicos aluviales a evaporitas en el Mioceno del borde oriental de la Cuenca de Madrid sector Barajas de Melollana. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **4**(1-2): 33-50.
- SALESA, M.J. & MORALES, J. 2000. La fauna de carnívoros del yacimiento aragoniense de Somosaguas Pozuelo de Alarcón, Madrid. *Coloquios de Paleontología*, **51**: 213-222.
- SALESA, M.J. & SÁNCHEZ, I.M. 2000. Estudio de los restos de *Anchitherium* Meyer, 1834 *Equidae*; *Perissodactyla* del yacimiento de Somosaguas Pozuelo de Alarcón, Madrid. *Coloquios de Paleontología*, **51**: 197-212.
- SÁNCHEZ, I.M. 2000. Rumiantes *Mammalia*, *Artiodactyla* del yacimiento de Somosaguas Aragoniense medio, Madrid, España. *Coloquios de Paleontología*, **51**: 223-234
- SAN JOSÉ, M.A. 1989. Historia geológica. In: Memoria de la Hoja geológica a escala 1:50.000, Madrid: nº 559. PÉREZ GONZÁLEZ, A. & CALVO, J.P. págs. 51-57. IGME. Madrid
- SORIA, D., AMEZÚA, L., DAAMS, R., FRAILE, S., HERRÁEZ, E., MORALES, J., NIETO, M., PELÁEZ-CAMPOMANES, P., SALESA, J.M. & SÁNCHEZ, I.M. 2000. Faunas del Mioceno. In: *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid*. MORALES, J. Ed. págs. 111-129. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Madrid.
- STANLEY, K.O. 1974. Morphology and hydraulic significance of climbing ripples with superimposed micro-ripple-drift cross-lamination in lower Quaternary lake silts, Nebraska. *Journal of Sedimentary Petrology*, **44**(2): 472-483.
- TORRES, T., CHICA, M.A., MALDONADO, A., QUEROL, R. & ZAMORA, I. 1995. Evolución en el subsuelo de los sistemas de abanicos aluviales del Mioceno de la Cuenca de Madrid España. *Geogaceta*, **18**: 56-58.
- 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.

Manuscrito recibido el 20 de julio de 2005
Manuscrito aceptado el 6 de octubre de 2005