

LOS VERTEBRADOS FÓSILES DE SOMOSAGUAS (POZUELO DE ALARCÓN, MADRID)

Nieves López Martínez, Javier Élez Villar, José Miguel Hernando Hernando, Aitor Luis Cavia, David Mínguez Gandú, Israel Polonio Martín, Manuel J. Salesa, Ana V. Mazo e Israel M. Sánchez

INTRODUCCIÓN

El yacimiento de fósiles de vertebrados del campus de Somosaguas fue descubierto en 1989 por el antiguo alumno del Departamento de Paleontología D. Francisco Hernández Artega. El hallazgo fue comunicado en 1996 al Departamento de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid, que informó al Museo Nacional de Ciencias Naturales, cuyo Departamento de Paleobiología trabajaba habitualmente en la Comunidad de Madrid. Este departamento dirigió un informe sobre el yacimiento para la Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, redactado por D^a Susana Fraile Gracia, con los hallazgos realizados en dos campañas de prospección acompañados por el descubridor del yacimiento.

El interés de estos yacimientos es múltiple; la diversidad de fauna que contienen y el peculiar medio de fosilización permiten aproximarnos a la historia de la región hace aproximadamente unos 14 millones de años, a su medio, su clima, los vertebrados que la habitaron, la formación de los materiales del subsuelo. Los fósiles de grandes mamíferos tienen valor museístico y permiten su exhibición en exposiciones. La situación, extensión y riqueza de los afloramientos permiten su accesibilidad y aprovechamiento para la iniciación de los estudiantes en el estudio del patrimonio paleontológico-geológico.

Por su ubicación en el campus de la Universidad, el proyecto de estudio y

protección de este yacimiento de grandes vertebrados, servirá para la enseñanza de la excavación de fósiles a los alumnos de Paleozoología de Vertebrados, y al mismo tiempo como patrimonio paleontológico de interés para cuantas personas quieran visitarlo para ampliar conocimientos.

Este proyecto, subvencionado por la Universidad Complutense (Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas y Vicerrectorado de Investigación) ha permitido realizar a los alumnos asistentes prácticas de iniciación a la investigación paleontológica (prospección, preparación de un proyecto, excavación, presentación de resultados), y difundir entre la comunidad universitaria y el público en general el valor del rico patrimonio paleontológico que contiene el subsuelo de la Universidad Complutense, y de Madrid en general. En él, han intervenido 21 personas: Nieves López (directora, Universidad Complutense de Madrid), Jorge Morales (codirector, Museo Nacional de Ciencias Naturales), Manuel J. Salesa e Israel M. Sánchez (paleontólogos del MNCN), Jesús Guerrero, Marta Fuentes, Andrea Pantalioni, David Mínguez, José Miguel Hernando, Javier Élez, Soledad Cuezva, Aitor Luis e Israel Polonio (alumnos de la UCM), con el asesoramiento y colaboración de los paleontólogos Dres. Remmert Daams (UCM), Antonio Rosas y Ana V. Mazo (MNCN) y la desinteresada ayuda de Lara Amezua, Susana Fraile, Dolores Pesquero (las tres, paleontólogas del MNCN), Elena Gómez (arqueóloga), y Raquel López.

METODOLOGÍA

El proyecto comienza con las actividades de prospección, que se llevaron a cabo por los alumnos de la asignatura de Paleozoología de Vertebrados (Licenciatura de Geología, U.C.M.). Una vez localizado el yacimiento, debido a la presencia de numerosas esquilas de hueso por la superficie del terreno, y tras disponer todos los trámites necesarios, se continuó con la fase de excavación.

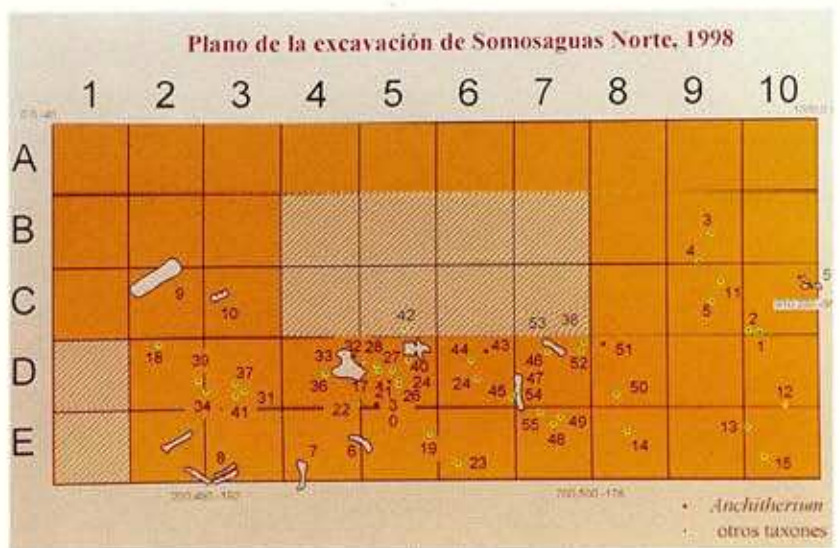
Excavación

Para la fase de excavación, se cuadrículó una superficie de terreno de 50 m² en celdas de 1 m², lo cual nos proporciona las coordenadas X e Y necesarias para orientar los restos encontrados, y utilizando la profundidad como coordenada Z (figura 2.54). Esto nos proporciona un sistema de referencia tridimensional en el que los fósiles quedarán situados en el espacio. Los fragmentos pequeños eran depositados en una bolsa en cada celdilla, mientras que de los restos grandes identificables se tomaron datos precisos de localización espacial y orientación. Durante la excavación, se descubrió un segundo yacimiento con abundantes microvertebrados. De este modo se tienen dos afloramientos ricos en fósiles: el sector norte, con huesos de grandes vertebrados sobre todo, y el sector sur con predominio de restos de microvertebrados.

El yacimiento de microvertebrados requiere una metodología de extracción totalmente diferente de la requerida en un yacimiento de macrovertebrados

como es Somosaguas norte. Es necesario, en primer lugar, extraer una buena cantidad de sedimento para que sea procesada posteriormente. Para ello, el sedimento se seca en una superficie expuesta al sol, y una vez seco, se introduce en recipientes con agua para, con esto, conseguir la total disgregación de los terrones de arcilla sin que los microfósiles sufran demasiado daño. Se continúa con la técnica conocida como lavado-tamizado, que consiste en pasar el sedimento por tamices con diferentes luces de malla (2 cm y 0,5 mm), bajo un chorro de agua a presión. De este modo descartamos todas las partículas inferiores a un cierto tamaño en el que será difícil encontrar microfósiles, mientras que en la malla queda retenida la fracción que nos interesa. Posteriormente se realiza un segundo tamizado, esta vez en seco, con luces de malla de 2 mm, 1,5 mm, 1 mm, 0,7 mm y 0,5 mm. Con esto se consigue aumentar la concentración de restos en el sedimento y al mismo

Figura 2.54. Cuadrícula de la excavación y posición de los restos en Somosaguas norte.



tiempo disminuir considerablemente el volumen de muestra que trataremos posteriormente en el laboratorio.

En el proceso de excavación se han recuperado unos doscientos fósiles identificables de vertebrados que pertenecen a los siguientes grupos taxonómicos: mastodontes (*Gomphotherium angustidens*), équidos (*Anchitherium* sp.), rumiantes (cérvidos, bóvidos y mósquidos), suiformes, rinocerontes, carnívoros, roedores, pikas, aves y tortugas. Además, han aparecido más de un millar de fragmentos no identificables de huesos cuyas fracturas son originales, producidas durante el proceso de fosilización.

Se han realizado un total de 118 días-persona de trabajo, excavándose una superficie de 50 m² y un volumen de unos 16 m³ en el sector Norte, y unos 4 m²-3,5 m³ en el sector Sur, tamizándose 50 kg de muestra.

Técnicas de laboratorio

Se han realizado una serie de láminas delgadas, para el estudio al microscopio de la histología fósil, englobando los fragmentos de hueso fósil en resina poliéster y puliéndolos con carborundo de distintas granulometrías (320, 600, 800 y 1.000 sucesivamente), tras hacer cortes orientados longitudinalmente y transversalmente de las muestras; pulido con alúmina de 0,3 micras y pegado a un cristal, es cortado y rebajado por la otra cara con carborundo hasta llegar a los espesores adecuados (10–20 micras) y, finalmente, pulido de nuevo.

Respecto a la muestra de microvertebrados, se procedió, una vez en el laboratorio, a la selección o triado de los microfósiles con la ayuda de una lupa binocular para continuar con el montaje de los restos en una plastelina no grasa y posterior siglado.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Localizados en el término municipal de Pozuelo de Alarcón dentro del Campus que la Universidad Complutense de Madrid tiene en Somosaguas, los yacimientos paleontológicos de Somosaguas sur y Somosaguas norte representan los yacimientos del Mioceno medio más occidentales del área de Madrid (Figura 2.55).

El yacimiento de Somosaguas sur, en el que se han encontrado restos fósiles de macro y microvertebrados aparece en materiales arcillosos que, hacia techo, pasan a arenas finas micáceas en las que se reconoce laminación cruzada propia de "climbing-ripples" ó ripples trepadores (estructuras sedimentarias que nos señalan un episodio de deceleración de la corriente en el medio, junto con una importante tasa de sedimentación de material fino). Estos materiales podrían interpretarse como las facies más distales de un abanico aluvial.

Por su parte el yacimiento de Somosaguas norte, en el que han aparecido numerosos restos fósiles de macrovertebrados, se encuentra representado en sedimentos arcósicos heterogéneos, que incluyen fragmentos de roca centimé-



Figura 2.55. Mapa de situación y contexto geológico de Somosaguas.

tricos dispersos y niveles de sepiolita muy irregulares y de muy pequeño espesor. Un análisis al microscopio de una muestra de este material nos revela que los granos de cuarzo son muy angulosos y que los feldespatos están poco alterados, indicativo de un grado bajo de madurez. Estas arenas, que ocupan una posición superior a los materiales del yacimiento anterior (figura 2.56), corresponderían en buena parte a procesos de transporte en masa posiblemente producidos en forma de manto de arroyada. El depósito de las arcasas queda integrado dentro de un sistema de abanicos aluviales cuyo abastecimiento se realiza a partir del desmantelamiento de los granitoides y rocas metamórficas del sistema central caracterizando tales depósitos arcósicos las zonas medias y distales de estos abanicos (Alberdi *et al.*, 1985).

El análisis litoestratigráfico del relleno mioceno de la cuenca de Madrid ha

permitido la diferenciación de tres unidades: Unidad Inferior, Unidad Intermedia y Unidad Superior (Juncos y Calvo, 1983; Alberdi *et al.*, 1985). Los materiales en los que se encuentran los yacimientos de Somosaguas sur y norte formarían parte de la Unidad Intermedia. Esta unidad comprende el periodo de tiempo transcurrido desde el Aragoniense medio hasta el Vallesiense superior según Calvo *et al.* (1993).

TAFONOMÍA Y FOSILIZACIÓN

La localidad paleontológica de Somosaguas, está constituida por dos yacimientos con asociaciones fosilíferas distintas en cuanto al número de restos, disposición y conservación dentro de materiales cuya génesis es diferente.

La abundancia relativa de los restos por unidad de superficie tiene valores variados según la zona considerada dentro de los yacimientos.

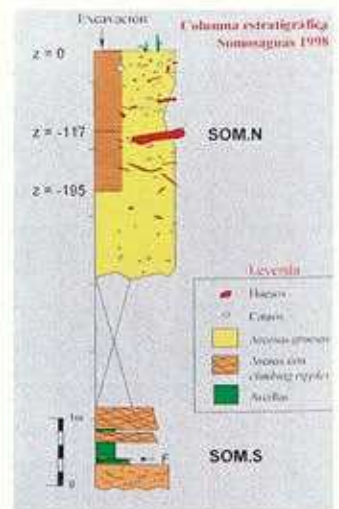


Figura 2.56. Columna estratigráfica de los yacimientos de Somosaguas norte y Somosaguas sur.

Los restos presentes en el yacimiento situado más al norte, no presentan un patrón general de agrupamiento, ni conexión anatómica; se trata de restos dispersos con direcciones preferentes en su mayor parte NW-SE (figura 2.57); en estos restos se pueden observar distintos grados de alteración debido a factores físicos y paleobiológicos, entre los cuáles destacan procesos de fracturación y corrosión por presión-descompresión y una alteración producida por líquenes que provoca una pérdida sucesiva de la estructura ósea.

La conservación a nivel histológico es casi perfecta (figura 2.58), en ellas se pueden observar los cuerpos osteonales

Figura 2.57. Nivel de costillas en el yacimiento de Somosaguas norte (foto Nieves López *et al.*).



Figura 2.58. Microfotografía de un corte transversal de hueso de mastodonte (foto UCM).

(circulares) con sus anillos de crecimiento, los osteocitos con sus ramificaciones citoplasmáticas (puntos ovalados oscuros) y los procesos de sustitución de las osteonas típicos de vertebrados (nomenclatura de Paniagua, 1997).

En el yacimiento sur existe una mayor abundancia de restos en conexión con un menor grado de alteración y mejor conservados.

Todo ello nos hace pensar en restos re-sedimentados, autóctonos con el sedimento en el sector norte lo que coincidiría con el análisis sedimentológico de los materiales interpretados como un transporte en masa o debris-flow; en cambio en el sector sur al presentar un mayor número de restos menos transportados y acumulados, estaría en consonancia con un origen de los depósitos más distal y de menor energía.

LOS MACROVERTEBRADOS

Mastodontes

La campaña de excavaciones de 1.998 ha proporcionado una serie diversa de restos fósiles pertenecientes al grupo de los proboscídeos, entre ellos los que destacan un fragmento de premolar de leche, un premolar, un fragmento de molar, un resto de diente definitivo con raíz, un fragmento proximal de fémur y un húmero junto con numerosas costillas (figura 2.57) y esquirlas, que por su tamaño nos hacen pensar que puedan pertenecer a este grupo.

Los restos suelen aparecer fragmentados algunos de ellos incluso redondeados y en bajas concentraciones y en algunos niveles las costillas aparecen claramente orientadas por una corriente tractiva; sólo se han encontrado restos de este taxón en las arcosas de Somosaguas norte y aquí aparece en todos los niveles excavados.

Se han identificado al menos tres individuos con edades diferentes: un infantil (dentición de leche), un subadulto (pre-molar definitivo poco gastado) y un adulto (fémur y molar).

En base a las características morfológicas y métricas del premolar y el fémur los restos pueden ser adscritos a *Gomphotherium angustidens*, fósil típico del Aragoniense medio y abundante en la cuenca de Madrid en yacimientos como Puente de Toledo, La Hidroeléctrica o los yacimientos del Pasillo Verde.

Se han realizado láminas delgadas de la diáfisis del fragmento de fémur, observándose que la conservación de la histología ósea es prácticamente perfectamente. Este material está en estudio.

LOS MICROVERTEBRADOS

Como ya hemos comentado, Somosaguas sur constituye una concentración de microfósiles de bastante importancia, tanto por su riqueza, como por su diversidad taxonómica.

Hasta el momento se han identificado aproximadamente unas 200 piezas dentales, además de haberse rescatado un número igualmente elevado de restos óseos. Todo esto en una primera fase de excavación en la que ni si quiera se ha terminado de triar todo el sedimento del que se dispone, por lo que es de esperar que aumente el número de taxones cuando se concluyan las labores de triado y se desarrollen posteriores campañas de excavación.

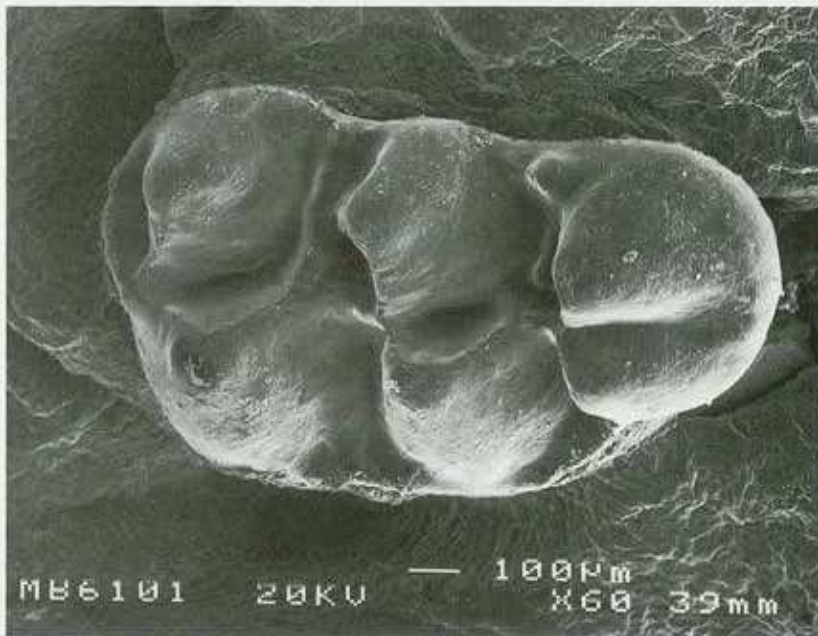
Los taxones más representativos que han sido hallado dentro de estas microfaunas comprenden fundamentalmente roedores, de los que tenemos representantes de las familias Sciuridae, Cricetidae y Gliridae; aparecen además lagomorfos, insectívoros, carnívoros sin determinar e incluso saurios (reptiles) como lacértidos y ánguinos.

Conviene, a continuación, comentar la importancia y características generales de algunas de las especies (López Martínez *et al.*, 1987) más abundantes y representativas del yacimiento.

F. Cricetidae

Megacricetodon collongensis (fig. 2.59). Es uno de los hámsters más frecuentes en el Mioceno de Europa occidental. El género *Megacricetodon* se extiende desde el Aragoniense Medio hasta el Vallesiense inferior, haciéndose especialmente abundante en el Aragoniense Superior, donde llega a constituir el 85% de la fauna de roedores (cuadro 2.3). Esta enorme superpoblación hace que se le atribuya un modo de vida gregario, a modo de plaga temporal como algunos roedores actuales (microtinos), en un hábitat de terreno abierto, de tipo sabana o estepa cálida.

Figura 2.59. Fotografía al microscopio electrónico de un M¹ derecho de *Megacricetodon collongensis* (foto UCM).



Fablbuschia darocensis. Se trata de otro cricétido de talla bastante superior a la de *Megacricetodon*. El género *Fablbuschia* es típico del Aragoniense de la Península Ibérica, y constituye junto a *Megacricetodon* la especie más abundan-

te en Somosaguas Sur (cuadro 2.3). Este género es indicativo de altas temperaturas (Van der Meulen & Daams, 1992).

F. Gliridae

Armantomys tricristatus. Se trata de un lirón de gran talla endémico de la Península Ibérica. Los molares de este lirón, con crestas muy elevadas e inclinadas, ausencia de centrolofos y crestas accesorias, corona muy alta (hipsodoncia), le atribuyen un tipo de alimentación especializado en vegetación dura, por lo que debió vivir en un hábitat de tipo estepario. La atribución de este género a un hábitat de estepa cálida, viene confirmado a menudo por su asociación con *Lagopsis* y *Heteroxerus*, como es el caso de Somosaguas.

Armantomys aparece en España en el Mioceno Inferior, y se extingue al final del Mioceno Medio, coincidiendo con la crisis del Vallesiense que supone un enfriamiento general del Mediterráneo.

Microdyromis koenigsvaldi. Se trata de un pequeño lirón, aproximadamente del tamaño de un ratón doméstico, que aparece en Europa en el Oligoceno Superior y se extingue al final del Aragoniense. Es especialmente abundante en determinados yacimientos del Sur de Francia y Suiza, en donde había pequeños enclaves microclimáticos, apareciendo junto a numerosos primates. Por esta razón, este género se considera un bioindicador termófilo que desaparece en el Vallesiense con la crisis climática que inicia un ciclo de clima templado.

La importancia de los microvertebrados es múltiple, pues no sólo contribuyen a aumentar enormemente la diversidad y riqueza de un yacimiento, sino que constituyen una magnífica herramienta bioestratigráfica, como veremos a continuación, además de proporcionarnos una valiosa información sobre el clima de la época y las condiciones ambientales en general.

LISTA FAUNÍSTICA Y DATACIÓN

Los taxones encontrados en el yacimiento de Somosaguas son:

- Gomphotherium angustidens*
- Ancbitberium* sp.

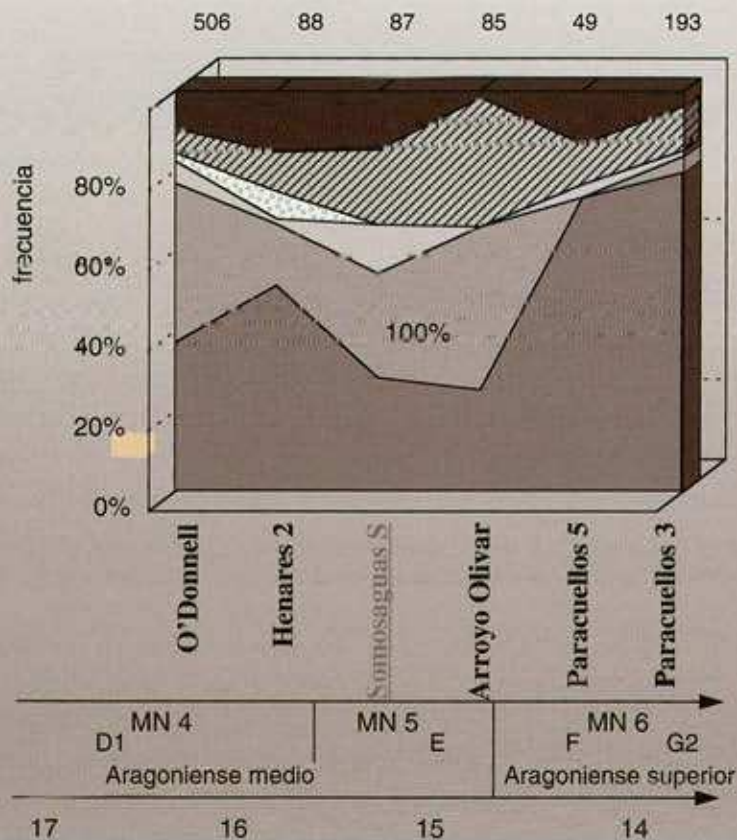
- Amphycion* sp.
 - Suidae indet.
 - Cervidae indet.
 - Tethytragus* sp.
- en el yacimiento norte, y:

- Megacricetodon collongensis*
 - Falbuschia darocensis*
 - Armantomys tricristatus*
 - Microdyromys koenigsvaldi*
 - Heteroxerus* sp.
 - Lagopsis* sp.
 - Galerix* sp.
 - Micromeryx* sp.
 - Anguidae indet.
 - Lacertilia indet.
 - Chelonia indet.,
- en el yacimiento sur.

Cuadro 2.3. Proporción de M1+M2 de distintos roedores del Mioceno de Madrid. En la horizontal se representan distintos yacimientos de la comunidad de Madrid, incluido Somosaguas; en la vertical las frecuencias en tanto por ciento.

Roedores fósiles del Mioceno de Madrid

- *Heteroxerus*
- ▨ *Armantomys*
- *Pseudodryomys*
- *Microdyromys*
- ▩ *Falbuschia*
- *Megacricetodon*



Edad

millones años

MN 4 D1 Aragoniense medio 17 16
 MN 5 E 15
 MN 6 F G2 Aragoniense superior 14

La datación del yacimiento nos apoyamos en los datos que nos proporcionan los microvertebrados de la zona sur, que son más precisos que los datos de macrovertebrados de la zona norte.

En Somosaguas el tamaño de los molares de *Megacricetodon collongensis* es grande (por ej: la media de longitud de M1 es 1,46 mm y la media de la anchura es 0,94 mm), similar al de Arroyo del Olivar (Herráez, 1993). Por otro lado, la proporción de restos de *M. collongensis* es de 35% (Cuadro 2.3), similar a la que tiene en el yacimiento de Arroyo del Olivar (Herráez, 1993). Esta proporción es relativamente menor que la que alcanza en el Aragoniense superior.

La especie *Falbuschia darocensis* nos acota por la base el intervalo de edad, porque esta especie reemplaza *Falbuschia koenigswaldi* en el Aragoniense medio reciente.

Gracias a estos resultados se puede llegar a la conclusión, que la edad de este yacimiento es Aragoniense medio final, correspondiente a la zona E o MN 5.

RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL

La reconstrucción del pasado de la Tierra parte de la observación de señales de procesos antiguos que interpretamos en base a modelos de procesos actuales. Pero sólo debemos basarnos en procesos inmanentes, que sean esenciales al funcionamiento del planeta. De lo contrario no haremos sino proyectar al pasado la imagen del presente, distorsionando la realidad histórica.

¿Qué nos indican las señales observadas en Somosaguas? Encontramos una concentración de restos de grandes y pequeños vertebrados en una extensión de unos 60.000 m². Si miramos en detalle vemos que no es una única capa de sedimentos con huesos sino dos niveles independientes, separados por otros estériles. Se trata por tanto de dos yacimientos superpuestos y con dos tipos de fosilización diferente.

Los restos del yacimiento sur muestran mayor integridad y un proceso de depósito por decantación. Los del yacimiento norte, más reciente, indican una gran desintegración de restos en lo que, posiblemente, constituye un depósito de tracción y transporte en masa.

¿Porqué coinciden en un mismo lugar dos procesos diferentes que conservan huesos. En muchos casos no conocemos las causas de la formación de los yacimientos de vertebrados. Algunos podrían ser debidos a catástrofes, como inundaciones o crisis de mortalidad en masa. Conocemos un caso en Madrid, el yacimiento del Cerro de los Batallones, que podría ser una trampa vertical de tipo arenas movedizas. Los demás son como los de Somosaguas, capas horizontales que concentran huesos en distintos tipos de sedimentos. No puede ser casualidad la presencia de dos yacimientos superpuestos, pero aún no podemos asegurar el origen de ninguno de ellos.

A grandes rasgos, las diferentes asociaciones de vertebrados que se han registrado en el Mioceno de Madrid mues-

tran composiciones similares. Las asociaciones de fósiles no deben confundirse con las comunidades de organismos, pero pueden estudiarse con métodos similares. Este es un gráfico llamado biocenograma que ordena las especies de vertebrados identificadas en Somosaguas en función del peso estimado de sus individuos adultos. La escala vertical es logarítmica, porque las diferencias son tan grandes que el más pesado es un orden de magnitud superior al siguiente, y los más pequeños también. Este diagrama, ideado por el Dr. Valverde, permite comparar las asociaciones entre sí y observar los vacíos entre grupos, la situación de los depredadores respecto a los herbívoros, y la pendiente general que es más plana en asociaciones más ricas y avanzadas en la sucesión ecológica.

Somosaguas contiene, como otros yacimientos madrileños, restos de mastodontes, équidos primitivos (*Anchitherium* sp.), ciervos, antílopes, mósquidos, cerdos, pikas, erizos, hámsters, lirones y ardillas terrestres, además de carnívoros, tortugas y saurios. No encontramos peces ni cocodrilos, que suelen aparecer en esta época en otras regiones como la cuenca de Loranca. Somosaguas presenta un interés especial por registrar todos los tamaños de vertebrados, desde los más grandes a los más pequeños. Falta confirmar la existencia de rinocerontes, de los que tenemos indicios así como de aves y musarañas. Seguramente aparecerán nuevas especies al aumentar la intensidad del muestreo.

Los yacimientos de Somosaguas contienen una proporción relativamente alta

de restos de individuos inmaduros, infantiles y juveniles, tanto en mastodontes como en équidos, ciervos y cerdos. Ello sugiere que se trata de especies que vivían y se reproducían en la región, no divagantes o migradores, lo que nos permite inferir las condiciones paleoambientales en base a sus modos de vida.

Una mayoría de las especies presentes son herbívoros terrestres de clima cálido. Algunos, como los grandes lirones, las ardillas terrestres y los antílopes son propios de paisajes abiertos de medios áridos. Otros, como *Anchitherium*, los ciervos y los mósquidos, precisan un paisaje boscoso más o menos abierto.

Una posible forma de conciliar un clima tropical con ambos tipos de paisajes es una sabana arbolada recorrida por bosques-galería a lo largo de los ríos. Pero en Madrid no había ríos permanentes. Nos lo indican los sedimentos muy poco alterados, inmaduros, sin canalizar, sin separar lateralmente arenas y arcillas, depositados en capas relativamente extensas y finas, y la ausencia de restos de peces y cocodrilos. Estos sedimentos parecen producidos por mantos de arroyada propios de abanicos áridos, pero de una extensión e intensidad de transporte excepcionalmente eficiente. Había mucha agua, pero caía en episodios relativamente intensos y breves, que provocaban riadas en vez de ríos.

Esta fase árida en la Península Ibérica, que se detecta también en otras regiones, coincide con el enfriamiento que se detecta en los océanos y continentes

en latitudes mayores hace aproximadamente unos 14 millones de años. Hasta entonces el clima tropical había dominado incluso en latitudes muy altas. Justo cuando en el norte aparecen señales de clima templado y casquetes glaciares, los vertebrados en Madrid testimonian la existencia de un periodo de aridez. El binomio "enfriamiento al

norte-aridez al sur" seguirá funcionando después, comprobándose especialmente durante las glaciaciones cuaternarias. Inversamente, los periodos de calentamiento se acompañan con un incremento de la humedad. Ello nos da una clave del metabolismo del planeta, de gran interés para conocer su evolución futura.

TAFONOMÍA

Israel M. Sánchez, Luis Alcalá, Susana Fraile, Plinio Montoya y Jorge Morales

La tafonomía es la rama de la paleontología que estudia los mecanismos de formación de los yacimientos de fósiles, y los procesos de preservación de éstos. Posee una estrecha relación con la paleoecología, pero a diferencia de ésta que estudia, a través de los restos de las entidades paleobiológicas y/o de sus huellas de actividad, el conjunto de fenómenos que afectaban a la comunidad viva (biocenosis), la tafonomía estudia todos los fenómenos que han afectado a estos elementos producidos hasta la actualidad (asociación registrada) (figura 2.60).

La producción de entidades que van a entrar en el proceso de fosilización puede llevarse a cabo por la muerte de los organismos, o bien por realización, es decir, cualquier proceso diferente a la muerte del organismo (huellas, coprolitos, huevos, plumas, mudas, dientes de leche desprendidos, etc.). En este proceso se produce una entrada de información desde la Biosfera a la Litosfera, lo que se conoce como acumulación.

Un fósil no sólo puede estar producido por una entidad biológica del pasado, sino también por su actividad. Así, se consideran fósiles tanto aquellos de restos directos, como las evidencias indirectas fruto del comportamiento. Esta segunda categoría la componen los icnofósiles, entre los que se incluyen las estructuras de bioerosión (como las marcas de dentición de carnívoros y roedores), así como las estructuras de bioturbación, como por ejemplo las huellas de pisadas y los restos de madrigueras. También se incluyen en la categoría de icnofósiles los coprolitos (excrementos fosilizados).

El que un resto de una entidad paleobiológica se conserve o no como fósil y, en el caso de que así sea, el grado de conservación de dicho fósil, va a depender tanto de factores extrínsecos como intrínsecos. Los factores extrínsecos están referidos fundamentalmente a las características físicas y químicas del ambiente y, asimismo, de los sedimentos una vez que ha tenido lugar el enterramiento; los factores intrínsecos se relacionan con la