

# Estudio paleontológico y litoestratigráfico de un nuevo yacimiento de micromamíferos del Aragoniense medio de la cuenca de Madrid, en el límite sureste del área metropolitana (Los Ahijones)

## *Paleontological and lithostratigraphic study of a new micromammal fossil site of the Madrid basin Middle Aragonian, at the SE edge of the metropolitan area (Los Ahijones)*

Juan Antonio Cárdena Barradas<sup>1,\*</sup>, María Presumido Gallego<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Geosfera C.B., Departamento de Investigación, Innovación y Desarrollo, calle Madres de la Plaza de mayo 2, 28523 Rivas-Vaciamadrid, Madrid.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8376-1184>, <https://orcid.org/0000-0001-7907-945X>

\*Corresponding author: [juan@proyectogeosfera.es](mailto:juan@proyectogeosfera.es)

### ABSTRACT

A new paleontological site in the Madrid basin is described in this paper, which is remarkable due to the association of fossil micromammals characteristic of the Biozone E of the Middle Aragonian (Middle Miocene). Palynomorphs have also been obtained, and sedimentary analysis of the fossil levels have been carried out. Together with the palaeoecological analysis of the faunal assemblage, it can be interpreted as a swamp environment with a wooded savanna or gallery forest biotope. This biotope is included in a general context of distal facies of alluvial fans in a tropical pre-desert climate. A tendency to a thermal drop is supported by paleontological and sedimentary markers, which can be correlated with the Middle Miocene Climatic Transition.

**Keywords:** middle Aragonian; small mammals; biostratigraphy; palaeoecology; sedimentology.

### RESUMEN

En este trabajo se da a conocer un nuevo yacimiento paleontológico de la cuenca de Madrid, destacable por la asociación de microvertebrados fósiles característica de la biozona E del Aragoniense medio (Mioceno medio). También se han obtenido palinomorfos y se han realizado análisis sedimentarios de los niveles fosilíferos que, junto al análisis paleoecológico del conjunto faunístico, permiten interpretar un ambiente palustre con un biotopo de sabana arbolada o bosque galería. Este biotopo quedaría enmarcado dentro de un contexto general de facies distales de abanicos aluviales en un clima predesértico tropical, registrando un descenso térmico que se apoya en marcadores paleontológicos y sedimentarios, y puede correlacionarse con la Transición Climática del Mioceno Medio.

**Palabras clave:** Aragoniense medio; micromamíferos; bioestratigrafía; paleoecología; sedimentología.

---

Recibido el 23 de octubre de 2023; Aceptado el 20 de junio de 2024; Publicado online el 17 de diciembre de 2024

**Citation / Cómo citar este artículo:** Cárdena Barradas, J.A. & Presumido Gallego, M. (2024). Estudio paleontológico y litoestratigráfico de un nuevo yacimiento de micromamíferos del Aragoniense medio de la cuenca de Madrid en el límite Sureste del área metropolitana (Los Ahijones). *Estudios Geológicos*, 80(2), 1083. <https://doi.org/10.3989/egeol.45222.1083>

**Copyright:** ©2024 CSIC. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License.

## Introducción

En los últimos veinte años se han descubierto importantes yacimientos de micromamíferos miocenos en el límite sureste del área metropolitana de Madrid, aportando un conocimiento detallado de las faunas del final del Aragoniense medio (Soria et al., 2000; López Guerrero et al., 2007; Hernández-Ballarín et al., 2010; Hernández-Ballarín et al., 2011), y contribuyendo a una mejor resolución de la bioestratigrafía de la cuenca de Madrid (Peláez-Campomanes et al., 2000; Peláez-Campomanes et al., 2003; Hernández Ballarín, 2016; Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017a).

Las ampliaciones urbanísticas al sureste de la ciudad requieren controles paleontológicos por corresponder a zonas de alto potencial, suponiendo una oportunidad de localizar nuevos yacimientos fósiles. Durante los trabajos de urbanización desarrollados por la Junta de Compensación (del UZP 2.03 Desarrollo del Este, Los Ahijones, Distrito 19-Vicálvaro, Madrid) la empresa ARGEA CONSULTORES S.L. localizó indicios paleontológicos colaborando con GEOSFERA C.B. para dirigir la excavación y estudiar el yacimiento. En origen se trataba de fósiles desarticulados y en mal estado de conservación del proboscideo *Gomphotherium angustidens*, pero los trabajos de excavación revelaron importantes concentraciones de microvertebrados, en una secuencia compleja de lutitas negras parcialmente silicificadas con restos de plantas, alternando con calizas margosas.

Los objetivos de este trabajo son, por un lado, la descripción de la asociación paleontológica documentada de micromamíferos, y su comparación bioestratigráfica con otros yacimientos paleontológicos de la cuenca de Madrid y del área tipo del Aragoniense, y por otro lado establecer consideraciones paleoecológicas a partir de la presencia y abundancia relativas de cada taxón, utilizando datos palinológicos y análisis mineralógicos para complementar y apoyar estas interpretaciones. En la memoria de excavación se citan otros taxones de mamíferos miocenos como *Gomphotherium angustidens* o *Artiodactyla* indet., y reptiles (lacértidos, ánguinos y testudínidos), que no son estudiados en este trabajo.

## Contexto geográfico y geológico

La cuenca de Madrid ocupa cerca de 15.000 km<sup>2</sup>, formando parte (junto a la depresión Intermedia),

de la cuenca cenozoica del Tajo. El origen de esta cuenca se sitúa en el tránsito Mesozoico-Cenozoico, ligada a la Orogenia Alpina. Sus márgenes están constituidos por el Sistema Central al norte y noroeste, la Cordillera Ibérica y la sierra de Altomira al este y noreste, y los Montes de Toledo al Sur (Alonso-Zarza et al., 2004; Cuevas-González, 2005).

Su colmatación, a partir de los sedimentos erosionados de los relieves circundantes, comenzó casi en el mismo momento de su formación alcanzando espesores que superan los 3.500 metros, existiendo una gran continuidad en la sedimentación y, por tanto, en su registro paleontológico que, con ciertas discontinuidades, comprende desde yacimientos del Eoceno superior hasta la actualidad (Morales et al., 1993), aunque son los sedimentos miocenos (entre 23,03 y 5,33 Ma según la tabla cronoestratigráfica internacional de 2024) los que afloran de manera predominante.

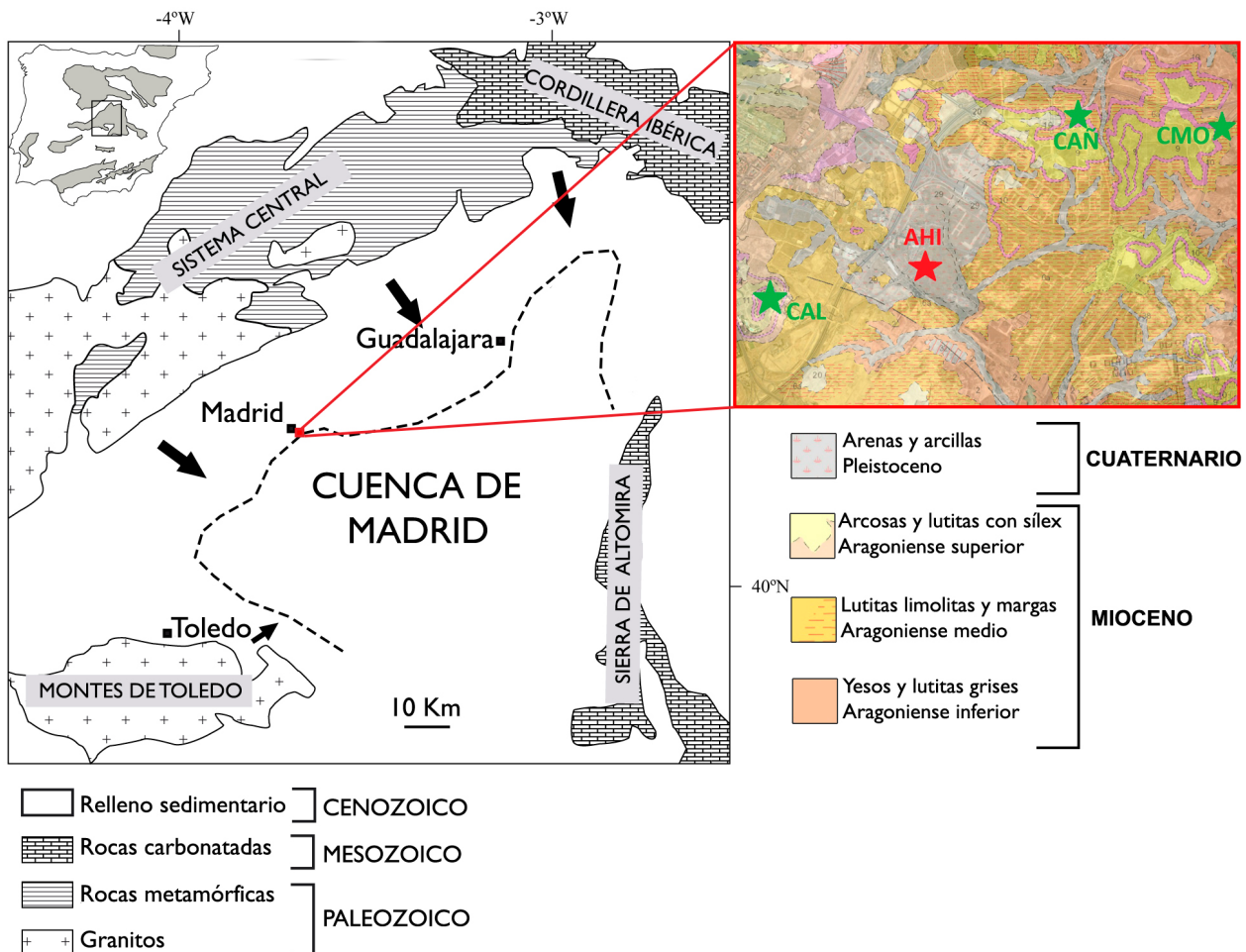
Los sedimentos neógenos se han dividido en cuatro Unidades Tectosedimentarias (Megías et al., 1980), de las cuales, tres corresponden a los depósitos miocenos, conocidas como Unidad Tectosedimentaria (UTS) Inferior (Ramblense - Aragoniense medio  $\approx$  25-15 Ma), UTS Intermedia (Aragoniense medio - Vallesiense superior  $\approx$  15-10 Ma) y UTS Superior (Vallesiense superior - Turolense superior  $\approx$  10-5 Ma) (Hoyos et al., 1985; Calvo et al., 1989; Rodríguez-Aranda et al., 2002; Alonso-Zarza et al., 2004; Hernández Ballarín, 2016). Las UTS Inferior e Intermedia presentan patrones de sedimentación típicos de abanicos aluviales, que encajan con los modelos de distribución centrípeta de facies de cuencas endorreicas: facies detríticas aluviales, también denominadas facies Madrid, junto a las áreas fuente; facies de transición (orla lacustre) compuesta por arcillas marrones y verdes de alta plasticidad con intercalaciones de niveles de arenas micáceas; y facies lacustres de naturaleza evaporítica y carbonatada, en el centro de la cuenca; las cuales se conectan mediante cambios laterales dentro de cada unidad (Cuevas-González, 2005). En la UTS Intermedia los depósitos detríticos tienen una extensión mayor como consecuencia de la reactivación del Sistema Central. Durante la UTS Superior del Mioceno y hasta el inicio del Plioceno, la cuenca de Madrid pasó a ser de tipo exorreico, con un modelo sedimentario no concéntrico, en el que la base de la UTS se compone de depósitos terrígenos acumulados por sistemas fluviales de dirección Norte-Sur, y

la parte superior por sedimentos carbonatados acumulados en un sistema fluviolacustre de agua dulce (Alonso-Zarza et al., 2004). La UTS Superior representa, por lo tanto, un cambio drástico en las características fisiográficas de la cuenca, que hasta este momento presentaban un aspecto llano con escasos desniveles, donde abundaban lagunas y charcas alimentadas por aguas procedentes de las áreas fuente, que comienzan a distribuirse en una red fluvial incipiente (Hoyos & Morales, 2000).

El yacimiento de Los Ahijones se encuentra en el interfluvio de los ríos Jarama y Manzanares (figura 1). El interfluvio se caracteriza por sedimentos miocenos de las UTS Inferior e Intermedia. La UTS Inferior corresponde a facies evaporíticas de yesos con intercalaciones lutíticas (Calvo et al., 1996), con una destacada superficie paleo-kárstica a techo

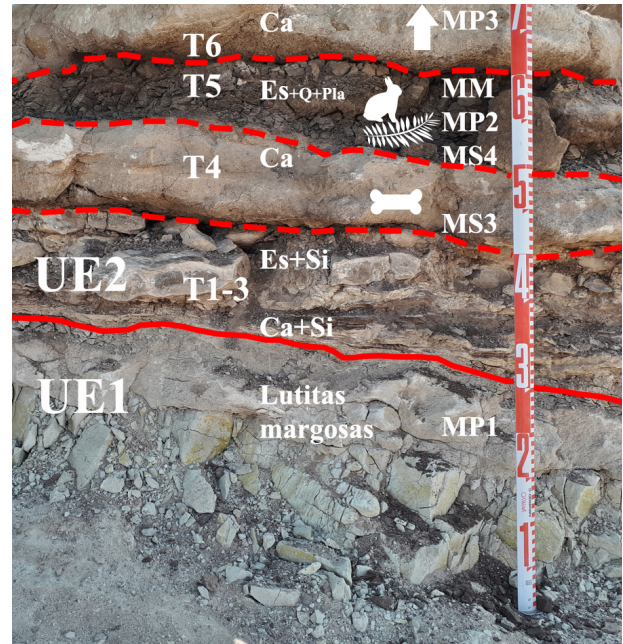
(Rodríguez-Aranda et al., 2002), sobre la que se acomoda la UTS Intermedia caracterizada por lutitas y limolitas verdosas en un miembro inferior, y lutitas laminadas oscuras y marrones, lutitas masivas verdosas, carbonatos y silcretas en el miembro superior. El interfluvio tiene un origen erosivo estructural, con un papel destacado de los procesos de deformación de la UTS Intermedia por la disolución de los yesos infrayacentes durante el Pleistoceno (Báñez & Pérez-González, 2006; Báñez et al., 2011). Esta deformación, en forma de dolinas de colapso, ha protegido de la erosión a los sedimentos de la UTS Intermedia, donde se localizan muchos de los yacimientos paleontológicos.

La secuencia litológica estudiada se ha dividido en cuatro unidades estratigráficas (UE) como muestra la columna estratigráfica de la figura 2. La

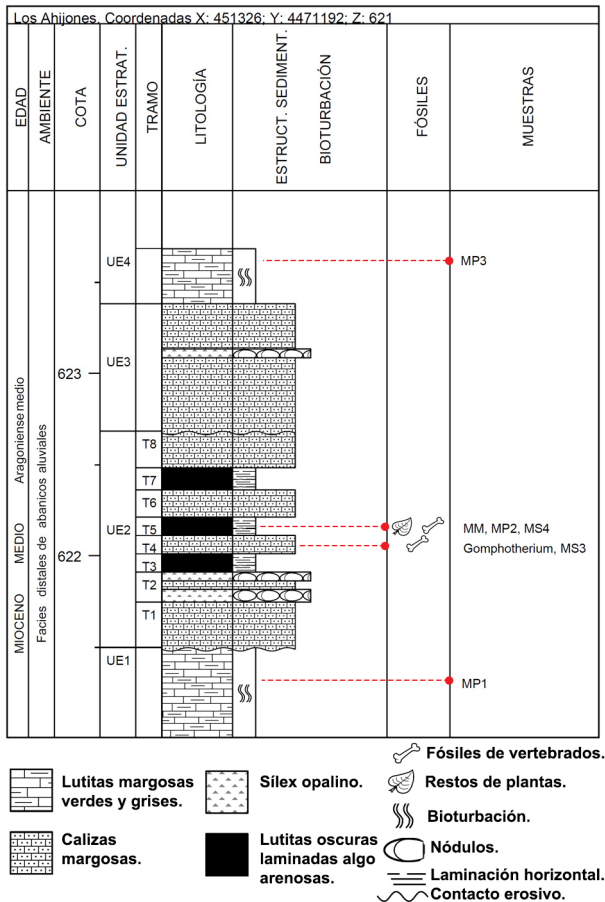


**Figura 1.**— Marco geológico de la Cuenca de Madrid. El relleno de la Cuenca está formado por facies detríticas acumuladas por abanicos aluviales en los márgenes, y sedimentos carbonatados y evaporíticos depositados en sistemas lacustres en las partes centrales de la cuenca (límite entre facies marcado con una línea discontinua). El sedimento procede de la erosión del Sistema Central, los Montes de Toledo y la Cordillera Ibérica (flechas negras). En la esquina superior izquierda, las Cuencas cenozoicas de la Península Ibérica; Cuenca de Madrid marcada con un cuadrado. A la derecha, un mapa detallado con la ubicación del yacimiento paleontológico de Los Ahijones (AHI) y los yacimientos próximos de Casa Montero (CMO), El Cañaveral (CAÑ) y Cerro de Almodóvar (CAL). Figura modificada de Hernández-Ballarín et al., 2017.

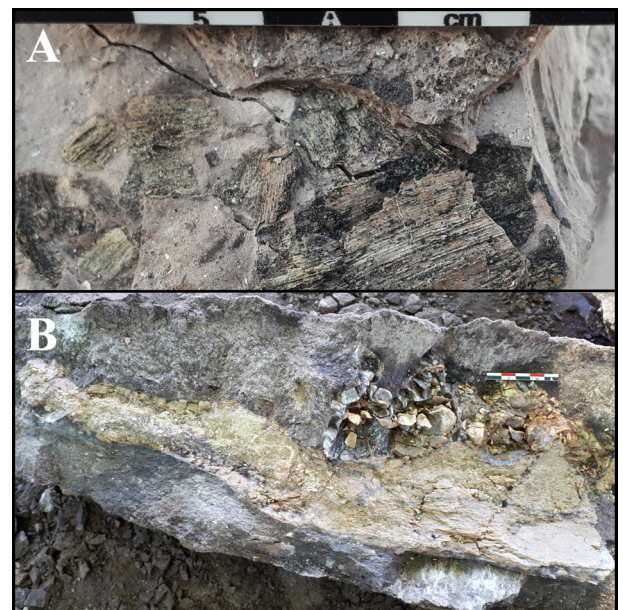
UE1 corresponde a lutitas margosas de tonos verdosos con presencia de óxidos oscuros; la UE2 se caracteriza por una alternancia de lutitas arenosas laminadas de colores oscuros-grises y calizas margosas de tonos marrones (figura 3), donde son frecuentes los niveles interestratificados de cuarzo y ópalo con texturas microgranular y glaebular respectivamente, incluso silicificaciones parciales o totales de los mismos niveles (más frecuentes en la base desarrollando silcretas). Las lutitas negras conservan evidencias fósiles de plantas leñosas y de abundantes microvertebrados (especialmente el tramo T5, ver figura 4A), mientras que en uno de los tramos de calizas margosas se documentan fósiles del proboscídeo *Gomphotherium angustidens* (tramo T4, figura 4B) en mal estado de conservación; UE3 se compone de margas y calizas blancas con frecuentes intercalaciones de sílex; a techo la secuencia finaliza con lutitas margosas de colores verdes, parecidas a la UE1.



**Figura 3.**— Detalle del contacto entre las Unidades Estratigráficas UE1 y UE2. UE2 se caracteriza por la intercalación de tramos de lutitas arenosas oscuras-grises (T3, T5 y T7) y calizas margosas (T1, T4, T6 y T8). En la base de UE2 se observan nódulos de sílex. La figura del hueso señala el tramo con fósiles de *Gomphotherium*, mientras que las figuras del conejo y la planta señalan la presencia de micromamíferos y restos carbonosos respectivamente. Las abreviaturas hacen referencia a la composición de los tramos, Es: esmectita; Q: cuarzo; Pla: plagioclasa; Ca: calcita; Si: ópalo. Se muestran los diferentes niveles de muestreo. MM- Muestra de microfauna; MP- Muestra de pólen; MS- Muestra de sedimento.



**Figura 2.**— Columna estratigráfica representativa de la sección estudiada del yacimiento paleontológico de Los Ahijones. Se muestran los diferentes niveles de muestreo. MM- Muestra de microfauna; MP- Muestra de pólen; MS- Muestra de sedimento.



**Figura 4.**— A. Detalle de restos carbonosos en lutitas arenosas grises (UE2-T5). B. Hemimandíbula de *Gomphotherium angustidens* en tramo de calizas margosas de la UE2 (T4).

## Material y métodos

Durante la campaña de excavación se tomaron muestras para el análisis faunístico de microvertebrados (MM), muestras de polen (MP), y muestras para análisis sedimentario (MS), en un talud aledaño a la zona oeste del área de excavación cuyas coordenadas son X: 451272,600; Y: 4471224,750; Z:620 msnm.

### Micromamíferos

Se ha realizado un muestreo exhaustivo de todos los tramos geológicos susceptibles de contener microfauna fósil, con el fin de obtener criterios bioestratigráficos para datar el yacimiento, dado que los roedores constituyen la mejor herramienta en yacimientos continentales cenozoicos para establecer criterios cronoestratigráficos.

Se tomaron tres muestras valorativas de 100 kg en el tramo de lutitas negras T5 de la UE2, obteniendo abundantes fósiles de microvertebrados y ampliando el muestreo hasta los 2.000 kg. El sedimento fue sometido al proceso de Lavado-Tamizado-Triado, usando luces de malla de 0,5 mm, 0,63 mm, 1 mm, 1,5 mm y 2 mm.

Para la descripción de las piezas dentales se ha seguido la nomenclatura proporcionada por diversos autores (Daams & Freudenthal, 1988; de Jong, 1988; López Martínez, 1989; Herráez 1993; Mein & Martín Suárez, 1994; García-Paredes, 2006; Casanovas Vilar, 2007; Oliver & Peláez-Campomanes, 2013). En la identificación y descripción de las piezas se han utilizado las siguientes abreviaturas: D: decidual superior; d: decidual inferior; P: premolar superior; p: premolar inferior; M: molar superior; m: molar inferior; Dc: derecho; Iz: izquierdo; r: roto; Max: maxilar; Man: mandíbula.

Los dientes han sido medidos y fotografiados con una lupa binocular de 7-45 aumentos, marca Optika, y software de fotografía y biometría Optika Vision Lite y Optika Sview. Algunas piezas presentan alteraciones debidas a deformación, rotura o indicios de digestión, por lo que sus medidas no se han tomado en consideración.

Las medidas de los dientes se expresan en milímetros y corresponden a la longitud (L) y anchura (A) máximas de la superficie oclusal. En las tablas de medidas se han utilizado las siguientes abreviaturas: L: longitud; A: anchura; Máx: máximo; X: media y

Mín: mínimo; N: número de ejemplares;  $\sigma$ : desviación estándar de la muestra.

El estudio paleoecológico se ha basado en el número de piezas dentales, considerando los M1/m1 y M2/m2 para los roedores, siguiendo la metodología empleada por otros autores (Daams & van der Meulen, 1989; van der Meulen & Daams, 1992; Herráez, 1993, Hernández Ballarín, 2016). En lagomorfos se han considerado los P2-P3 y p3-p4 por ser las piezas que permiten la identificación taxonómica.

El análisis ha permitido recuperar más de 3.000 piezas dentales de micromamíferos fósiles, que están depositadas en el Museo Arqueológico y Paleontológico Regional de la Comunidad de Madrid con la sigla de referencia 2019/28.

### Palinomorfos

Se analizó una columna polínica de tres muestras, RES/0464/2019/MP1 (UE1), -RES/0464/2019/MP2 (UE2) y RES/0464/2019/MP3 (UE4) en el laboratorio del Departamento de Geología (Paleontología) de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca, por la Dra. María del Rosario Rivas Carballo. Para la preparación de las muestras en el laboratorio se utiliza una cantidad entre 14-16 g (peso seco) / muestra, eliminando los minerales con la técnica de Phipps y Playford (1984). Finalmente, se realiza un barrido completo con microscopio óptico, de las placas preparadas para cada muestra.

### Sedimento

Se analizaron los niveles fosilíferos contiguos que integran la UE2, las calizas margosas con fósiles de *Gomphotherium* (MS3) y las lutitas negras laminadas con microvertebrados (MS4). Los análisis se han realizado en el Centro de Asistencia a la Investigación de Técnicas Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, incluyendo difracción de RX en polvo para conocer en detalle la composición mineralógica de las diferentes litologías, y el estudio agregados orientados (AO) para distinguir la composición de las fracciones arcillosas. La identificación de los minerales de la arcilla se ha resuelto de acuerdo con los criterios de Srödon (1984) y Moore y Reynolds (1989), mientras que el análisis semicuantitativo se ha realizado siguiendo el método de Chung (1975), utilizando el software EVA de Bruker.

## Paleontología sistemática

Orden Rodentia Bowdich, 1821

Familia Cricetidae Rochebrune, 1883

Género *Megacricetodon* Fahlbusch, 1964

Especie *Megacricetodon collongensis* Mein, 1958

Material, medidas y descripción (tabla 1, figuras 6.1-3 y 7.1-3)

**Tabla 1.**— Medidas de las piezas dentales de la especie *Megacricetodon collongensis*.

| Pieza | N   | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |     | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| M1    | 151 | 1,34 | 1,60 | 1,88 | 0,08 | 0,90 | 1,05 | 1,21 | 0,07 |
| M2    | 182 | 0,94 | 1,16 | 1,31 | 0,06 | 0,87 | 0,99 | 1,12 | 0,05 |
| M3    | 90  | 0,63 | 0,78 | 0,98 | 0,05 | 0,72 | 0,80 | 0,92 | 0,05 |
| m1    | 148 | 1,29 | 1,48 | 1,62 | 0,06 | 0,81 | 0,92 | 1,08 | 0,05 |
| m2    | 191 | 0,97 | 1,18 | 1,31 | 0,05 | 0,70 | 0,96 | 1,12 | 0,05 |
| m3    | 133 | 0,76 | 0,94 | 1,17 | 0,06 | 0,66 | 0,81 | 0,91 | 0,04 |

Más de mil piezas dentales (1019) pertenecen a *Megacricetodon collongensis*, de las cuales se ha estudiado su morfología en 173 M1, 190 M2, 85 M3, 180 m1, 212 m2 y 139 m3.

M1: se caracterizan por presentar un anterocono profundamente dividido en el 95% de los casos, y ligeramente dividido en el resto (5%), siendo el anterocono labial de mayor tamaño en el 80% y simétrico en el resto; delante del anterocono aparece una pequeña plataforma en el 58% de los ejemplares, más desarrollada en el 24% llegando a formar un cíngulo anterior, y en el resto (18%) la plataforma está ausente o ligeramente esbozada; el anterolóbulo es intermedio en el 67% de los casos, lingual en el 32%, labial en el 1%; la mayoría de piezas carece de espolón en el anterolóbulo (85%), siendo incipiente en el 12%, doble conectando con la base del paracono en el 2% y medio en el 1%; el protolóbulo es posterior en el 95% de casos, transverso en el 2% y doble en el 3%; el paracono presenta ectolofos largos en el 35%, cortos en el 33% y está ausente en el 32% de los ejemplares; el mesolofos es mayoritariamente corto (59%), incipiente en el 22%, medio en el 9%, está ausente en el 9% y largo en el 1%; el mesolofos no llega a unirse al ectolofos en la mayoría de los casos (85%) y se conectan en el resto; el mesocíngulo lingual está ausente o ligeramente esbozado (sin llegar a conectar hipocono y anterocono) en el

89% de los ejemplares, estando desarrollado en el resto; el entomesolofos está ausente en la mayoría de los casos (98%); el metalóbulo es posterior al hipocono reduciendo el posteroseno en el 53% de los ejemplares, es posterior en el 38%, en un 6% está aislado y es transverso el 3%.

M2: el protolóbulo es anterior en el 46% de los ejemplares, transverso en el 30%, en el 9% conecta con el entolofos antes de llegar al protocono, en el resto es posterior (8%), doble (4%) o casi doble (3%); el ectolofos es largo en el 72%, corto en el 22% y está ausente en el 6% de las piezas; el mesolofos es corto en más de la mitad de los ejemplares (60%), es medio en el 28%, incipiente en el 6%, está ausente en el 4% y es largo solo en el 2%; la conexión mesolofos-ectolofos es completa el 28% de los casos; el metalóbulo es anterior casi en la mitad de las piezas (49%), transverso en el 21%, posterior en el 15%, posterior reduciendo el posteroseno en el 6%, doble en el 6% y queda aislado lingualmente en el 3%.

M3: el paracono y protocono son las cúspides más desarrolladas; el metalóbulo conecta con el neo-entolofos en el 42% de las piezas, con la rama anterior del hipocono en el 39%, está ausente en el 11%, y es doble en el resto, conectando a su vez con el protolóbulo y el neo-entolofos (6%) o la rama anterior del hipocono (2%); el mesolofos está ausente en el 53%, es corto en el 18%, y largo en el 29% de los ejemplares.

m1: tienen un anterocónido simple en el 69% de los casos, ligeramente dividido en 19%, medianamente en el 8% y profundamente dividido en el 4%; no aparecen desarrollados los cíngulos anterolingual (87%) ni anterolabial (90%) en la mayoría de las piezas, y están desarrollados en el resto; generalmente no presentan espolón labial del anterolóbulo (94%), y aparece esbozado en el 4% de los ejemplares o marcado en el 2%; el metalóbulo es anterior (99%), solo en una pieza está ausente y en otra es casi doble; el mesolóbulo está ausente en el 41% de casos, y cuando aparece está esbozado (30%), es corto (26%) o medio (3%); el ectomesolóbulo está ausente.

m2: presentan un anterolóbulo lingual corto que no llega al borde lingual del metacónido (62%), está bien desarrollado llegando a dicho borde en el 29%, y en menor frecuencia (9%) no aparece; el mesolóbulo está ausente en el 53% de los ejemplares, esbozado en el 25%, es corto en el 15%, medio en el 5%, y largo en el 2%.

m3: el anterolóbulo lingual es generalmente corto (59%), aparece bien desarrollado en el 28% de las piezas y está ausente en el 13%; el mesolóbulo solo se esboza en el 6% de los ejemplares, estando ausente en el resto.

### Discusión

El género *Megacricetodon* es común en los yacimientos del área tipo del Aragoniense, y en la cuenca de Madrid aparece representado por las especies *M. primitivus* (biozona Db), la nueva especie aún no descrita *Megacricetodon* nov. sp. 1 (biozona Dc), y el linaje *M. collongensis* - *M. ibericus* (biozonas Dd-G) que incluiría una nueva especie en la biozona F, *Megacricetodon* nov. sp. 2, registrando las especies *M. collongensis* - *Megacricetodon* nov. sp. 2 - *M. crusafonti*. Estas especies coinciden con otras puntualmente, en el Aragoniense medio (biozona Db) con *M. vandermeuleni* (probablemente emparentada con el linaje *M. barbaricus* - *M. germanicus* de Centro Europa) y *Megacricetodon* sp. (biozona Dd) de afinidades inciertas, y en el Aragoniense superior con *M. rafaeli* (biozona F) (Daams & Freudenthal, 1988; Oliver & Peláez-Campomanes, 2013; Oliver & Peláez-Campomanes, 2014; Hernández Ballarín, 2016; Hernández-Ballarín et al., 2017; Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017a, 2017b).

La población estudiada de *Megacricetodon* presenta una talla media comparable a los ejemplares de *M. collongensis* de los yacimientos de Casa Montero, El Cañaveral o Somosaguas, pertenecientes a la biozona E de la cuenca de Madrid, (Hernández Ballarín, 2016), y de los yacimientos de Las Planas 4A, 4B y 4C del área tipo del Aragoniense (Daams & Freudenthal, 1988).

Los caracteres morfológicos documentados, como molares superiores con mesolobos cortos, ectolobos desarrollados, M1 con anterocono dividido y desarrollo de cíngulo anterior, o molares inferiores con mesolobos ausentes o esbozados, son propios de *M. collongensis*. Incluso la división incipiente del anteroconido en más del 30% de los m1 y la reducción del anterolóbulo lingual en m2, son características de los últimos representantes de esta especie (Hernández Ballarín, 2016).

Género *Democricetodon* Fahlbusch, 1964

Especie *Democricetodon larteti* (Schaub, 1925)

Material, medidas y descripción (tabla 2, figuras 5, 6.4-6 y 7.4-6).

**Tabla 2.**— Medidas de las piezas dentales del género *Democricetodon*.

| <i>D. larteti</i>  |     | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|--------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pieza              | N   | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| M1                 | 106 | 2,17 | 2,41 | 2,56 | 0,10 | 1,38 | 1,62 | 1,90 | 0,10 |
| M2                 | 136 | 1,59 | 1,80 | 1,95 | 0,08 | 1,27 | 1,57 | 1,77 | 0,08 |
| M3                 | 145 | 1,09 | 1,24 | 1,32 | 0,06 | 1,25 | 1,45 | 1,63 | 0,07 |
| m1                 | 122 | 1,76 | 2,00 | 2,15 | 0,09 | 1,18 | 1,40 | 1,58 | 0,08 |
| m2                 | 148 | 1,54 | 1,83 | 1,94 | 0,08 | 1,14 | 1,52 | 1,75 | 0,09 |
| m3                 | 234 | 1,39 | 1,55 | 1,74 | 0,07 | 1,14 | 1,40 | 1,62 | 0,08 |
| <i>D. lacombai</i> |     | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
| Pieza              | N   | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| M1                 | 18  | 2,56 | 2,62 | 2,69 | 0,04 | 1,52 | 1,67 | 1,83 | 0,09 |
| M2                 | 11  | 1,95 | 1,98 | 2,08 | 0,04 | 1,57 | 1,65 | 1,73 | 0,05 |
| M3                 | 16  | 1,34 | 1,36 | 1,40 | 0,02 | 1,39 | 1,48 | 1,60 | 0,05 |
| m1                 | 13  | 2,16 | 2,20 | 2,38 | 0,06 | 1,34 | 1,45 | 1,54 | 0,06 |
| m2                 | 20  | 1,95 | 2,01 | 2,09 | 0,04 | 1,38 | 1,57 | 1,70 | 0,08 |
| m3                 | 6   | 1,77 | 1,82 | 1,90 | 0,05 | 1,34 | 1,44 | 1,63 | 0,10 |

Para las descripciones morfológicas se han estudiado 94 M1, 132 M2, 138 M3, 134 m1 y 158 m2 y 222 m3.

M1: se caracterizan por presentar un anterocono generalmente simple (89%); el anterolóbulo es sencillo en poco más de la mitad de los ejemplares (54%), y dividido en el resto; el protolóbulo es mayoritariamente posterior (89%), y en menor medida posterior casi doble (7%) o doble (4%); el ectolobo está ausente (47%), es corto (45%) y en escasos ejemplares aparece desarrollado (8%); el mesolobo está ausente (39%), aparece esbozado (38%) o es corto (20%), estando medianamente desarrollado en un 3% de las piezas.

M2: el protolóbulo es mayoritariamente posterior (59%), siendo posterior casi doble en 14% de los ejemplares y doble en el 27%; el ectolobo aparece esbozado en el 54% de las piezas, es largo en el 10% y está ausente en el resto (36%); el mesolobo está ausente en el 66% de los ejemplares, aparece esbozado en el 28% y es corto en el resto (6%); el metalóbulo es mayoritariamente posterior (59%), o es doble (28%) con mayor desarrollo de la rama anterior o siendo ambas simétricas, y de forma minoritaria el metalóbulo está asilado (7%), es transversal (4%), o es anterior al hipocono (2%).

M3: el anterolóbulo lingual se encuentra desarrollado en la mayoría de las piezas (97%), siendo incipiente en el resto; el protolóbulo siempre presente es medianamente desarrollado (57%) o desarrollado (43%); el mesolobo está ausente en la mayoría de

las piezas (86%) y solo en el 14% es incipiente; el metalófulo suele ser doble, conectando con el hipocono y el protolófulo (36%), o con el neo-entolofa y el protolófulo (30%), y solo en un caso es doble conectando a su vez con el hipocono y protocono, en el 17% de las piezas está ausente, y en el resto la conexión es sencilla, bien con el hipocono (5%), con el neo-entolofa (1%) o directamente con el protolófulo (11%).

m1: el anterosinúsido lingual es cerrado en el 63% de las piezas y abierto en el resto; metalofúlido mayoritariamente anterior (80%), ausente en un 11% de las piezas, transverso en el 7%, y anterior casi doble en dos ejemplares; la cresta del metacónido está poco desarrollada en la mayoría de los ejemplares (87%); el mesolófulo es variable, y en orden descendente de frecuencia aparece esbozado (47%), es corto (31%), está ausente (14%), es medio (7%) o largo (1%).

m2: el anterolófulo lingual está ausente en el 59% de los ejemplares y es pequeño en el resto; la cresta del metacónido está bien desarrollada en el 12% de

las piezas; el mesolófulo en orden descendente de frecuencia se encuentra esbozado (41%), ausente (28%), es corto (22%), medio (8%) o largo (1%).

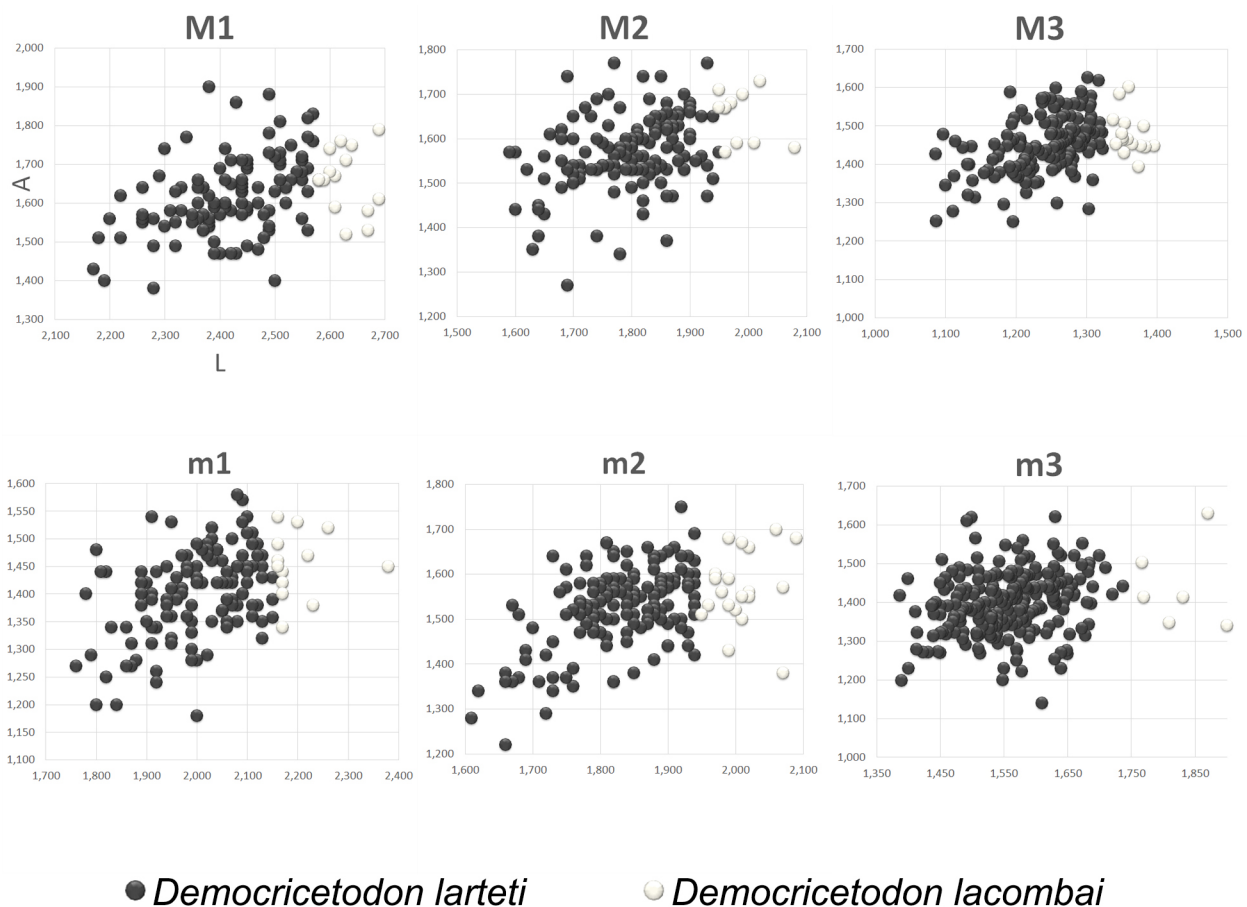
m3: presentan un anterolófulo lingual generalmente corto (51%), estando ausente en el 42% de las piezas y siendo desarrollado en el resto (7%); el mesocingúlido labial suele ser incipiente (54%) o desarrollado (41%), siendo escasos los ejemplares donde está ausente (5%); el mesolófulo no está desarrollado en la mayoría de los casos (99%), siendo esbozado en el resto (1%).

Especie *Democricetodon lacombai* (Freudenthal y Daams, 1988)

Material, medidas y descripción (tabla 2, figuras 5, 6.7-9 y 7.7-9).

Para las descripciones morfológicas se han estudiado 17 M1, 11 M2, 15 M3, 12 m1, 18 m2 y 5 m3, descartando las piezas en peor estado o muy desgastadas.

M1: el anterocono es generalmente simple (65%), y ligeramente dividido en el 35% de los ejempla-



**Figura 5.**— Diagrama de dispersión longitud/anchura que muestra la distribución de los tamaños de los molares de las especies *Democricetodon larteti* y *Democricetodon lacombai* del yacimiento de Los Ahijones.

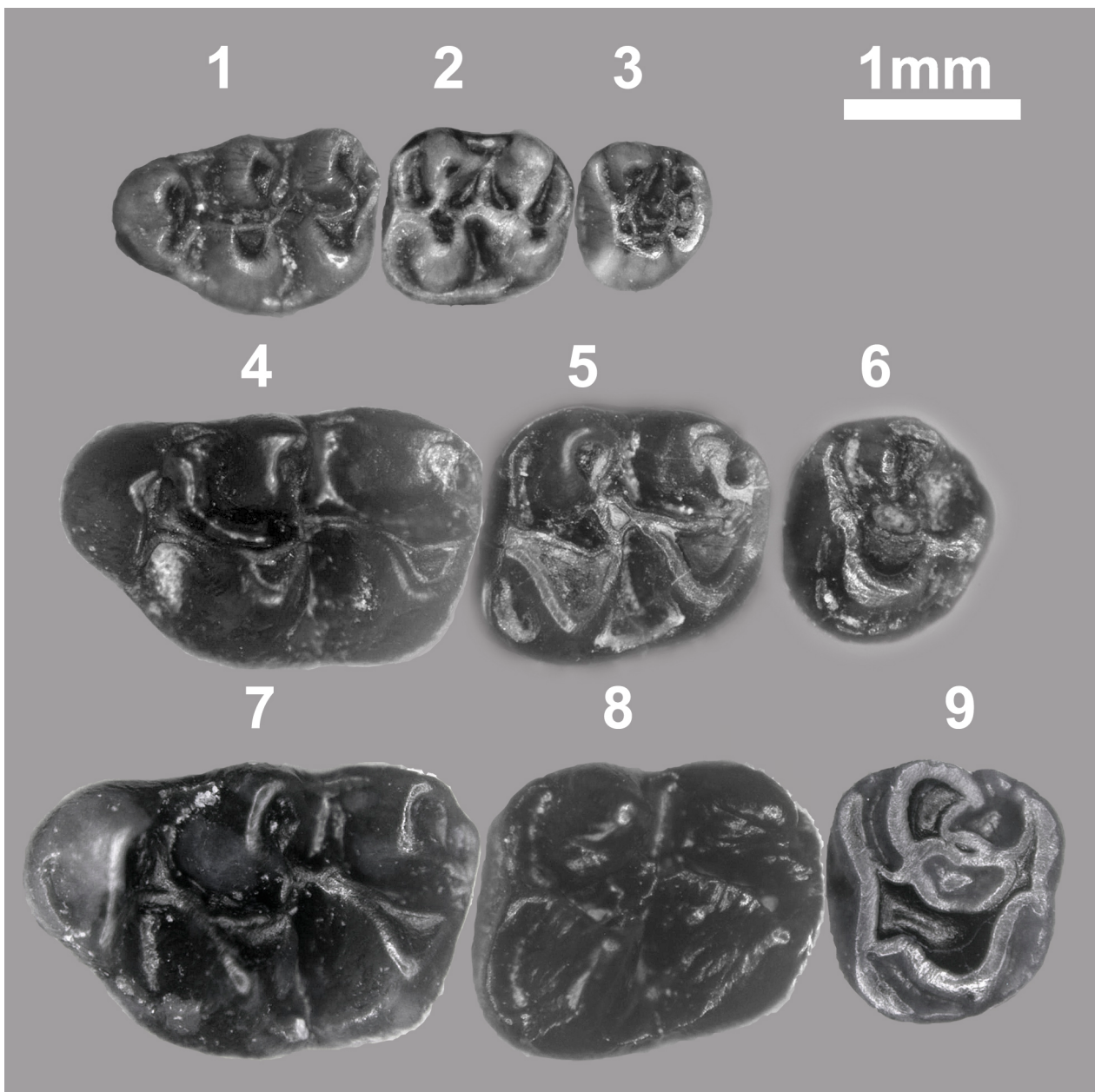


res; con anterolófulo siempre dividido; el protolófulo es posterior en la mayoría de las piezas (94%) y doble en el resto (6%); el ectolofa habitualmente está esbozado (35%) o bien desarrollado (35%), y ausente en el 30% restante; el mesolofa suele estar ausente (47%) o esbozado (41%), y en menor medida es corto (6%) o de tamaño medio (6%).

M2: el protolófulo es mayoritariamente posterior (73%), siendo posterior casi doble en 18% de los ejemplares y doble en el 9%; el ectolofa aparece esbozado en el 55% de las piezas, es largo en el

36% y está ausente en el resto (9%); el mesolofa se esboza en el 55% de los ejemplares, estando completamente ausente en el resto (45%); el metalófulo suele ser posterior (45%) o es doble (45%), en este último caso con las ramas anterior y posterior simétricas (27%) o mayor desarrollo de la anterior (18%), y con menor frecuencia el metalófulo es transversal (10%).

M3: el anterolófulo lingual se encuentra desarrollado en la mayoría de las piezas (93%), estando ausente en un único ejemplar; el protolófulo suele



**Figura 6.**— 1-3 Serie yugal superior Iz de *Megacricetodon collongensis*: 1- M1 (2109/28/MM1/CR235s); 2- M2 (2019/28/MM1/CR666s); 3- M3 (219/28/MM1/CR685s). 4-6 Serie yugal superior Iz de *Democricetodon larteti*: 4- M1 (2019/28/MM4/121); 5- M2 (2019/28/MM4/177); 6- M3 (2019/28/MM4/356). 7-9 Serie yugal superior Iz de *Democricetodon lacombai*: 7- M1 (2019/28/MM4/142); 8- M2 (219/28/MM1/CR736s); 9- M3 (2019/28/MM4/315).

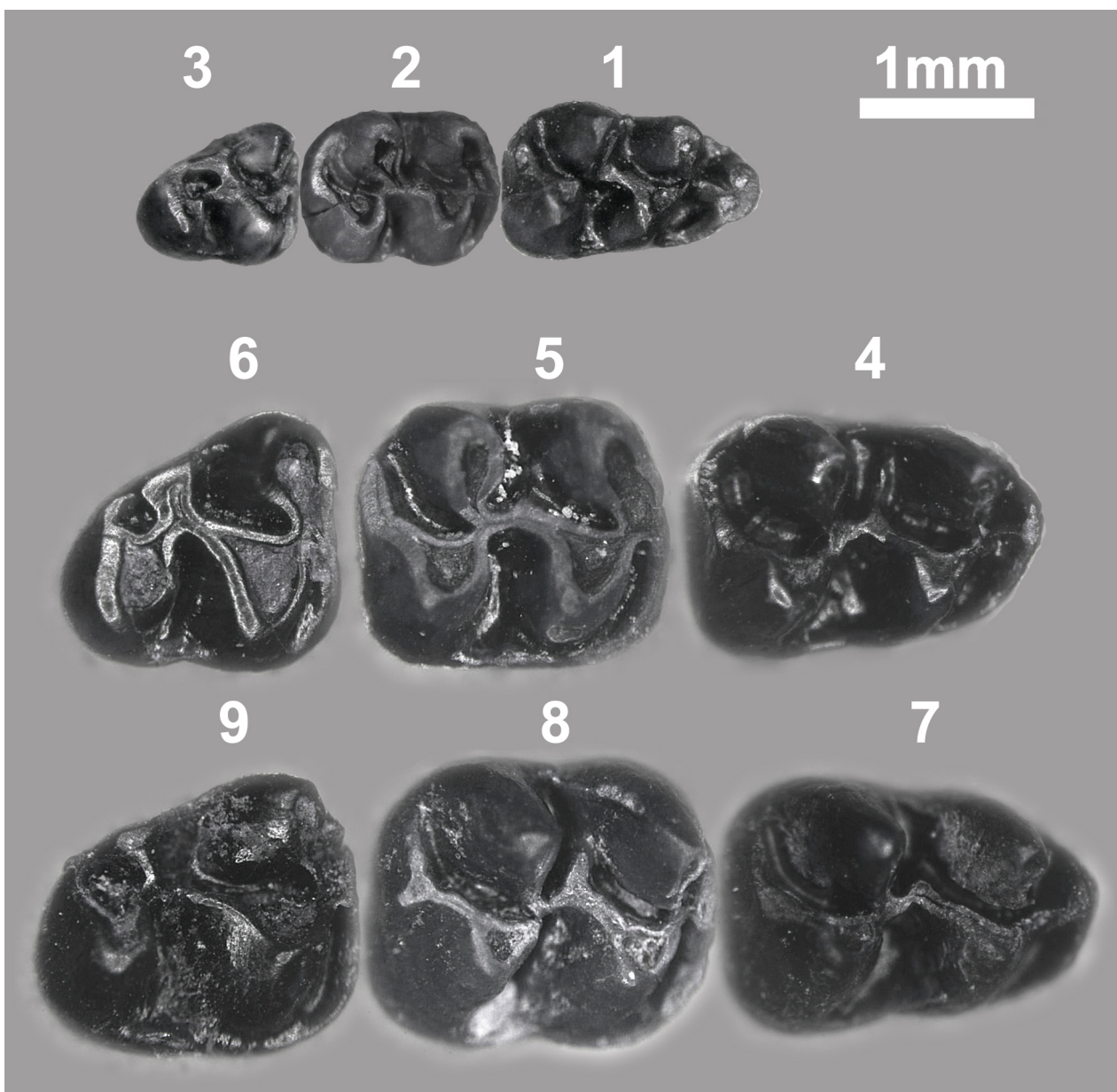
ser incipiente en el 87% de las piezas y desarrollado en el resto (13%); el mesolofio está ausente en la mayoría de los ejemplares (87%) y solo en el 13% es incipiente; el metalófulo suele ser doble, generalmente conectando con el hipocono y el protolófulo (73%), o conectando con el neo-entolofio y el protolófulo (20%), y solo en un caso la conexión es sencilla con el hipocono (7%).

m1: tienen el anterosinúcido lingual mayoritariamente abierto (75%); el metalofúlido se proyecta anteriormente (55%), y está ausente en el resto de las piezas; la cresta del metacónido está poco desa-

rollada en la mayoría de los ejemplares (82%); el mesolófulo es variable, en orden descendente de frecuencia está esbozado (42%), ausente (33%), medio (17%) o corto (8%).

m2: el anterolófulo lingual suele estar presente (67%); la cresta del metacónido está bien desarrollada en el 22% de los casos; y el mesolófulo en orden descendente de frecuencia se encuentra ausente (44%), esbozado (33%), corto (17%) y medio (6%).

m3: el anterolófulo lingual es mayoritariamente corto (80%), estando ausente en el 20% de las pie-



**Figura 7.**— 1-3 Serie yugal inferior Dc de *Megacricetodon collongensis*: 1- m1 (2019/28/MM1/CR813i); 2- m2 (2019/28/MM4/682); 3- m3 (2019/28/MM1/CR882i). 4-6 Serie yugal inferior Dc de *Democricetodon larteti*: 4- m1 (2019/28/MM1/CR108i); 5- m2 (2019/28/MM1/CR162i); 6- m3 (2019/28/MM1/CR170i). 7-9 Serie yugal inferior Dc de *Democricetodon lacombai*: 7- m1(2019/28/MM1/CR109i); 8- m2 (2019/28/MM1/CR147i); 9- m3 (2019/28/MM1/CR181i).

zas; el mesocingúlido labial suele ser incipiente (60%) o desarrollado (40%); el mesolófido siempre está ausente.

### Discusión

Dos líneas evolutivas, parcialmente contemporáneas, se definieron por van der Meulen et al. (2003) en el área tipo del Aragoniense: la línea *Democricetodon hispanicus* - *lacombai* (*D. hispanicus* - *D. decipiens* - *D. moralesi* - *D. jordensi* - *D. lacombai*), y la línea *Democricetodon franconicus* - *D. crusafonti* (*D. franconicus* - *D. koenigswaldi* - *D. larteti* - *D. crusafonti*). Ambas líneas han sido reconocidas en la cuenca de Madrid (Hernández Ballarín, 2016; Hernández-Ballarín & Peláez Campomanes, 2017a).

La distribución de longitud (L) y anchura (A) de los molares, junto a su morfología permite separar dos poblaciones (figura 5). La de menor tamaño incluye el 91% de los ejemplares, y es comparable a los tamaños de *D. larteti* de los yacimientos de Las Planas 4A, Las Planas 4C y Las Umbrías 14 de la cuenca de Calatayud-Montalbán (van der Meulen et al., 2003), y a los yacimientos de Somosaguas y el Cañaveral (ligeramente inferiores a los de Casa Montero) de la cuenca de Madrid (Hernández Ballarín, 2016), yacimientos de la biozona E en ambas cuencas. La población de talla grande es minoritaria y sus tamaños difíciles de comparar dada la escasez de ejemplares en las cuencas de referencia, pero la talla es próxima a los estados finales del linaje *Democricetodon hispanicus* - *lacombai*, especialmente en yacimientos cercanos al límite de las biozonas Dd-E, como Las Planas 4B y Las Umbrías 9 y 10 en la cuenca de Calatayud-Montalbán (van der Meulen et al., 2003), y a los yacimientos de la biozona E de Arroyo del Olivar y Somosaguas de la cuenca de Madrid (Hernández Ballarín, 2016).

Desde el punto de vista morfológico, los ejemplares de talla pequeña muestran caracteres propios *D. larteti*, anterocono mayoritariamente simple en los M1, menor desarrollo del ectolofa en los M1 y M2, anterosinúsido lingual cerrado en los m1 y mesolófido relativamente más desarrollado en los m1 y m2 (van der Meulen et al., 2003; Hernández Ballarín, 2016). Por otro lado, los de mayor tamaño muestran características de *D. lacombai*, anterolofa doble, mayor desarrollo del ectolofa y anterosinúsido lingual abierto en m1. Sin embargo, la tendencia hacia la división del anterocono de los M1 en *D. lacombai*, documentada por van der Meulen y colaboradores (2003) para la cuenca de referencia, no se observa

en los ejemplares del yacimiento de Los Ahijones, en consonancia con lo observado en la cuenca de Madrid (Hernández Ballarín, 2016).

Familia Gliridae Muirhead, 1819

Género *Microdyromys* De Bruijn, 1967

Especie *Microdyromys* aff. *monspeliensis* Aguilar, 1977

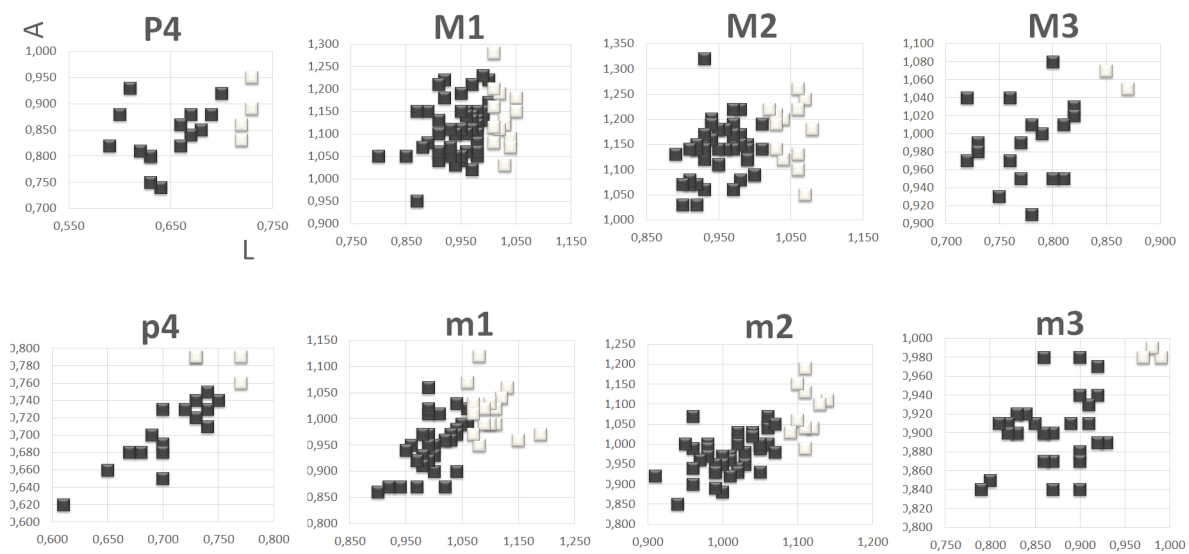
Material, medidas y descripción (tabla 3, figuras 8 y 9.1-8)

**Tabla 3.**— Medidas de las piezas dentales del género *Microdyromys*.

| M. aff. <i>monspeliensis</i> |    | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|------------------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pieza                        | N  | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| P4                           | 15 | 0,59 | 0,65 | 0,70 | 0,03 | 0,74 | 0,84 | 0,93 | 0,05 |
| M1                           | 51 | 0,80 | 0,94 | 1,00 | 0,04 | 0,95 | 1,11 | 1,23 | 0,06 |
| M2                           | 50 | 0,82 | 0,95 | 1,01 | 0,04 | 1,03 | 1,14 | 1,32 | 0,05 |
| M3                           | 18 | 0,72 | 0,77 | 0,82 | 0,03 | 0,91 | 0,99 | 1,08 | 0,04 |
| p4                           | 17 | 0,61 | 0,70 | 0,75 | 0,04 | 0,62 | 0,71 | 0,79 | 0,04 |
| m1                           | 33 | 0,90 | 1,00 | 1,06 | 0,04 | 0,86 | 0,95 | 1,06 | 0,05 |
| m2                           | 42 | 0,91 | 1,01 | 1,07 | 0,04 | 0,85 | 0,97 | 1,07 | 0,05 |
| m3                           | 30 | 0,79 | 0,87 | 0,93 | 0,04 | 0,84 | 0,90 | 0,98 | 0,04 |
| <i>Microdyromys</i> sp.      |    | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
| Pieza                        | N  | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| P4                           | 4  | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,01 | 0,83 | 0,88 | 0,95 | 0,04 |
| M1                           | 14 | 1,01 | 1,03 | 1,05 | 0,01 | 1,03 | 1,14 | 1,28 | 0,06 |
| M2                           | 13 | 1,02 | 1,05 | 1,08 | 0,02 | 1,05 | 1,17 | 1,26 | 0,06 |
| M3                           | 2  | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,01 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 0,01 |
| p4                           | 3  | 0,73 | 0,76 | 0,77 | 0,02 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,01 |
| m1                           | 16 | 1,06 | 1,10 | 1,19 | 0,03 | 0,95 | 1,01 | 1,12 | 0,04 |
| m2                           | 10 | 1,09 | 1,11 | 1,14 | 0,01 | 0,99 | 1,08 | 1,19 | 0,06 |
| m3                           | 3  | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,01 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,00 |

Desde el punto de vista morfológico se han estudiado un total de 234 piezas (15 P4, 48 M1, 49 M2, 14 M3, 15 p4, 30 m1, 36 m2 y 27 m3).

P4: se caracterizan por el desarrollo de cinco crestas transversales, anterolofa, protolofa, metalofa y posterolofa, más la presencia de un centrolofa de escaso desarrollo que mayoritariamente es posterior (40%) o indefinido (33%), y menos frecuentemente anterior (14%), estando ausente en el 13% de las piezas con un patrón dental más simple de cuatro crestas; en ninguna de las piezas se observan crestas accesorias; el endolofa conecta las cuatro crestas principales en el 60% de los casos, y en el resto el anterolofa queda aislado por un surco; la mayoría



■ *M. aff. monspeliensis* □ *Microdyromys* sp.

**Figura 8.**— Diagrama de dispersión longitud/ anchura que muestra la distribución de los tamaños de los premolares y molares de las especies *Microdyromys* aff. *monspeliensis* y *Microdyromys* sp. del yacimiento de Los Ahijones.

de los ejemplares carece de ornamentación lingual (87%), siendo débil en el resto.

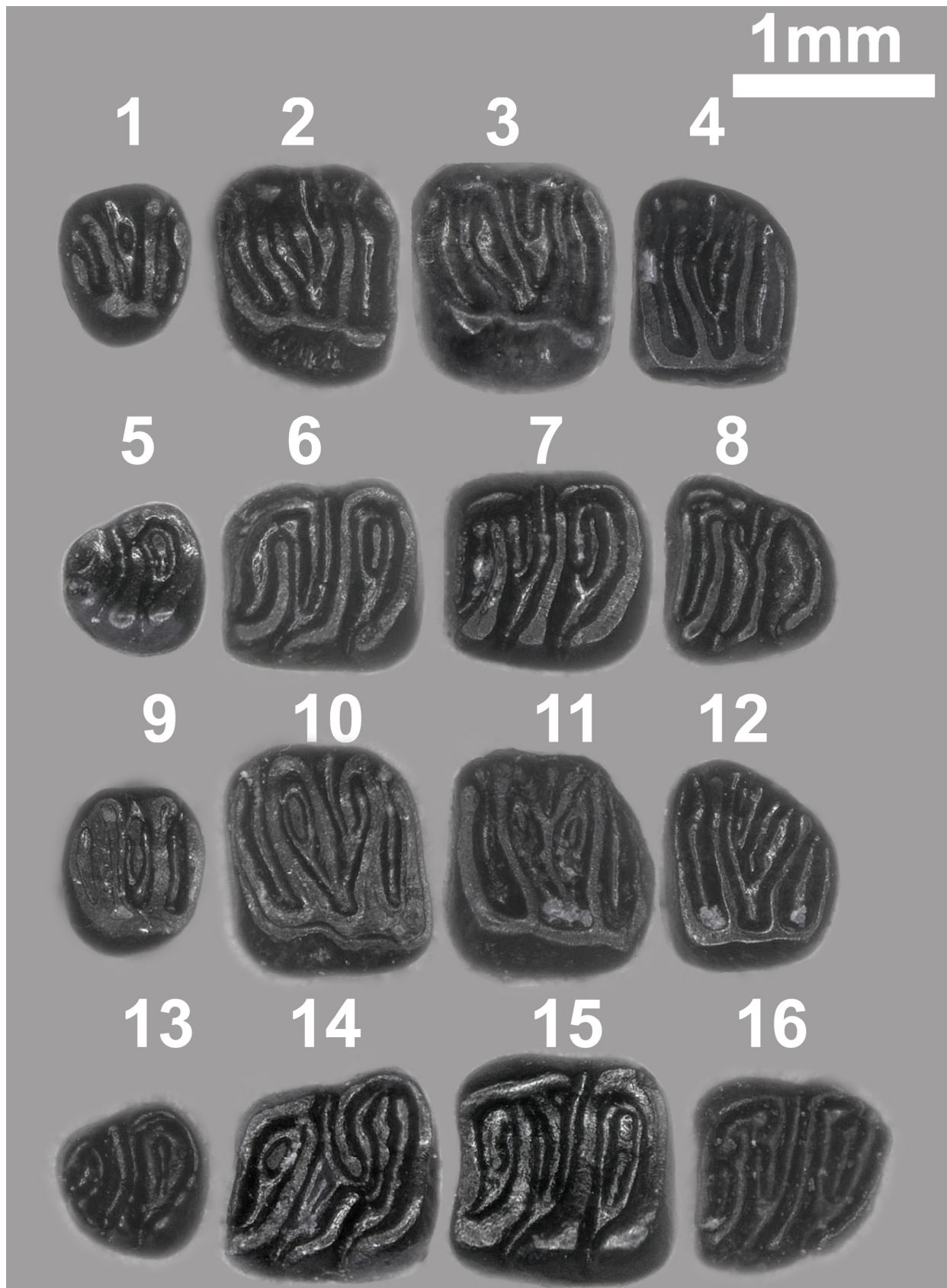
**M1:** domina un patrón de seis crestas transversales (71%) con centrolofos desarrollados, en el 17% de las piezas se documenta además una cresta accesoria en el trigonio (anterior en el 13% y central en el 4%) generando un patrón de siete crestas, y en el 12% solo se observa un centrolofo anterior (cinco crestas); el centrolofo anterior es mayor que el posterior en la mayoría de los casos (81%), siendo equivalentes en un 4% y solo es mayor el posterior en el 2% de las piezas; en el 10% de los ejemplares los centrolofos llegan a conectar entre sí; no se observan crestas accesorias fuera del trigonio; el endolofa es continuo en el 79% de los casos y en el resto el anterolofa queda aislado por un surco; la ornamentación lingual suele ser débil (50%) o marcada (31%), estando ausente en el resto.

**M2:** generalmente presentan seis crestas transversales (61%) con centrolofos desarrollados, siendo siempre mayor el anterior, en el 14% se documentan siete crestas con una extra anterior en el trigonio, y el 25% de las piezas se caracteriza por un patrón más simple de cinco crestas con un único centrolofo siempre anterior; únicamente en el 4% de ejemplares los centrolofos llegan a conectar; no se dan crestas accesorias fuera del trigonio; el endolofa es continuo en el 82% de los casos y en el resto el anterolofa queda aislado por un surco; el 47% carece

de ornamentación lingual, y en otro 47% es débil, estando marcada solo en el 6%.

**M3:** el patrón con seis crestas es el más común (57%), seguido del morfotipo más sencillo de cinco crestas (36%), y solo un ejemplar presenta siete crestas; el centrolofo posterior es mayor que el anterior generalmente (50%), y viceversa en el 14%, el 22% de los ejemplares presenta un centrolofo anterior único y el 14% solo posterior; los centrolofos nunca se conectan; solo un ejemplar presenta una cresta accesoria anterior en el trigonio y otro una cresta anterior fuera de trigonio; el endolofa es continuo en el 79% de los casos, y en el resto el anterolofa queda aislado por un surco; el 67% carece de ornamentación lingual, en el 20% es débil, y está marcada en el 13% de los ejemplares.

**p4:** generalmente con un patrón de cinco crestas transversales, anterolofido, metalofido, mesolofido y posterolofido, sin centrolofido, pero con una cresta extra en el valle posterior (87%), mientras que en las dos piezas restantes no aparece la cresta extra y presentan un patrón más sencillo de cuatro crestas (13%); anterolofido y metalofido conectan lingualmente en el 53% de los ejemplares, mientras que la conexión lingual entre mesolofido y posterolofido se completa en el 93% de las piezas; el endolofido nunca es continuo, ya que metalofido y mesolofido siempre están separados por el valle central.



**Figura 9.**— Series yugales lz de *Microdyromys*. 1-8 *Microdyromys* aff. *monspeliensis*: 1- P4 (2019/28/MM1/GL226s); 2- M1 (2019/28/MM1/GL203s); 3- M2 (2019/28/MM1/GL178s); 4- M3 (2019/28/MM4/713); 5- p4 (2019/28/MM1/GL183i); 6- m1 (2019/28/MM1/GL235i); 7- m2 (2019/28/MM1/GL201i); 8- m3 (2019/28/MM1/GL223i). 9-16 *Microdyromys* sp.: 9- P4 (2019/28/MM4/745); 10- M1 invertido (2019/28/MM1/GL280s); 11- M2 (2019/28/MM1/GL208s); 12- M3 (2019/28/MM1/GL262s); 13- p4 invertido (2019/28/MM1/GL225i); 14- m1 (2019/28/MM1/GL188i); 15- m2 (2019/28/MM1/GL202i); 16- m3 (2019/28/MM1/GL218i).

m1: mayoritariamente con seis crestas transversales (80%), y en menor medida el patrón más simple de cinco crestas (10%), mientras que patrones complejos de siete (7%) y ocho crestas (3%) son minoritarios; el 90% de los ejemplares presentan centrolófidio, que suele tener un desarrollo que supera la mitad del diente (50%), o apenas lo alcanza (10%), mientras que solo en dos piezas llega al borde labial; respecto a las crestas accesorias el 87% de los ejemplares presenta solo una en el valle posterior, el 7% dos, una en el valle posterior y otro en el anterior, en una sola pieza dos crestas posteriores, y en otras piezas tres crestas accesorias, anterior, posterior y delante del centrolófidio; la conexión lingual anterior se establece frecuentemente entre el anterolófidio y centrolófidio, quedando aislado en metalófidio (50%), en el 20% la conexión es completa entre las tres crestas, en el 17% la conexión no se da entre ninguna de las crestas, y en el 13% se establece únicamente entre anterolófidio y metalófidio quedando aislado el centrolófidio; la conexión lingual entre mesolófidio y posterolófidio se completa en el 93% de las piezas; el endolófidio solo aparece como una cresta continua en el 3% (una pieza) conectando mesolófidio y centrolófidio, cerrando el valle central.

m2: domina la forma de seis crestas transversales (86%), y en menor medida se documentan ejemplares con un patrón más complejo de siete crestas (11%), mientras que el patrón más sencillo de cinco crestas solo se observa en una de las piezas (3%); todos los ejemplares presentan centrolófidio, frecuentemente con un desarrollo que supera la mitad del diente (67%), o apenas lo alcanza (31%), mientras que solo en uno de los ejemplares alcanza el borde labial (3%); en cuanto al patrón de crestas accesorias el 86% de los ejemplares presenta solo una en el valle posterior, el 11% tiene dos, una en el valle posterior y otro en el anterior, y en uno solo están ausentes (3%); la conexión lingual anterior se establece mayoritariamente entre el anterolófidio y centrolófidio, quedando aislado el metalófidio en el 69% de los casos, en el 19% la conexión no se da entre ninguna de las crestas, en el 8% la conexión es completa entre las tres crestas, y en una pieza (3%) se establece únicamente entre el anterolófidio y metalófidio quedando aislado el centrolófidio; la conexión lingual entre mesolófidio y posterolófidio se completa en el 81% de las piezas; el endolófidio nunca aparece como una cresta continua.

m3: el patrón de cinco crestas transversales es el más frecuente (56%), seguido del patrón más com-

plejo de seis (37%), y en solo dos piezas se documentan cuatro crestas (7%); el 89% de los ejemplares presentan centrolófidio, que suele tener un desarrollo que no supera la mitad del diente (70%), superándolo en el 15%, y alcanzando el borde labial en un solo ejemplar (4%); respecto a las crestas accesorias en el 63% de los ejemplares están ausentes, el 33% presenta solo una en el valle posterior, y en el 4% dos, una en el valle posterior y otro en el anterior; la conexión lingual anterior se establece de forma mayoritaria entre el anterolófidio y centrolófidio, quedando aislado el metalófidio en el 70% de las piezas, en el 22% la conexión no se da entre ninguna de las crestas, solo en una pieza (4%) la conexión es completa entre las tres crestas, y en otra se establece únicamente entre anterolófidio y metalófidio quedando aislado el centrolófidio; la conexión lingual entre mesolófidio y posterolófidio es completa en el 74% de las piezas; el endolófidio aparece como una cresta continua en una sola pieza (4%), conectando mesolófidio y centrolófidio.

Especie *Microdyromys* sp.

Material, medidas y descripción (tabla 3, figuras 8 y 9.9-16)

Un total de 67 piezas han podido estudiarse morfológicamente (4 P4, 14 M1, 12 M2, 2 M3, 3 p4, 17 m1, 12 m2 y 3 m3), y suponen el 19% de las piezas identificadas como *Microdyromys*.

P4: se caracterizan por el desarrollo de cinco crestas transversales, anterolofos, protolofos, metalofos y posterolofos, más la presencia de un centrolofos de escaso desarrollo (75%) que en la mitad de los ejemplares es indefinido en cuanto a su posición, y en una pieza es claramente anterior; otro de los ejemplares tiene un patrón más complejo con seis crestas por la presencia de dos centrolofos (25%), siendo mayor el posterior sin llegar a conectar; ninguna de las piezas presenta crestas accesorias; el endolofos conecta las cuatro crestas principales en la mitad de los casos, y en la otra mitad el anterolofos queda aislado por un surco; no se aprecia ornamentación lingual en ningún ejemplar.

M1: más de la mitad de las piezas tiene seis crestas transversales (57%) con centrolofos anteriores más desarrollados que los posteriores, excepto en una pieza donde son equivalentes, y solo en dos piezas (14%) los centrolofos se conectan; el 36% de las piezas tiene siete crestas y solo un ejemplar (7%)

presenta ocho; dentro del trigonio el 43% de los ejemplares tiene una cresta accesoria anterior, y solo uno de ellos presenta además una cresta accesoria posterior fuera del trigonio; el endolofa es continuo en el 86% de los casos y en el resto queda aislado por un surco; la ornamentación lingual suele ser débil en el 57% de los ejemplares, o marcada en el 29%, y ausente en el resto (14%).

M2: la mitad de las piezas tiene seis crestas transversales con centrolofos desarrollados, siendo siempre mayor el anterior y llegando a conectar solo en el 17% de los casos; el 17% de las piezas se caracteriza por el patrón más simple de cinco crestas con un único centrolofo anterior, y en el resto (32%) aparecen crestas accesorias en el trigonio, cuando es única siempre es anterior (17%) y cuando es doble puede ser anterior y media (8%) o anterior y posterior (8%); el endolofa es continuo en el 83% de los casos y en el resto el anterolofa queda aislado por un surco; en el 59% de los casos se aprecia una débil ornamentación lingual, que es marcada en el 8%, y ausente en el resto (33%).

M3: uno de los ejemplares tiene seis crestas transversales, mientras que el otro presenta siete con una cresta accesoria anterior en el trigonio; en un caso el centrolofo anterior es más largo que el posterior, y en el otro viceversa; el endolofa es siempre continuo y presentan ornamentación lingual débil.

p4: se caracterizan por un patrón de cinco crestas transversales, sin controlófid, pero una cresta extra en el valle posterior; anterolófid y metalófid conectan lingualmente en dos de los ejemplares (67%); la conexión lingual entre mesolófid y posterolófid se completa siempre; el endolófid nunca es continuo.

m1: el 53% de las piezas tienen más de seis crestas transversales, el 47% presenta dos (anterior y posterior), y hay una con tres crestas, una anterior y dos posteriores (6%); el otro 47% tiene seis crestas con una cresta accesoria posterior; el controlófid siempre está presente, y suele tener un desarrollo que supera la mitad del diente (71%), alcanzando el borde labial en el 18% de los casos, siendo corto en el resto; la conexión lingual anterior se establece frecuentemente entre el anterolófid y controlófid, quedando aislado en metalófid (47%), en el 18% de los ejemplares la conexión es completa entre las tres crestas, en el 29% la conexión no se da entre ninguna de las crestas, y en el 6% se establece únicamente entre anterolófid y metalófid quedando aislado el controlófid; la conexión lingual entre meso-

lófid y posterolófid se completa en el 88% de las piezas; el endolófid solo aparece como una cresta continua en un caso (6%) conectando mesolófid y controlófid, cerrando el valle central.

m2: se dan por igual el patrón de seis y siete crestas transversales; el controlófid aparece en todos los ejemplares, mayoritariamente con un desarrollo que supera la mitad del diente (83%), alcanzando el borde labial en un caso y con una longitud que no alcanza la mitad del diente en el otro; en cuanto al patrón de crestas accesorias la mitad de los ejemplares presenta solo una en el valle posterior y la otra mitad tiene dos, una en el valle posterior y otra en el anterior; la conexión lingual anterior se establece mayoritariamente entre el anterolófid y controlófid, quedando aislado el metalófid (58%), en el 25% la conexión es completa entre las tres crestas, mientras que en un ejemplar la conexión no se da entre ninguna de las crestas, y en otra pieza se establece únicamente entre anterolófid y metalófid quedando aislado el controlófid; la conexión lingual entre mesolófid y posterolófid se completa en el 91% de las piezas; el endolófid nunca aparece como una cresta continua.

m3: todos presentan un patrón de seis crestas transversales; el controlófid siempre está presente, con un desarrollo que generalmente no supera la mitad del diente (67%), superándolo en el resto; todos los ejemplares presentan una cresta accesoria en el valle posterior; la conexión lingual anterior siempre se establece entre el anterolófid y controlófid, quedando aislado el metalófid; el mesolófid y posterolófid no llegan a conectar, al igual que mesolófid y metalófid dejando incompleto el endolófid.

#### Discusión

El género *Microdyromys* se caracteriza por coronas dentarias bajas y cóncavas, complejas con numerosas crestas, premolares y terceros molares relativamente grandes, molares superiores con la cara lingual ornamentada, sus cuatro cúspides principales conectadas a un endolofa lingual, y en M1-M2 un centrolofo anterior mayor que el posterior, en los molares inferiores destaca la conexión lingual entre mesolófid y posterolófid (Peláez-Campomanes & Herráez, 2000; Hernández Ballarín, 2016). En los yacimientos madrileños se han registrado cuatro especies del género *Microdyromys*, *M. remerti* y *M. koenigswaldi* en el Aragoniense medio, y *Microdyromys* aff. *mons-peliensis* junto a una cuarta especie aún por definir para los yacimientos del Aragoniense medio final -

Aragoniense superior (Hernández Ballarín, 2016; Hernández Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017a). Estas especies se diferencian entre sí por la mayor complicación dental de la especie *M. koenigswaldi*, la cual presenta un mayor número de crestas accesorias (Peláez-Campomanes & Herráez, 2000), la simplicidad de *M. monspeliensis* sin crestas accesorias (Luis & Hernando 2000), y el tamaño relativamente mayor de *M. remerti* (García-Paredes et al. 2010).

En la muestra estudiada se han separado dos poblaciones, una más numerosa y de menor tamaño que incluye el 81% de las piezas dentales, y otra de tamaño mayor a la que asignamos el 19% de los ejemplares (ver figura 8). El tamaño de las piezas documentadas es claramente menor que los valores de *M. remerti* aportados por García-Paredes et al. (2010) y comparables a las especies *Microdyromys* aff. *monspeliensis* y *Microdyromys* sp. de los yacimientos madrileños de Casa Montero, Somosaguas Sur o el Cañaverol (Hernández Ballarín, 2016).

Desde el punto de vista morfológico, las poblaciones documentadas se diferencian por un predominio del patrón más simple asociado a la población de menor tamaño. Por ejemplo, en los molares superiores la mayoría de las piezas carece de crestas accesorias, y en los molares inferiores pocos ejemplares tienen más de una. Sin embargo, en la especie de mayor tamaño aumenta el porcentaje de crestas accesorias, de forma sensible en los molares superiores y más notablemente en los m1/m2 donde, al menos, el 50% de las piezas presenta dos o más.

En base a estas diferencias podemos inferir la existencia de dos especies de *Microdyromys* como las que se describen para otros yacimientos del final de Aragoniense medio de Madrid, *Microdyromys* aff. *monspeliensis* de menor tamaño y morfología simple y *Microdyromys* sp. de mayor tamaño y patrón dental más complejo que corresponde a una nueva especie no descrita (Hernández Ballarín, 2016; Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017a).

Género *Armantomys* De Bruijn, 1966

Especie *Armantomys tricristatus* López Martínez, 1977

Material, medidas y descripción (tabla 4, figura 10)

Se han estudiado un total de 140 piezas dentales (29 P4, 10 M1, 12 M2, 16 M3, 30 p4, 10 m1, 18 m2 y 15 m3), descartando algunas medidas por presentar una evidente deformación o marcas de digestión.

**Tabla 4.**— Medidas de las piezas dentales de la especie *Armantomys tricristatus*.

| Pieza | N  | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |    | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| P4    | 22 | 0,99 | 1,20 | 1,94 | 0,18 | 1,56 | 1,77 | 2,00 | 0,12 |
| M1    | 10 | 1,77 | 2,03 | 2,35 | 0,17 | 2,02 | 2,41 | 2,66 | 0,17 |
| M2    | 13 | 1,66 | 1,77 | 1,95 | 0,10 | 2,29 | 2,50 | 2,67 | 0,12 |
| M3    | 14 | 1,38 | 1,49 | 1,70 | 0,09 | 1,75 | 2,03 | 2,31 | 0,14 |
| p4    | 30 | 0,86 | 1,05 | 1,36 | 0,12 | 0,87 | 1,04 | 1,22 | 0,09 |
| m1    | 5  | 1,91 | 1,98 | 2,07 | 0,06 | 1,91 | 2,09 | 2,44 | 0,19 |
| m2    | 12 | 2,03 | 2,21 | 2,43 | 0,14 | 2,13 | 2,29 | 2,54 | 0,13 |
| m3    | 10 | 1,88 | 2,04 | 2,21 | 0,09 | 1,82 | 1,95 | 2,12 | 0,09 |

P4: tienen tres crestas principales, protolofo, metalofo y posterolofo, estando ausente el anterolofo en todos los casos; el metalofo conecta con el posterolofo en la mayoría de las piezas (76%), quedando aislado en el resto (24%); el protolofo y posterolofo conectan en el borde lingual (90%), excepto en tres piezas en las que ambas crestas quedan aisladas (10%).

M1: destacan por presentar el metalofo siempre conectado al posterolofo, y la conexión protolofo-posterolofo se completa en el borde lingual en la mitad de los casos.

M2: el metalofo conectado al posterolofo es el caso mayoritario (92%), excepto en un ejemplar donde el metalofo está aislado; la conexión protolofo-posterolofo es completa lingualmente en el 58% de las piezas.

M3: muestran una mayor variabilidad morfológica, el 50% de los ejemplares presenta el posterolofo conectado al metalofo, pero aislados respecto al protolofo; en el 31% de los ejemplares la conexión de posterolofo es completa con el metalofo y con el protolofo en el borde lingual (en una de las piezas el metalofo está dividido); en el 19% el posterolofo está desconectado del metalofo y posterolofo (uno de los ejemplares tiene el protolofo dividido y conectado al metalofo).

p4: tienen un tamaño reducido en los que se observan tres crestas principales, a veces reducidas a pequeños conos, metalófidio, mesolófidio y posterolófidio, que conectan entre sí de forma variable; el metalófidio conecta labialmente con el posterolófidio en el 37% de las piezas, y con el mesolófidio en el 43 % de los ejemplares, quedando aislado en el resto (20%).

m1: anterolófidio y metalófidio tienen un tamaño netamente más reducido que las crestas posteriores, y quedan conectados en los bordes labial y lingual; el mesolófidio y posterolófidio quedan totalmente



separados por un valle más profundo en el borde labial.

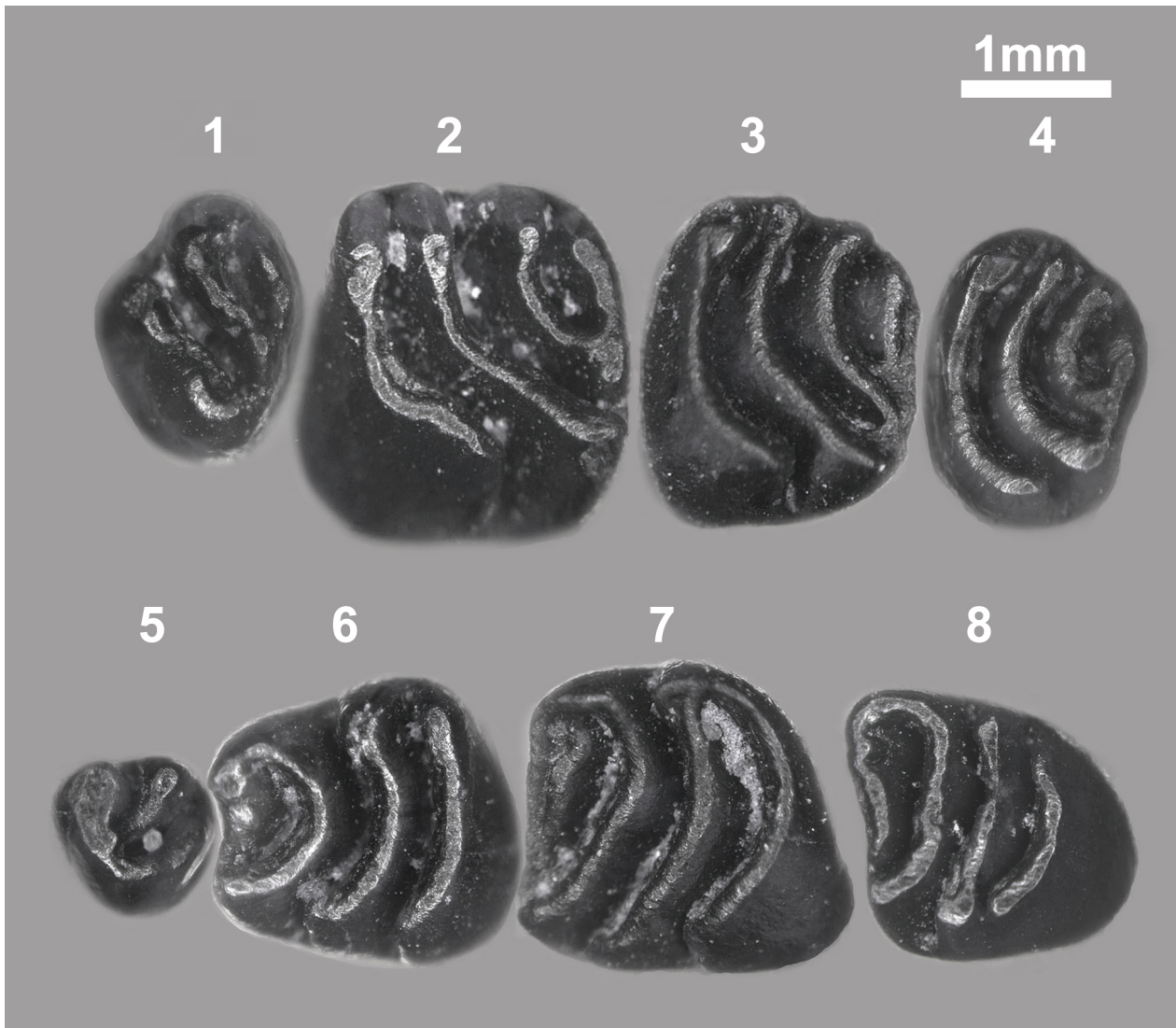
m2: presentan un desarrollo más equitativo de las cuatro crestas principales respecto a los m1, con una separación lingual más profunda entre mesolófido y posterolófido, exceptuando dos ejemplares (11%) donde las crestas posteriores conectan en el borde lingual.

m3: tienen más desarrollado el metalófido y mesolófido que el anterolófido y posterolófido; el posterolófido está siempre aislado del mesolófido.

#### Discusión

*Armantomys* presenta un patrón dental muy simple, diferenciándose por características peculiares que hacen su dentición inconfundible, crestas muy

elevadas e inclinadas, ausencia de centrolofos y de crestas accesorias, y una corona dentaria muy hipso-donta (López Martínez et al., 1987). En la cuenca de Madrid se han registrado clásicamente tres especies *A. jasperi*, *A. aragonensis* para la mayor parte del Aragoniense medio, y *A. tricristatus* como último representante del género a partir del final del Aragoniense medio (Hernández Ballarín, 2016). Desde el punto de vista morfológico, los ejemplares estudiados muestran las características propias de *Armantomys tricristatus*, dada la separación del mesolófido y posterolófido en los m3, y tamaños dentro de los rangos establecidos para esta especie en otros yacimientos de la cuenca de Madrid como Casa Montero, Somosaguas o Húmera estudiados por Hernández Ballarín (2016).



**Figura 10.**— Series yugales Iz de *Armantomys tricristatus*. 1- P4 (2019/28/MM4/800); 2- M1 (2019/28/MM4/844); 3- M2 (2019/28/MM1/GL151s); 4- M3 (2019/28/MM4/819); 5- p4 (2019/28/MM4/823); 6- m1 invertido (2019/28/MM1/GL165i); 7- m2 invertido (2019/28/MM1/GL171i); 8- m3 (2019/28/MM4/838).

Familia Sciuiridae Fisher von Waldheim, 1817

Género *Heteroxerus* Sthelin y Schaub, 1951

Especie *Heteroxerus rubricati* Crusafont, Villalta y Truyols, 1955

Material, medidas y descripción (tabla 5, figura 11.1-6)

**Tabla 5.**— Medidas de las piezas dentales del género *Heteroxerus*.

| <i>H. rubricati</i>    |   | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pieza                  | N | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| D4                     | 2 | 1,29 | 1,42 | 1,55 | 0,13 | 1,37 | 1,47 | 1,57 | 0,10 |
| M1-2                   | 4 | 1,50 | 1,61 | 1,73 | 0,08 | 1,82 | 2,02 | 2,27 | 0,18 |
| m1-2                   | 6 | 1,58 | 1,74 | 1,86 | 0,10 | 1,54 | 1,73 | 2,01 | 0,16 |
| m3                     | 1 | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 0,00 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 0,00 |
| <i>H. grivensis</i>    |   | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
| Pieza                  | N | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| D4                     | 1 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 0,00 | 1,66 | 1,66 | 1,66 | 0,00 |
| M1-2                   | 1 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 0,00 | 2,27 | 2,27 | 2,27 | 0,00 |
| d4                     | 1 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 0,00 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 0,00 |
| p4                     | 1 | 1,87 | 1,87 | 1,87 | 0,00 | 1,69 | 1,69 | 1,69 | 0,00 |
| m1-2                   | 4 | 1,97 | 2,13 | 2,26 | 0,11 | 2,12 | 2,22 | 2,33 | 0,08 |
| m3                     | 2 | 2,05 | 2,10 | 2,14 | 0,05 | 1,79 | 1,88 | 1,97 | 0,09 |
| <i>Heteroxerus</i> sp. |   | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
| Pieza                  | N | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| p4                     | 1 | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 0,00 | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 0,00 |
| m3                     | 1 | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 0,00 | 2,52 | 2,52 | 2,52 | 0,00 |

Trece de los ejemplares se atribuyen a *H. rubricati*, 2 D4, 4 M1-2, 6 m1-2 y 1 m3.

D4: anterolofos desarrollados y proyectados anteriormente; el metalofo es corto, en una de las piezas está doblemente conectado al posterolofos, y en la otra están anexos; carecen de mesostilo; paracono y metacono se conectan mediante una pequeña cresta.

M1-2: el metalofo queda aislado en la mitad de las piezas (50%), en uno de los ejemplares presenta una conexión simple con el posterolofos a través del metacónulo (25%), y en la pieza restante se encuentra anexo al posterolofos (25%); solo una de las piezas presenta un mesostilo bien desarrollado (25%) estando ausente en el resto (75%); se aprecia conexión entre paracono y metacono en una sola pieza (25%), estando aislados en la mayoría (75%).

m1-2: se caracterizan por la ausencia de anterolofos labial; solo la rama labial del metalofo está presente en cinco piezas (67%), y en las otras dos (33%) ambas ramas, la labial y la lingual, están

desarrolladas y conectadas; el entolofido siempre conecta con el hipoconúlido; no se observa mesolofido; metacónido y entocónido siempre aparecen conectados.

m3: presenta un metacónido destacable como la cúspide más desarrollada; el metalofo es corto y no llega a conectar con el metacónido; el entocónido es reducido, mostrándose la parte posterolingual como una cresta alargada; el entolofido está ausente; no se aprecia mesolofido y el metacónido no llega a conectar con el entocónido.

*Heteroxerus grivensis* (Major, 1893)

Material, medidas y descripción (tabla 5, figura 11.7-13)

A la especie *H. grivensis* corresponden 10 piezas dentales, 1 D4, 1 M1-2, 1 d4, 1 p4, 4 m1-2 y 2 m3.

D4: tiene un anterolofos que se ensancha anterolabialmente; metacono y metacónulo se unen por un corto metalofo, completamente aislado; se observa un pequeño mesostilo que conecta con el paracono, pero no llega al metacono.

M1-2: en la única pieza disponible el metalofo se encuentra anexo al posterolofos, conectando a través del metacono; paracono y metacono están conectados mediante una cresta crenulada en la que destaca un incipiente mesostilo.

d4: esta pieza presenta una clara alteración del esmalte (causada posiblemente por digestión), por lo que su medida puede estar subestimada, pero sus caracteres morfológicos son claramente distinguibles; presenta un anteroconúlido bien definido sin desarrollo de anterolofos labial; un metalofo desarrollado conecta metacónido y protocónido; el entolofido es incompleto y no llega al hipoconúlido; no presenta mesolofido; metacónido y entocónido conectan mediante una cresta poco marcada.

p4: tiene un pequeño anteroconúlido sin desarrollo de anterolofos labial; metacónido y protocónido se encuentran muy próximos, pero aislados sin metalofo que los conecte; un entolofido corto y ancho conecta con el hipoconúlido; metacónido y entocónido están separados por un profundo valle central sin rastro de mesolofido.

m1-2: presentan un anterolofos labial variable, en dos piezas está ausente (50%), en otra tiene un desarrollo reducido (25%), y en la que resta está bien desarrollado, rodeando labialmente el protocónido (25%); en dos ejemplares solo la rama labial del metalofo está presente, y en los otros dos aparecen

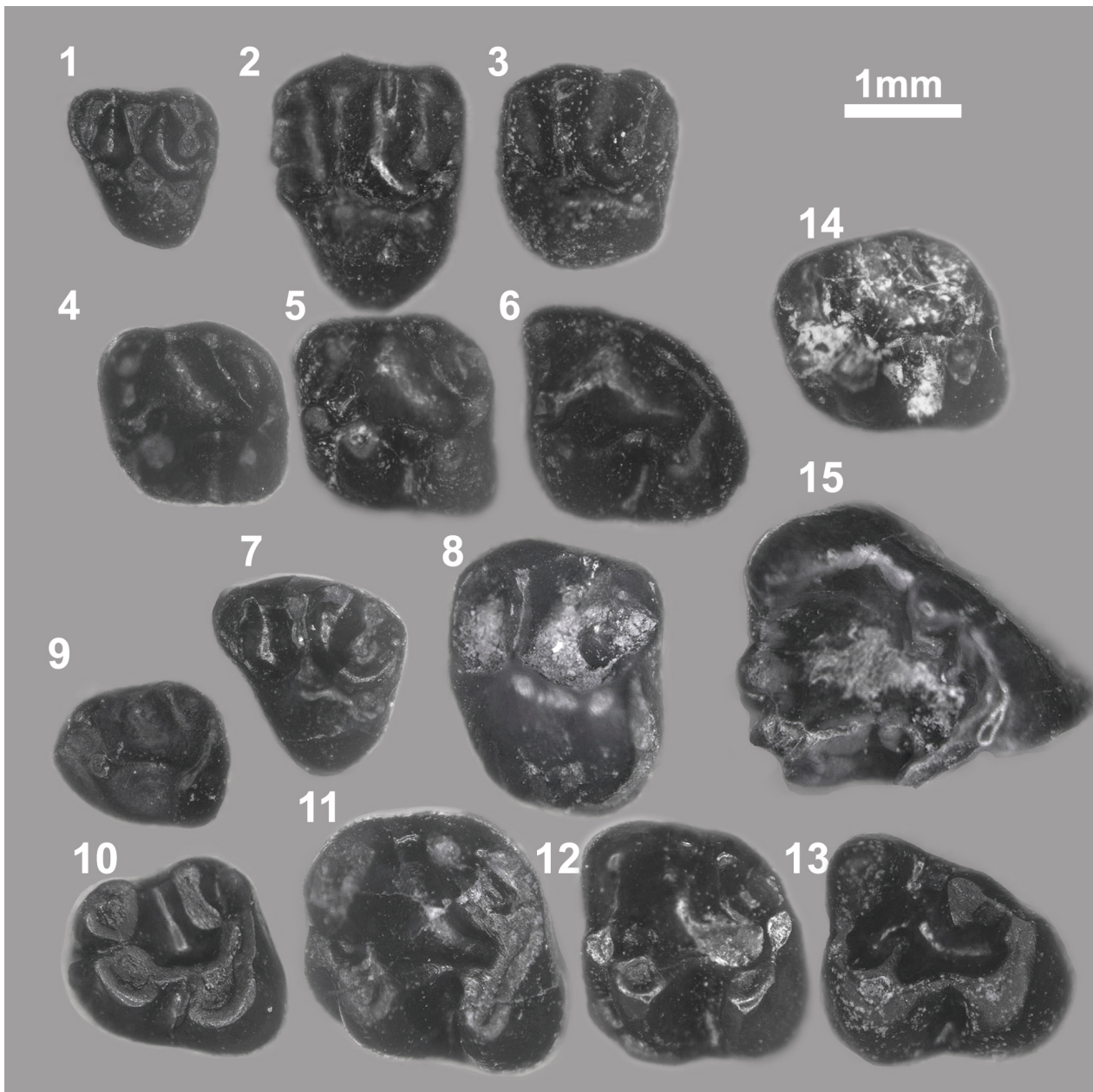
las dos ramas, labial y lingual (en una de las piezas tienen escaso desarrollo y no se conectan, y en la otra están conectadas uniendo el metaconónido con el protocónido); el entolófido siempre se prolonga hasta conectar con el hipoconúlido; metaconónido y entocónido suelen conectarse por una pequeña cresta (75%) o quedar aislados por un prominente mesolófido (25%).

m3: el metaconónido es la cúspide más desarrollada seguida del protocónido; un metalófido posterior marcado parte del protocónido sin llegar a conectar

el metaconónido; el entocónido está marcado conectando con el posterolófido; el entolófido es muy corto, sin conexión con el hipoconúlido; no se aprecia mesolófido en ninguna pieza; en uno de los ejemplares metaconónido y entocónido están separados por un surco profundo, mientras que en la otra pieza se conectan por una cresta poco marcada.

*Heteroxerus sp.*

Material, medidas y descripción (tabla 5, figura 11.14-15)



**Figura 11.**— Series yugales lz de *Heteroxerus*. 1-6 *Heteroxerus rubricati*: 1- D4 (2019/28/MM1/ES111); 2- M1-2 invertido (2019/28/MM3/212); 3- M1-2 (2019/MM1/ES105); 4- m1-2 (2019/28/MM1/ES121); 5- m1-2 (2019/28/MM1/ES133); 6- m3 invertido (2019/28/MM1/ES151). 7-13 *Heteroxerus grivensis*: 7- D4 (2019/28/MM1/ES102); 8- M1-2 invertido (2019/28/MM4/871); 9- d4 invertido (2019/28/MM1/ES123); 10- p4 (2019/28/MM1/ES134); 11- m1-2 invertido (2019/28/MM1/ES131); 12- m1-2 (2019/28/MM3/211); 13- m3 invertido (2019/28/MM1/ES150). 14-15 *Heteroxerus sp.*: 14- p4 (2019/28/MM3/210); 15- m3 r invertido (2019/28/MM4/873).

Solo dos piezas son clasificadas como *Heteroxerus* sp., 1 p4 y 1 m3.

p4: es relativamente grande y robusto, se caracteriza por un pequeño anteroconúlido sin desarrollo de anterolófido lingual; metacónido y protocónido se encuentran muy separados y conectados por un metalófido largo y estrecho; el entolófido es largo, estrecho y conecta con el hipoconúlido; metacónido y entocónido están conectados por una débil cresta anterolingual que cierra el valle central.

m3: aunque está roto labialmente se ha podido tomar una medida de su longitud, apreciándose un tamaño considerable; el metacónido es la cúspide más desarrollada y el protocónido está roto labialmente; no se observa metalófido; un entocónido reducido pero marcado conecta con el metacónido mediante una cresta anterolingual marcada, y posteriormente conecta con el hipoconúlido a través del posterolófido; el entolófido está ausente dejando un valle central amplio y profundo.

#### Discusión

El material es muy escaso comparado con el resto de los roedores, y tan solo se han podido estudiar 25 piezas dentales completas. La revisión reciente de los esciúridos del Aragoniense medio y superior de la cuenca de Madrid (Hernández Ballarín, 2016) reconoce la presencia de los géneros *Heteroxerus* y *Atlantoxerus*, con un claro predominio de *Heteroxerus*, estando *Atlantoxerus* representado en porcentajes inferiores al 3% en la fauna de roedores de distintos yacimientos exclusivos de la biozona Dd.

Clásicamente, el género *Heteroxerus* aparece representado en España durante el Aragoniense medio y superior por dos especies similares, *H. rubricati* y *H. grivensis*, diferenciadas principalmente por la talla, siendo mayor *H. grivensis*, y pequeñas diferencias morfológicas, entre las que Cuenca-Bescós (1988) para la cuenca de Calatayud-Montalbán cita que, en *H. grivensis* la unión entre el metalofo y posterolofo es prácticamente constante, y en *H. rubricati* variable, o el mayor desarrollo del anterolófido labial en *H. grivensis*. La misma autora identifica una tercera especie de *Heteroxerus* de mayor tamaño que las anteriores, que no ha sido descrita, pero su presencia se ha confirmado en el Aragoniense tanto en la cuenca de referencia como en la cuenca de Madrid (Hernández Ballarín, 2016)

En base a estas consideraciones, atribuimos la mayor parte del material documentado a las especies

*H. rubricati* y *H. grivensis*, ya que los tamaños son plenamente comparables a las poblaciones de otros yacimientos de la cuenca de Madrid como Somosaguas, Húmera, Casa Montero o El Cañaveral (Hernández Ballarín, 2016). Morfológicamente también observamos un mayor desarrollo del anterolófido en los morales inferiores de *H. grivensis* y variabilidad en la conexión entre metalofo y posterolofo en *H. rubricati*.

Dos piezas, un p4 y un m3, presentan tamaños claramente mayores a las poblaciones de *H. rubricati* y *H. grivensis*. Por ejemplo, el m3, aunque roto labialmente supera los 3 mm de largo. En tamaño es comparable al género *Atlantoxerus*, pero la morfología no encaja con las características dadas por Cuenca Bescós (1988) para este género, mayor hiposodoncia, crestas más gruesas o cúspides y cónulos más redondeados, presentando características más próximas al género *Heteroxerus*, con una mayor sencillez morfológica asociada a la reducción de los lófidos en el m3. De esta forma, atribuimos estas dos piezas a *Heteroxerus* sp., especie aún no descrita. Reconocemos, por tanto, la existencia de las especies *H. rubricati*, *H. grivensis* y *Heteroxerus* sp. en el yacimiento de Los Ahijones.

Orden Lagomorpha Brandt, 1855

Familia Ochotonidae Thomas, 1897

Género *Lagopsis* Schlosser, 1884

Especie *Lagopsis verus* (Hensel, 1556)

Material, medidas y descripción (tabla 6, figura 12.1-3)

**Tabla 6.**— Medidas de las piezas dentales de la especie *Lagopsis verus*.

| Pieza | N  | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |    | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| P2    | 8  | 0,80 | 0,93 | 1,00 | 0,07 | 1,61 | 1,78 | 1,99 | 0,13 |
| P3    | 37 | 1,09 | 1,35 | 1,60 | 0,11 | 2,08 | 2,67 | 3,60 | 0,35 |
| p3    | 40 | 1,52 | 1,89 | 2,31 | 0,18 | 1,55 | 1,84 | 2,43 | 0,22 |

Se han recuperado más de 234 piezas dentales, pero solo se han estudiado los segundos y terceros molares superiores y los terceros premolares inferiores, por tratarse de las piezas más diagnósticas. En total 15 P2, 37 P3 y 40 p3.

P2: se caracterizan por tres conos principales, hipercono, lagicono y postlóbulo, en orden decreciente; el paraflexo y mesoflexo están marcados, son

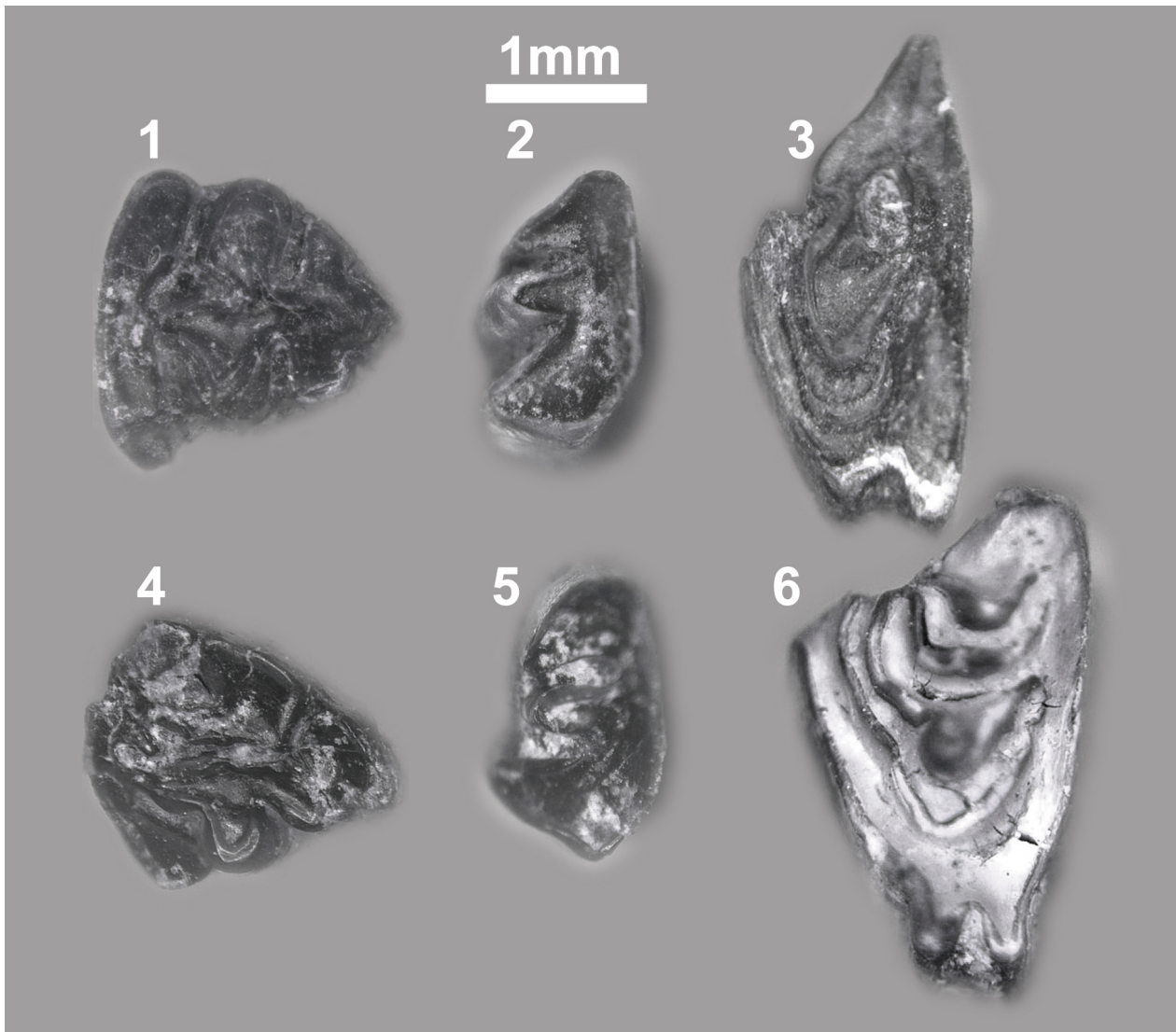
paralelos y oblicuos hacia el borde posterolabial; en una sola pieza se observa un hipoflexo incipiente, estando ausente en la mayoría (93%).

P3: destaca un desarrollo mayor del hipercono distal respecto al mesial, dejando entre ambos un hipoflexo generalmente profundo; el hiperlofo se prolonga por todo el borde anterior sin llegar a sobrepasar el mesoflexo; el lagicono se ensancha mesialmente, mientras que el postlóbulo lo hace posterolabialmente.

p3: el protocónido se une al resto de las cúspides principales; el anterocónido tiene forma triangular y aparece casi siempre surcado por un anterofléxido marcado (80%), en algunas ocasiones con cemento, y en el resto simplemente está ausente o se muestra esbozado.

#### Discusión

*Lagopsis* se caracteriza por un p3 provisto de anterocónido siempre unido al protocónido. Es un género de Europa Occidental, cuya distribución estratigráfica abarca desde el Mioceno inferior al Mioceno medio. En el Aragoniense español y francés se han reconocido dos especies, *L. penai* y *L. verus*. Su evolución es lineal, sin ramificaciones, caracterizándose por un aumento progresivo de la talla y ligeras modificaciones en la profundidad del hipoflexo (P3) y el anterofléxido (p3). Estos cambios afectan a un número progresivo de individuos, por lo que el carácter estadístico del fenómeno hace que no se registre una ruptura sistemática entre especies, siendo arbitrario el límite entre ambos taxones



**Figura 12.**— Premolares de *Lagopsis verus* y *Prolagus vargasensis*. 1-3 *Lagopsis verus*: 1- p3 Dc (2019/28/MM3/316); 2- P2 Iz (2019/28/MM3/300); 3- P3 Iz (2019/28/MM4/954). 4-6 *Prolagus vargasensis*: 4- p3 Dc (2019/28/MM3/315); 5- P2 Dc invertido (2019/28/MM3/302); 6- P3 Iz. (2019/28/MM1/LA112).

(López Martínez, 1989). Clásicamente este cambio específico se había establecido en el tránsito Aragoniense medio-superior, pero en la última revisión del área tipo del Aragoniense (Hordijk, 2010) se sitúa dentro del Aragoniense, concretamente entre los yacimientos de Umbrías 3 y 9 (biozona Dd), en base al aumento estadístico del desarrollo del anterofléxido y la presencia de cemento.

La morfología de los p3 estudiados, con un protocónido que une el resto de las cúspides principales, es característica del género *Lagopsis*. Los anterocónidos presentan un rasgo considerado derivado dentro del linaje, un anterofléxido marcado que en ocasiones presenta cemento exterior, y que nos sirve para identificar la población como *Lagopsis verus* de acuerdo con López Martínez (1989) y Hordijk (2010). El tamaño de las piezas es sensiblemente mayor a las poblaciones de *Lagopsis penai* estudiadas por Hordijk (2010), situándose en el rango de los primeros representantes de *Lagopsis verus* de yacimientos como Las Planas 4A o las Umbrías 22 (biozonas E y F respectivamente).

Género *Prolagus* Pomel, 1853

Especie *Prolagus vargasensis* Hordijk y van der Meulen, 2010.

Material, medidas y descripción (tabla 7, figura 12.4-6)

**Tabla 7.**— Medidas de las piezas dentales de la especie *Prolagus*.

| Pieza | N | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|-------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |   | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| P2    | 4 | 1,04 | 1,05 | 1,09 | 0,02 | 1,77 | 1,80 | 1,83 | 0,02 |
| P3    | 2 | 1,45 | 1,67 | 1,88 | 0,21 | 2,38 | 2,68 | 2,98 | 0,30 |
| p3    | 3 | 1,89 | 1,99 | 2,05 | 0,07 | 1,68 | 1,80 | 2,03 | 0,16 |

Se han recuperado nueve piezas dentales de *Prolagus*, destacando 4 P2, 2P3 y 3 p3.

P2: el hipercono y postlóbulo están más desarrollados que el lagicono; el paraflexo y mesoflexo están marcados, son paralelos, profundos y rectos en la mitad de las piezas, o ligeramente oblicuos hacia el borde posterolabial; el hipoflexo está ausente en la mayoría de las piezas (75%), esbozándose en un caso.

P3: destaca un desarrollo equitativo del hipercono distal y mesial, con un hipoflexo poco profundo; el hiperlofo se prolonga por el borde anterior de forma oblicua hasta el lagicono; el lagicono es estrecho

y alargado y el postlóbulo tiene forma más redondeada.

p3: anterocónido aislado y redondeado; protocónidos desarrollados; el centrolóbulo es profundo y fusionado, con metacónido y protocónido separados y unidos al entocónido; un pequeño gancho desarrollado aparece en dos ejemplares (67%) y se esboza en otro (33%).

#### Discusión

Se trata de un género muy persistente que se distribuye desde el Mioceno inferior hasta el Holoceno, abarcando un rango de unos 20 millones de años (López Martínez, 1989), y que aparece representado por múltiples linajes, algunos de los cuales tienen distribuciones geográficas relativamente limitadas (Hordijk, 2010). El Mioceno medio español se distingue por la presencia de tres linajes del género *Prolagus*, el linaje *P. lopezmartinezae* – *P. tobieni* que se caracteriza por tamaños pequeños, p3 con anterocónido triangular aplastado, protocónido unido al metacónido, pero aislados del entocónido, dejando un centrolóbulo dividido y poco profundo, junto a un protoconúlido ausente o muy pequeño. Mientras que los linajes considerados inmigrantes representados por *P. oeningensis* y *P. vargasensis* – *P. major*, presentan una talla mayor, anterocónido aislado y redondeado, protoconúlido desarrollado, protocónido y metacónido separados entre sí dejando un profundo centrolóbulo fusionado, protocónido y metacónido se unen al entocónido cada uno independientemente (Hordijk, 2010).

Los tres p3 estudiados de *Prolagus* presentan características típicas de los linajes inmigrantes, *P. oeningensis* y *P. vargasensis* – *P. major*, basándose en las nuevas definiciones establecidas por Hordijk (2010) para área tipo del Aragoniense. Ambos linajes se diferencian por la talla, siendo *P. oeningensis* menor y presentando un gancho más desarrollado. Los ejemplares de Los Ahijones son claramente mayores a los establecidos para *P. oeningensis* de los yacimientos de la cuenca de Calatayud-Montalbán, y comparables al estadio intermedio del linaje *P. vargasensis* – *P. major*, pero la forma redondeada del anterocónido es propia de *Prolagus vargasensis* (Hordijk, 2010). Las medidas de los premolares superiores son muy próximas a los documentados en yacimientos como Las Planas 4A o Las Umbrías 22 (biozonas E y F respectivamente) y que marcan las formas más recientes de *P. vargasensis*.

Orden Eulipotyphla Waddell et al., 1999 (Insectívora Cuvier, 1817)

Familia Erinaceidae Bonaparte, 1838

Género *Galerix* Pomel, 1808

Especie *Galerix exilis* (Blainville, 1839)

Material, medidas y descripción (tabla 8, figura 13)

**Tabla 8.**— Medidas de las piezas dentales de la especie *Galerix exilis*.

| Pieza | N | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|-------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |   | Min  | X    | Máx  | δ    | Min  | X    | Máx  | δ    |
| M1    | 1 | 2,49 | 2,49 | 2,49 | 0,00 | 3,13 | 3,13 | 3,13 | 0,00 |
| M2    | 2 | 1,99 | 2,10 | 2,20 | 0,11 | 2,52 | 2,72 | 2,91 | 0,20 |
| M3    | 1 | 1,57 | 1,57 | 1,57 | 0,00 | 1,54 | 1,54 | 1,54 | 0,00 |
| m1    | 1 | 2,73 | 2,73 | 2,73 | 0,00 | 1,76 | 1,76 | 1,76 | 0,00 |
| m2    | 1 | 2,61 | 2,61 | 2,61 | 0,00 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 0,00 |
| m3    | 2 | 1,16 | 1,25 | 1,33 | 0,09 | 1,25 | 1,33 | 1,40 | 0,08 |

El material en buen estado es escaso y el estudio se ha centrado en los molares por tratarse de las piezas más completas. 1 M1, 2 M2, 1 M3, 1 m1, 1 m2 y 2 m3.

M1: presenta un contorno rectangular, con una anchura netamente superior a la longitud; el protocono es la cúspide más desarrollada, y el hipocono la más baja de las cuatro principales; el protocono conecta con el hipocono, y la rama posterior del metacónulo es relativamente corta; el paracono bien desarrollado no conecta con el pequeño parastilo en el borde anterolabial; la rama distal del metacono se extiende hacia la parte posterolabial donde se observa el metastilo; los cíngulos anterior, posterior y labial se encuentran bien desarrollados.

M2: destacan por un contorno irregular, con una anchura mayor en la parte anterior; el protocono es claramente la cúspide más desarrollada, y el hipocono la más baja. El resto de las características hacen referencia solo a una de las piezas, ya que la otra muestra evidencias de digestión; al igual que en el M1 el protocono conecta con el hipocono, y la rama distal del metacónulo es relativamente corta; el paracono bien desarrollado conecta con un pequeño parastilo en el borde anterolabial; la rama distal del metacono se extiende hacia la parte posterolabial donde se observa el metastilo; los cíngulos anterior, posterior y labial aparecen bien desarrollados.

M3: es muy reducido y simple, de contorno triangular, constituyendo los vértices el paracono, metacono y protocono que se unen entre sí por crestas

dejando en el centro del molar una cuenca redondeada; tanto el cíngulo anterior como posterior están desarrollados.

m1: contorno rectangular, más largo que ancho, a diferencia de los molares superiores; el talónido es ligeramente más ancho que el trigónido que tiene forma de v abierta en su parte lingual; el protocónido y el metacónido son las cúspides más altas, estando ambas conectadas; la cresta oblicua está marcada, y se proyecta desde el hipocónido hasta la base del protocónido; el paralófidio se une oblicuamente al protocónido y el paracónido está poco desarrollado.

m2: presenta una forma y características muy parecidas a los m1, siendo el paracónido ligeramente menos proyectado anteriormente, configurando un trigónido más cerrado.

m3: son muy reducidos, desapareciendo el talónido; el contorno es triangular, constituyendo los vértices el paracónido, metacónido y protocónido, que en una pieza se distinguen claramente, mientras que en la otra quedan disimulados por las crestas que las unen; el protocónido se une al paracónido y metacónido mediante crestas, mientras que metacónido y paracónido no se unen entre sí; solo el cíngulo posterior está desarrollado en uno de los ejemplares.

#### Discusión

Se pueden distinguir tres especies durante el Mioceno en la Península Ibérica: *Galerix symeonidisi* de talla menor y *Galerix exilis*, que se encuentran desde el Aragoniense inferior hasta el Aragoniense superior reemplazándose gradualmente (Ziegler, 2005), y *Galerix socialis*, que en el Vallès-Penedès, al menos, reemplaza a *G. exilis* a partir del Vallesiense. Las diferencias entre ellas se basan en el tamaño y algunos caracteres morfológicos: *G. symeonidisi* es la especie más pequeña y es habitual que en sus molares superiores no exista conexión entre metacónulo-protocono; en *G. exilis* el p3 es más pequeño que el p2, mientras que en *G. socialis* la serie dentaria inferior es creciente de p1 a p4; en el P3 de *G. exilis* hay una sola cúspide en la parte lingual del diente, mientras que en *G. socialis* hay dos cúspides (Sesé et al., 1985); en *G. exilis* la rama distal del metacónulo de M1 y M2 finaliza en la base del metacono, y en *G. socialis* termina labialmente en la base del metastilo (Luis & Hernando, 2000).

Los ejemplares estudiados son ligeramente mayores que *G. symeonidisi* del yacimiento de las Retamas (Cuenca) (Álvarez Sierra et al., 2006), entrando dentro de la variación de tamaños de *G. exilis* de

la cuenca de Calatayud-Montalbán estudiados por de Jong (1988), y comparables a los ejemplares del yacimiento de Somosaguas descritos por Luis y Hernando (2000) en la cuenca de Madrid. Una de las características morfológicas típicas de *Galerix exilis*, como la rama distal del metacónulo pequeña, está presente, mientras que no se observa unión entre metacónulo y protocono, mostrando un estado intermedio entre *G. exilis* y *G. socialis*, más próximo al primero (carácter intermedio entre *G. exilis* y *G. socialis* según de Jong, 1988). A tenor del tamaño de las piezas, como de las características de los molares superiores identificamos nuestros ejemplares como *Galerix exilis*, que muestra caracteres ligeramente evolucionados en su paso a *G. socialis*.

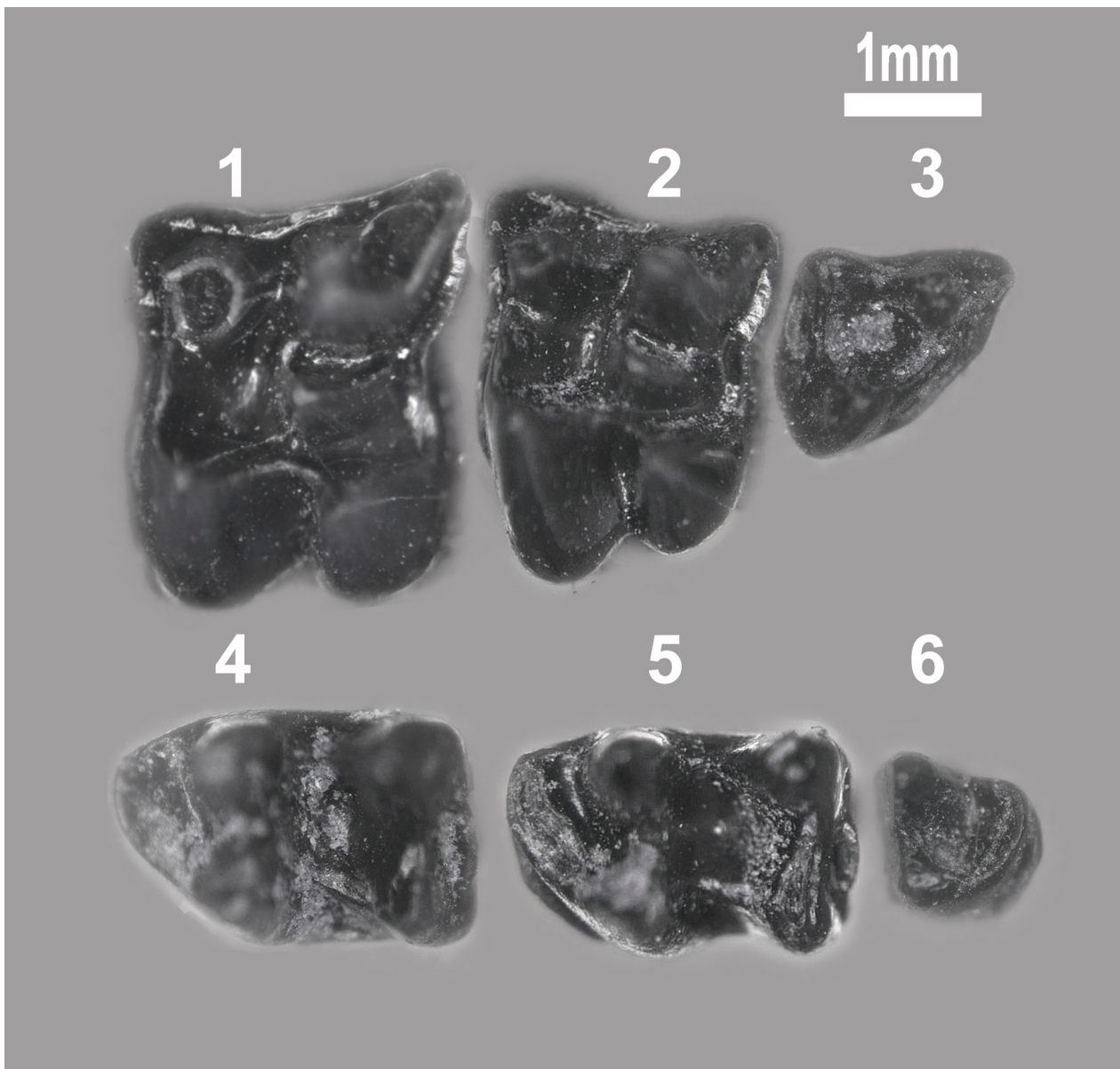
Familia Soricidae Gray, 1821

Género *Miosorex* Kretzoi, 1959

Especie *Miosorex grivensis* (Depéret, 1892)

Material, medidas y descripción (tabla 9, figura 14)

Se han recuperado un número notable de piezas dentales (129) atribuibles a esta familia, aunque la determinación exacta de las piezas aisladas requiere de especialistas en este tipo de taxones. Las piezas identificadas son 2 P4, 9 M1, 9 M2, 1 M3, 5 p4, 21 m1, 20 m2 y 8 m3. Los P4 están claramente molarizados, mientras que los p4 son reducidos y claramente distinguibles de los molares. A continuación, se describen los molares con mayor detalle.



**Figura 13.**— *Galerix exilis*. 1- M1 Dc, invertido (2019/28/MM1/IN102); 2- M2 Dc, invertido (2019/28/MM1/IN128); 3- M3 Iz (2019/28/MM1/IN104). 4- m1 Dc, invertido (2019/28/MM1/IN161); 5- m2 Iz (2019/28/MM4/113); 6- m3 Iz (2019/28/MM1/IN101).



**Tabla 9.**— Medidas de las piezas dentales de la especie *Miosorex grivensis*.

| Pieza | N  | L    |      |      |      | A    |      |      |      |
|-------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |    | Mín  | X    | Máx  | δ    | Mín  | X    | Máx  | δ    |
| P4    | 2  | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 0,02 | 1,42 | 1,52 | 1,62 | 0,10 |
| M1    | 9  | 1,20 | 1,35 | 1,51 | 0,09 | 1,38 | 1,65 | 1,86 | 0,14 |
| M2    | 9  | 1,14 | 1,25 | 1,42 | 0,08 | 1,31 | 1,53 | 1,72 | 0,14 |
| M3    | 1  | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,00 | 1,32 | 1,32 | 1,32 | 0,00 |
| p4    | 5  | 0,91 | 0,99 | 1,11 | 0,07 | 0,61 | 0,67 | 0,80 | 0,07 |
| m1    | 21 | 1,16 | 1,31 | 1,47 | 0,08 | 0,76 | 0,88 | 0,98 | 0,05 |
| m2    | 20 | 1,14 | 1,27 | 1,42 | 0,07 | 0,74 | 0,85 | 0,93 | 0,05 |
| m3    | 8  | 0,95 | 1,03 | 1,17 | 0,06 | 0,62 | 0,70 | 0,88 | 0,08 |

M1: son más anchos en la parte posterior, mostrando metastilos más desarrollados que mesostilos y parastilos, mientras que en los M2 tienden a presentar tamaños más parecidos.

M2: el metacono y paracono son las cúspides más desarrolladas unidas por el mesostilo; protocono e hipocono están presentes, aunque menos desarrollados.

M3: destaca el paracono como la cúspide más alta, y el protocono es reducido; metacono e hipocono están ausentes; el parastilo es largo, se prolonga labialmente y no tiene cíngulos.

m1-2: presentan un contorno trapezoidal; la cúspide más alta y desarrollada es el protocónido, siendo el metacónido y entocónido las siguientes en altura; la cresta oblicua, bien desarrollada, finaliza entre metacónido y protocónido, más próxima a la segunda; la cuenca del trigónido está abierta en su zona lingual por un profundo surco, mientras que la cuenca del talónido está cerrada por el propio entocónido; presentan cíngulos anterior y posterior, que rara vez continúan labialmente.

m3: presentan talónidos muy reducidos, con destacables cíngulos anteriores.

### Discusión

Los caracteres morfológicos descritos, como los P4 molarizados y la reducción del talónido de los m3, nos permiten identificar nuestros ejemplares como sorícidos, y atribuirlos a la tribu Myosoricini (Furió, 2007). Recurriendo a los datos métricos obtenidos, observamos como las piezas entran dentro de los rangos de la especie *Miosorex grivensis* de la cuenca de Calatayud-Montalbán estudiados por de Jong (1988), por lo que atribuimos nuestros ejemplares a esta especie. No obstante, se ha documentado en la cuenca de Madrid, concretamente en el yacimiento contemporáneo de Casa Montero, la presencia de

otro sorícido asignado al género *Lartetium* (López Guerrero, et al., 2007), de características y tamaños muy próximos a *Miosorex*. Huegueney et al. (2014) aportan las medidas de la serie yugal m1-m3 de distintas especies de *Lartetium* para yacimientos europeos de las MN 3/8, que se han comparado con la medida de la pieza 2019/28/MM4/1102 (L: 3,69 mm. Figura 14.2), coincidiendo con el rango para *Lartetium dehmi* del yacimiento francés de Vieux-Collonges. Aunque mantenemos la asignación de nuestros ejemplares a *Miosorex*, abrimos la posibilidad a que se hayan encontrado piezas asignables a otros géneros como *Lartetium*, siendo necesario que las muestras sean estudiadas por especialistas en insectívoros para la correcta caracterización de las especies documentadas.

### Análisis de palinomorfos

El análisis de palinomorfos proporcionó los siguientes resultados:

-RES/0464/2019/MP1 (UE1). *Quercus* t. esclerófilo (figura 15.1): 9 ejemplares; *Pinus* t. *sylvestris*: 1 ejemplar

-RES/0464/2019/MP2 (UE2). No se ha encontrado ningún palinomorfo, sin embargo, la muestra contiene gran cantidad de partículas de materia orgánica de plantas terrestres degradadas (figura 15.2).

-RES/0464/2019/MP3 (UE4). *Plantago lanceolata*: 1 ejemplar; Poaceae (figura 15.3): 4 ejemplares; *Quercus* t. esclerófilo: 10 ejemplares; *Ulmus*: 1 ejemplar; *Juniperus*: 3 ejemplares; *Rumex*: 1 ejemplar; *Olea* (figura 15.4): 1 ejemplar; *Helianthemum*: 1 ejemplar.

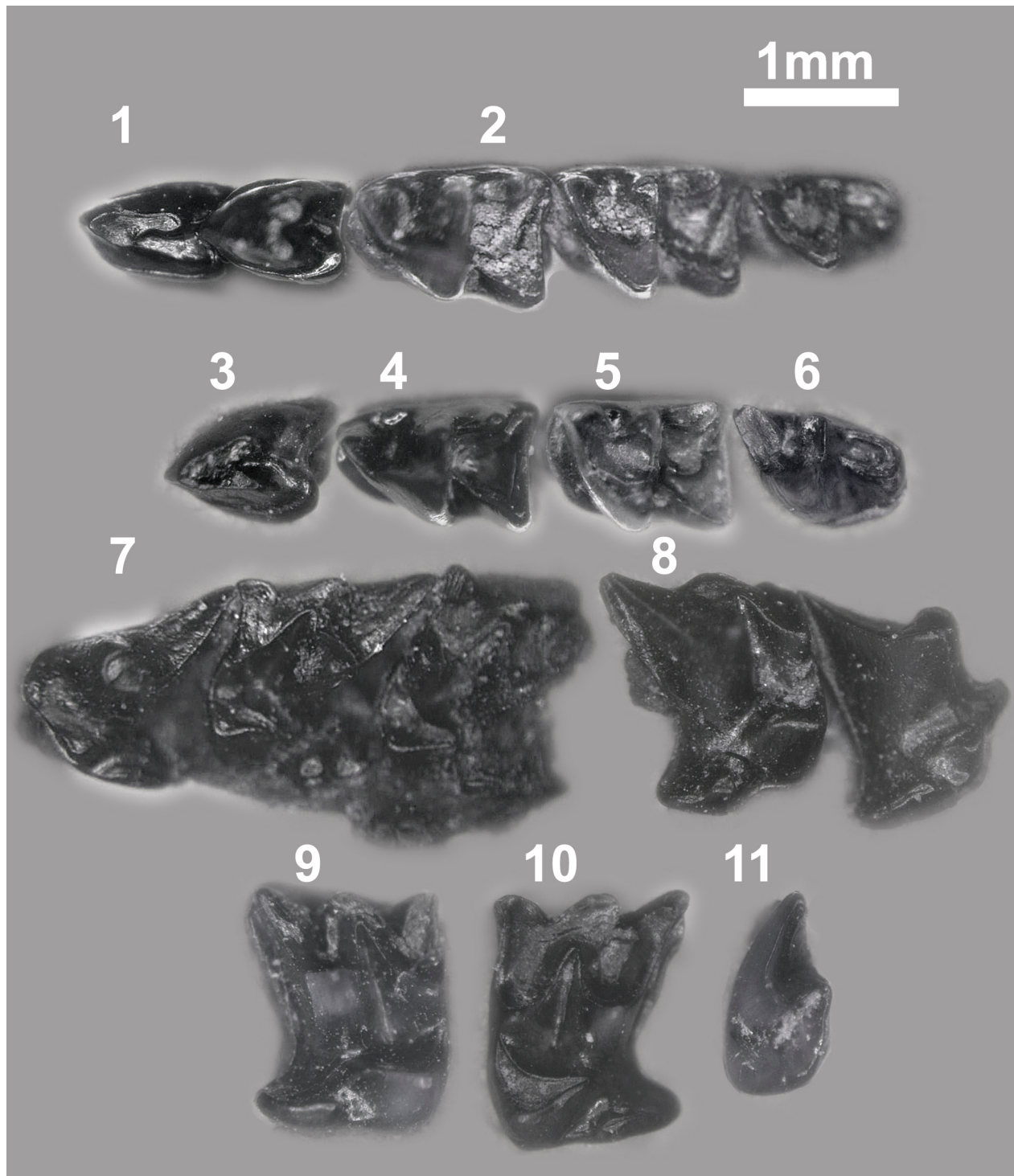
Las tres muestras se han considerado estériles debido al escaso contenido polínico, no cumpliendo el objetivo mínimo de los 100-150 granos de polen/muestra recomendados en la bibliografía (Traverse, 2007; Jansonius & McGregor, 1996), por lo que no se puede hacer una interpretación paleoecológica. El polen identificado es coherente con el encontrado en el área de Madrid durante el Aragoniense.

### Análisis mineralógico

A partir de los difractogramas de polvo (figuras 16 y 17), se han determinado como fases cristalinas presentes en las muestras: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, filosilicatos (minerales de la arcilla) y calcita. El análisis mineralógico y la determinación de las proporciones relativas de cada fase cristalina (análisis semicuantitativo) se adjuntan en la tabla 10.

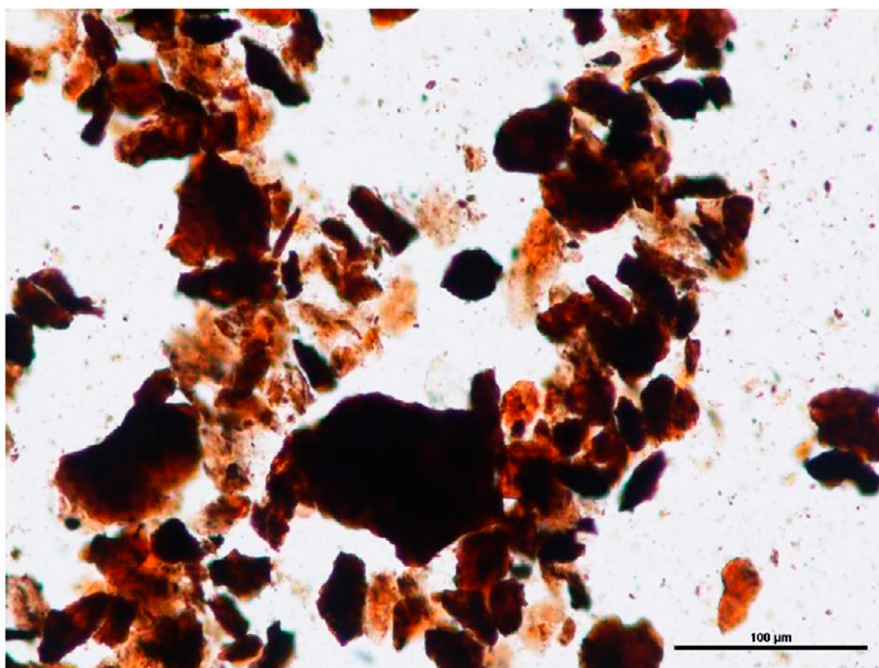
**Tabla 10.**— Análisis semicuantitativo de las fases cristalinas de la mineralogía total por DRX en polvo.

| Muestra | Fases Cristalinas | Cuarzo | Calcita | Plagioclasa | Filosilicatos (min. arcilla) | Feldespatos Potásico |
|---------|-------------------|--------|---------|-------------|------------------------------|----------------------|
| MS3     |                   | 2%     | 83%     | 5%          | 10%                          | 0%                   |
| MS4     |                   | 27%    | 0%      | 22%         | 46%                          | 5%                   |

**Figura 14.**— *Miosorex grivensis*. 1- Man lz con p3 y p4 (2019/28/MM4/1118); 2- Man lz con m1, m2 y m3 (2019/28/MM4/1102); 3- p4 lz (2019/28/MM1/IN131). 4- m1 lz, (2019/28/MM4/1112); 5- m2 lz (2019/28/MM3/350); 6- m3 lz (2019/28/MM4/1110); 7- Max lz con P4, M1 y M2 (2019/28/MM1/IN106); 8- Max Dc con P4 y M1 (2019/28/MM1/IN127); 9- m2 Dc (2019/28/MM3/352); 10- M2 lz, (2019/28/MM4/1133); 11- M3 lz, (2019/28/MM4/1111).



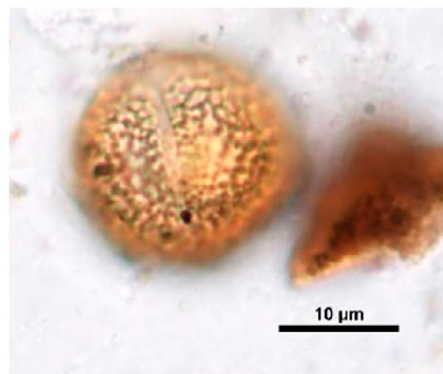
1



2

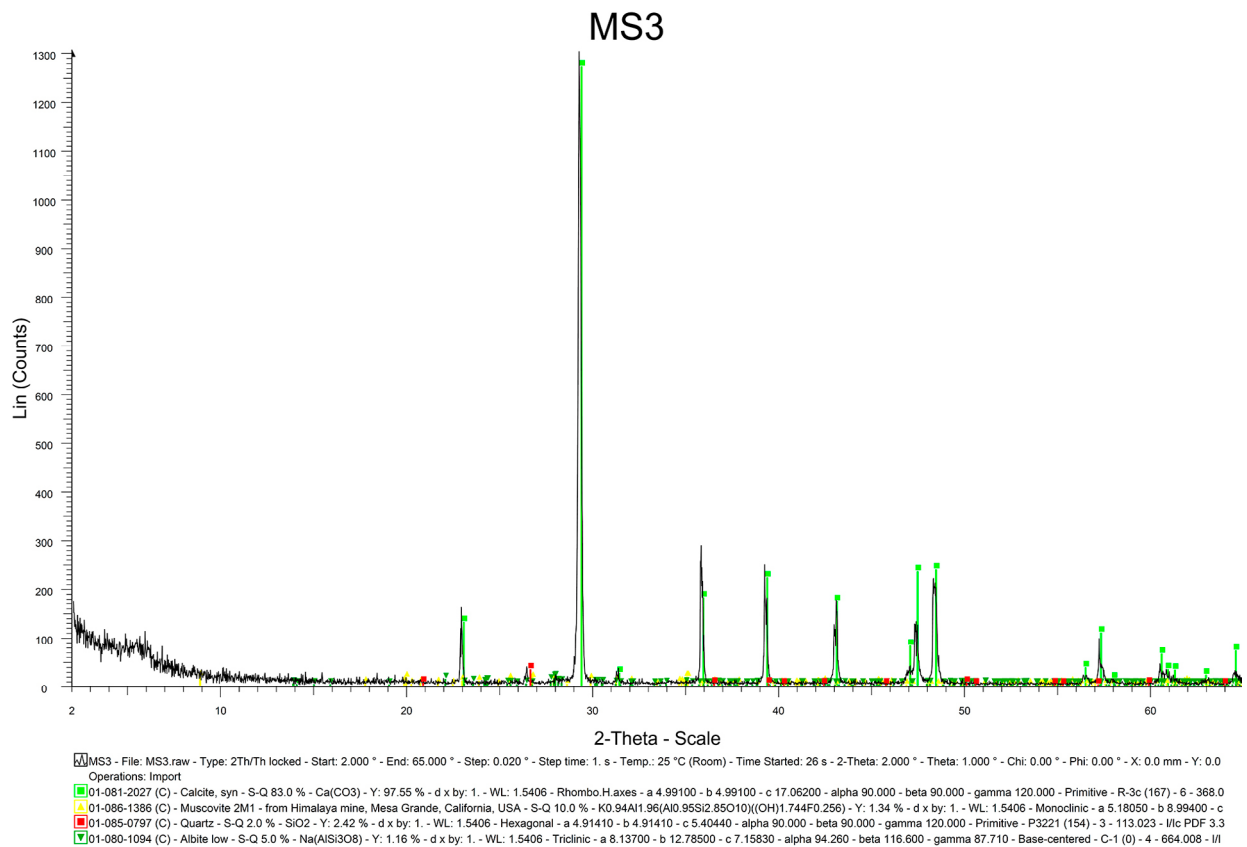


3

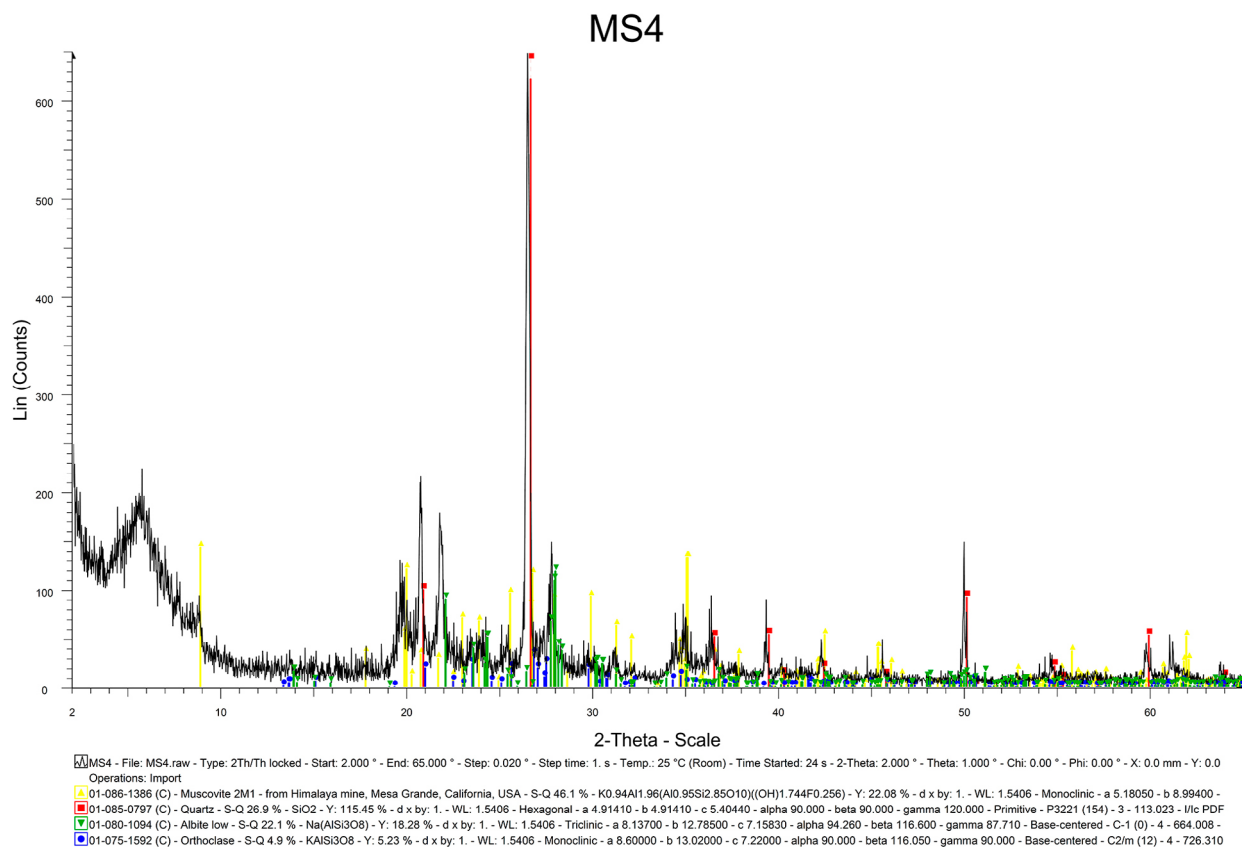


4

**Figura 15.**—1- *Quercus t. esclerófilo*. 2- partículas de materia orgánica de terrestres degradadas (material leñoso, cutículas y tejidos vegetales). 3- Poaceae. 4- *Olea*.



**Figura 16.**— Difractograma de mineralogía de muestra total MS3



**Figura 17.**— Difractograma de mineralogía de muestra total MS4.

De los difractogramas de “AO” (figuras 18 y 19) se deduce que los minerales de la arcilla existentes en la muestra son esmectita, paligorskita y mica-illita. Las proporciones relativas de cada fase arcillosa se detallan en la tabla 11. Las micas-illitas se han caracterizado por su serie racional de reflexiones basada en la (001) a 10Å. El grupo de minerales de la paligorskita es identificable por su reflexión basal a aproximadamente 10.5Å en AOST. Por último, la esmectita es fácilmente identificable por su reflexión basal variable entre 13-15Å en AOST hasta, aproximadamente, 17Å en AOEG.

**Tabla 11.**— Análisis semicuantitativo de la mineralogía de arcillas por DRX en AO.

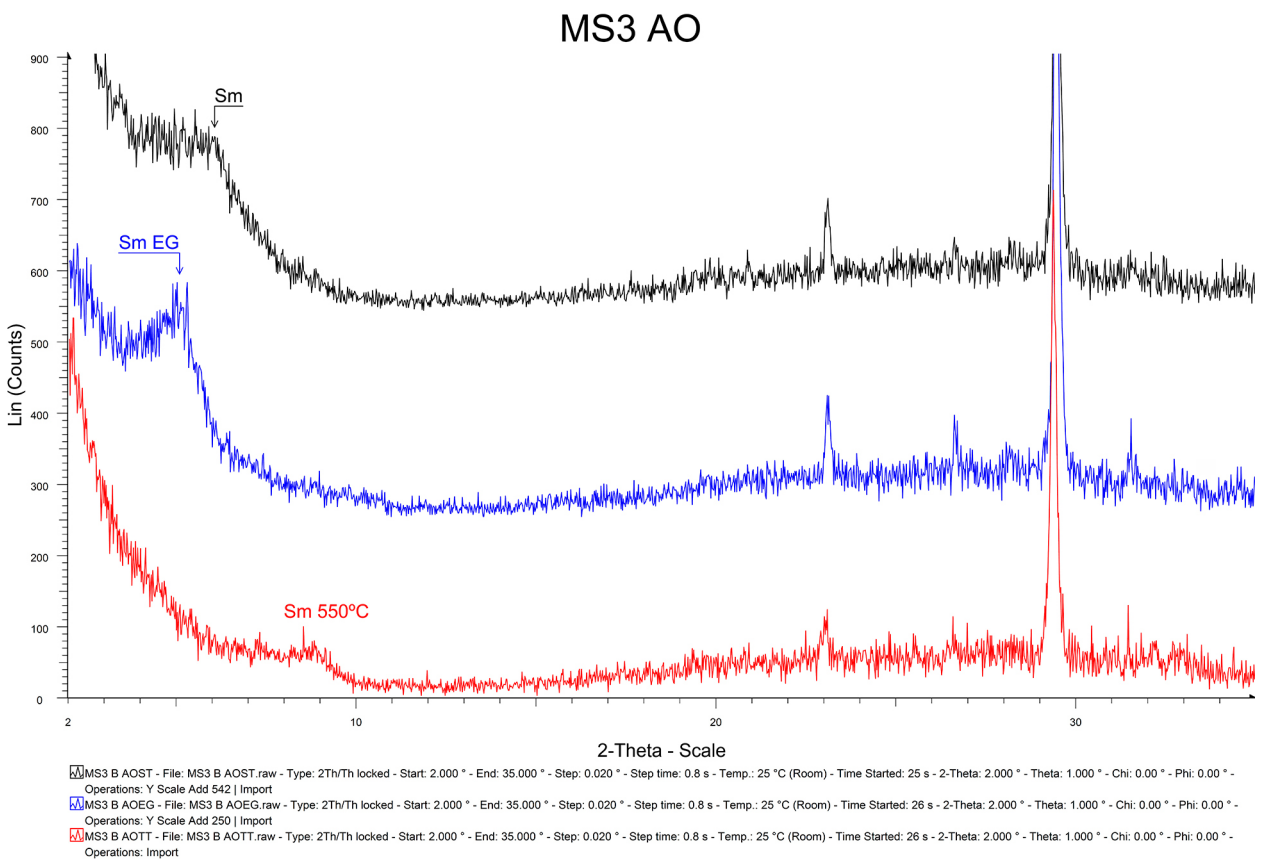
| Fases Cristalinas<br>Muestra | Esmectita | Palygorskita | Mica-Illita |
|------------------------------|-----------|--------------|-------------|
| MS3                          | 100%      | 0%           | 0%          |
| MS4                          | 77%       | 5%           | 18%         |

En la muestra MS3 destaca el contenido en calcita 83%, con cantidades menores de minerales de la arcilla 10%, feldespato 5% y cuarzo 2%. La cal-

cita se presenta en forma de cristales idiomorfos que podrían ser neoformados durante la diagénesis. El sustrato original correspondería, probablemente, a margas carbonatadas o yesíferas. Esta mineralogía ha dificultado en extremo la excavación de los fósiles mal conservados de *Gomphotherium*. La muestra MS4 presenta un claro predominio de los minerales de la arcilla 46%, seguido por cantidades importantes de cuarzo 27% y plagioclasa 22%, y en menor medida feldespato potásico 5%. El nivel se define como lutitas con presencia de clastos de origen detrítico.

En cuanto a los minerales de la arcilla, la MS3 se compone exclusivamente de esmectitas, mientras que la MS4 se caracteriza por predominio de esmectita 77%, seguida de illita 18% y cantidades menores de paligorskita 5%.

Para avanzar en la historia diagenética sería apropiado caracterizar mineralógicamente los niveles opalinos, así como complementar los análisis realizados con microscopía electrónica, a fin de obtener mejor resolución de los procesos de sustitución y crecimiento de las fases neoformadas.



**Figura 18.**— Difractogramas de Agregados Orientados con la mineralogía de arcillas de la muestra MS3. AOST: Agregado orientado sin tratamiento, secado al aire (negro). AOEG: Agregado orientado tratado con etilenglicol (azul). AOTT: Agregado orientado tratado térmicamente a 550°C (rojo). SM: Esmectita.

## Discusión de los resultados

### Bioestratigrafía y cronoestratigrafía

El conocimiento bioestratigráfico del Mioceno de la cuenca de Madrid ha avanzado considerablemente en las últimas décadas, gracias al descubrimiento de importantes yacimientos de micromamíferos fósiles, y ha quedado reflejado en sucesivas revisiones (Peláez-Campomanes et al., 2000; Peláez-Campomanes et al., 2003; Hernández-Ballarín et al., 2011; Hernández Ballarín, 2016; Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017a).

En Madrid se utiliza la biozonación local redefinida por Daams et al. (1999) para la cuenca de Calatayud-Montalbán, que divide tres de los cuatro pisos continentales del Mioceno (excepto el Turolense), asociados a sus correspondientes zonas locales de la siguiente manera:

- Ramblense: con las zonas locales Z (Ramblense inferior) y A (Ramblense superior).
- Aragonense: con las zonas locales B-C en el Aragonense inferior; D-E en el Aragonense medio; F-G en el Aragonense superior.

- Vallesiense: con las zonas locales H e I en el Vallesiense inferior y J en el Vallesiense superior.

El estudio detallado de las faunas madrileñas ha permitido una clara separación entre las localidades del Aragonense medio (zona MN5) y superior (zona MN6). Comparándolas con las zonas de Daams et al. (1999), tenemos en el Aragonense medio de Madrid las biozonas Db, Dc, Dd y E, y en el Aragonense superior las biozonas F y G. La principal diferencia entre estos dos periodos es la presencia del lagomorfo *Lagopsis penai* y los cricétidos *Megacricetodon vandermeuleni* (Db), *M. primitivus* (Db-Dc) y *M. collongensis* (Dd-E) en el Aragonense medio, y *Lagopsis verus*, *Megacricetodon rafaelli* (F) y *Megacricetodon crusafonti* (G) en el Aragonense superior, si bien la transición *Lagopsis penai*-*Lagopsis verus* ha sido adelantada al final de la biozona Dd a propuesta de Hordijk (2010).

Especialmente relevante en Madrid han sido los hallazgos de varios yacimientos datados en la etapa final del Aragonense medio, biozona local E, pasando a ser uno de los intervalos más completos y mejor representados, y mostrando una mayor hete-

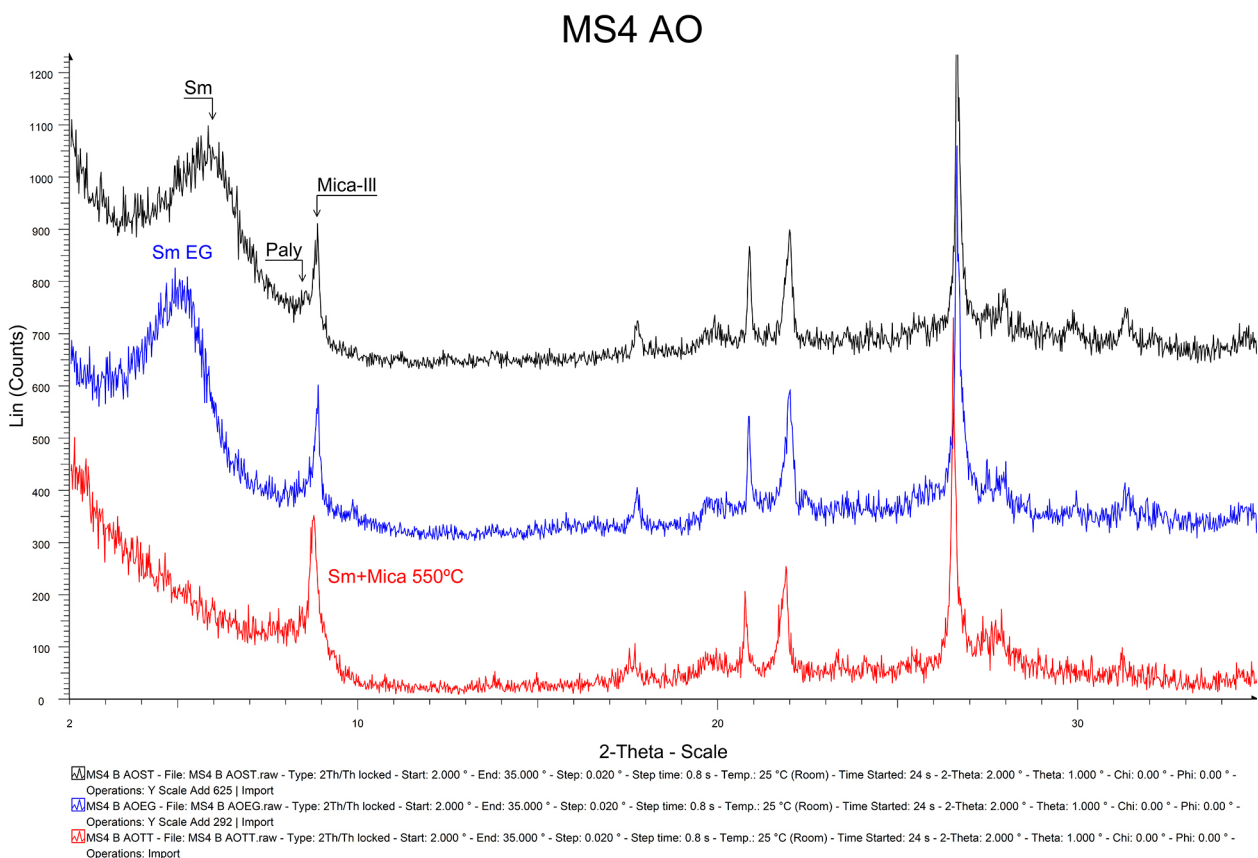


Figura 19— Difractogramas de Agregados Orientados con la mineralogía de arcillas de la muestra MS4. AOST: Agregado orientado sin tratamiento, secado al aire (negro). AOEG: Agregado orientado tratado con etilenglicol (azul). AOTT: Agregado orientado tratado térmicamente a 550°C (rojo). SM: Esmectita. Mica.III: Micas-IIIitas. Paly: Palygorskita.

rogeneidad faunística de lo que se pensaba anteriormente (Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017a). En este intervalo se registran las primeras apariciones de taxones como *Heteroxerus grivensis* y *Cricetodon soriae*, al principio y final de la biozona respectivamente, así como la sustitución de *Armantomys aragonensis* por *A. tricristatus*, y la extinción de *Simplomys simplicidens*. Este conjunto de cambios faunísticos permite diferenciar los yacimientos de las partes inferior y superior de la biozona E.

La presencia conjunta de *Lagopsis verus* y *Megacricetodon collongensis* en las muestras analizadas es característica, por lo tanto, del final del Aragoniense medio, biozona local E. En el mismo sentido, la coexistencia de *Democricetodon lacombai* y *Democricetodon larteti* es exclusiva de la biozona E, y la clara identificación del glirido *Armantomys tricristatus* permite correlacionar el yacimiento de Los Ahijones con los yacimientos de la parte superior de dicha biozona, como Casa Montero y Somosaguas. La única diferencia respecto a estos yacimientos es la ausencia de *Cricetodon soriae*, cricétido de gran talla muy poco frecuente, definido en el yacimiento de Somosaguas tras más de una década de trabajo, y cuya ausencia puede achacarse al tamaño del muestreo, a pesar de haber procesado cantidades paleontológicamente significativas.

**Tabla 12.**— Listado faunístico del yacimiento mioceno de Los Ahijones.

| Orden        | Familia     | Género y especie                              |
|--------------|-------------|---|
| Rodentia     | Cricetidae  | <i>Megacricetodon collongensis</i>            |
|              |             | <i>Democricetodon larteti</i>                 |
|              |             | <i>Democricetodon lacombai</i>                |
|              | Gliridae    | <i>Microdyromys</i> aff. <i>monspeliensis</i> |
|              |             | <i>Microdyromys</i> sp.                       |
|              |             | <i>Armantomys tricristatus</i>                |
|              | Sciuridae   | <i>Heteroxerus rubricati</i>                  |
|              |             | <i>Heteroxerus grivensis</i>                  |
|              |             | <i>Heteroxerus</i> sp.                        |
| Lagomorpha   | Ochotonidae | <i>Lagopsis verus</i>                         |
|              |             | <i>Prolagus vargasensis</i>                   |
| Eulipotyphla | Erinaceidae | <i>Galerix exilis</i>                         |
|              | Soricidae   | <i>Miosorex grivensis</i>                     |

La ausencia del género *Simplomys*, que abarca una distribución bioestratigráfica que incluye las biozonas Dc, Dd, y E, registrándose su última aparición en la parte inferior de la biozona E (Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017a), refuerza la correla-

ción de las muestras estudiadas a la parte superior de esta biozona. La asociación faunística (tabla 12) es congruente con la asignación del yacimiento de Los Ahijones a la parte superior de la biozona E.

La datación, mediante métodos magnetoestratigráficos realizada en la cuenca de Calatayud-Montalbán (van Dam et al., 2006), muestra que los yacimientos de la biozona E representan un intervalo temporal desde 13,80 hasta 14,06 Ma.

### Paleoecología

La cuenca de Madrid en el Mioceno se caracteriza por la persistencia de unos ambientes sedimentarios similares, condicionados por sistemas de abanicos aluviales que llegaron a alcanzar veinte kilómetros de longitud en una cuenca endorreica. La existencia de un relieve importante (Sistema Central) condicionó todo el proceso de relleno de la cuenca. De la sierra procedió el suministro más importante de materiales terrígenos, fundamentalmente arcosas (producto de la erosión de los granitos y gneises); estos sedimentos fueron rellenando la cuenca cuya parte central estaba ocupada por un lago salino. El paso de estos abanicos aluviales hasta el lago produjo una amplia franja de terrenos palustres donde es habitual encontrar muchos de los yacimientos del Mioceno (Amezua et al., 2000).

Las condiciones climáticas son relativamente constantes para este tipo de ambientes sedimentarios, caracterizándose por un marco climático árido o semiárido y bastante cálido, lo que vendría a coincidir con un tipo de hábitat predesértico tropical (Amezua et al., 2000). Dentro de este escenario general existirían condiciones particulares que influyeron localmente sobre las paleobiocenosis. En particular, la existencia de variaciones en el grado de humedad o en la cantidad de agua disponible, tuvieron que ser decisivas para el desarrollo de coberturas vegetales muy diferentes que acogerían a distintas asociaciones de vertebrados (Amezua et al., 2000). Las curvas isotópicas marinas indican un aumento de los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  en secciones de todo el mundo durante el Mioceno medio, tendencia interpretada como un enfriamiento global que se relaciona con el establecimiento del casquete de hielo antártico oriental (Savin et al., 1975; Hernández-Fernández et al., 2006; Hordijk, 2010), con un rápido descenso de las temperaturas entre 15-13 Ma aproximadamente, evento denominado Transición Climática del Mioceno Medio (MMCT) y que sucede al Óptimo Cli-

mático del Mioceno (MCO). El yacimiento de Los Ahijones pertenece a la biozona E, con una edad aproximada de entre 14,06-13,80 Ma, por lo tanto, se incluye en el evento de rápido descenso de las temperaturas MMCT.

El estudio de isótopos estables realizado en el yacimiento madrileño de Somosaguas, contemporáneo de Los Ahijones, permite inferir un rápido descenso de las temperaturas de hasta 9°C, pasando de una media anual de 26°C a 15°C, así como de la humedad (Hernández Fernández et al., 2006). Los datos de Somosaguas son consistentes sobre el esmalte de mamíferos (*Gomphotherium* y *Anchitherium*) y los carbonatos edáficos.

Una vez establecido el marco sedimentario y climático durante el Mioceno medio para la cuenca de Madrid, podemos interpretar y contextualizar los resultados obtenidos en el yacimiento de Los Ahijones, en el que los micromamíferos son los grandes protagonistas. Desde la década de los 70 diversos autores (van de Weerd & Daams, 1978; Daams & van der Meulen, 1984; Daams & van der Meulen, 1989; van der Meulen & Daams, 1992; Daams et al., 1997; van der Meulen et al., 2005; van der Meulen & Peláez-Campomanes, 2007; Hordijk, 2010) han inferido las condiciones paleoclimáticas a partir de la abundancia y/o presencia de micromamíferos en el Neógeno continental español, utilizando el registro de roedores. Estos estudios se basan en el análisis de las características de las especies presentes en los yacimientos relacionando la morfología funcional, a partir de la anatomía comparada, con los nichos ecológicos. Con anterioridad solo se valoraban la presencia o ausencia de determinadas especies, pero estos autores consideraron las distintas proporciones en que aparecían, e interpretaron su mayor o menor abundancia en términos de fluctuaciones en la temperatura y humedad. Las curvas de paleotemperaturas obtenidas por este procedimiento fueron corroboradas por los resultados en series marinas demostrando que, a pesar de los numerosos factores que intervienen en la composición de las asociaciones fósiles, la señal paleoclimática es predominante (López Martínez, 2000). Roedores y lagomorfos constituyen el principal grupo de micromamíferos herbívoros, unos generalmente más granívoros-omnívoros y otros más folívoros, respectivamente (Hordijk, 2010). Ambos órdenes, son buenos indicadores paleoecológicos debido a su sedentarismo, por lo que están estrechamente ligados a sus biotopos y a condiciones climáticas determinadas, acusando

cualquier cambio que se produzca en estas (Herráez, 1993), por lo que se han utilizado frecuentemente en estudios sobre paleoecología y paleoclimatología de la cuenca de Madrid (Herráez, 1993; Luis & Hernández, 2000; Hernández Ballarín, 2016; Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017b).

A continuación, se ofrecen las preferencias ambientales de cada taxón basadas en diversos autores (López Martínez, 1989, Daams et al. 1997; Amezua et al., 2000; Peláez-Campomanes & Herráez, 2000, López-Martínez, 2001; Hordijk, 2010): los cricétidos son interpretados como taxones ubicuos, con pocas limitaciones ambientales, posiblemente con mayor tolerancia del género *Democricetodon* a los ambientes abiertos y áridos; *Armantomys* tiene un patrón dental comparable al de los actuales glíridos que habitan en espacios abiertos y que, a pesar de ser omnívoros, tienen un componente vegetariano predominante; por su parte a *Microdyromys* se le presupone una dieta omnívora, con hábitat desde forestales hasta ambientes abiertos; los esciúridos muestran patrones dentales bunodontos con dietas omnívoras, y preferencias ambientales por espacios abiertos; en cuanto a los lagomorfos fósiles son considerados habitantes de medios abiertos, aunque también habitan zonas con mayor densidad de vegetación o zonas próximas al agua; es destacable el predominio del género *Lagopsis* sobre *Prolagus* en la mayor parte de la Península Ibérica, excepto en Cataluña, considerándolo un indicador termófilo, al contrario que *Prolagus*, mayoritario en el resto de Europa.

Las tablas 13 y 14 y la figura 20 muestran los datos porcentuales del conjunto de taxones de roedores, y su comparación con lagomorfos. De los datos obtenidos se desprende el gran predominio, dentro de los roedores, de los cricétidos que alcanzan en conjunto el 80% de la población. Aunque al comienzo del Aragoniense medio (biozona Db y principio de la biozona Dc) el predominio de cricétidos ronda el 80%, este porcentaje desciende para recuperarse otra vez en el límite con el Aragoniense superior, en yacimientos como Casa Montero o Somosaguas (Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017b), cuyos porcentajes de roedores son plenamente comparables a los obtenidos en el yacimiento de Los Ahijones. La diferencia más llamativa con estos yacimientos es la relativa abundancia de *Democricetodon*, que en Los Ahijones alcanza el 37%, frente al 20% de Somosaguas y Casa Montero, y la disminución de *Megacricetodon*, que se sitúa



en 43%, mientras que en estos yacimientos ronda el 60%. Esta abundancia de cricétidos ha sido considerada clásicamente como indicadora de un medio inestable, al asignárseles una estrategia ecológica oportunista.

**Tabla 13.**— Número total de piezas de micromamíferos documentadas en el yacimiento de Los Ahijones. Porcentaje total de cada taxón, contenido porcentual entre los roedores, y contenido porcentual entre los lagomorfos.

| Género                | Nº total de piezas | Porcentaje total | Roedores | Lagomorfos |
|-----------------------|--------------------|------------------|----------|------------|
| <i>Megacricetodon</i> | 1019               | 29,9%            | 34,8%    |            |
| <i>Democricetodon</i> | 1293               | 38,0%            | 44,1%    |            |
| <i>Microdyromys</i>   | 378                | 11,1%            | 12,9%    |            |
| <i>Armantomys</i>     | 198                | 5,8%             | 6,8%     |            |
| <i>Heteroxerus</i>    | 42                 | 1,2%             | 1,4%     |            |
| <i>Lagopsis</i>       | 313                | 9,2%             |          | 97,8%      |
| <i>Prolagus</i>       | 7                  | 0,2%             |          | 2,2%       |
| <i>Galerix</i>        | 24                 | 0,7%             |          |            |
| <i>Miosorex</i>       | 129                | 3,8%             |          |            |

**Tabla 14.**— Número de piezas considerando los primeros y segundos molares de los micromamíferos documentados en el yacimiento de Los Ahijones, excepto en lagomorfos que se han tenido en cuenta los premolares. Se indica el porcentaje total de cada taxón, el contenido porcentual entre los roedores, y el contenido porcentual entre los lagomorfos.

| Género                | M1/m1<br>M2/m2 | Porcentaje Total | Roedores | Lagomorfos |
|-----------------------|----------------|------------------|----------|------------|
| <i>Megacricetodon</i> | 675            | 35,8%            | 42,7%    |            |
| <i>Democricetodon</i> | 579            | 30,7%            | 36,6%    |            |
| <i>Microdyromys</i>   | 225            | 11,9%            | 14,2%    |            |
| <i>Armantomys</i>     | 86             | 4,6%             | 5,4%     |            |
| <i>Heteroxerus</i>    | 15             | 0,8%             | 0,9%     |            |
| <i>Galerix</i>        | 5              | 0,3%             |          |            |
| <i>Miosorex</i>       | 59             | 3,1%             |          |            |
|                       | P2-P3<br>p3-p4 |                  |          |            |
| <i>Lagopsis</i>       | 234            | 12,4%            |          | 97,1%      |
| <i>Prolagus</i>       | 7              | 0,4%             |          | 2,9%       |

Destaca la abundancia relativa de taxones braquiodontos (especialmente cricétidos dentro de los roedores) frente a hipsodontos (lagomorfos) (figura 20.B). Particularmente llamativo es el predominio en los lirones del género *Microdyromys* (braquiodonto) frente a *Armantomys* (semi-hipsodonto) al que dobla en abundancia, como también ocurre en Somosaguas y Casa Montero (Hernández-Ballarín & Peláez-Campomanes, 2017b), algo reseñable,

ya que el conjunto de yacimientos miocenos de la cuenca de Madrid se caracteriza por el predominio de *Armantomys* dentro de la población de lirones (Amezua et al., 2000; Luis & Hernando 2000). Puesto que las especies braquiodontas se asocian a una ingesta mayor de vegetales blandos, como hojas y frutos, podemos inferir un ambiente con zonas con agua o provistas de cobertura arbórea.

Entre los lagomorfos destaca la abundancia de *Lagopsis* (97%) frente a *Prolagus* (3%), un claro dominio de la especie meridional termófila. La presencia de *Prolagus* en la biozona E y su progresivo incremento en detrimento de *Lagopsis* en la cuenca de Calatayud – Montalbán, ha sido interpretada como un descenso relativo de la temperatura e incremento de la humedad entre las zonas E y F. Estas comparaciones entre cuencas deben tomarse con cautela, ya que la ausencia de *Prolagus* antes de la biozona E en la cuenca de Madrid también podría deberse a un sesgo de muestreo, debido a que los yacimientos de microfauna madrileños anteriores a la biozona E son relativamente pobres. En Los Ahijones, *Prolagus* representa solo un 0,37% de las piezas dentales, en un yacimiento en el que se han recuperado más de 3.000 piezas identificables.

La presencia de taxones de ambientes abiertos es comprensible, ya que el medio general inferido para la cuenca de Madrid durante el Aragoniense medio es de sabana (Amezua et al., 2000; Hernández Fernández et al., 2006). Sin embargo, dentro de la cuenca existiría una gradiente de humedad hacia el medio lacustre y cursos estacionales de agua, pasando de sabanas a sabanas arboladas y zonas con mayor vegetación arbustiva y arbórea, incluso hábitats locales de bosque galería, restringidos a los propios cursos de agua y zonas con tendencia al encharcamiento.

La documentación, en las muestra polínica recogida en el nivel rico en microvertebrados, de abundantes restos degradados de plantas es indicativo de ambientes confinados con una cobertura vegetal relativamente abundante y tendencia al encharcamiento, como zonas pantanosas o turberas donde temperaturas relativamente bajas ayudan a frenar la descomposición de la materia orgánica y se favorece su acumulación.

En base a la abundancia relativa de *Microdyromys* dentro de los lirones, el predominio de taxones braquiodontos, especialmente cricétidos, y la presencia del género *Prolagus* y restos degradados de plantas, establecemos un biotopo caracterizado por una

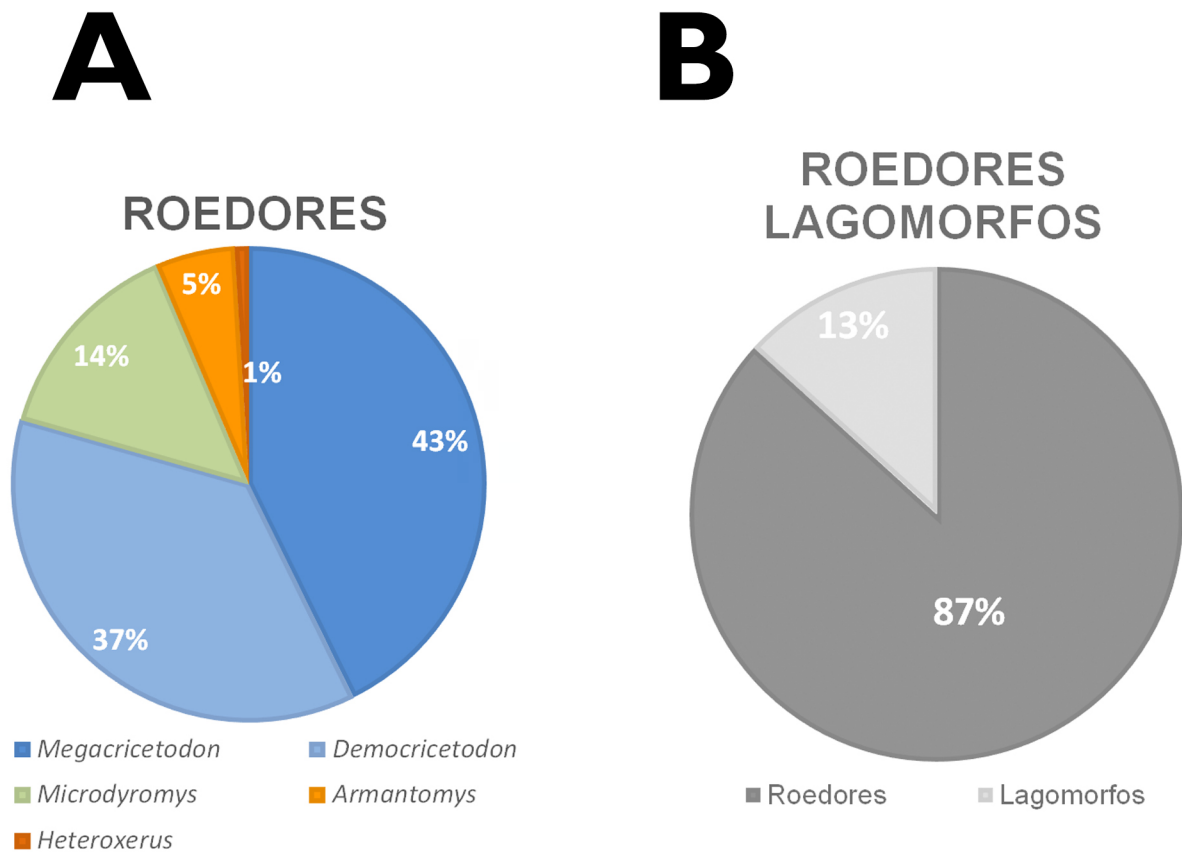


Figura 20— A) Porcentaje de los distintos géneros de roedores considerando los primeros y segundos molares. B) Proporción de roedores y lagomorfos. Los colores azules representan los roedores considerados generalistas, los verdes los que tienen preferencias por zonas forestadas y los naranjas por medios abiertos.

cobertura vegetal relativamente abundante, asociadas a medios palustres con tendencia a encharcamientos estacionales, en ambientes de sabana arbolada – bosque galería, considerando un contexto general árido, pero inestable con tendencia a un descenso térmico.

### **Ambientes sedimentarios**

Los minerales de la arcilla se consideran excelentes indicadores paleoclimáticos, ya que sus campos de estabilidad están controlados por la actividad iónica y el pH y, como consecuencia, su génesis está condicionada por factores climáticos (humedad-lavado y temperatura) (Singer, 1984; García Romero, 2004). Un elevado porcentaje de esmectita indica un predominio de la alteración química en climas templados, tanto húmedos como semiáridos. También la estacionalidad climática, con una estación seca de larga duración frente a una corta estación húmeda, puede originar elevadas concentraciones de esmectita (Galán, 1986; Carrasco et al., 2008).

La caolinita por su parte se asocia a depósitos lateríticos, típicos de latitudes bajas donde predomina la alteración química en climas cálidos y húmedos, con una hidrólisis muy activa e intenso lavado de cationes (Singer, 1984; Carrasco et al., 2008). Finalmente, la illita predomina en latitudes altas, e indica un predominio de alteración física, típica de zonas frías y secas (Chamley, 1989; Carrasco et al., 2008).

Según datos sobre la síntesis de arcillas fibrosas, la presencia de paligorskita y/o sepiolita en ambientes sedimentarios indicaría un medio hipersalino con actividad de silicio y magnesio, y elevado pH (8-10) (Siffert & Wey, 1962; Wollast et al., 1968; la Iglesia, 1977; García Romero, 2004). Por ello, tanto la sepiolita como la paligorskita son minerales que se neoforman en zonas áridas o semiáridas, y se inestabilizan en condiciones de lavado intenso (meteorización). En medios con una precipitación anual de 300 mm se hidrolizan (Paquet & Millot, 1972; García Romero, 2004). Así, la formación de sepiolita y paligorskita tiene lugar en regiones continentales mal drenadas y con altas tasas de insolación, donde

la pedogénesis y/o la sedimentación lacustre conducen a su formación (García Romero, 2004). Las condiciones fisicoquímicas necesarias para la formación de esmectitas magnésicas son muy similares a las de la sepiolita (y paligorskita): alta concentración de magnesio, pH básico ( $\geq 9$ ) y elevada salinidad (García Romero, 2004). Cabe destacar que minerales fibrosos de la arcilla y ópalo coexisten en medios lacustres, porque la precipitación de una fase u otra, en ambiente árido, está condicionada por pequeños cambios en la actividad de la sílice, del magnesio, y variaciones de pH (Bustillo, 1976).

La silicificación parcial o completa de los niveles analizados queda por lo tanto plenamente justificada, mostrando la complejidad diagenética del conjunto. Las silcretas se forman en un proceso de transformación secundaria y reemplazamiento (Bustillo, 1976), donde tanto arcillas magnésicas como carbonatos o yesos, pueden ser reemplazados por minerales opalinos a partir de soluciones ricas en sílice, incluso darse procesos de triple reemplazamiento, yeso-calcita-cuarzo, ya documentados en la cuenca del Tajo (Bustillo, 1976). La propia diagénesis de minerales de la arcilla, incluso fuentes orgánicas como fitolitos, otros componentes biosilíceos o las aguas freáticas procedentes de facies arenosas (Bustillo y Pérez-Jiménez, 2005), justifican la alta disponibilidad de sílice. Los ópalos se caracterizan por una textura glabular o microgranular conservando, por lo tanto, las características de la roca original, lo que según Thiry (1997) es interpretado como un proceso de silicificación en ambiente freático meteórico, aunque compatible con ambientes vadosos estacionales, condiciones típicas de las zonas palustres.

Ligeras variaciones de la alcalinidad del medio debidas, por ejemplo, a aportes esporádicos de aguas meteóricas o fluviales, podrían provocar inestabilidad en las arcillas magnésicas, originando su disolución y favoreciendo la formación de ópalo. Los hidróxidos de magnesio pueden permanecer en solución hasta pH muy elevado (próximo a 9). Contrariamente a lo que ocurre con las arcillas magnésicas, la solubilidad de la sílice aumenta drásticamente a pH superior a 9 (García Romero, 2004). La estructura fibrosa de los minerales de la arcilla, como la sepiolita o la paligorskita, le confiere una gran capacidad de absorción. Esta porosidad especial con canales internos y poros de diferentes tamaños podría facilitar la acumulación y permanencia de agua vadosa o freática, propiciando el reemplazamiento.

Los datos mineralógicos obtenidos en Los Ahijones son congruentes, permitiendo inferir un clima semiárido con marcada estacionalidad hídrica y lluvias no superiores a los 300 mm anuales. Además, se suponen condiciones de mal drenaje, alta insolación y salinidad, y exposición a procesos pedogenéticos. A su vez, se favorecería la concentración de aguas (meteóricas o fluviales) en la época lluviosa, aportando un pH alcalino que facilitaría la formación de niveles de sílex en ambiente freático, gracias a la disponibilidad de sílice aportada por la diagénesis de los minerales arcillosos.

## Conclusiones

Los trabajos de excavación y procesado de muestras han permitido recuperar más de 3.500 elementos identificables, reconociendo los siguientes taxones: *Megacricetodon collongensis*, *Democricetodon larteti*, *Democricetodon lacombai*, *Microdyromys* aff. *monspeliensis*, *Microdyromys* sp., *Armantomys tricristatus*, *Heteroxerus rubricati*, *Heteroxerus grivensis*, *Heteroxerus* sp., *Lagopsis verus*, *Prolagus vargasensis*, *Galerix exilis*, *Miosorex grivensis*, *Gomphotherium angustidens*, *Artiodactyla* indet., *Lacertidae* indet., *Anguillidae* indet., *Testudinidae* indet.

El estudio de los datos aportados por los micromamíferos, restos vegetales y el análisis de los minerales nos permite inferir las siguientes conclusiones:

El conjunto faunístico pertenece al Mioceno medio, concretamente al final del Aragoniense medio (parte superior de la biozona E), con una edad comprendida entre 13,80 y 14,06 Ma.

El medio sedimentario corresponde a un ambiente palustre, típico la orla lacustre expuesto a variaciones del nivel freático, dentro de un contexto general de facies distales de abanicos aluviales. La topografía llana del terreno y el predominio de facies arcillosas dificultaría el drenaje, generando encharcamientos estacionales someros, favorables para la concentración de materia orgánica, y procesos diagenéticos complejos, relacionados con alta salinidad, descenso del pH y exposición a procesos pedogenéticos en condiciones freáticas y vadosas estacionales. Se infiere un clima semiárido con marcada estacionalidad hídrica, alta insolación y lluvias no superiores a los 300 mm anuales.

El registro del género *Prolagus vargasensis*, linaje considerando inmigrante del centro de Europa, se considera indicio de descenso térmico. En base a la abundancia relativa de *Microdyromys* dentro de

los lirones, el predominio de taxones braquiodontos, y la presencia de restos degradados de plantas, se infiere un biotopo de sabana arbolada – bosque galería, caracterizado por una cobertura vegetal relativamente abundante, en un clima predesértico tropical.

## DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

Los fósiles han sido depositados en el Museo Arqueológico y Paleontológico de la Comunidad de Madrid con la sigla de referencia 2019/28.

## AGRADECIMIENTOS

La excavación y procesado de muestras han contado con la financiación y logística de la empresa ARGEA S.L., dirigida por Jorge Vega Miguel. La Dirección General de Patrimonio Cultural de la Comunidad de Madrid autorizó la actuación paleontológica y valoró positivamente el hallazgo de los microvertebrados fósiles, resolviendo ampliar el muestreo para conseguir resultados significativos. Queremos agradecer el trabajo a los técnicos paleontólogos y auxiliares que han participado en el proceso de excavación y análisis de muestras de micromamíferos. Finalmente, a Pablo Peláez-Campomanes por su asesoramiento en el estudio de los micromamíferos fósiles.

## DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores de este artículo declaran no tener conflictos de intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

## AUTORÍA CRediT

**Juan Antonio Cárdaba Barradas:** Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Administración de Proyecto, Recursos, Visualización, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición; **María Presumido Gallego:** Conceptualización, Investigación, Administración de Proyecto, Recursos, Validación, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.

## Referencias

- Alonso-Zarza, A. M., Calvo, J. P., Silva, P. G. & Torres, T. (2004). Cuenca del Tajo. In J. A. Vera (Ed.), *Geología de España* (pp. 556-560). SGE, IGME.
- Álvarez Sierra, M. A., García Paredes, I., van den Hoek Ostende, L., van der Meulen, A. J., Peláez-Campomanes, P. & Sevilla, P. (2006). The Middle Aragonian (Middle Miocene) Micro-mammals from La Retama (Intermediate Depression, Tagus Basin) Province of Cuenca, Spain. *Estudios Geológicos*, 62(1), 401-428. <https://doi.org/10.3989/egeol.0662135>
- Amezua, L., Salesa, M. J., Pérez, B., Peláez-Campomanes, P., Fraile, S., Morales, J. & Nieto, M. (2000). Paleocología. In J. Morales, M. Nieto, L. Amezua, S. Fraile, E. Gómez, E. Herráez, P. Peláez-Campomanes, M. J. Salesa, I. M. Sánchez, & D. Soria (Eds.), *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid* (pp. 155-172). Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- Báñez, S. & Pérez-González, A. (2006). Terrazas fluviales del Pleistoceno inferior y medio del río Manzanares en Vaciamadrid: el perfil de Calamuecos y sus implicaciones geomorfológicas. *Boletín Geológico y Minero*, 17, 351-361.
- Báñez, S., Rus, I., Pérez-González, A. & Vega, J. (2011). Los yacimientos achelenses de “Los Ahijones”, metodología geoarqueológica y resultados preliminares de la intervención. *Quintas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, Actas*, 185-200.
- Bustillo, M. A. (1976). Estudio petrológico de las rocas silíceas miocenas de la Cuenca del Tajo. *Estudios Geológicos*, 32, 451-497.
- Bustillo, M. A. & Pérez-Jiménez, J. L. (2005). Características diferenciales y génesis de los niveles silíceos explotados en el yacimiento arqueológico de Casa Montero (Vicálvaro, Madrid). *Geogaceta*, 38, 243-246.
- 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*, 24(3-4), 281-298.
- Calvo, J.P., Alonso-Zarza, M. A., García del Cura, M. A., Ordóñez, S., Rodríguez Aranda, J. P. & Sanz Montero, M. E. (1996). Sedimentary evolution of lake systems through the Miocene of Madrid Basin. In P. F. Friend y J. C. Dabrio, (Eds.), *Paleoclimatic and Paleohydrological Constraint. Tertiary Basins of Spain: The Stratigraphic Record of Crustal Kinematics*, (pp. 272-277). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511524851.038>
- Carrasco, A., Sacristán, S., Benítez-López, G., Romero-Nieto, D., Fesharaki, O. & López Martínez, N. (2008). Aplicaciones paleoclimáticas y paleoambientales de los estudios mineralógicos al yacimiento de vertebrados miocenos de Somosaguas. In J. Esteve & G. Meléndez (Eds.), *Paleontologica Nova* (pp. 135-149). Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza, 8.

- Casanovas-Vilar, I. (2007). *The rodent assemblages from the late Aragonian and the Vallesian (Middle to Late Miocene) of the Vallès-Penedès basin (Catalonia, Spain)* [Unpublished doctoral dissertation]. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Chamley, H. (1989). *Clay sedimentology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-85916-8>
- Chung, F. H. (1975). Quantitative interpretation of X-Ray diffraction patterns. III. Simultaneous determination of a set of reference intensities. *Journal of Applied Crystallography*, 8(1), 17-19. <https://doi.org/10.1107/S0021889875009454>
- Cuenca Bescós, G. (1988). Sciuridae del Mioceno de Calatayud-Montalbán. *Scripta Geologica*, 87, 8-41.
- Cuevas-González, J. (2005). Estado actual de los conocimientos paleontológicos y estratigráficos de los yacimientos aragonienses de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). *Coloquios de Paleontología*, 55, 103-123.
- Daams, R. & van der Meulen, A. J. (1984). Paleoenvironmental and paleoclimatic interpretation of micromammal faunal successions in the Upper Oligocene and Miocene of North central Spain. *Paléobiologie Continentale*, 14(2), 241-257.
- Daams, R. & Freudenthal, M. (1988). Cricetidae (Rodentia) from the type-Aragonian; the genus *Megacricetodon*. *Scripta Geologica. Special Issue*, 1, 39-132.
- Daams, R. & van der Meulen, A. J. (1989). Implicaciones paleoclimáticas y paleoecológicas de las sucesiones de micromamíferos en el Neógeno de la cuenca de Calatayud-Teruel. In E. Aguirre (Ed.), *Paleontología. Nuevas tendencias*, (pp. 223-235). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Daams, R., Álvarez Sierra, M. A., van der Meulen, A. J. & Peláez-Campomanes, P. (1997). Los macromamíferos como indicadores de paleoclimas y evolución de las cuencas continentales. In E. Aguirre, J. Morales & D. Soria (Dir.), *Registros fósiles e historia de Tierra*, (pp. 281-296). Editorial Complutense.
- Daams, R., van der Meulen, A. J., Álvarez Sierra, M. A., Peláez-Campomanes, P. & Krijgsman, W. (1999). Aragonian stratigraphy reconsidered, and re-evaluation of the middle Miocene mammal biochronology in Europe. *Earth and Planetary Sciences*, 165(3-4), 287-294. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(98\)00273-8](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(98)00273-8)
- van Dam, J. A., Abdul Aziz, H., Álvarez Sierra, M. A., Hilge, F. J., van den Hoek Ostende, L. W., Lourens, L. J., Mein, P., van der Meulen, A. J. & Peláez-Campomanes, P. (2006). Long-period astronomical forcing of mammal turnover. *Nature*, 443, 687-691.
- Furió Bruno, M. (2007). *Los insectívoros (Soricomorpha, Erinaceomorpha, Mammalia) del Neógeno superior del Levante Ibérico* [Unpublished doctoral dissertation]. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Galán, E. (1986). Las arcillas como indicadores paleoambientales. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 9, 11-22.
- García-Paredes, I. (2006). *Patrones evolutivos de los Gliridae (Rodentia, Mammalia) del Mioceno inferior y medio del Área tipo del Aragoniense (Cuenca de Calatayud-Montalbán)* [Unpublished doctoral dissertation]. Universidad Complutense de Madrid.
- García-Paredes, I., Peláez-Campomanes, P. & Álvarez Sierra, M. A. (2010). *Microdyromys remerti*, sp. nov., a new Gliridae (Rodentia, Mammalia) from the Aragonian Type area (Miocene, Calatayud-Montalbán Basin, Spain). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 30(5), 1594-1609. <https://doi.org/10.1080/02724634.2010.501453>
- García Romero, E. (2004). Génesis de arcillas magnéticas en la Cuenca de Madrid: Interrogantes planteados. *Boletín Geológico y Minero*, 115(4), 629-640.
- Hernández Ballarín, V. (2016). *Evolución de la biodiversidad en micromamíferos del Neógeno de la Cuenca de Madrid: relaciones entre patrones morfológicos, ecológicos y ambientales* [Unpublished doctoral dissertation]. Universidad de Zaragoza.
- Hernández-Ballarín, V., Oliver, A., Cárdbaba, J. A., Presumido, M., & Peláez-Campomanes, P. (2017). First faunal insights from biozone Db (middle Miocene, middle Aragonian) of the Madrid Basin (Spain). *Journal of Iberian Geology*, 43, 451-466. <https://doi.org/10.1007/s41513-017-0008-4>
- Hernández-Ballarín, V., Oliver, A., García Paredes, I. & Peláez-Campomanes, P. (2010). Estudio preliminar de la fauna de roedores del yacimiento mioceno de El Cañaveral (Madrid, España). *Cidaris*, 30, 151-156.
- Hernández-Ballarín, V., Oliver, A. & Peláez-Campomanes, P. (2011). Revisión de las asocia-

- ciones de mamíferos del tránsito Aragoniense medio y superior de la Cuenca de Madrid. In A. Pérez-García A, F. Gascó, J. M. Gasulla, & F. Escaso (Eds.), *Viajando a Mundos Pretéritos* (pp. 173-182). Ayuntamiento de Morella.
- Hernández-Ballarín, V. & Peláez-Campomanes, P. (2017a). Updated biochronology of the Madrid Basin: species distribution and implications for the Middle Miocene rodent faunas of Spain. *Historical Biology*, 30(3), 305-316. <https://doi.org/10.1080/08912963.2016.1276580>
- Hernández-Ballarín, V. & Peláez-Campomanes, P. (2017b). Impact of global climate in the diversity patterns of middle Miocene rodents from the Madrid Basin (Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 472, 108-118. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.01.029>
- Hernández Fernández, M., Cárdaba, J. A., Cuevas-González, J., Fesharaki, O., Salesa, M. J., Corrales, B., Domingo, L., Élez, J., López Guerrero, P., Sala-Burgos, N., Morales, J. & López Martínez, N. (2006). Los yacimientos de vertebrados del Mioceno medio de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid): implicaciones paleoambientales y paleoclimáticas. *Estudios Geológicos*, 62(1), 263-294. <https://doi.org/10.3989/egeol.0662126>
- Herráez, E. (1993). *Micromamíferos (roedores y lagomorfos) del Mioceno del área de Madrid: estudio sistemático y bioestratigráfico* [Unpublished doctoral dissertation]. Universidad Complutense de Madrid.
- Hordijk, K. (2010). *Perseverance of pikas in the Miocene. Interplay of climate and competition in the evolution of Spanish Ochotonidae (Lagomorpha, Mammalia)* (Geológica Ultraiectina, 333). [Doctoral dissertation, Utrecht University] Utrecht University Repository. <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/197550>
- Hoyos, M., Junco, F., Plaza, J. M., Ramírez, A. & Ruiz Sánchez-Porro, J. (1985). El Mioceno de Madrid. En M. T. Alberdi (Ed.), *Geología y Paleontología del terciario continental de la provincia de Madrid* (pp. 9-16). CSIC-MNCN.
- Hoyos, M. & Morales, J. (2000). Cuaternario. In J. Morales, M. Nieto, L. Amezua, S. Fraile, E. Gómez, E. Herráez, P. Peláez-Campomanes, M. J. Salesa, I. M. Sánchez, & D. Soria (Eds.), *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid* (pp. 204-215). Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- Huegueney, M., Maridet, O., Mein, P., Murer-Chauviré, C. & Prieto, J. (2014). *Lartetium africanum* (Lavocat, 1961) (Eulipotyphla-Soricidae) from Beni-Mellal (Morocco), the oldest African shrew: new descriptions, palaeoenvironment and comments on biochronological context. *Palaeodiversity and Palaeoenvironments* 95(3), 465-476. <http://doi.org/10.1007/s12549-015-0197-9>
- Jansonius, J. & McGregor, D. C. (1996). *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.
- de Jong, F. (1988). Insectivora from the Upper Aragonian and the Lower Vallesian of the Daroca-Villafeliche area in the Calatayud-Teruel Basin (Spain). *Scripta Geologica. Special Issue 1*, 253-285.
- la Iglesia, A. (1977). Precipitación por disolución homogénea de silicatos de aluminio y magnesio a temperatura ambiente. Síntesis de la paligorskita. *Estudios Geológicos*, 33, 535-544.
- López Guerrero, P., Oliver Pérez, A., Álvarez Sierra, M. A., García Paredes, I., Hoek Ostende van den, L. W. & Peláez-Campomanes de Labra, P. (2007). Paleontología del yacimiento de vertebrados Aragoniense de Casa Montero (Madrid). In O. Cambra-Moo, C. Martínez-Pérez, B. Chamero, F. Escaso, S. de Esteban Triviño y J. Marugán-Lobón (Eds.), *Cantera Paleontológica* (pp. 247-254). Ediciones provinciales, 53.
- López Martínez, N. (1989). Revisión sistemática y bioestratigráfica de los lagomorpha (Mammalia) del Terciario y Cuaternario de España. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 3(3), 1-350.
- López Martínez, N. (2000). Nota necrológica Remmert Daams (1947-1999). *Coloquios de paleontología*, 51, 313-315.
- López-Martínez, N. (2001). Paleobiogeographical history of *Prolagus*, an European ochotonid (Lagomorpha). *Lynx*, 32, 215-231.
- López Martínez, N., Sesé, C. & Herráez, E. (1987). Los yacimientos de micromamíferos del área de Madrid. *Boletín Geológico y Minero*, 98, 17-34.
- Luis, A. & Hernando, J. M. (2000). Los microvertebrados del Mioceno medio de Somosaguas Sur (Pozuelo de Alarcón, Madrid, España). *Coloquios de Paleontología*, 51, 87-136.
- Megías, A. G., Ordóñez, S. & Calvo, J. P. (1980). Rupturas sedimentarias en series continentales.

- Aplicación a la Cuenca de Madrid. *IX Congreso Nacional de Sedimentología, Salamanca, Actas*, 2, 666-680.
- Mein, P. & Martín Suárez, E. (1994). *Galerix iberica* sp. nov. (Erinaceidae, Insectivora, Mammalia) from the Late Miocene and Early Pliocene of the Iberian Peninsula. *Geobios*, 26(6), 723-730. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(93\)80055-V](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(93)80055-V)
- 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.
- van der Meulen, A. J., Peláez-Campomanes, P. & Daams, R. (2003). Revision of medium-sized Cricetidae from the Miocene of the Daroca-Villafeliche area in the Calatayud-Teruel basin (Zaragoza, Spain). *Coloquios de Paleontología, Volumen Extraordinario 1*, 285-441.
- van der Meulen, A. J., Peláez-Campomanes, P. & Levin, S. A. (2005). Age structure, residents, and transients of Miocene rodent communities. *The American Naturalist*, 165(4), 108-125. <https://doi.org/10.1086/428683>
- van der Meulen, A. J. & Peláez-Campomanes, P. (2007). Residents and transients in the fossil record. En S. A. Levin (Ed) *Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 1-7). Elsevier, New York.
- Morales, J., Alcalá, L. & Nieto, M. (1993). Las faunas de vertebrados del Terciario. En *Madrid antes del hombre* (pp. 23-31). MNCN-CSIC. Consejería de Educación y Cultura de la Comunidad Madrid.
- Moore, D. M. & Reynolds, R. C. Jr. (1997). *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals* (Second ed.), Oxford University Press.
- Oliver, A. & Peláez-Campomanes, P. (2013). *Megacricetodon vandermeuleni*, sp. nov. (Rodentia, Mammalia), from the Spanish Miocene: a new evolutionary framework for *Megacricetodon*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 33(4), 943-955. <https://doi.org/10.1080/02724634.2013.743896>
- Oliver, A. & Peláez-Campomanes, P. (2014). Evolutionary patterns of early and middle Aragonian (Miocene) of *Megacricetodon* (Rodentia, Mammalia) from Spain. *Palaeontographica Abteilung A*, 303(4-6), 85-135. <https://doi.org/10.1127/pala/303/2014/85>
- Paquet, H. & Millot, G. (1972). Geochemical evolution of clay minerals in the weathered products and soils of Mediterranean climates. *Proceedings of the International Clay Conference*, 199-206.
- Peláez-Campomanes, P., Azanza, B., Calvo, J. P., Daams, R., Herráez, E., Morales, J., Nieto, M. & Soria, D. (2000). Bioestratigrafía de las faunas de mamíferos del Mioceno de Madrid: Datación de las unidades estratigráficas. In J. Morales, M. Nieto, L. Amezua, S. Fraile, E. Gómez, E. Herráez, P. Peláez-Campomanes, M. J. Salesa, I. M. Sánchez, & D. Soria (Ed.), *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid* (pp. 103-109). Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- Peláez-Campomanes, P. & Herráez, E. (2000). Orden Rodentia. In J. Morales, M. Nieto, L. Amezua, S. Fraile, E. Gómez, E. Herráez, P. Peláez-Campomanes, M. J. Salesa, I. M. Sánchez, & D. Soria (Ed.), *Patrimonio paleontológico de la Comunidad de Madrid* (pp. 256-262). Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- Peláez-Campomanes, P., Morales, J., Álvarez Sierra, M. A., Azanza, B., Fraile, S., García Paredes, I., Hernández Fernández, M., Herráez, E., Nieto, M., Pérez, B., Quiralte, V., Salesa, M. J., Sánchez, I. M. & Soria, D. (2003). Update biochronology of the Miocene mammal faunas from the Madrid basin (Spain). In J.W.F. Reumers & W. Wessels (Eds.), *Distribution and Migration of tertiary mammals in Eurasia. A volume in honour of Hans de Bruijn* (pp. 431-441). Deinsea 10, Natural History Museum Rotterdam.
- Phipps, D. & Playford G. (1984). Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments. *Papers Department of Geology, University of Queensland*, 11, 1-23.
- Rodríguez-Aranda, J., Calvo, J. & Sanz-Montero, E. (2002). Lower Miocene gypsum palaeokarst in the Madrid Basin (central Spain): dissolution diagenesis, morphological relics and karst end-products. *Sedimentology*, 4, 1358-1400. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2002.00504.x>
- Sesé, C., López Martínez, N. & Herráez, E. (1985). Micromamíferos (insectívoros, roedores y lagomorfos) de la provincia de Madrid. En M. T. Alberdi (Ed.), *Geología y Paleontología del terciario continental de la provincia de Madrid* (pp. 29-39). MNCN-CSIC.
- Soria, D., Amezua, L., Daams, R., Fraile, S., Herráez, E., Morales, J., Nieto, M., Peláez-Campomanes, P., Salesa, M. J. & Sánchez, I. M. (2000). Faunas del Mioceno. In J. Morales, M. Nieto, L. Amezua,

- S. Fraile, E. Gómez, E. Herráez, P. Peláez-Campanes, M. J. Salesa, I. M. Sánchez, & D. Soria (Eds.), *Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid* (pp. 110-129). Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- Savin, S. M., Douglas, R. G. & Stehli, F.G. (1975). Tertiary marine paleotemperatures. *Geological Society of America Bulletin*, 86(11), 1499-1510. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1975\)86%3C1499:TMP%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1975)86%3C1499:TMP%3E2.0.CO;2)
- Siffert, B. & Wey, R. (1962). Synthèse d'une sépiolite à température ordinaire. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 245, 1460-1463.
- Singer, A. (1984). The paleoclimatic interpretation of clay minerals in sediments- A review. *Earth Science Reviews*, 21, 251-293.
- Srödon, J. (1984). X-ray powder diffraction identification of illitic materials. *Clays and Clay Minerals*, 32, 337-349. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(84\)90055-2](https://doi.org/10.1016/0012-8252(84)90055-2)
- Thiry, M. (1997). Continental Silicifications: A Review. In H. Paquet & N. Clauer (Eds), *Soils and Sediments, Mineralogy and Geochemistry* (pp. 191-221). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-60525-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-60525-3_10)
- Traverse, A. (2007). *Paleopalynology (Second edition)*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5610-9>
- van de Weerd, A. & Daams, R. (1978). Quantitative composition of rodent in the Spanish Neogene and paleoecological implications. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen, Series B*, 81(4), 448-473.
- Wollast, R., Mackenzie, F. T. & Bricker, O. (1968). Experimental precipitation and genesis of sepiolite at earth-surface conditions. *American Mineralogist*, 53, 1645-1662.
- Ziegler, R. (2005). Erinaceidae and Dimylidae (Lipotyphla) from the Upper Middle Miocene of South Germany. *Senckenbergiana lethaea*, 85, 131-152. <https://doi.org/10.1007/BF03043423>