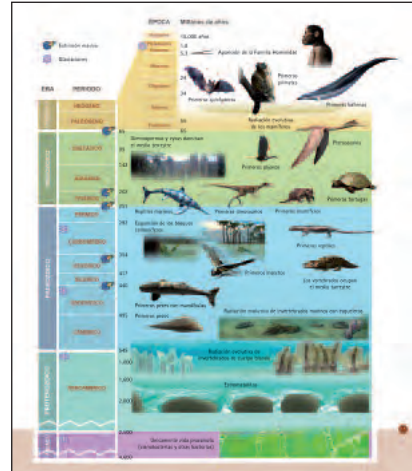


Madrid antes del hombre

Durante cientos de millones de años, antes de la aparición del hombre, nuestra región fue el escenario de asombrosos dramas naturales, y el hábitat de una espectacular sucesión de faunas salvajes. Este libro presenta, de una manera amena pero científicamente rigurosa, la historia de la vida en la región de Madrid, desde los remotos tiempos del Paleozoico hasta el Cenozoico o "Edad de los Mamíferos".



Esquemas claros y rigurosos resumen los eventos más significativos de la historia de la vida.

La época mejor conocida de nuestro pasado salvaje es el período Mioceno, cuando el relieve de la región ya prefiguraba el actual, y unas faunas de mamíferos dignas de las grandes reservas africanas poblaban las praderas y bosques de lo que hoy es Madrid.

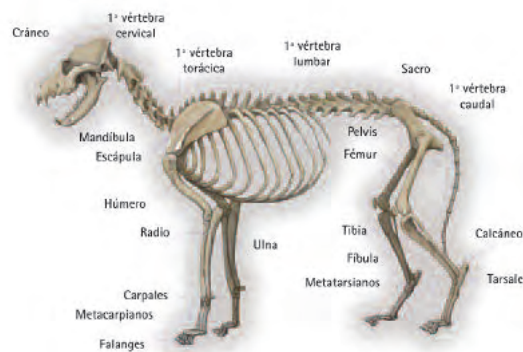


Numerosas fotografías muestran algunos de los fósiles más importantes descubiertos en nuestra comunidad.



La anatomía de los animales actuales y la de sus parientes extinguidos se muestra en ilustraciones detalladas.

Las reconstrucciones ambientales, basadas en abundante información paleontológica, nos presentan a los animales extinguidos en su ambiente, y abren auténticas ventanas al pasado remoto de Madrid.



Madrid antes del hombre



Madrid, una historia para todos

Madrid antes del hombre



Comunidad de Madrid

VICEPRESIDENCIA, CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE Y PORTAVOCÍA DEL GOBIERNO
Dirección General de Patrimonio Histórico



Madrid, Patrimonio de todos
1985 - 2010

ISBN 978-84-451-3260-9



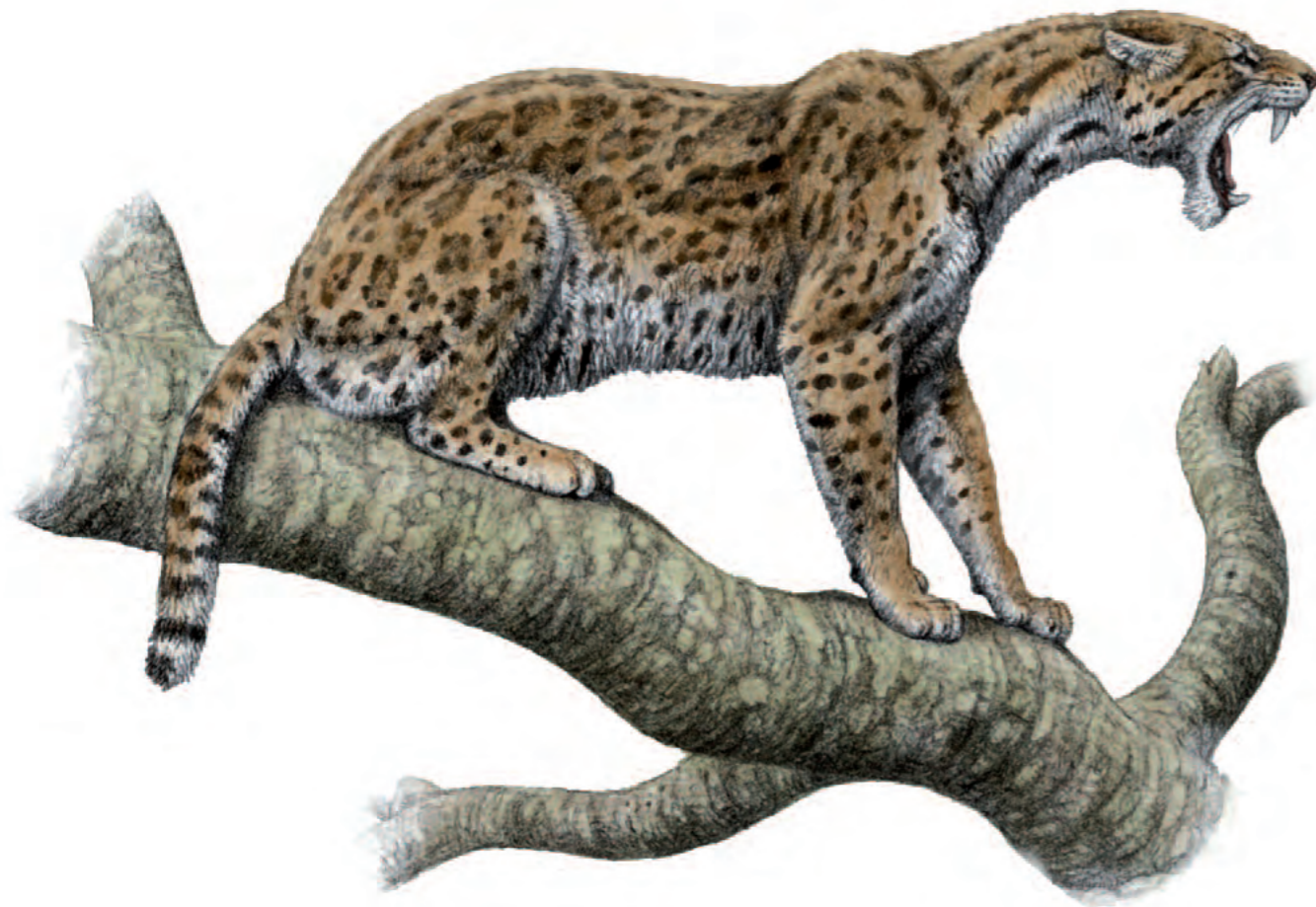
9 788445 132609

Madrid antes del hombre

COORDINADORES

MAURICIO ANTÓN • JORGE MORALES

2009 • Madrid



Comunidad de Madrid

VICEPRESIDENCIA, CONSEJERÍA DE CULTURA
Y DEPORTE Y PORTAVOCÍA DEL GOBIERNO
Dirección General de Patrimonio Histórico



Madrid, Patrimonio de todos
1985 - 2010



Comunidad de Madrid

Presidenta
Esperanza Aguirre Gil de Biedma

Vicepresidente, Consejero de Cultura y Deporte y Portavoz del Gobierno
Ignacio González González

Viceconsejera de Cultura
Concepción Guerra Martínez

Director General de Patrimonio Histórico
José Luis Martínez-Almeida Navasqués

Subdirector General de Difusión y Gestión
Jaime Ignacio Muñoz Llinás

Subdirectora General de Protección y Conservación
Ana de Miguel Cabrera

Dirección y coordinación editorial
 Dirección General de Patrimonio Histórico,
 Área de Promoción y Difusión
Rosario Pérez

Coordinadores
Mauricio Antón - Jorge Morales

Maquetación
 Grafismo SL/Javier Sierra

Impresión
 Artes Gráficas Palermo

ISBN: 978-84-451-3260-9
 D.L.

Lista de autores en orden alfabético y secciones del libro en las que han contribuido:
 Juan Abella p. 44-45
 Mauricio Antón p 28-29;32-33,38-49; 66-71.
 Carmen Diéguez p. 14-15.
 Israel García Paredes p. 36-37.
 Jorge Morales p. 2-27;32-33; 52-53; 60-61; 66-71
 Adriana Oliver p. 36-37.
 Manuel J. Salesa p. 26-27; 30-31; 38-41; 46-47; 50-51; 56-57.
 Israel M. Sánchez p. 6-7;34-35; 58-59; 62-65.
 Oscar Sanisidro p. 24-25;54-55.
 Gema Siliceo p. 42-43.

Autores de las ilustraciones:
 Mauricio Antón: 1-3; 4 (medio); 5; 14(abajo); 16; 18-21; 22(abajo); 23; 28-31; 33(arriba);38-53;56-65
 Israel M. Sanchez: 58 (derecha)
 Oscar Sanisidro: 4 (arriba y abajo); 8-10; 12 (arriba y abajo); 13;14(arriba); 17; 22(arriba); 24-25; 34; 35(abajo); 36-37; 54-55.
 Oscar Sanisidro y Mauricio Antón: 32-33.
 Oscar Sanisidro y Francisco Gascó: 11; 12 (medio).

Autores de las fotografías:
 Juan Abella: 45 (der.)
 Mauricio Antón: 23; 38; 39 (der.); 34 (arriba); 42; 43 (izq.); 44; 48-49; 54; 56; 61.
 José Pedro Calvo: 10.
 María Ferrer: 34 (centro).
 Susana Fraile: 66 (abajo).
 Jorge Morales: 6 (centro, abajo der.); 7 (arriba izq., abajo); 15 (arriba) 16; 18-19; 20-21; 26; 31(der); 35 (arriba); 46; 53 (abajo); 57 (der.); 60; 63 (izq); 65; 67; 68 (arriba izquierda).
 Pablo Peláez-Campomanes: 36-37.
 Manuel J. Salesa: 27; 35 (abajo); 39 (izq.); 40; 43 (der.); 45 (izq.); 51; 57 (izq.);
 Israel M. Sánchez: 6 (arriba; abajo); 7 (arriba izq.); 10 (centro y abajo); 31 (izq.); 58-59; 62; 63 (der.); 64.
 Oscar Sanisidro: 55.



Biblioteca virtual

Esta versión forma parte de la Biblioteca Virtual de la **Comunidad de Madrid** y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma.

www.madrid.org/publicamadrid

Desde que en 1985 la Comunidad de Madrid asumiera plenas competencias en materia de cultura ha habido por parte del Gobierno Regional una constante preocupación en la conservación y desarrollo del Patrimonio Histórico. Los madrileños podemos estar orgullosos de la riqueza y variedad de este patrimonio, que abarca desde los tiempos más remotos, en los que los paisajes de hoy serían irreconocibles, hasta nuestro pasado más reciente. Nada ha sido olvidado desde la Comunidad, durante estos casi 25 años transcurridos se ha realizado un enorme esfuerzo, que ha tenido su recompensa. No sólo hemos conservado, en el término más amplio de su acepción, el patrimonio que heredamos, sino que nos hemos preocupado por incrementarlo y además se han implementado toda una serie de actuaciones encaminadas a que este patrimonio pueda ser más cercano a los madrileños; publicaciones, exposiciones, nuevos museos, yacimientos visitables y otras muchas iniciativas, todas hechas con el propósito de que los madrileños no sean sólo meros usuarios, sino también gestores de esta inmensa riqueza cultural.

Un esfuerzo no desdeñable y siempre urgente ha sido el seguimiento y control de las obras públicas en la Comunidad. En tiempos pasados, en muchas ocasiones, desarrollo ha sido sinónimo de destrucción, sin embargo, desde la Administración Autonómica se han puesto todos los mecanismos para evitar que las necesarias infraestructuras signifiquen destrucción de patrimonio. No sólo se ha conseguido este objetivo, sino que incluso podemos afirmar que el Patrimonio Histórico de Madrid ha sido ampliado hasta niveles impensables hace sólo unos pocos años. Sería imposible hacer un repaso, incluso somero, a la calidad y cantidad de los hallazgos históricos, arqueológicos y paleontológicos descubiertos recientemente.

En esta línea de fomentar el conocimiento sobre el Patrimonio Histórico de Madrid, nos embarcamos en una nueva aventura, iniciamos esta colección de libros de divulgación sobre sus aspectos más relevantes, con el objetivo de aproximar aún más los progresos y nuevos hallazgos a todos nuestros ciudadanos, por ello la hemos denominado **“Madrid, una historia para todos”**. Para conseguir nuestro objetivo debemos recurrir a grandes profesionales de las diferentes etapas en las que se divide la historia, para ello, en esta primera entrega, hemos tenido el placer de contar con Jorge Morales y Mauricio Antón, cuyo trabajo ha puesto el listón muy alto. Así, comenzamos con este volumen dedicado a la paleontología de la Comunidad, en el que se pretende dar una visión amplia y sencilla de cómo era nuestra región antes de la aparición del hombre, qué animales vivían y cómo eran los paisajes del pasado, a ello debe su título **“Madrid antes del hombre”**, heredado de una exposición llevada a cabo a principios de los años noventa del pasado siglo. En definitiva, comenzamos por mostrar el escenario más antiguo de nuestro territorio, sobre el que en épocas más recientes, el hombre ha construido su historia, y consciente o inconscientemente nos ha legado un formidable patrimonio que nosotros tenemos la obligación de transmitir a las generaciones sucesivas.

José Luis Martínez-Almeida Navasqués
 Director General de Patrimonio Histórico

SUMARIO

6 LO QUE DEBES SABER

¿QUÉ ES LA PALEONTOLOGÍA?
LA TIERRA A TRAVÉS DEL TIEMPO
EL REGISTRO FÓSIL DE LA VIDA
HISTORIA GEOLÓGICA DE LA COMUNIDAD DE MADRID



14 YACIMIENTOS

DE LA COMUNIDAD DE MADRID:
LA FLORA MESOZOICA
EL ARAGONIENSE INFERIOR
EL ARAGONIENSE MEDIO
EL ARAGONIENSE MEDIO Y SUPERIOR
EL MIOCENO SUPERIOR
YACIMIENTOS EXCEPCIONALES DE ESPAÑA Y EL MUNDO



26 METODOLOGÍA

MÉTODOS DE TRABAJO EN PALEONTOLOGÍA
LOS VERTEBRADOS FÓSILES DE LA COMUNIDAD DE MADRID
FILOGENIA Y TIEMPO



34 VERTEBRADOS

LOS VERTEBRADOS NO MAMÍFEROS



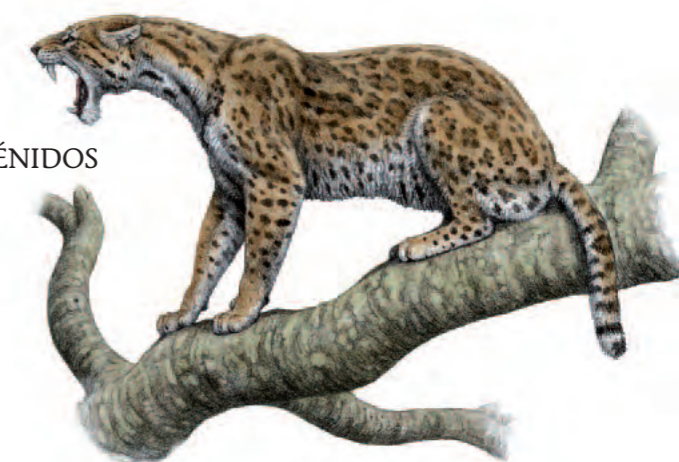
36 MICROMAMÍFEROS

LOS LAGOMORFOS, ROEDORES E INSECTÍVOROS



38 CARNÍVOROS

LOS MUSTÉLIDOS, MEFÍTIDOS Y HIÉNIDOS
LOS AILÚRIDOS
LOS ANFICIÓNIDOS
LOS ÚRSIDOS
LOS FÉLIDOS
LOS FÉLIDOS DE DIENTES DE SABLE



50 PROBOSCÍDEOS

LOS MASTODONTES



52 PERISODÁCTILOS

LOS CALICOTÉRIDOS Y ÉQUIDOS
LOS RINOCERONTES



56 CETARTIODÁCTILOS

LOS SUIDOS
LOS RUMIANTES
LOS BÓVIDOS
LOS CÉRVIDOS
LOS PALEOMERÍCIDOS Y JIRÁFIDOS



66 CURIOSIDADES

68 PARA SABER MÁS

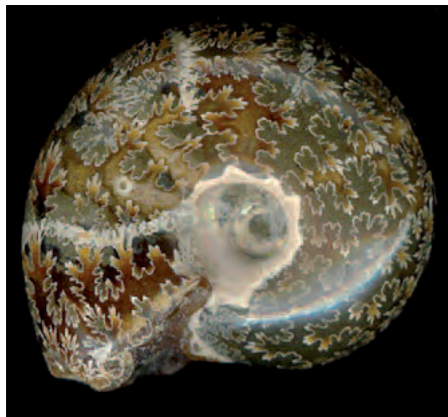
MUSEOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID Y PUBLICACIONES

70 GLOSARIO



¿QUÉ ES LA PALEONTOLOGÍA?

LA PALEONTOLOGÍA es la ciencia que estudia la vida en el pasado y su interrelación con la evolución de la Tierra. Si tenemos en cuenta que el registro de los seres vivos abarca casi 3.500 millones de años, es fácil darse cuenta del enorme reto que tienen los paleontólogos ante sí. Sin embargo, para este objetivo cuentan con algo maravilloso y sorprendente, los fósiles. Estos son los auténticos protagonistas, las evidencias palpables de los seres vivos que han habitado en la Tierra.



Este molde interno de una concha de un ammonites (un molusco cefalópodo del Mesozoico, pariente lejano de los actuales pulpos y calamares), proveniente de Madagascar, está completamente mineralizado, pero mantiene con total fidelidad la estructura de las suturas que separaban las cámaras del caparazón.

Los fósiles son restos tangibles de los organismos antiguos que se han conservado en las rocas, pero también se considera como fósil cualquier manifestación de la actividad orgánica que haya quedado impresa en las formaciones geológicas. Estas evidencias pueden ser muy variadas, por ejemplo gérmenes reproductores tales como son los huevos, esporas, polen, semillas, etc., excrementos de organismos (coprolitos), rastros de pisadas o de cualquier tipo de locomoción (llamados icnitas), restos de construcciones, guaridas, etc., o incluso compuestos químicos de origen orgánico (moléculas biogénicas o fósiles químicos).

Los restos de organismos y de su actividad han sufrido complejas transformaciones en el interior de los sedimentos antes de convertirse en fósiles. A este proceso se le llama fosilización, y su estudio es una importante rama de la Paleontología, denominada Tafonomía.



Los yacimientos de icnitas o pisadas fósiles del Cretácico de la Rioja conservan no sólo huellas individuales, sino rastros con numerosas pisadas consecutivas, que permiten estudiar la locomoción y otros aspectos del comportamiento de diversos tipos de dinosaurios.

Termitero fosilizado del Mioceno inferior del desierto de Namibia. Estos termiteros fueron construidos hace unos 19 millones de años por termitas del género *Hodotermes*, y son indicadores de que las condiciones climáticas del actual desierto costero de Namibia eran mucho más húmedas en aquella época. Se muestra además una sección transversal de uno de los termiteros fósiles.



Huevos fosilizados de *Diamantornis* (Namibia, Mioceno inferior), y aspecto de los huevos fósiles en el yacimiento de Rooilepel (Namibia). Los huevos *Diamantornis* fueron depositados por un ave gigante no voladora que vivió hace unos 19 millones de años en lo que es hoy el desierto costero de Namibia. Es muy típico de estos grandes huevos la presencia de enormes poros, que servían para el intercambio gaseoso del embrión.



Mediante el estudio de los fósiles podemos catalogar la diversidad de los organismos del pasado, es decir conocer que organismos han vivido antes de nosotros, y averiguar como se relacionan entre sí, e incluso cuales son las formas actuales a las que más se parecen, lo que no es siempre posible si se trata de organismos muy antiguos o muy especiales. Investigamos cómo evolucionaron los organismos y cuales fueron los ritmos y causas del cambio. También inferimos como vivían estos seres del pasado y como se relacionaban con el medio ambiente, como eran capaces de modificarlo o de adaptarse a él; como les afectaron los cambios climáticos, y que información sobre el clima del pasado podemos extraer de su estudio. Buscamos las causas de la extinción de los grupos orgánicos del registro geológico, y en particular de las grandes extinciones masivas.

Los temas enumerados son tan sólo algunas de las inmensas posibilidades que ofrece el estudio de los fósiles, estos objetos únicos que los paleontólogos buscan sin descanso, y que nos ofrecen las claves para conocer nuestra propia historia.

El pasado mira al presente en el Field Museum of Natural History (Chicago). 'Sue' es el apodo que se dio a este *Tyrannosaurus rex* adulto (FNMH PR 2081), el más completo hallado hasta la fecha. Sus restos fósiles fueron descubiertos en el verano de 1990 por la paleontóloga Sue Hendrickson, de cuyo nombre recibió el apodo. En realidad no está nada claro si 'Sue' fue macho o hembra.



LA TIERRA A TRAVÉS DEL TIEMPO

La Tierra es el único planeta del Sistema Solar que con seguridad alberga vida

NUESTRO PLANETA se comenzó a formar hace unos 4.500 millones de años por acreción de materiales dispersos en el espacio, de composición similar a la de los meteoritos de tipo condritico. Durante los primeros 1.000 millones de años el planeta estuvo sometido a una intensa lluvia de meteoritos, algunos de un tamaño considerable.

Los materiales metálicos, más densos, emigraron hacia el interior formando el núcleo férreo actual, y los menos densos acabaron en la superficie formando la corteza terrestre. Este proceso fue acompañado del escape de gases desde el interior de la tierra con la formación de los primeros océanos y de la atmósfera, al comienzo muy rica en CO₂.

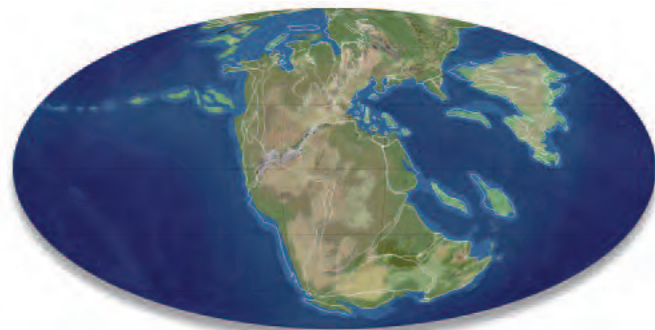
Hace unos 3.800 millones de años la corteza terrestre se había enfriado lo suficiente como para que existiesen grandes áreas sólidas y océanos estables. La lluvia de meteoritos persistía, aunque era menos intensa, y había gran actividad volcánica. A pesar de estas dramáticas condiciones, la vida fue capaz de surgir por combinación y evolución de las sustancias químicas disueltas en el agua marina.



Hace aproximadamente 2.500 millones de años el 80% de la corteza continental ya se había formado, pero la atmósfera era aún pobre en oxígeno, aunque éste aumentaba paulatinamente. Poco después, hace unos 2.300 millones de años, se detecta la primera glaciación importante. Hace cerca de 900 millones de años la Tierra sufrió su crisis más terrible, una glaciación total que cubrió toda la superficie del globo, un episodio conocido como "Bola de nieve", y que pudo tener consecuencias dramáticas para el desarrollo de la vida.

Hace unos 900 millones de años se produjo una glaciación global, que no sólo afectó a las masas continentales sino también a la superficie de los océanos. En tales circunstancias, la superficie del planeta entero aparecería como una esfera blanca de hielo y nieve, reflejando la luz solar y absorbiendo aún menos calor, lo cual contribuía a perpetuar las condiciones glaciales.

Hace unos 220 millones de años todos los continentes estaban unidos formando un único supercontinente llamado Pangea, que se ha ido rompiendo hasta formar la configuración que hoy conocemos.

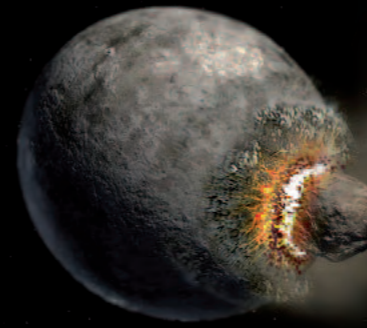


Sin embargo, hace unos 550 millones de años se produjo una espectacular explosión de la vida, que pronto alcanzó los niveles de complejidad que hoy conocemos. Durante esta última parte de la historia de la Tierra se han sucedido tres grandes glaciaciones y cinco grandes crisis bióticas. Las causas de estas crisis todavía son poco conocidas; algunas de ellas como, la que sucedió durante el paso del Cretácico al Terciario, y que causó la extinción de los dinosaurios se han atribuido al impacto de un meteorito.

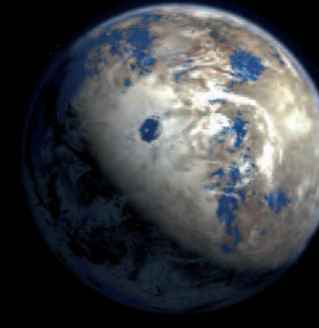
La colisión de un meteorito de gran tamaño con la tierra aparentemente causó la extinción de los dinosaurios hace unos 65 millones de años.



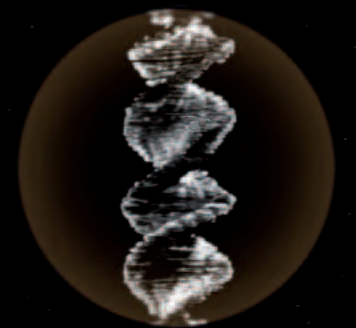
Pese a su avanzada edad, la Tierra conserva mucha energía, como lo prueban la intensa actividad volcánica y tectónica, las corrientes oceánicas y la dinámica de la atmósfera. Sin embargo, el desarrollo de la vida ha contribuido a cambiar la composición geológica de la Tierra, ya que los organismos fotosintéticos pueden suministrar más energía, captándola de la luz solar, que la procedente del interior de la Tierra. Esos organismos almacenan la energía de la luz y la utilizan para modificar el medio ambiente. Los procesos de meteorización y degradación de los materiales geológicos se aceleran por la acción de los organismos, posibilitando cambios en la formación de los materiales terrestres de la corteza. Sin su concurso probablemente no existirían los granitos, que son las rocas más importantes de la corteza terrestre y que además son únicas en el Sistema Solar. Sólo se han podido formar con la combinación agua más vida.



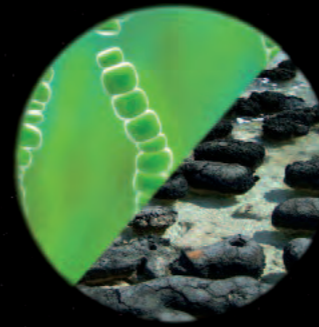
▲ Hace 4.567 millones de años, la Tierra se formó por acreción de materiales similares a meteoritos condriticos. Poco después el núcleo metálico se segregó.



▲ Probablemente los océanos se formaron en la superficie de la Tierra hace 4.400 millones de años...



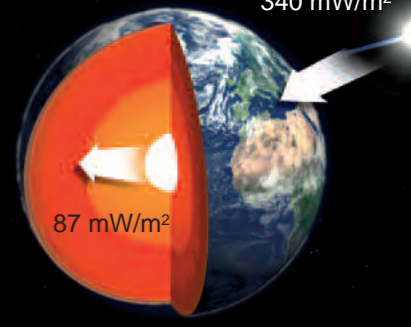
▲ ... permitiendo la posibilidad de que la vida surgiera hace 4.400 millones de años.



▲ Hace 3.800 millones de años la vida floreció en los océanos y aparecieron las primeras formas de vida fotosintéticas.



▲ También hace 3.800 millones de años los continentes se estabilizaron suficientemente como para que se conserven testigos en la actualidad



▲ La maquinaria de la tectónica de placas es activada por la producción de calor interno que provee de 87 mW/m² a la superficie terrestre. En comparación, la luz solar contribuye con 340 mW/m².



▲ La clorofila capta 268 mW/m² de la energía química, que alimenta los ciclos geoquímicos de la Tierra.



▲ Al forzar los ciclos geoquímicos la vida fotosintética pudo acelerar la formación de granito y contribuir a la estabilización de los continentes

▲ Procesos geológicos

▲ Procesos relacionados con la vida

EL REGISTRO FÓSIL DE LA VIDA

500 millones de años de evolución

AUNQUE EL REGISTRO FÓSIL abarca unos 3.500 millones de años, los fósiles conocidos no nos dicen cómo se originó la Vida y a ese respecto sólo podemos hacer hipótesis basándonos en dos tipos de datos. Uno es el ambiente geológico en el que aparecieron las primeras moléculas orgánicas, muy diferente del que existe en la actualidad, en particular por la ausencia de oxígeno libre en la atmósfera. Otro dato crucial es que todos los organismos que habitan la tierra están contruidos de la misma manera en lo fundamental, implicando que toda la vida actual tiene un único origen. Así suponemos que existió una etapa en las que las moléculas orgánicas se estaban formando de manera espontánea, compitiendo entre si, y el ganador fue una molécula con la capacidad de replicarse, que seguiría cambiando hasta originar la vida tal como la conocemos.

Las primeras evidencias de restos fósiles son discutibles: se trata de supuestos productos biogénicos de casi 3.800 millones de años. Más sólidas son las evidencias de estromatolitos con una antigüedad de 3.500 millones de años. Estas construcciones, que alcanzan tamaños considerables, se suponen originadas por la actividad de cianobacterias, y no ofrecen evidencias de los organismos, sino de sus productos de deshecho.

Durante los siguientes 2.000 millones de años la vida estuvo restringida a cianobacterias y otros tipos de bacterias. Un grupo de fósiles frecuentes en este periodo fueron los acritarcos, pequeñas estructuras orgánicas que parecen ser restos de organismos unicelulares y especialmente de algas planctónicas. Los primeros metazoos aparecen hace 1.200 millones de años. Todos estos organismos tenían el cuerpo blando, dificultando su fosilización, pero aún así cada vez tenemos más información de la vida en el Precámbrico. A lo largo de ese tiempo (casi 3000 millones de años), la atmósfera se fue enriqueciendo en oxígeno, fruto de la actividad de los organismos fotosintéticos, posibilitando la aparición de formas de vida más complejas.

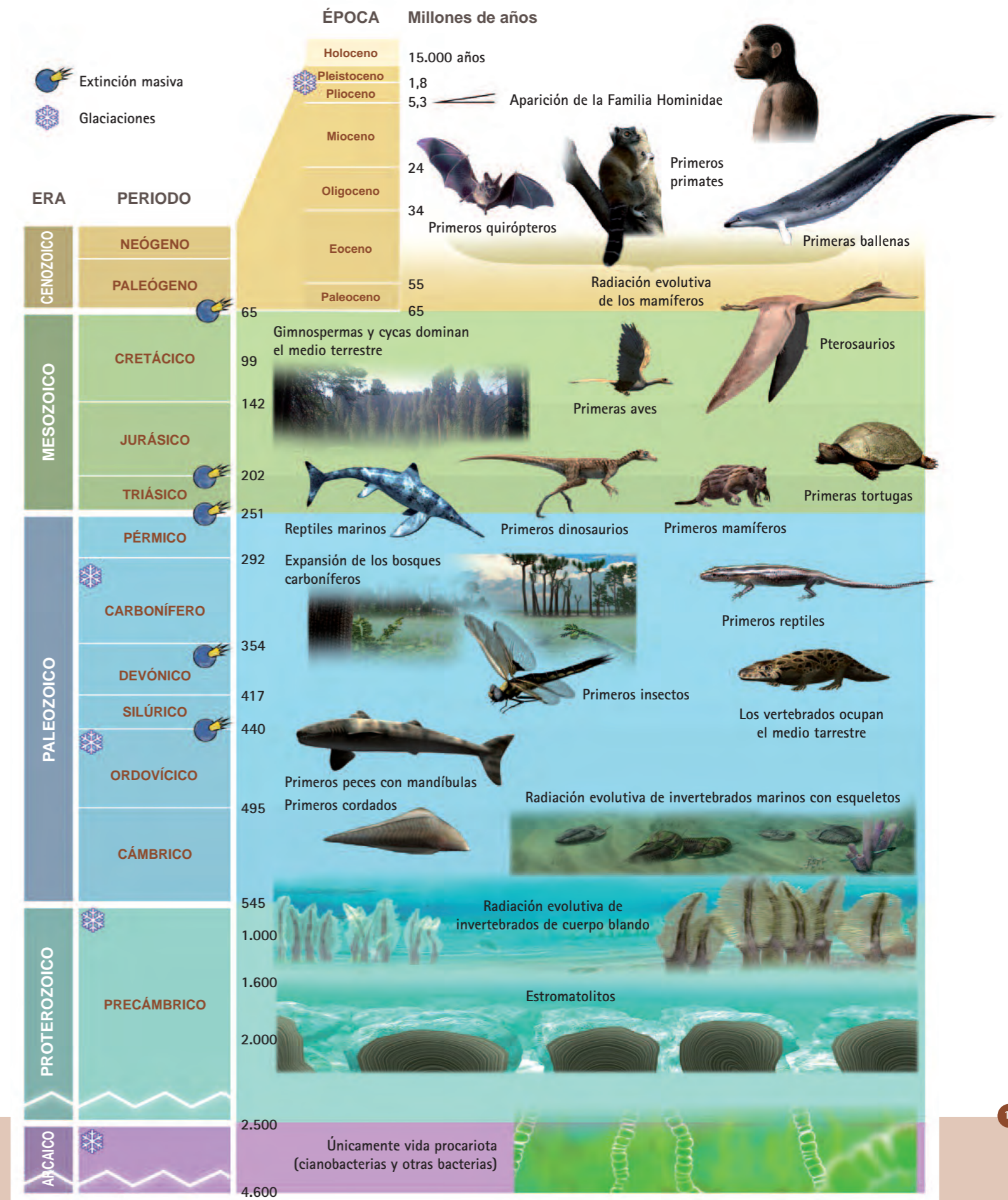
Hace unos 570 millones de años, al final del Precámbrico aparecen los primeros organismos pluricelulares con diferenciación de tejidos. Se les conoce como la fauna de Ediacara, por el yacimiento australiano de ese nombre. Carecían de caparzones o esqueletos y su relación con los organismos actuales o incluso fósiles es difícil de interpretar. Las formas más comunes se parecen a gusanos segmentados, frondas, discos o bolsas.

Al comienzo del Paleozoico, hace unos 545 millones de años ocurre un fenómeno espectacular conocido como la "Explosión Cámbrica", que supuso la radiación evolutiva de los invertebrados marinos con concha. Poco después aparecieron los primeros vertebrados, los peces sin mandíbula. A comienzos del Devónico, hace 400 millones de años, las áreas continentales emergidas se poblaban de insectos y plantas. Hace unos 350 millones de años los primeros vertebrados inician la conquista de la tierra firme. Al principio todavía tenían que volver al agua para reproducirse (anfibios), pero pocos millones de años después los primeros reptiles nos indican que la conquista de la tierra firme por parte de los vertebrados es ya irreversible.

La aparición de dinosaurios y mamíferos se produjo casi al mismo tiempo a comienzos del Mesozoico. Los primeros dieron lugar a formas generalmente de gran tamaño, mientras que los mamíferos mantuvieron tallas pequeñas durante todo el Mesozoico. Al final de esta era se produjo una crisis faunística importante, debida probablemente al impacto de un gran meteorito. Muchos grupos de animales se extinguieron, entre ellos los dinosaurios, aunque las aves pueden considerarse sus descendientes. Durante el Cenozoico los mamíferos tuvieron un éxito notable y dieron lugar a una radiación adaptativa muy variada con formas que han conseguido adaptarse a la mayoría de los ambientes existentes.



Algunos estromatolitos del Precámbrico, como estos fotografiados en Sudáfrica alcanzaban tamaños considerables.



El registro fósil nos permite reconstruir la historia de la vida sobre la tierra y señalar los hitos más relevantes de la evolución de los seres vivos durante los últimos 3.500 millones de años.

HISTORIA GEOLÓGICA DE LA COMUNIDAD DE MADRID



Los tiempos paleozoicos

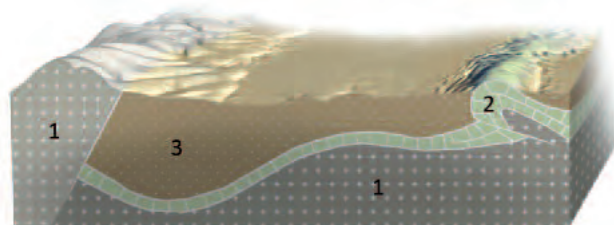
LA COMUNIDAD DE MADRID se encuentra en la parte central de la península Ibérica. La parte noroeste está dominada por los relieves de las sierras de Guadarrama y Somosierra (Sistema Central) con montañas de altura superior a los 1.600 m. y el resto por mesetas y páramos excavados por los ríos Alberche, Guadarrama, Manzanares, Jarama, Henares, Tajuña y Tajo (cuenca de Madrid). Estos dos dominios geográficos se corresponden con unidades geológicas muy diferentes en edad y composición.

Los materiales más antiguos de la Sierra de Madrid inicialmente fueron sedimentos detríticos que se depositaron en ambientes marinos, durante el Cámbrico y parte del Precámbrico superior. Se les supone una edad de 550 millones de años, y prácticamente carecen de fósiles, aunque se conocen algunos estromatolitos. También en sedimentos marinos someros depositados durante el Ordovícico hay evidencias de icnofósiles (pistas de reptación de artrópodos marinos denominadas cruzianas y galerías verticales de gusanos llamadas skolitos). Los primeros restos esqueléticos fosilizados de trilobites, moluscos y graptolitos aparecen en el

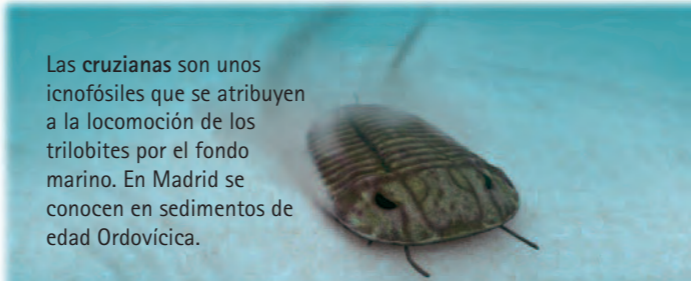
Ordovícico medio, entre 470 a 460 millones de años. Todos estos materiales fueron profundamente afectados por la orogenia Hercínica, acaecida al final del Paleozoico (Carbonífero), durante la cual se formó una cordillera, generándose importantes volúmenes de granito que se emplazaron entre los materiales más antiguos, metamorfizándolos y deformándolos entre los 325 y 280 millones de años. Los sedimentos detríticos se transformaron en pizarras y cuarcitas como consecuencia de este metamorfismo. Entre el Paleozoico superior y el Cretácico medio, en un intervalo de casi 200 millones de años, el territorio de Madrid quedó expuesto a la erosión y los relieves se suavizaron.

Durante el Cretácico medio y superior, hace entre 106 y 88 millones de años, las rocas Paleozoicas arrasadas quedaron cubiertas por el mar. Primero se depositaron areniscas y conglomerados de origen fluviodeltaico, que durante el Cretácico superior, hace 88 millones de años, fueron cubiertos por una transgresión marina, desarrollándose amplias plataformas marinas en la que se instalaron arrecifes de moluscos bivalvos (rudistas). También había zonas de llanuras sometidas a las mareas y áreas costeras emergidas. Estas condiciones marinas terminan bruscamente con una regresión (retirada del mar), depositándose durante la parte última del Cretácico y hasta el Eoceno una potente serie yesífera de carácter continental que alcanza espesores de 1.200-1.400 metros.

Hacia finales del Eoceno y comienzos del Oligoceno comienza el emplazamiento de la Sierra de Madrid, que supone la destrucción de gran parte de los materiales depositados durante el Cretácico, de los cuales sólo quedan visibles pequeñas orlas en el valle del Lozoya y áreas adyacentes. Otra parte de los sedimentos mesozoicos quedó cubierta por los materiales detríticos transportados por los abanicos aluviales procedentes de la Sierra, y hoy descansa bajo miles de metros de sedimentos. La elevación de la Sierra de Madrid también supuso el desarrollo de la cuenca sedimentaria central y el comienzo del registro de las faunas continentales de Madrid que abarca un lapso temporal de casi 20 millones de años. Este ciclo geológico termina hacia finales del Plioceno cuando comienza a instalarse la red fluvial actual, que significa la desaparición de las condiciones endorreicas (sin salida al mar) que dominaron la cuenca durante gran parte del Cenozoico.

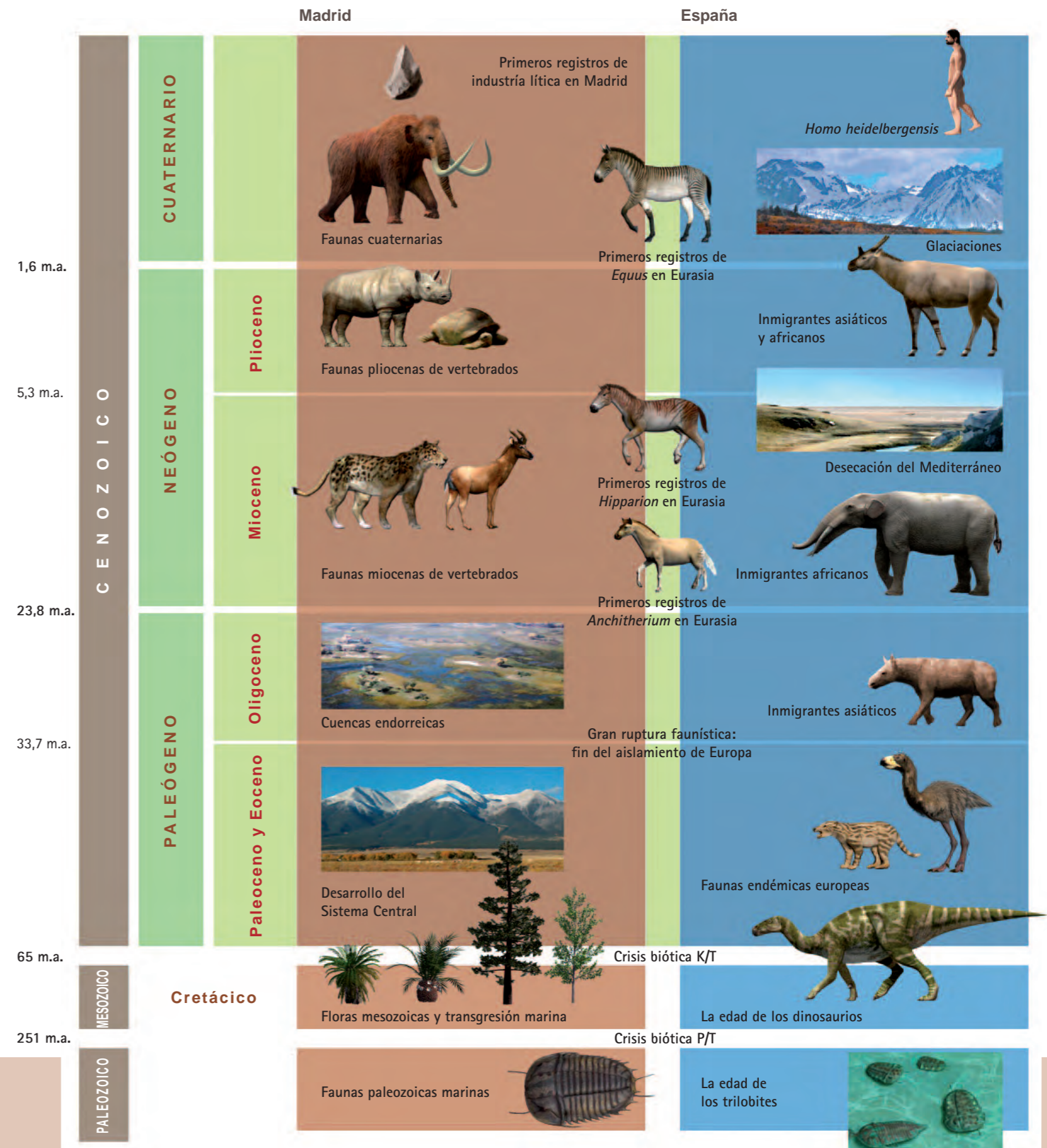


En un corte geológico de la cuenca de Madrid, se aprecian los siguientes materiales:
 1) Rocas granítico-metamórficas;
 2) Cretácico indiferenciado;
 3) Terciario indiferenciado.
 El margen occidental de la cuenca está a la izquierda en la figura.



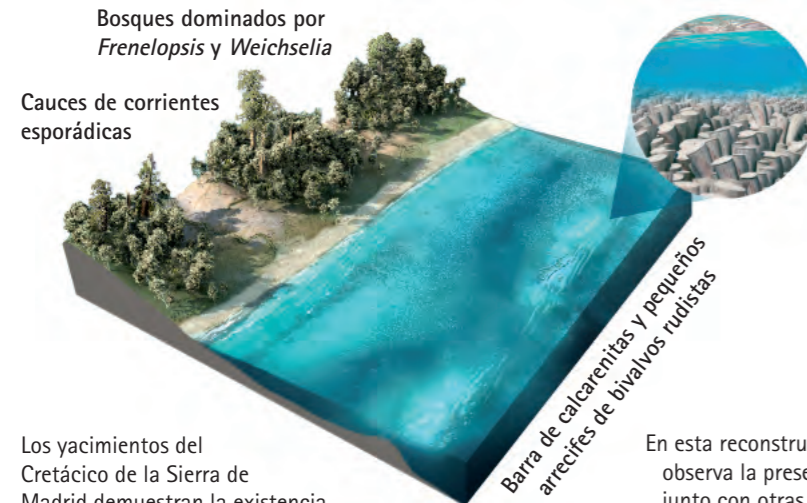
Las cruzianas son unos icnofósiles que se atribuyen a la locomoción de los trilobites por el fondo marino. En Madrid se conocen en sedimentos de edad Ordovícica.

El registro geológico y paleontológico de la Comunidad de Madrid nos informa sobre los eventos y cambios más relevantes que han acontecido en la geografía, fauna y flora de nuestra región a lo largo de cientos de millones de años (columna izquierda). Estos eventos se ponen en un contexto más amplio cuando incorporamos información del resto del territorio español (columna derecha).



YACIMIENTOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: LA FLORA MESOZOICA

AL LARGO DE TODO EL CRETÁCICO el nivel del mar aumentó casi continuamente, alcanzando su máximo durante el Cretácico medio y superior, y como consecuencia los mares cubrieron gran parte de las áreas continentales anteriormente emergidas. Este fue un episodio global de gran magnitud que también afectó a la Península Ibérica. Grandes zonas del centro de España quedaron parcialmente inundadas, y Madrid no fue una excepción. El desarrollo de grandes plataformas marinas con zonas de arrecifes está bien documentado, pero también existieron áreas costero-litorales emergidas que nos han dejado testimonios excepcionales sobre la flora cretácica de Madrid.



Los yacimientos del Cretácico de la Sierra de Madrid demuestran la existencia de un ambiente litoral subtropical, con arrecifes formados por bivalvos rudistas y con zonas costeras cubiertas de abundante vegetación y surcadas por cauces de corrientes de agua que sólo fluían de forma esporádica.

Los afloramientos cretácicos de Madrid no son muy extensos, porque parte de ellos fueron destruidos durante la elevación de la Sierra y otros yacen sepultados bajo miles de metros de sedimentos terciarios depositados en la cuenca. Pero existen manchas de sedimentos cretácicos situados en una franja entre Soto del Real, Guadalix de la Sierra, Torrelaguna y Patones en la que se encuentran yacimientos con numerosos restos de plantas que, en muchos casos, presentan una conservación excepcional. La edad de estos yacimientos está comprendida entre 88 y los 106 millones de años.

En esta reconstrucción de un bosque Cretácico en lo que hoy es la Sierra de Madrid, se observa la presencia de grandes coníferas emparentadas con las actuales secuoyas, junto con otras coníferas de porte más modesto como *Frenelopsis* o *Pagiophyllum*. En el centro-izquierda de la imagen se pueden ver varios ejemplares de cycas del género *Ctenozamites*, mientras que en el extremo derecho de la imagen se aprecia en la media distancia un ejemplar de *Magnoliaephyllum*, emparentado con los actuales magnolios. El sotobosque estaba dominado por helechos como *Coniopteris*, y ocasionales licopodios como *Licopodites*.

Los restos vegetales fósiles encontrados en Madrid indican la existencia de tres floras distintas, con una alta biodiversidad. Se han encontrado más de 50 taxones de macrorestos, y hasta 151 taxones de palinomorfos (polen y esporas).

Cada una de estas floras estaba compuesta por tres estratos de vegetación; uno herbáceo formado por helechos (filicales, y licopodios) y angiospermas monocotiledóneas. Un segundo estrato arbustivo compuesto principalmente por cycadales y coníferas y un estrato arbóreo con coníferas, con árboles como la secuoya que alcanzarían alturas notables.

La interpretación ambiental de estas floras nos indica que se desarrollaron en la cercanía de la costa bajo un clima marcadamente estacional, cálido y húmedo en invierno y seco con temperaturas extremas en verano.



En este conjunto se pueden reconocer fragmentos de frondes de helechos y restos de hojas de monocotiledóneas. También hay restos de hojas compuestas de bennettitales, plantas actualmente extintas con aspecto de una palmera de pequeña talla. Así mismo, se pueden observar gran cantidad de restos de hojas de angiospermas primitivas y restos de ramas con hojas aciculares relacionables con coníferas (Araucariáceas y Taxodiáceas).



Impresión de un fragmento de una rama de una conífera de tipo secuoya del yacimiento de Patones (Cretácico superior).

Rama con hojas de araucaria del yacimiento de Guadalix de la Sierra (Cretácico Superior). Se trata de una Impresión de un fragmento de rama de una conífera con hojas aciculares anchas.



Fragmento de hoja de *Ctenozamites* del yacimiento de Patones (Cretácico Superior).



YACIMIENTOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: EL ARAGONIENSE INFERIOR

Los mamíferos fósiles de la Comunidad de Madrid

LA CUENCA DE MADRID es internacionalmente conocida por sus faunas de mamíferos miocenos, muchas de las cuales se han encontrado en la propia ciudad de Madrid. Bajo nuestros pies se encuentran en los sedimentos multitud de fósiles, ya que la ciudad está construida sobre terrenos del Mioceno, de entre 15 y 13 millones de años de antigüedad. Por supuesto que en profundidad habrá yacimientos más antiguos, pero ni la erosión de los ríos ni los trabajos de construcción son tan profundos como para descubrirlos.



Este fragmento de mandíbula corresponde al rumiante *Andegameryx*, y proviene del yacimiento de Colmenar Viejo.

Sabemos que la fauna de mamíferos más antigua de la Comunidad de Madrid se encuentra cerca de Colmenar Viejo, donde se ha encontrado un pequeño yacimiento que se encuentra en sedimentos arcósicos, procedentes de la erosión de los granitos de la zona. Normalmente este tipo de sedimentos es blando y los fósiles se extraen fácilmente, pero en el yacimiento de Colmenar los sedimentos están muy endurecidos y cargados de minerales de sílice, lo que hace casi imposible extraer los huesos fosilizados, que son más blandos que los sedimentos. A pesar de todo sabemos que hace algo más de 20 millones de años las laderas de la sierra de Madrid estuvieron pobladas por rinocerontes y por rumiantes primitivos (formas que no tenían cuernos ni astas, diferentes de



Un diente del pequeño rinoceronte corredor *Protaceratherium*, hallado en el yacimiento de Colmenar Viejo (arriba) confirma la adaptación de este animal para una dieta basada en hojas de árboles y arbustos, mientras que sus proporciones corporales (abajo) indican que era un animal más ligero y corredor que cualquier rinoceronte actual.

los antílopes y ciervos); también hay evidencias de jabalíes primitivos y de grandes carnívoros denominados anficiónidos.

Hace 20 millones, los grandes anficiónidos del género *Amphicyon* eran los depredadores dominantes.



Los pisos continentales del Mioceno usados en Europa y gran parte de Asia tienen todos nombres derivados de regiones españolas en las que hay abundantes yacimientos de mamíferos. Aragoniense, que abarca desde los 16,8 y los 11,3 millones de años (definido en la cuenca de Calatayud-Daroca, Zaragoza), Vallesiense, entre 11,3 y los 8,7 millones de años, definido en la cuenca del Vallés-Penedés (Barcelona) y Turolense entre 8,7 y los 5,2 millones de años, definido en la Cuenca de Teruel.

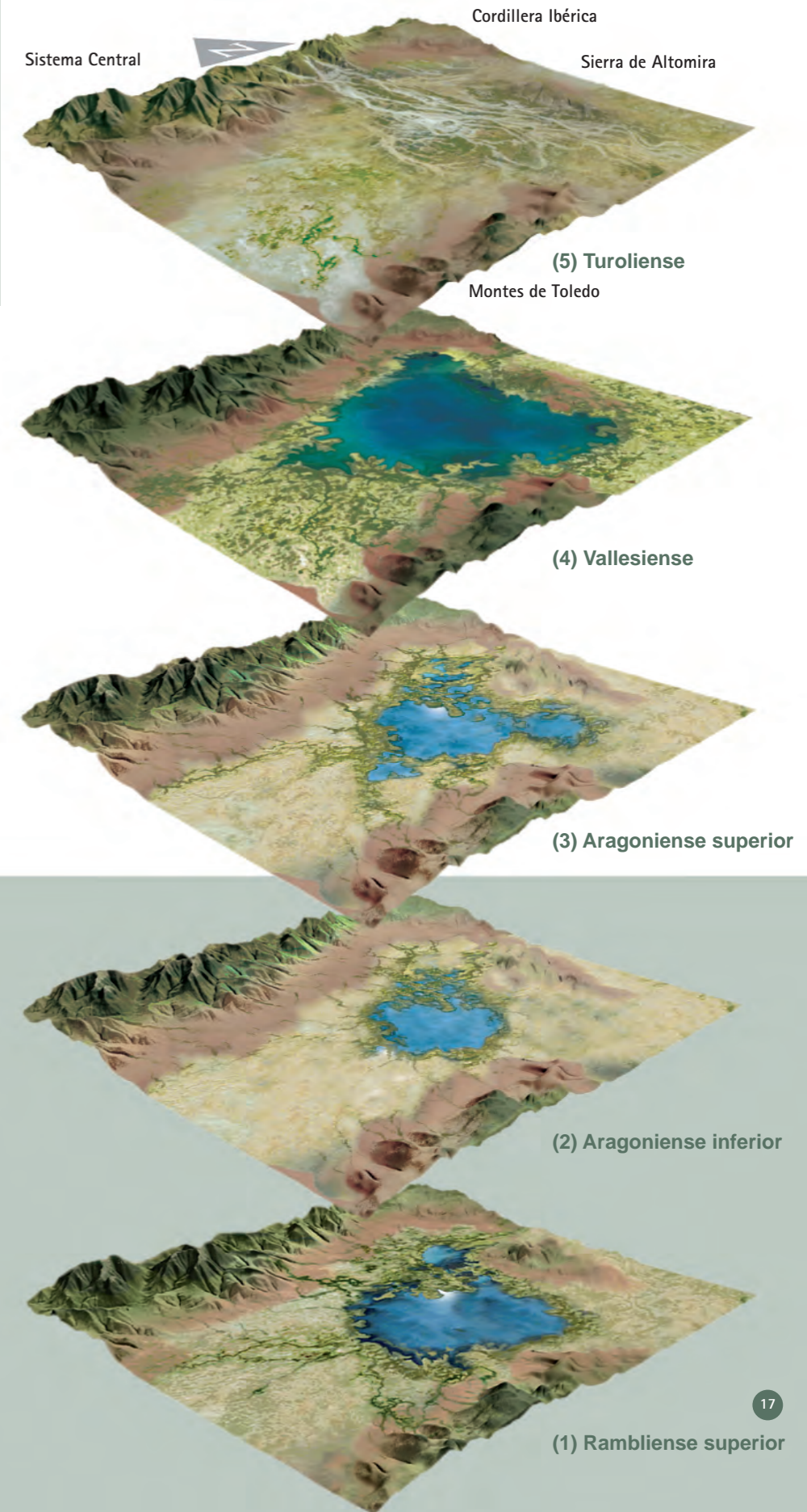
Por comparación con otras asociaciones de mamíferos fósiles similares, mejor representadas en la Depresión Intermedia (provincia de Cuenca) sabemos que el clima era más cálido que el actual y marcadamente estacional, con dos estaciones muy diferentes entre sí, una seca y otra húmeda, con lluvias muy abundantes. Como ocurre hoy, el paisaje estaba ya caracterizado por los altos relieves de la sierra de Madrid, pero el centro de la cuenca estaba ocupado por grandes lagos con aguas salinas, sin cauces fluviales estables por donde el agua pudiera escapar al mar.

Con pocas variaciones este paisaje se mantuvo durante más de 10 millones de años, hasta el Mioceno superior cuando el lago salino fue progresivamente cambiando a un lago de agua más dulce, y que llegó a ocupar casi toda la cuenca. Sin embargo, a pesar de la homogeneidad del paisaje, hubo pequeños cambios ambientales que tuvieron una gran influencia en la fauna, de forma que cada periodo estuvo caracterizado por distintas asociaciones de mamíferos.

Durante la mayor parte del Mioceno la cuenca de Madrid carece de salida para las aguas, por lo que se conoce como cuenca endorreica. En el Ramblense superior (1), hace más de 20 millones de años, el centro de la cuenca estaba ocupado por una amplia zona pantanosa y salobre, en cuyos márgenes se acumulaban depósitos salinos al evaporarse las aguas someras durante las épocas de sequía.

Durante el Aragoniense inferior, hace unos 17 millones de años (2) se inicia una elevación del sistema central, que al erosionarse aporta más sedimentos a la cuenca. Esta erosión se producía principalmente durante las lluvias de verano, que dada la aridez del entorno arrastraban grandes masas de sedimento, formando lo que se conoce como abanicos aluviales.

La humedad aumenta en el Aragoniense superior (3), cuando la zona inundada central crece y sus márgenes se cubren de una vegetación más abundante. Durante el Vallesiense, hace entre 11 y 9 millones de años (4) el lago de agua dulce que ocupaba el centro de la cuenca alcanzó su máxima extensión, pero en el Turolense (5), hace unos 8 millones de años, finalmente se abrió una vía de escape por donde desaguaba la cuenca, lo que marcó la desaparición de ese gran lago central.



YACIMIENTOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: EL ARAGONIENSE MEDIO

Las faunas con *Hispanotherium*

HACE ALGO MÁS DE 14 MILLONES DE AÑOS se desarrollaron las conocidas como “faunas con *Hispanotherium*”, caracterizadas por la presencia de un rinoceronte fósil llamado *Hispanotherium matritense* (el nombre en latín significa exactamente “el mamífero español de Madrid”), que fue encontrado por primera vez en el Puente de Toledo, pero que aparece en muchos yacimientos de la ciudad de Madrid como los de Paseo de las Acacias, Estación Imperial, Marqués de Monistrol, y los del aeropuerto de Barajas. Este es el mamífero más común de las faunas del Aragoniense medio y sus adaptaciones, como se puede ver en el capítulo correspondiente, indican que era un habitante típico de paisajes abiertos (con poco arbolado) en los que predominaba la vegetación herbácea.



Detalle de una brecha ósea (término con el que se define una densa acumulación de huesos fosilizados), descubierta en el yacimiento del Intercambiador de Príncipe Pío.

Restos del caparazón y el cráneo de una tortuga gigante en el yacimiento de la calle Bolívar. Los fósiles de tortugas gigantes son muy comunes en los yacimientos del Aragoniense de Madrid, pero rara vez se encuentran ejemplares tan completos como éste.



El yacimiento de Casa de Campo ha librado una fauna típica del Aragoniense medio. De izquierda a derecha vemos las siguientes especies: Tortuga gigante, *Geochelone bolivari*; rinoceronte madrileño, *Hispanotherium matritense*, caballo primitivo, *Anchitherium sp.*, el carnívoro *Amphicyon major*, y el paleomerícido *Triceromeryx pachecoi*. Estas son sólo algunas de las numerosas especies recuperadas en el yacimiento.

Junto al rinoceronte madrileño, se encuentra una fauna diversificada, con numerosos tipos de roedores (ardillas terrestres, lirones, hámster primitivos), pikas (lagomorfos emparentados con los conejos), musarañas, caballos primitivos del género *Anchitherium*, pequeños artiodáctilos como *Cainotherium* (del tamaño de una liebre), hasta tres especies diferentes de jabalíes, el pequeño rumiante *Dorcatherium* (pariente de los actuales ciervos ratón, que habitan en las riberas de los ríos de las selvas ecuatoriales de Asia y África), mósquidos, antílopes, ciervos y paleomerícidos (grupo de rumiantes extintos próximos a ciervos y jirafas, que tenían en el cráneo dos cuernos frontales y uno en la nuca), mastodontes como *Gomphotherium angustidens*, y carnívoros de todas las tallas, que depredaban sobre los herbívoros anteriormente enumerados.

El carnívoro más grande y dominante era *Amphicyon*, miembro de un grupo extinguido cuya dentición recuerda vagamente a los lobos actuales, pero también había osos muy primitivos como *Hemicyon*, martas, glotones y mofetas (estas últimas hoy sólo existen en América), el extraño y sorprendente *Magerictis imperialensis* (que es el pariente más antiguo conocido del actual panda rojo de los bosques de montaña de Nepal, Birmania y China), y finalmente dos especies de felinos, una de talla cercana al gato doméstico y otra de la talla de un puma.

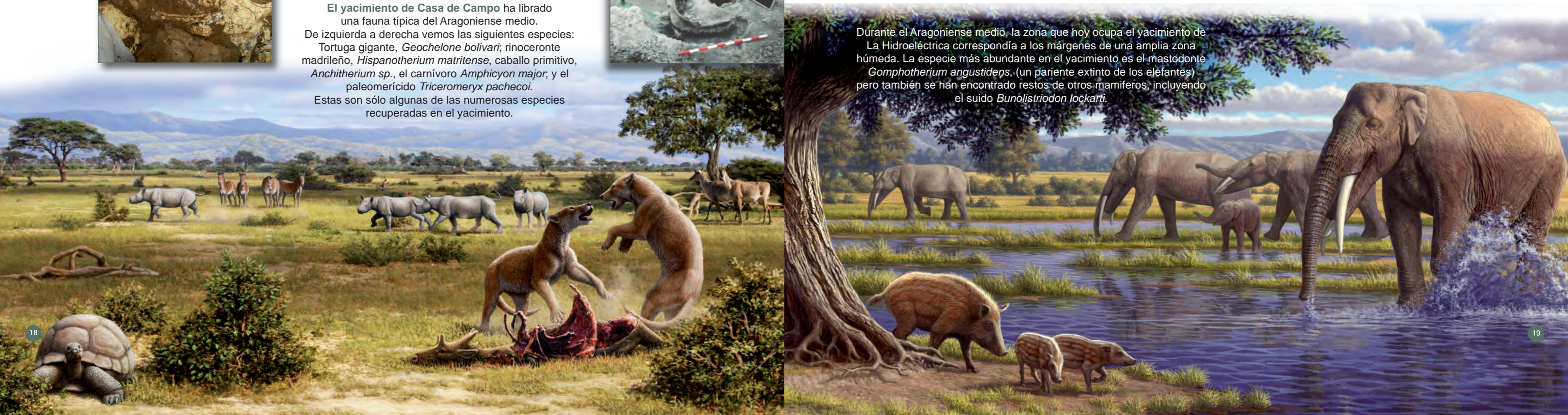


Cainotherium miocaenicum es una especie selenodonta (es decir, con dientes con cúspides en forma de medias lunas adaptadas a cortar hierba) perteneciente a un grupo muy antiguo de cetartiodáctilos, que no se relacionan con ninguna familia actual. El grupo apareció en Europa durante el Eoceno y se extinguió al final del Aragoniense medio. Ya en esas faunas era casi un fósil viviente.

Aspecto de las excavaciones en el yacimiento de La Hidroeléctrica en el año 2006. Este yacimiento, conocido desde 1920, fue reabierto recientemente con motivo de las obras de la M-30, recuperándose más de un millar de nuevos fósiles.



Durante el Aragoniense medio, la zona que hoy ocupa el yacimiento de La Hidroeléctrica correspondía a los márgenes de una amplia zona húmeda. La especie más abundante en el yacimiento es el mastodonte *Gomphotherium angustidens*, (un pariente extinto de los elefantes) pero también se han encontrado restos de otros mamíferos, incluyendo el suido *Bunolistriodon lockarti*.



YACIMIENTOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: EL ARAGONIENSE MEDIO Y SUPERIOR

El cambio climático modifica las faunas



Fotografía de un bloque de sedimento del yacimiento de Casa Montero, de finales del Aragoniense medio. Se aprecian numerosos fósiles de micromamíferos.

ENTRE LOS 14,1 Y 13,8 MILLONES DE AÑOS se produjo en la cuenca de Madrid un cambio climático, y las faunas con *Hispanotherium*, de carácter árido, dan paso a faunas adaptadas a ambientes más húmedos. Conocemos varios yacimientos de este periodo, como los del Puente de Vallecas, Paracuellos-5, Arrollo del Olivar, Calle Alhambra y el de Carpetana, descubierto durante la reciente remodelación de la estación de metro del mismo nombre.

La transición Aragoniense medio-superior. Los cambios son importantes: desaparece *Hispanotherium*, sustituido por rinocerontes de pradera del grupo de los aceraterinos (sin cuernos y con extremidades cortas); los paleomerícidos, abundantes previamente, desaparecen casi por completo; aparecen ciervos con

astas complejas como *Heteroprox moralesi*; encontramos nuevos antílopes emparentados con el actual nilgô de la India; aparece un nuevo jabalí, *Listriodon splendens*, armado de grandes colmillos. Existen pequeños cambios entre los micromamíferos, y desaparece el pequeño artiodáctilo *Cainotherium*. Los carnívoros son similares a los del periodo anterior, pero es digna de mencionar la aparición de *Amphicyon giganteum*, cuyo nombre hace referencia a su talla gigantesca; fue un depredador activo (aunque ocasionalmente podía comer carroña), y con su gran tamaño debió ser el terror de la época.

El paisaje de este corto período (apenas 300.000 años) no fue muy diferente al de las épocas previas. La cuenca seguía siendo endorreica (sin ríos estables que facilitasen la salida de las aguas) pero la mayor cantidad de agua de las lluvias aumentó la extensión de los lagos, y propició el desarrollo de humedales y bosques.



Reconstrucción ambiental correspondiente al yacimiento de Puente de Vallecas. De izquierda a derecha: El úrsido primitivo *Hemicyon*; el antílope *Tethytragus*; el mastodonte *Gomphotherium*; el cévido *Heteroprox*, y el équido *Anchitherium*.



A vista de pájaro, el paisaje de la zona de Paracuellos hace unos 12 millones de años revelaría una amplia zona pantanosa, que daría paso a zonas más áridas y abanicos aluviales a medida que nos acercásemos a la sierra. Los rinocerontes aceraterinos, mastodontes y antílopes serían elementos dominantes de la fauna.

El Aragoniense superior. Entre 13,8 y 11,1 millones de años se desarrollan las faunas del Aragoniense superior, coincidiendo con la llegada al centro de la cuenca de Madrid de grandes masas de sedimentos detríticos procedentes del sistema Central. Esto evidencia una mayor estacionalidad, con largas épocas de sequía que acababan con grandes tormentas, que inundaban grandes extensiones de terreno.

Los yacimientos más importantes de este periodo son los de Paracuellos-3 y Moraleja de Enmedio, y en ambos las capas fosilíferas alcanzan extensiones considerables, siendo ambos extraordinariamente ricos en fósiles.

Este cráneo del rinoceronte aceraterino *Alicornops simorreense* proviene del yacimiento de Moraleja de Enmedio.



Aspecto del yacimiento de Moraleja de Enmedio, con los huesos de un rinoceronte y una tortuga gigante en el sedimento.



Durante el Aragoniense superior las tortugas gigantes terrestres fueron muy abundantes, tanto que prácticamente allí donde afloran los sedimentos de este periodo se encuentran sus restos (generalmente placas del caparazón). También hubo dos especies de mamíferos especialmente abundantes. Una de ellas es el rinoceronte *Alicornops simorreense*. Como otros aceraterinos, carecía de cuernos, y sus patas eran cortas, por lo cual sus proporciones recuerdan más a un hipopótamo que a un rinoceronte actual. El éxito de esta especie se relaciona con la gran extensión de las zonas encharcadas que rodeaban el lago, donde encontraba pasto abundante todo el año, pero en épocas de sequía la mortalidad podría ser muy alta, lo que explica la gran concentración de sus restos fosilizados en los yacimientos. La otra especie abundante es *Tethytragus langai*, un antílope emparentado con el grupo del antílope sable actual, aunque sus cuernos eran mucho menores. *Tethytragus* ocuparía zonas más alejadas del agua que *Alicornops*, donde comería vegetación más dura gracias a su dentición especializada. Pero ambas especies necesitaban beber agua regularmente, y eso explica que encontremos sus restos juntos en los yacimientos.

Otras especies importantes son el ciervo *Euprox furcatus*, el mosquito *Hispanomeryx* y un curioso perisodáctilo *Chalicotherium*, que pertenece a un grupo conocido como "caballos-gorila", que se alimentaban de hojas. Estos animales conservaban garras en las patas y sus extremidades anteriores muy desarrolladas les conferían un aspecto peculiar.



Falange segunda de *Chalicotherium*, procedente del yacimiento de Paracuellos-3.

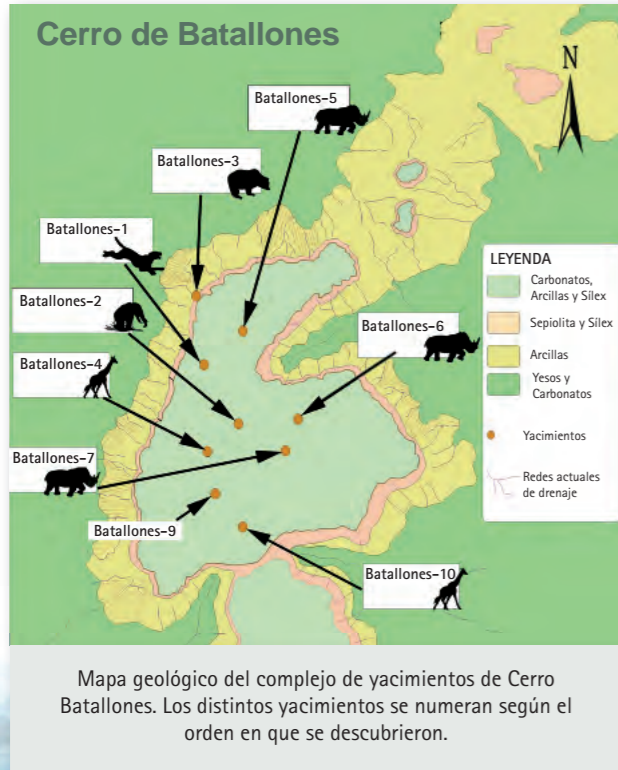
YACIMIENTOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID: EL MIOCENO SUPERIOR

Cerro de Batallones, el conjunto paleontológico más notable de la Comunidad de Madrid

EL MIOCENO SUPERIOR (Vallesiense superior, hace unos 9 millones de años) pertenece el conjunto paleontológico más notable de la Comunidad de Madrid. Se trata de los yacimientos del Cerro de Batallones, situados en el municipio de Torrejón de Velasco. Las excavaciones de estos yacimientos comenzaron en 1991 y continúan en la actualidad, habiéndose descubierto nueve yacimientos distintos.

Lo más singular de estos yacimientos es que se formaron en cuevas o cavidades desarrolladas en sedimentos detríticos (arcillas y margas) que actuaron como trampas naturales en las que quedaron atrapados numerosos vertebrados. De esta forma la abundancia de restos fósiles es extraordinaria, pero además la mayoría de ellos presentan una excelente conservación y se han encontrado los cráneos de casi todas las especies de mamíferos, lo que casi nunca sucede en los otros yacimientos.

También existen esqueletos parcialmente articulados, en raros casos casi completos.



Reconstrucción de la zona de Cerro de Batallones durante el Vallesiense (Mioceno superior). La masa de sedimentos detríticos del cerro está horadada por cavidades, en cuyo fondo se acumulan pequeñas charcas. En la lejanía se aprecia el lago que cubría el centro de la cuenca, al norte de los yacimientos. En la escena se observan, de izquierda a derecha, un jiráfido sivaterino, un pígargo en vuelo, y sobre el cerro, varios rinocerontes del género *Aceratherium*, y dos mastodontes del género *Tetralophodon*. Los animales se aproximan a la abertura de las cavidades atraídos por la humedad del fondo de las mismas, pero sólo los carnívoros se atrevían a entrar en ellas, quedando atrapados.



Acumulación de huesos del caballo tridáctilo *Hipparion*, en Batallones-10.



Aspecto del yacimiento de Batallones-1 durante la campaña de excavación de 2005. El cerro ha sido prospectado por maquinaria pesada para la extracción de sepiolita, lo que permitió su descubrimiento en 1991.

Otro hecho relevante es que entre las especies representadas las más abundantes son mamíferos carnívoros. La interpretación de porqué en Batallones hay más carnívoros que herbívoros se relaciona con el funcionamiento como trampas naturales de las cavidades, así los carnívoros de todos los tamaños se sentían atraídos a ellas, bien en épocas de sequía para beber agua o bien para comer a otros animales que habían caído por accidente.

La entrada en las cavidades debió ser fácil para los ágiles carnívoros, sin embargo la mayoría de ellos fueron incapaces de salir, y paulatinamente más y más carnívoros fueron quedando atrapados hasta dar lugar a la enorme acumulación de restos óseos de Batallones.

Pero en Batallones hay todavía una historia aún más compleja y excitante: después de haber funcionado como trampas y acumular enormes cantidades de carnívoros, las cavidades se fueron rellenando de sedimentos procedentes de los alrededores, y en un momento determinado, poco antes de estar completamente rellenas, se formaron zonas con pequeños lagos y charcas fangosas, que en algunos casos sirvieron de trampas para herbívoros de gran tamaño.

Así quedaron atrapados dos mastodontes en el yacimiento de Batallones-2, un enorme jiráfido en Batallones-4, y un número impresionante de hipariones, jiráfidos, rinocerontes y otros herbívoros en Batallones-10.



Esqueleto parcialmente articulado de un ejemplar juvenil del félido dientes de sable *Machairodus aphanistus*, en Batallones-1.



Reconstrucción del interior de la trampa natural de Batallones-1 durante su fase activa, en el Vallesiense superior. Dos ejemplares de *Machairodus* se disputan la carroña de un rinoceronte. En el fondo de la cavidad se aprecian pequeñas charcas, y los huesos de animales atrapados previamente.

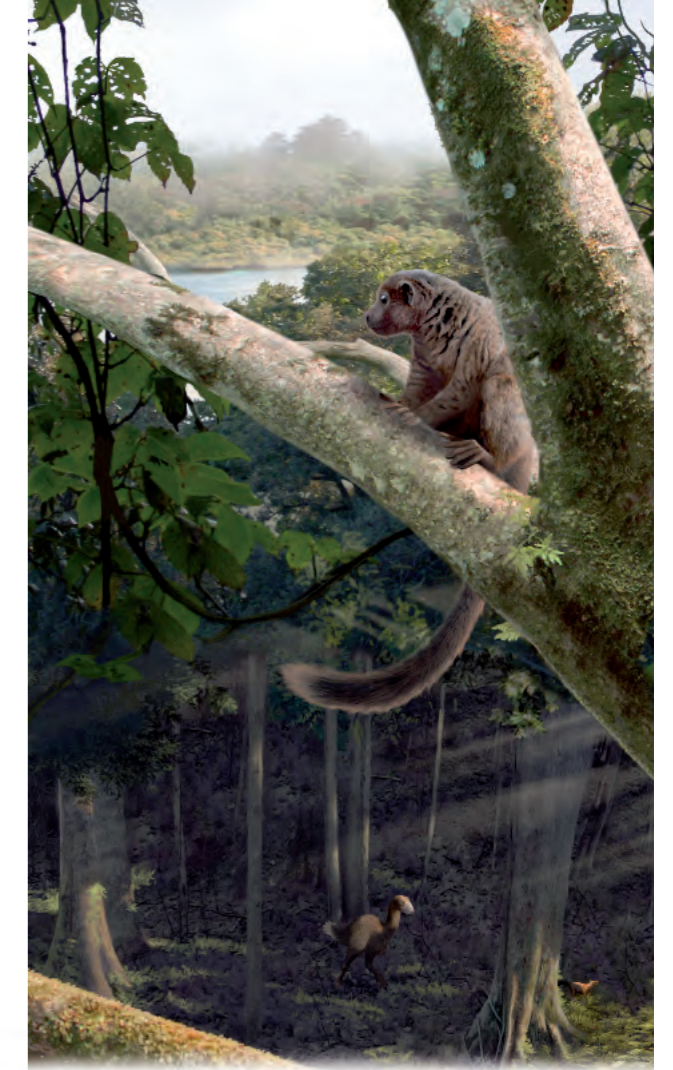
YACIMIENTOS EXCEPCIONALES DE ESPAÑA Y DEL RESTO DEL MUNDO

Las Hoyas. (130-125 millones de años). Situado en la provincia de Cuenca, es uno de los mejores ejemplos de conservación excepcional en calizas litográficas de un ecosistema mesozoico europeos. Han sido encontrados restos de dinosaurios iguanodóntidos como *Iguanodon* (en el fondo), ornitómimidos como *Pelecanimimus* (a la izquierda) y varias aves como *Iberomesornis* (a la derecha), parte de su importancia radica en todos los pequeños organismos y plantas que convivían con estos gigantes.



ALGUNOS YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS se les considera como “*Konservatlagerstätten*”, palabra procedente del alemán que designa a los yacimientos que tienen una excepcional preservación de los organismos fósiles. En Madrid es el caso de los yacimientos del Cerro de Batallones, pero existen numerosos y extraordinarios yacimientos paleontológicos distribuidos por toda la geografía mundial. También hay yacimientos de gran importancia por el tipo de fósiles, caso de los yacimientos con restos de homínidos.

Can Llobateres. (9.5 millones de años). El conjunto de yacimientos de la Cuenca del Vallés Penedés proporciona una visión muy completa de unos ecosistemas del Mioceno más húmedos que los del resto de la Península Ibérica. Uno de los yacimientos clásicos es Can Llobateres. En él se han recuperado una gran variedad de grupos animales distintos, incluidos hominoideos como *Hispanopithecus*. También han aparecido félidos de dientes de sable, hienas, caballos, tapires, dinoterios (proboscídeos con defensas sólo en la mandíbula) o jiráfidos entre otros.



Gobi. Toogreeg (80 millones de años). El actual Desierto del Gobi ha proporcionado innumerables yacimientos fósiles, principalmente del Mesozoico final. En la ilustración se muestran algunas de las especies más emblemáticas descubiertas en él, como *Velociraptor*, en primer término, una manada de *Protoceratops* y un *Oviraptor* en el fondo. La gran cantidad de yacimientos de conservación excepcional que albergan China y Mongolia no dejan de sorprender a los paleontólogos de todo el mundo año tras año.



Messel. (47 millones de años). Este yacimiento donde se conservan esqueletos completos con restos de tejidos blandos, desvela cada año nuevos hallazgos de los habitantes del lago que ocupaba la zona hace casi 50 millones de años. Uno de los más recientes es el primate primitivo *Darwinius* (sentado en la rama). También han sido encontradas grandes aves depredadoras incapaces de volar como *Gastornis* o pequeños perisodáctilos como *Propalaeotherium* (entre el sotobosque). Otros grupos de especial interés son los marsupiales y los pangolines, grupos extintos en Europa actualmente.



MÉTODOS DE TRABAJO EN PALEONTOLOGÍA

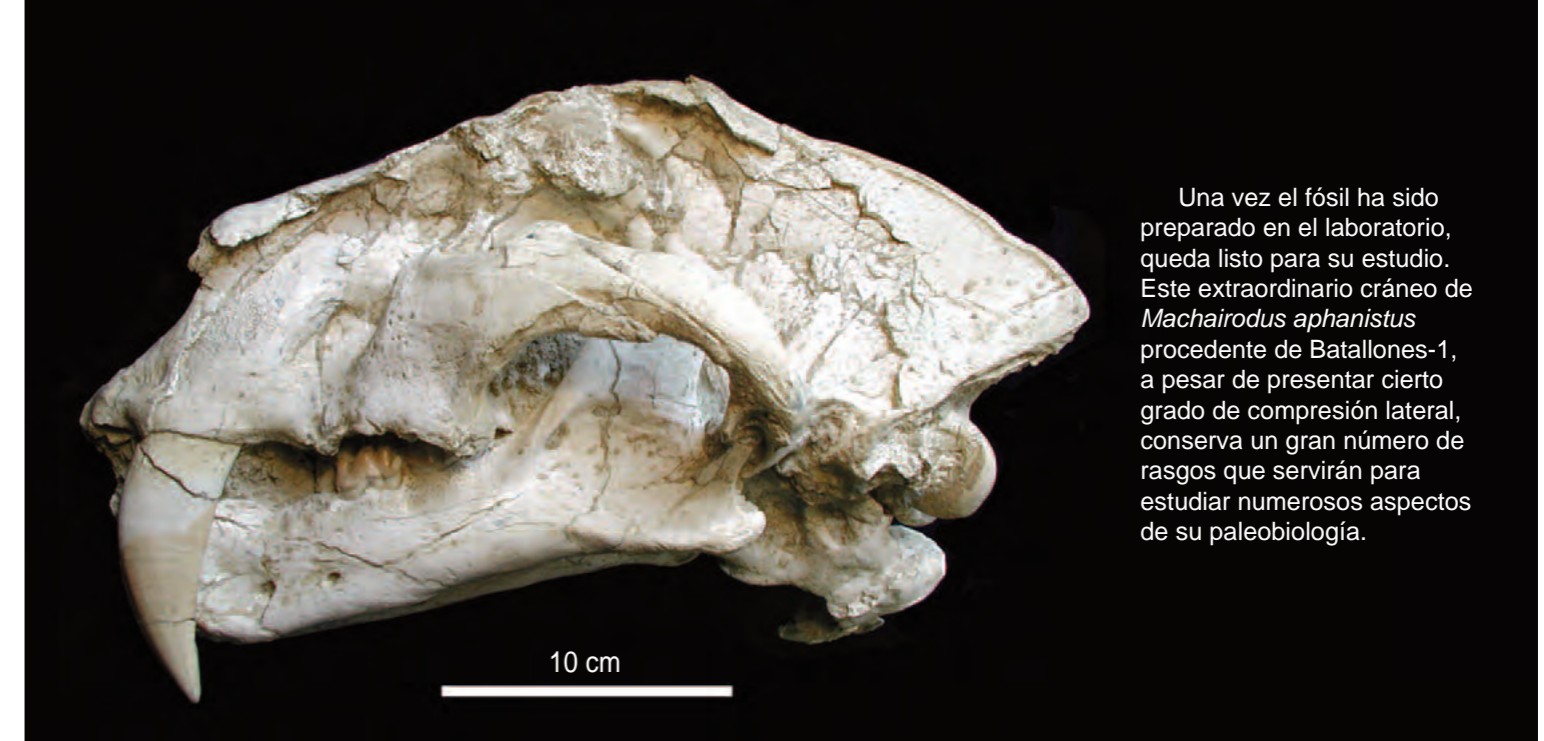
Prospección, excavación, preparación y estudio

LA BÚSQUEDA DE FÓSILES ES UNO DE LOS OBJETIVOS MÁS IMPORTANTES DE LOS PALEONTÓLOGOS, YA QUE ELLOS SON LOS DOCUMENTOS IMPRESCINDIBLES PARA EL ESTUDIO DE LA VIDA EN EL PASADO. LA MAYORÍA DE LOS FÓSILES SE DESCUBREN PROSPECTANDO LOS SEDIMENTOS EXPUESTOS EN SUPERFICIE, SIENDO ADÉMÁS UTILIZADOS PARA CONOCER LA EDAD DE LAS ROCAS QUE LOS CONTIENEN. NO OBSTANTE, CADA VEZ ES MÁS FRECUENTE LA REALIZACIÓN DE PROSPECCIONES Y SEGUIMIENTO DE LAS OBRAS PÚBLICAS Y PRIVADAS EN ÁREAS EN LAS QUE SE CONOCE LA EXISTENCIA DE YACIMIENTOS CON FÓSILES; COMO ES EL CASO DE LA COMUNIDAD DE MADRID.

Los yacimientos paleontológicos son concentraciones de fósiles que para su investigación tienen que excavarse. En la actualidad no sólo se extraen los fósiles de los yacimientos, sino que además se intenta obtener información de cómo y en qué estado de conservación se encontraban en el sedimento. Los paleontólogos se han beneficiado del avance científico actual, y usan numerosas técnicas (dataciones absolutas, análisis geoquímicos, microscopía electrónica, tomografía axial, modelos computerizados, etc.) para la investigación de los fósiles y de los yacimientos, de forma que se obtienen informaciones cada vez más precisas que abarcan a todos los dominios relacionados con los organismos del pasado.

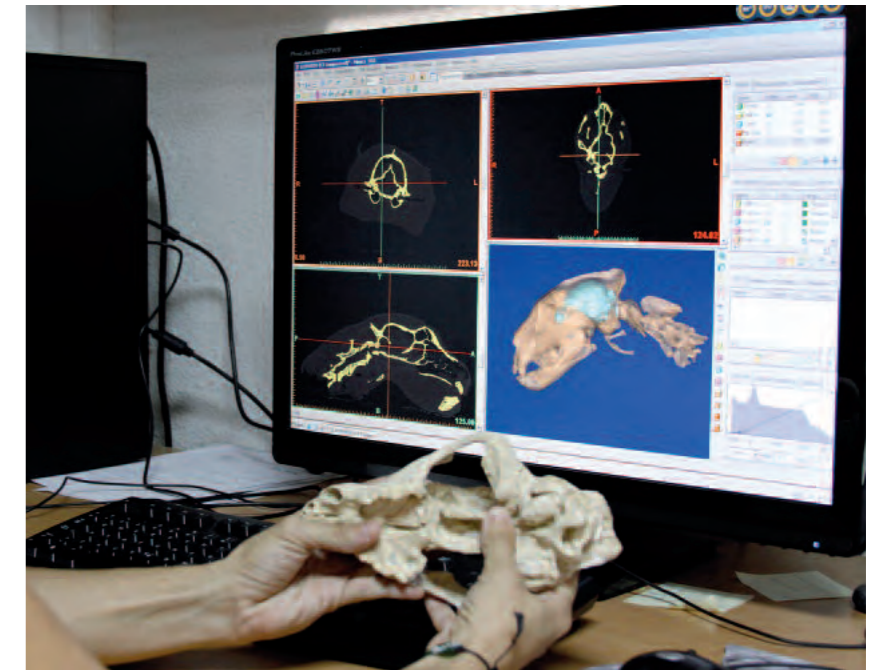
Las grandes obras públicas, como la reciente ampliación de la M-30 en Madrid, son objeto de seguimiento por parte de paleontólogos cuando la geología del terreno hace sospechar la presencia de yacimientos fosilíferos. El ejemplo de la fotografía corresponde al yacimiento de la Hidroeléctrica.

Una vez localizados los niveles fosilíferos, se limpia la superficie que va a ser excavada, y se divide en cuadrículas (generalmente de 2 x 2 m) que van a servir para poder tomar la posición exacta de cada fósil que se extraiga. Una vez preparada la cuadrícula, sólo queda comenzar a retirar el sedimento con cuidado y paciencia, en muchos casos usando herramientas de madera para no dañar los fósiles. La fotografía corresponde a la excavación realizada en la estación de metro de Carpetana en 2008.

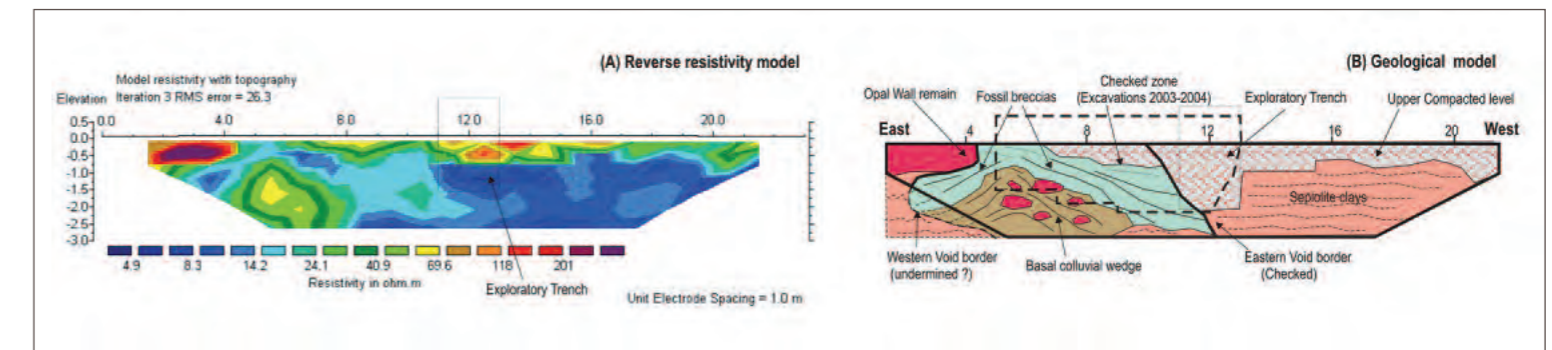


Una vez el fósil ha sido preparado en el laboratorio, queda listo para su estudio. Este extraordinario cráneo de *Machairodus aphanistus* procedente de Batallones-1, a pesar de presentar cierto grado de compresión lateral, conserva un gran número de rasgos que servirán para estudiar numerosos aspectos de su paleobiología.

Las técnicas más modernas del estudio paleontológico incluyen el uso de la Tomografía Axial Computerizada (TAC) que permite obtener modelos tridimensionales del interior de cráneos fósiles y actuales sin que estos sufran ningún daño. En la imagen, una paleontóloga compara el TAC de un leopardo, con un cráneo de *Pristinosmilus ogygia* de Batallones-1.



La aplicación en el Cerro de los Batallones de técnicas geofísicas, en particular tomografía eléctrica, ha permitido descubrir nuevos yacimientos paleontológicos y conocer sus características geométricas y geológicas. En la figura vemos su aplicación al yacimiento de Batallones-1, en A (izquierda) se ilustra la resistencia a la electricidad de los sedimentos; en B (derecha) la interpretación geológica de los datos obtenidos. (Figuras y datos cortesía de Pablo Silva).



MÉTODOS DE TRABAJO EN PALEONTOLOGÍA

La reconstrucción paleobiológica

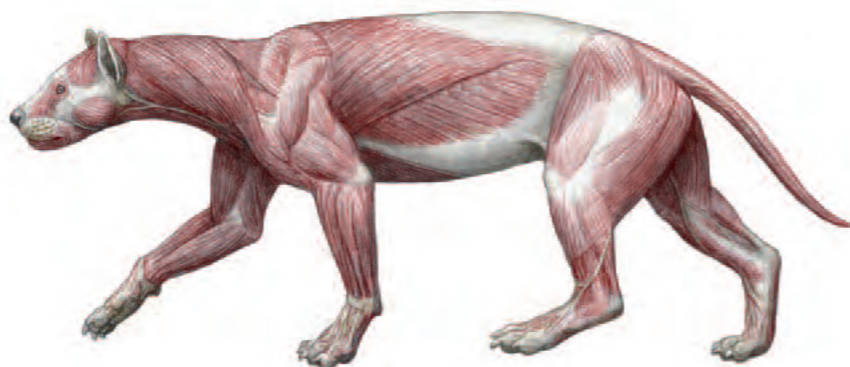
TODAS LAS ILUSTRACIONES de la apariencia en vida de animales extintos que aparecen en las páginas de este libro son el resultado de un proceso complejo que combina la investigación paleontológica con el trabajo artístico. Esta labor es necesaria porque los tejidos blandos normalmente no se fosilizan, y por tanto la información de la que disponemos sobre la anatomía de los vertebrados fósiles suele provenir de sus huesos fosilizados y a menudo fragmentarios.

Debido al estado fragmentario de muchos fósiles, y a la deformación que algunos de ellos han sufrido en los sedimentos, el primer paso para reconstruir un vertebrado es crear representaciones de los huesos individuales en su estado intacto, y con ellas ensamblar un esqueleto articulado en una postura realista. A partir de ahí se puede reconstruir la posición y tamaño aproximado de los músculos, usando como referencia las marcas que dejan en los huesos las inserciones musculares. Finalmente, se reconstruyen las capas más superficiales de tejido, incluyendo la piel y el pelo.

Dado que los fósiles no suelen dar información sobre los patrones de coloración de los animales, para reconstruir ese aspecto hay que fijarse en la coloración de los parientes vivos actuales del animal a reconstruir, pero también hay que considerar los aspectos adaptativos del color: por ejemplo, los depredadores a menudo tienen colores de camuflaje para ocultarse de sus presas, mientras que muchas especies de mamíferos tienen zonas de color contrastado en determinadas partes del cuerpo, que sirven para reforzar expresiones faciales y otras señales de comunicación entre congéneres.



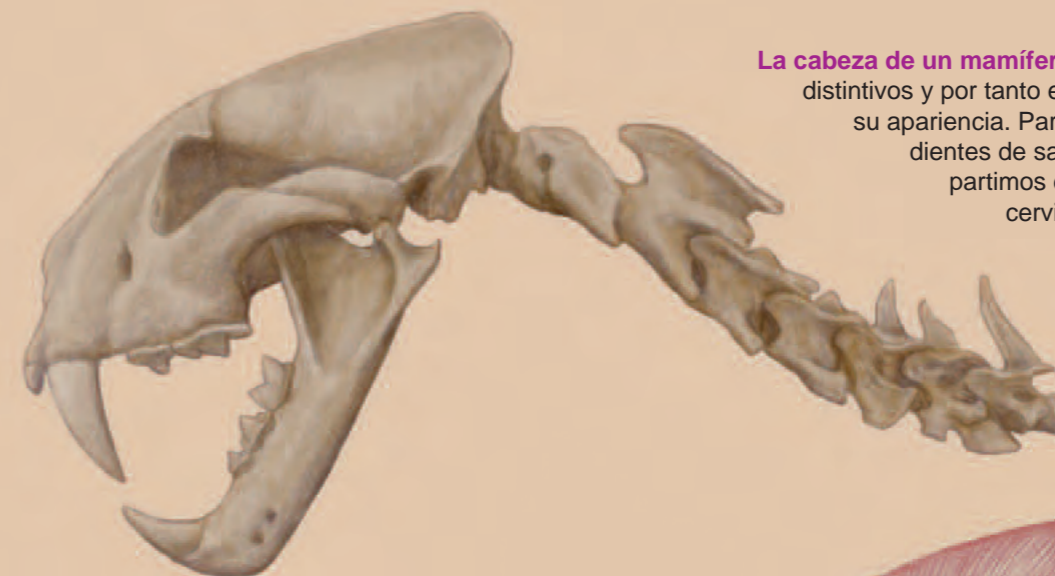
Para reconstruir el mustélido gigante *Eomellivora*, del yacimiento de Batallones-3, contamos con la mayor parte de los huesos del esqueleto, pero aún así algunas piezas deben ser reconstruidas provisionalmente en base a comparaciones con otros animales emparentados, y dichas piezas se representan en azul.



Las marcas de inserción muscular en los huesos nos permiten inferir la musculatura del animal, que no era tan poderosa como la de algunos parientes actuales como los tejones y rateles, pero era más adecuada para la carrera.



El color del pelaje es hipotético, pero se basa en los patrones de mustélidos actuales como martas o glotones. Los tonos marrones discretos ayudarían a este depredador activo a aproximarse discretamente a sus presas.



La cabeza de un mamífero contiene algunos de sus rasgos más distintivos y por tanto es especialmente importante para definir su apariencia. Para reconstruir el cráneo del félido de dientes de sable *Pristinosmilus*, de Batallones-1, partimos de los abundantes cráneos y vértebras cervicales encontrados en ese yacimiento para crear un dibujo inicial.

Luego seguimos los pasos ya descritos para la reconstrucción del tejido blando, prestando especial atención a estructuras delicadas como los músculos faciales o los cartílagos de las orejas o la nariz.

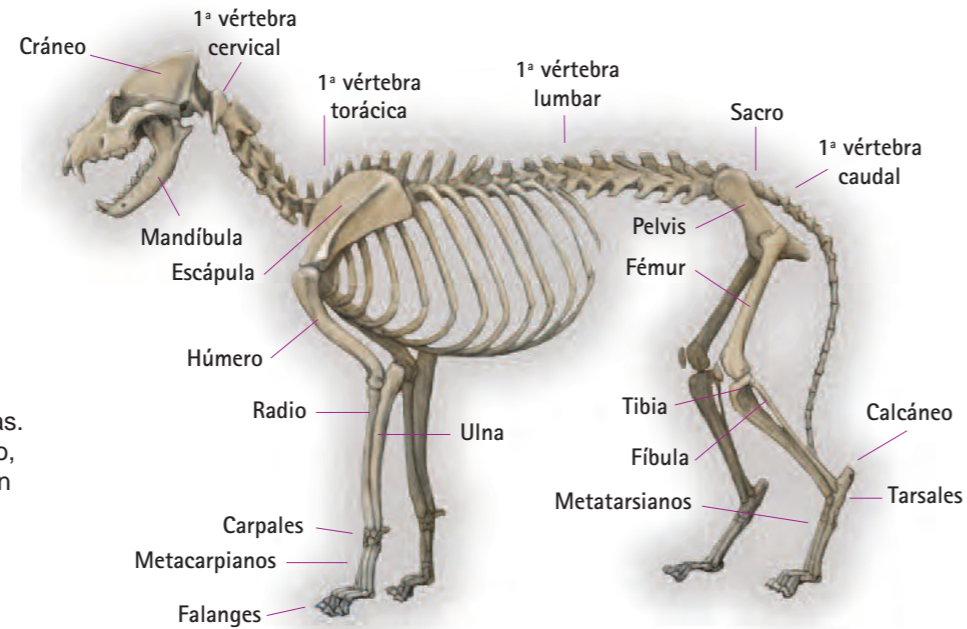


La coloración de la piel es de nuevo hipotética, pero sigue un patrón de manchas muy extendido entre los parientes actuales de *Pristinosmilus*, no sólo los felinos, sino también parientes más lejanos como ginetas y civetas. Este patrón de manchas debió caracterizar a los antepasados más antiguos de los félidos, y resulta ventajoso para camuflarse en el bosque.

LOS VERTEBRADOS FÓSILES DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Los huesos y dientes son las partes de los vertebrados que más comúnmente fosilizan, y la información que nos transmiten permite elaborar las fichas que componen los siguientes capítulos de este libro

LOS VERTEBRADOS se caracterizan por la posesión de un esqueleto interno de fosfato cálcico, que sirve de soporte y en casos concretos, de protección para los órganos internos, como el cerebro (rodeado por el cráneo) o los pulmones y el corazón (protegidos por la caja torácica). En los juveniles este esqueleto está formado por tejido cartilaginoso, suficientemente flexible como para permitir un rápido crecimiento del cuerpo; este tejido se va endureciendo por deposición de fosfato cálcico, para dar lugar al tejido óseo, mucho más duro y resistente. En líneas generales, el esqueleto de un vertebrado se divide en esqueleto axial (formado por el cráneo y la columna vertebral) y esqueleto apendicular (formado por las cinturas escapular y pélvica, y sus correspondientes extremidades).



El esqueleto de los mamíferos.

Los mamíferos ocupan una gran variedad de hábitats, lo que determina en gran medida la morfología de su esqueleto. Algunos carecen de cola, otros han perdido las extremidades posteriores, o poseen cráneos de formas extrañas. En la figura se muestra el esqueleto de un cánido, el lobo (*Canis lupus*), ya que este grupo posee un esqueleto con pocas variaciones respecto del patrón primitivo de los mamíferos.

La clasificación de los animales: La organización de las páginas siguientes refleja la clasificación de los animales. Los organismos se clasifican en categorías taxonómicas, desde la más amplia, el reino, hasta la más restringida de las que se tratan en este libro, la especie. Así, cualquier animal, como por ejemplo el lobo, pertenece a una especie (denominada con un nombre compuesto en latín, en este caso *Canis lupus*), que se incluye en una familia (los cánidos), incluida en un orden (los carnívoros), que forma parte de la clase de los mamíferos, a su vez dentro del Phylum de los cordados. En las fichas de este libro, la clasificación a nivel de género y especie (cuando los fósiles permiten determinarla) se especifica en las fichas técnicas, mientras que los títulos de cada apartado y los carteles en el margen izquierdo de cada doble página hacen referencia a grupos más amplios, generalmente a nivel de orden. Estos carteles también tienen una clave de color de acuerdo al grupo del que se trate en cada apartado.

Cartel con el nombre del orden u otra categoría taxonómica en la que se incluyen los animales tratados en cada doble página.

Nombre del grupo.

Subtítulo introductorio destacando lo más característico del grupo.

Texto principal sobre el grupo, con información sobre su origen, distribución en el registro fósil, y principales rasgos morfológicos.

CETARTODÁCTILOS

LOS PALEOMERÍCIDOS Y JIRÁFIDOS

Extraños rumiantes con espectaculares apéndices craneales, los paleomerícidos y ciertos parientes extintos de los jiráfidos fueron unos elementos muy típicos de las faunas del Mioceno de Madrid

Fotografía de algunos restos de jiráfidos silvaterinos, in situ en el yacimiento de Batallones-10. Se pueden observar en la imagen los restos de una columna vertebral (en segundo plano) y un cráneo, con los dos osoceros cuyos puntos de origen y casi coinciden con los restos vertebrales.

Fotografía de uno de los osoceros del ejemplar fósil de Sivaterino del yacimiento de Batallones-4 (Vallesense superior).

Los paleomerícidos. Constituyen con toda seguridad uno de los grupos de rumiantes de aspecto más extraño y espectacular. Son un grupo totalmente extinto, que en Madrid existió a lo largo del Aragonense medio y hasta el comienzo del Aragonense superior. Es característico de estos rumiantes la presencia de dos tipos diferentes de apéndices craneales (además de grandes caninos superiores en los machos). Sobre los ojos, los paleomerícidos tenían un par de apéndices craneales del tipo denominado osocero, muy similares a los que presentan las jirafas. Estos osoceros podían variar de tamaño y orientación en las distintas especies. Además, en la nuca desarrollaron un curioso apéndice bifurcado, que a diferencia de los osoceros estaba formado por una extensión del cráneo (los osoceros eran piezas separadas de los huesos frontales). La morfología de este apéndice occipital es muy variable, y se suele usar para distinguir las distintas especies de paleomerícidos.

Los jiráfidos silvaterinos. En la actualidad los jiráfidos son un grupo que presenta una diversidad muy reducida, con sólo dos géneros y dos especies (jirafa y okapi). Sin embargo, fueron muy diversos durante muchos millones de años después de su aparición en África al comienzo del Mioceno medio, extendiéndose a finales de este periodo por toda Eurasia. En la cuenca de Madrid, encontramos restos de un tipo de jirafas conocidas como jiráfidos silvaterinos. Estos animales eran de talla muy grande, pero, a diferencia de los jiráfidos actuales, tenían un cuerno corto, y unos apéndices craneales realmente llamativos. La jirafa y el okapi actuales tienen un par de apéndices craneales de tipo osocero, que se sitúan sobre los huesos parietales y sobre los frontales, respectivamente. Además, la jirafa puede presentar osoceros nasales accesorios. Los silvaterinos desarrollaron un par de enormes osoceros frontales, recurvados a modo de cuernos y dirigidos hacia atrás, y además tenían dos pequeños osoceros fronto-nasales. Erán animales muy corpulentos y robustos, que tendrían una apariencia espectacular. Los espiñados restos fósiles de Batallones, al sur de Madrid, están aún en fase de estudio, pero han permitido la creación de la reconstrucción que ilustra esta página.

En el caso de *Palaemonax parvifrons*, la especie más abundante de Madrid, esta estructura nupal tiene forma de "Y". Sin embargo, los apéndices del "Palaemonax" de Madrid son desconocidos. Al igual que ocurre en las jirafas actuales, tanto los osoceros como los apéndices occipitales de los palaemonácidos estaban cubiertos de piel.

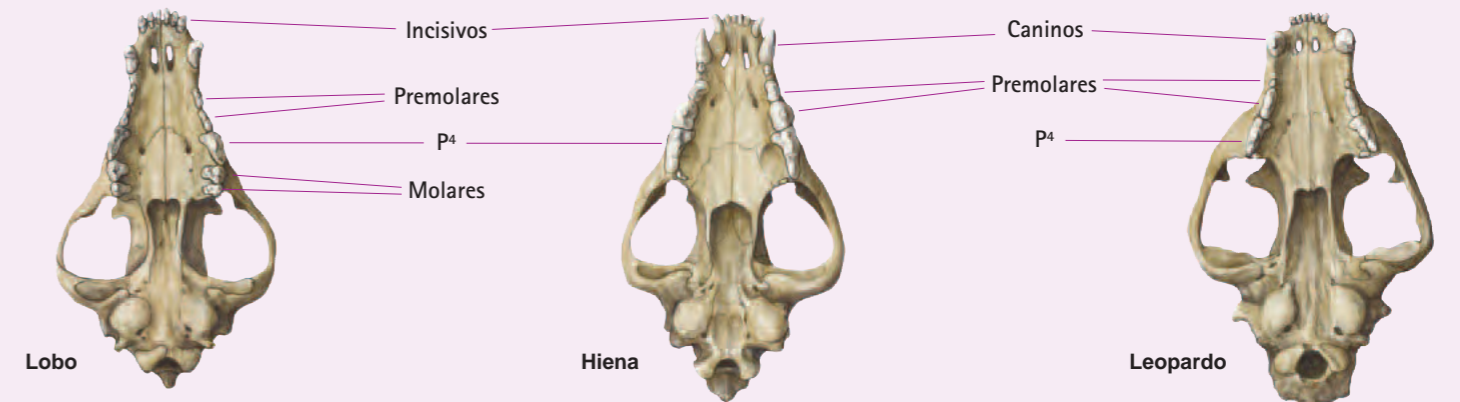
Esquema temporal: distribución temporal, dentro de la comunidad de Madrid, de las especies descritas en el apartado, indicadas con el rectángulo de diferente color para cada una de ellas. Cuando el registro conocido de una especie en Madrid proviene de un único yacimiento, el rectángulo de color es sustituido por un cuadrado bordeado de negro

FICHA TÉCNICA	
<p>Género: <i>Palaemonax</i> Especie: <i>Palaemonax szechuanensis</i> Altura a los machos: 125 cm. Periodo: Mioceno medio Lugar: España</p>	<p>Género: <i>Sivaterinos</i> Especie: <i>Sivaterinos szechuanensis</i> Altura a los machos: 180 cm. Periodo: Mioceno superior-Pleistoceno Lugar: Eurasia y África</p>

Ficha técnica: recuadro con los principales datos de cada especie descrita: género, especie, tamaño, distribución geográfica global, y periodo geológico en que habitó la Tierra.

Comparación entre los cráneos de tres carnívoros

La dentición de los mamíferos se compone de 4 tipos de dientes: incisivos, caninos, premolares y molares. Estos dos últimos intervienen en el procesado del alimento (masticación) mientras que incisivos y caninos participan en su adquisición: los incisivos son utilizados por los herbívoros para arrancar hojas, frutos, o hierba, mientras que los carnívoros los usan para desgarrar la piel o la carne de sus presas, a las que previamente han dado muerte con los caninos. La morfología de la dentición está íntimamente ligada al tipo de dieta, e incluso dentro de ella existen variaciones: la figura muestra los cráneos de un lobo, una hiena y un leopardo para explicar las modificaciones que presentan los diferentes grupos de carnívoros en función del tipo de alimento que incluyan en su dieta: así los cánidos (lobo, a la izquierda) poseen unos molares trituradores que usan para machacar huesos pequeños, cartílagos e incluso bayas, mientras que las hienas (hiena manchada, centro) han desarrollado unos premolares muy robustos que usan para fracturar grandes huesos, habiendo reducido los molares hasta casi perderlos; los félidos (leopardo, derecha), adaptados a una dieta exclusiva de carne, carecen también de molares trituradores, y poseen unos premolares estrechos y cortantes. Sin embargo, los tres grupos poseen una pieza especializada en cortar carne, el cuarto premolar superior o pieza carnícora (P⁴), de morfología muy similar, que revela su pertenencia al orden Carnívora.



FILOGENIA Y TIEMPO

Los estudios filogenéticos y las escalas de tiempo geológico nos permiten situar a los mamíferos en su contexto evolutivo y temporal

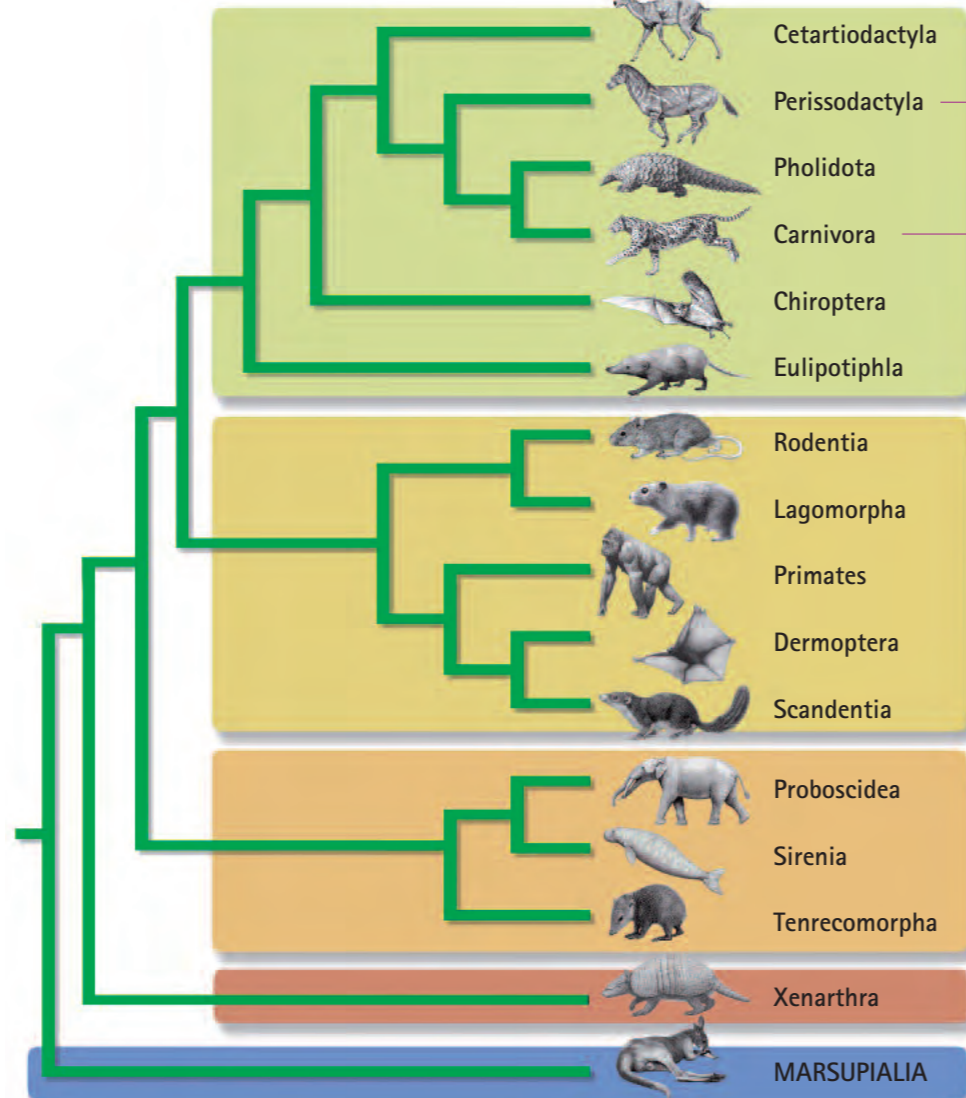
LA CLASIFICACIÓN es la ordenación de los taxones en categorías. El nivel taxonómico básico es la especie. Las especies son conjuntos de poblaciones actuales o extinguidas que comparten las mismas características (genéticas o morfológicas). Las especies se denominan con dos palabras escritas en alfabeto latino, así *Felis catus* designa a la especie actual que conocemos como gato doméstico; *Felis sylvestris* designa al gato salvaje europeo, que es otra especie distinta a la anterior. Ambas especies comparten la primera palabra, que se denomina género, que es el taxón que agrupa a una o varias especies. A este tipo de clasificación binominal también se la conoce como "Clasificación Linneana", en honor a su creador Carolus Linneo, naturalista sueco que vivió en el siglo XVIII, y que permitió el establecimiento de un sistema universal para la clasificación de los seres vivos, que todavía sigue vigente. Varios géneros próximos, por ejemplo *Felis*, *Panthera*, *Lynx*, forman la familia Felidae, que con otras familias de carnívoros (Canidae, Ursidae, etc.) forman el orden Carnivora, que junto a otros ordenes forma categorías taxonómicas más altas hasta formar la clase Mammalia, y así sucesivamente.

La **filogenia** es el proceso por el cual inferimos las relaciones genealógicas de los organismos agrupados en categorías taxonómicas. Las filogenias aquí presentadas son filogenias moleculares, se han construido a partir de la comparación biomolecular de las especies actuales. En las especies fósiles (salvo las muy recientes) esto no es posible, por lo que los paleontólogos construyen sus filogenias comparando las características morfológicas.

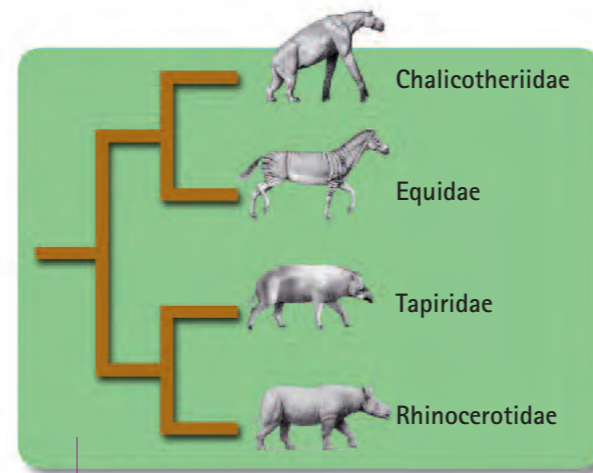
A medida que los científicos obtienen nuevos datos sobre los organismos, las filogenias y la clasificación deben ser revisadas, por lo cual esquemas como los que se muestran en estas páginas son siempre provisionales y están sujetos a cambios. Por esa razón estas filogenias son distintas de otras publicadas hace tan sólo unos pocos años.

Un ejemplo de estos cambios es el orden de los cetartiodáctilos que figura en esta obra: este orden resulta de la fusión de los tradicionales órdenes de los artiodáctilos (como las vacas y los cerdos) y los cetáceos (como las ballenas y delfines), los cuales según las investigaciones más recientes estarían más emparentados de los que se creía, al punto de formar un único orden.

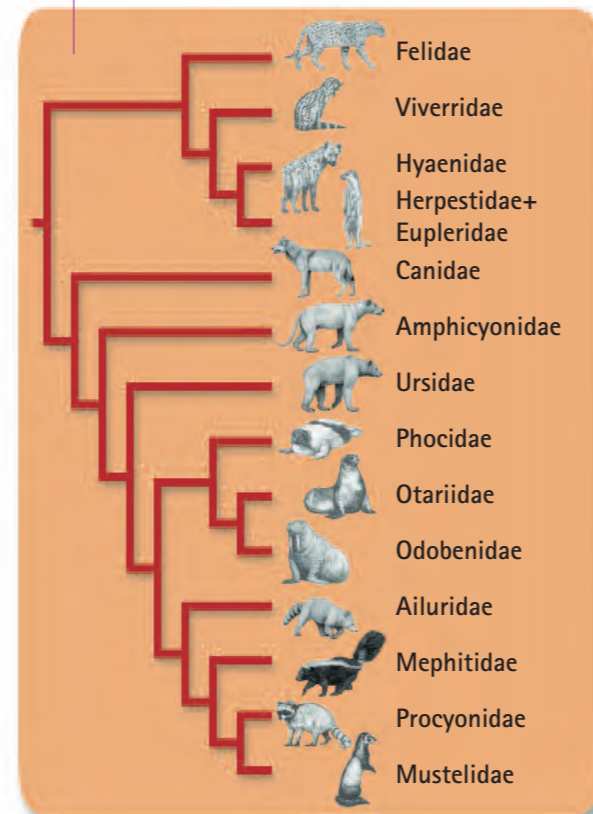
Filogenia de la Clase Mammalia



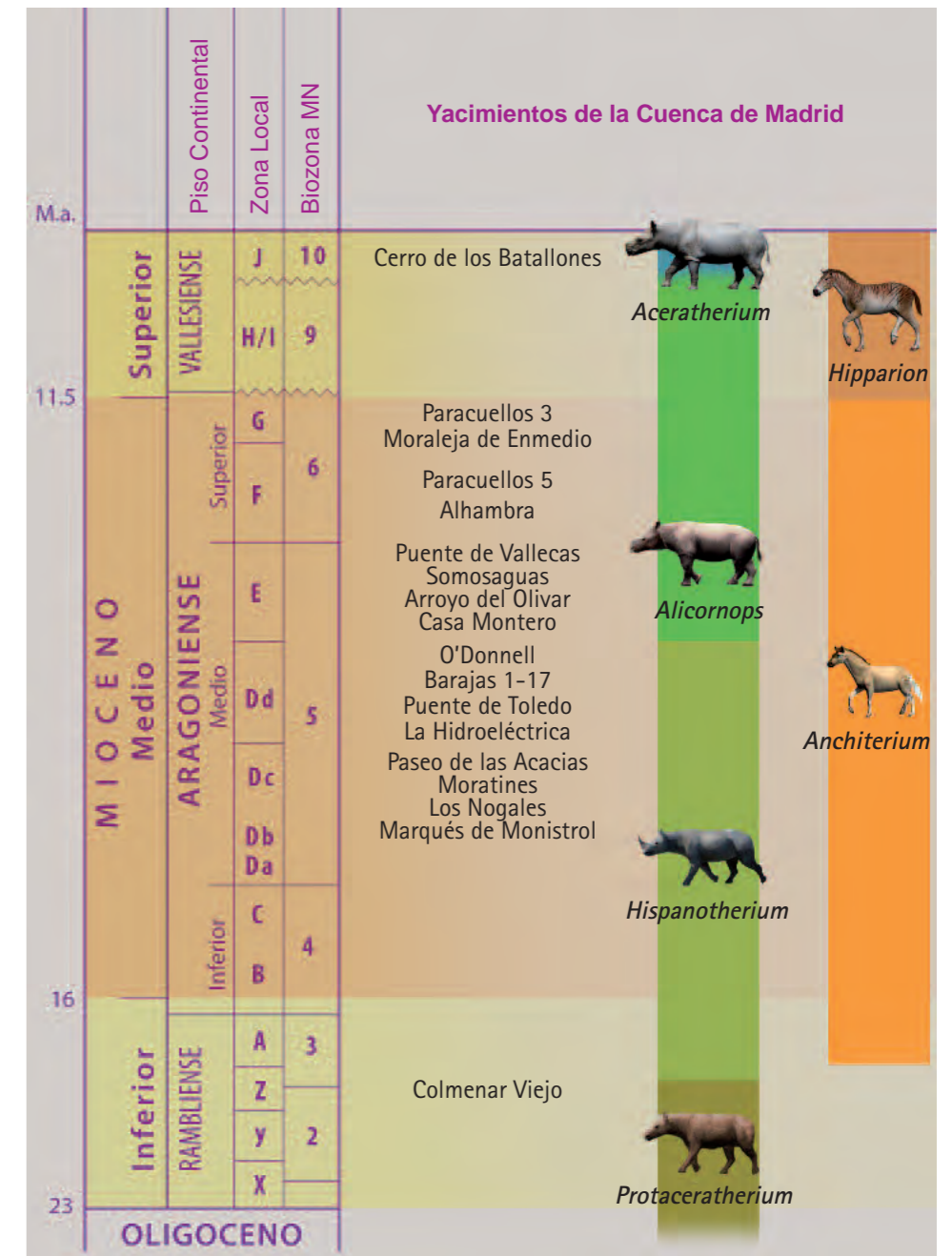
Filogenia del orden Perissodactyla
(Incluye la familia extinguida de los Chalicotheriidae)



Filogenia del orden Carnivora



El tiempo es fundamental en paleontología, ya que nos permite comprender aspectos fundamentales de la evolución de los organismos. Las escalas de tiempo se han perfeccionado notablemente con las dataciones radiométricas o absolutas, de forma que actualmente son muy precisas.



La escala de la figura corresponde a parte del Cenozoico, en concreto al periodo Mioceno, en el que se desarrollaron la mayoría de las faunas de mamíferos de la Comunidad de Madrid. Los yacimientos de Madrid han sido datados en base a la asociación de mamíferos determinada en cada uno de ellos. En la figura sólo hemos indicado de manera gráfica alguno de los géneros más frecuentes, pero estos junto con el resto de la asociación, nos permiten determinar a que biozona pertenece el yacimiento, y por lo tanto saber cual es su edad.

LOS VERTEBRADOS NO MAMÍFEROS

Además de mamíferos, los yacimientos madrileños del Mioceno han proporcionado restos de otros vertebrados como peces teleósteos, ranas, lagartos, serpientes, tortugas y aves

LOS RESTOS DE VERTEBRADOS NO mamíferos hallados en el Mioceno de la Comunidad de Madrid nos dan una idea del tipo de animales que convivían con los mamíferos en los ambientes continentales ibéricos.



Los fósiles encontrados en Batallones indican la presencia de ranas muy similares a sus parientes actuales en sus hábitos y apariencia.

Peces Teleósteos: *Rutilus*

Los rutilos son peces dulceacuícolas euroasiáticos que habitan tanto aguas corrientes como tranquilas, y se alimentan de larvas, moluscos e incluso algas. Han aparecido ejemplares completos de pequeño tamaño en Batallones-1 y -2, lo que, entre otras evidencias, demuestra la presencia de agua en el fondo de las trampas naturales que conforman estos importantes yacimientos.

Lisanfibios: Ranas

En los yacimientos de Batallones-1 y -2 han aparecido restos de ranas similares a las ranas verdes como *Rana perezi*, pero de una talla mayor. Al igual que las especies actuales, las ranas miocenas se alimentarían de insectos, gusanos y babosas, y usarían el agua como refugio y para reproducirse.



Fragmento maxilar del varano de Batallones-3 (Vallesiense superior).

Escamosos: Lagartos y Serpientes

No es raro encontrar restos vertebrales de lagartos y serpientes, así como dentarios y otros huesos, en los yacimientos miocenos. Una buena muestra de reptiles escamosos la tenemos en los yacimientos de Batallones, donde han aparecido restos de serpientes, luciones (lagartos sin patas) y unos espectaculares fósiles pertenecientes a un varano. Los varanos incluyen a los mayores lagartos que han existido (como el actual dragón de Komodo o el extinto *Megalania*).

Son ágiles lagartos depredadores, con poderosos miembros, cráneos alargados y afilados dientes, que actualmente sólo viven en el Viejo Mundo.

El ejemplar de Batallones, aún sin estudiar, no era de talla muy grande. Estos varanos se alimentarían, como es habitual, de insectos, micromamíferos, aves, huevos y carroña.



Varano

Testudines: Tortugas y Galápagos

Los fósiles de tortugas son unos de los más típicos del Mioceno de Madrid, y aparecen en multitud de yacimientos. En Madrid encontramos dos tipos de tortugas que corresponden con los dos grupos que más representantes actuales tienen: testudínidos o tortugas de tierra, y emídidos o galápagos.

Las tortugas terrestres *Cheirogaster* eran de talla y porte muy similares a los de las actuales tortugas gigantes de las Galápagos. Como éstas, serían formas herbívoras, y se concentrarían en gran número en charcas poco profundas para beber y termorregular. Además de los fósiles de testudínidos gigantes, en los yacimientos de Batallones aparecen restos de otros testudínidos de talla pequeña, junto con representantes de los galápagos. Los galápagos son formas adaptadas a la vida dulceacuícola que se alimentan básicamente de peces e invertebrados acuáticos, aunque también pueden consumir alimento vegetal. Los fósiles más habituales de todos estos tipos de tortugas son los de los caparazones. Sólo en contadas ocasiones aparecen esqueletos asociados a los caparazones, como en el caso de los espectaculares fósiles de *Cheirogaster* de la calle Bolívar.



Caparazón completo de testudínido fósil descubierto en el yacimiento de O'Donnell (Aragoniense medio).



Cráneo completo de ave rapaz proveniente del yacimiento de Batallones-1 (Vallesiense superior).

Arcosaurios: Aves

Las aves son el único grupo de dinosaurios que sobrevivió a la extinción de finales del Cretácico, hace 65 millones de años. Sus fósiles no suelen ser abundantes en los yacimientos, debido a la fragilidad de sus huesos. Sin embargo, en los yacimientos de Batallones-1 y -3 se ha descubierto una gran diversidad de aves del Mioceno superior. Entre éstas destacan restos de córvidos de talla media del género *Garrulus* (arrendajos), así como pájaros (paseriformes), águilas pescadoras (género *Haliaeetus*) y aves carroñeras relacionadas con los buitres.



Haliaeetus



Cheirogaster

LOS LAGOMORFOS, ROEDORES E INSECTÍVOROS



Debido al pequeño tamaño de los fósiles de micromamíferos, se requieren técnicas especiales para su obtención. El sedimento se lava y se tamiza mediante mangueras de agua a presión, pasando por diferentes tamices, donde los fósiles quedan retenidos en uno u otro dependiendo de su tamaño. Posteriormente, se usan lupas binoculares o microscopios para su separación y estudio.

Pequeños pero tremendamente útiles

PESE A SU PEQUEÑO TAMAÑO y menor espectacularidad, los micromamíferos son muy importantes para los paleontólogos. Sufren cambios evolutivos rápidos en tiempos geológicos cortos, tienen una amplia distribución geográfica y son muy sensibles a las variaciones ambientales.

La presencia de determinadas especies de micromamíferos nos indica con precisión la edad de un yacimiento y las condiciones paleoecológicas. Suelen ser muy abundantes en los yacimientos ya que sirven de alimento a diversos depredadores que acostumbran a depositar sus desechos en sitios fijos (egagrópilas, excrementos...).

Los taxones más comunes en Madrid son los roedores como los esciúridos (ardillas), cricétidos (hámsters), glíridos (lirones), múridos (ratas y ratones) y castores; además también han aparecido lagomorfos (liebres, conejos y pikas) y en menor medida insectívoros (erizos, ratas lunares y musarañas). No se han encontrado fósiles de quirópteros (murciélagos).

Prolagus es el lagomorfo más importante del Terciario europeo. Las especies del género se conocen con el nombre común de "pikas". Es un género muy antiguo, con una duración de unos 20 millones de años. Son de menor tamaño que el conejo actual y tienen el cuerpo robusto. No eran animales saltadores aunque tenían patas posteriores más desarrolladas que las anteriores. Habitaba las proximidades de ríos y lagos.



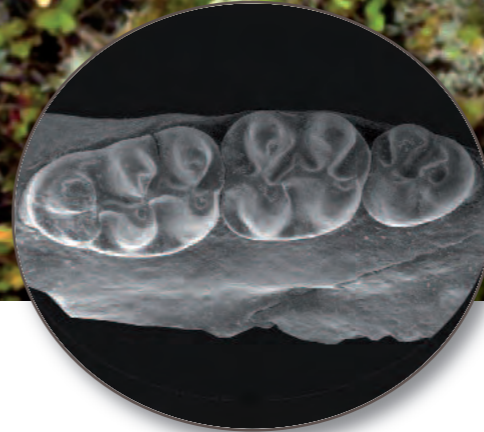
Prolagus ■

FICHA TÉCNICA

Género: *Prolagus*
 Especie: *Prolagus* sp.
 Longitud total: 20 cm.
 Período: Mioceno medio – actualidad
 Lugar: Europa Central y del Sur



Megacricetodon ■



El estudio de los micromamíferos se basa en las piezas dentales, ya que la clasificación depende de su morfología y tamaño. La fotografía de microscopio electrónico muestra un maxilar completo (dentición superior) del hámster *Megacricetodon collongensis*, y una hemimandíbula (dentición inferior) del erizo *Galerix exilis* del yacimiento de Casa Montero.



Megacricetodon es uno de los micromamíferos más frecuentes en el Mioceno de Europa occidental. En Madrid se extiende desde el Aragoniense medio hasta el Vallesiense inferior, siendo dominante en el Aragoniense superior, donde constituye hasta el 95% de las faunas de roedores. Sus dientes con cúspides altas y primeros molares grandes sugieren una dieta omnívora con una alta proporción de insectos. La llegada a Europa de ratas y ratones a finales del Mioceno propició su desaparición.

FICHA TÉCNICA

Género: *Megacricetodon*
 Especie: *Megacricetodon collongensis*
 Longitud total: 8-13 cm.
 Período: Mioceno medio
 Lugar: Europa

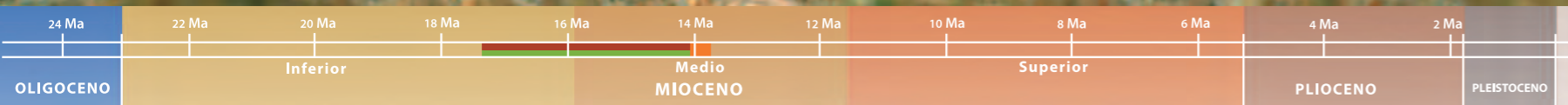


Género: *Galerix*
 Especie: *Galerix exilis*
 Longitud total: 10-15 cm.
 Período: Mioceno medio y superior
 Lugar: Europa



Galerix es el insectívoro más abundante en España durante el Aragoniense y el Vallesiense. Está emparentado con las "ratas lunares", por lo que se supone que su dorso estaría cubierto por pelos cortos y puntiagudos, aunque no formarían púas como en los erizos. Poseen dientes altos y afilados muy útiles para su alimentación a base de insectos.

Galerix ■



LOS MUSTÉLIDOS, MEFÍTIDOS Y HIÉNIDOS

Los miembros del orden Carnivora son los mamíferos depredadores por excelencia

EL ORDEN CARNIVORA está formado por unas 260 especies de mamíferos placentados, con una gran variedad de tamaños, desde los 25 gramos de la comadreja (*Mustela nivalis*) hasta los casi 1.000 Kg del oso polar (*Thalarctos maritimus*). Su característica más distintiva es la posesión de un par de piezas dentarias adaptadas para el consumo de carne; se trata del cuarto premolar superior y el primer molar inferior, y se denominan carníceras.



Cráneo de un perro doméstico actual, *Canis familiaris*, un típico miembro del orden de los carnívoros. Se destacan en rojo las piezas carníceras.

Las cúspides de estos dientes están alineadas de tal manera que, cuando una ocluye sobre la otra, actúan como unas tijeras, cortando con gran eficacia la carne y piel de las presas. Los carnívoros se dividen en dos grandes grupos, llamados Caniformia (osos, perros, comadrejas, mapaches y pandas rojos) y Feliformia (hienas, gatos, mangostas y ginetas) que se distinguen por toda una serie de rasgos anatómicos, principalmente dentarios y craneales.

Los primeros representantes de este orden, reconocibles ya en el Eoceno medio de Norteamérica, hace unos 42 millones de años, fueron animales pequeños y probablemente de hábitos nocturnos o crepusculares, rasgo que han mantenido muchas de las especies actuales.

Los mustélidos: *Eomellivora*. Este gran mustélido (es decir, miembro de la familia de las actuales comadrejas y tejones) está presente en las faunas del Mioceno superior de Batallones-3, y aunque era un animal poco conocido, el hallazgo de un esqueleto casi completo nos ha permitido disponer de una información muy completa sobre su anatomía. *Eomellivora wimani* doblaría en peso al mustélido actual más grande, el glotón (*Gulo gulo*) que puede llegar a pesar unos 32 Kg, y poseía unas extremidades gráciles, una columna vertebral larga y un cráneo y mandíbula muy robustos. Todo ello nos indica que probablemente ocuparía zonas relativamente abiertas, y que sería un cazador y carroñero oportunista.



Fotografía de los principales huesos del esqueleto de *Eomellivora* recuperados en Batallones-3, y reconstrucción, en trazo azul, del resto del esqueleto del animal



Eomellivora

FICHA TÉCNICA

Género: *Eomellivora*
 Especie: *Eomellivora wimani*
 Altura a los hombros: 60 cm.
 Período: Mioceno superior
 Lugar: Eurasia

Las mofetas: *Proputorius*. Las mofetas actuales son animales de dieta omnívora propios del continente americano, pero durante el Mioceno superior se hallaban también en Europa y Asia. En varios de los yacimientos de Batallones han aparecido fósiles de una pequeña mofeta del género *Proputorius*, de tamaño muy similar a la actual mofeta pigmea (*Spilogale pygmaea*), que pesa unos 320 gramos. Aunque los fósiles no nos dicen si la mofeta de Batallones había desarrollado ya el sistema de defensa propio sus parientes actuales, esto es, el uso de glándulas anales modificadas para el lanzamiento de un líquido hediondo, es muy probable que usara este mismo sistema. Con semejante defensa ante depredadores más grandes, esta especie podría ocupar entornos más o menos abiertos.



Proputorius

Mandíbula de *Proputorius* proveniente de Batallones-1. La forma de los dientes de este diminuto carnívoro indica una dieta omnívora.



FICHA TÉCNICA

Género: *Proputorius*
 Especie: *Proputorius* sp.
 Altura a los hombros: 15 cm.
 Período: Mioceno medio y superior
 Lugar: Europa

Género: *Protictitherium*
 Especie: *Protictitherium crassum*
 Altura a los hombros: 30 cm.
 Período: Mioceno medio y superior
 Lugar: Eurasia

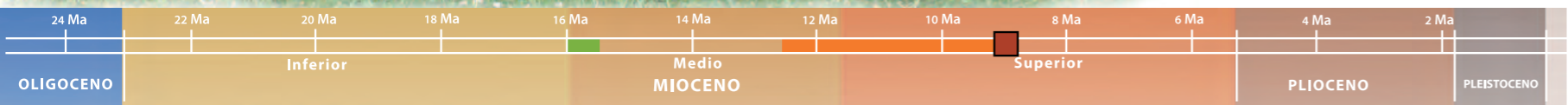


Cráneo en vista lateral de *Protictitherium* de Batallones-1.

Los hiénidos: *Protictitherium*. Aunque las hienas actuales son carnívoros grandes, propios de África y Asia, durante el Mioceno superior existió un linaje formado por especies de pequeño tamaño y distribución euroasiática. En Madrid han aparecido numerosos restos fósiles de una de estas pequeñas hienas, *Protictitherium crassum*, de la talla de un chacal. Su dentición nos indica que este animal incluiría en su dieta un alto porcentaje de carroña, pero probablemente también sería un excelente cazador de presas de pequeña talla, como roedores, lagomorfos, etc.



Protictitherium



LOS AILÚRIDOS

Los parientes fósiles del panda rojo eran unos predadores versátiles y acrobáticos

DENTRO DE LOS CARNÍVOROS, los ailúridos constituyen una familia atípica, ya que cuenta con un único representante actual, el panda rojo (*Ailurus fulgens*). Lo más característico de este animal es que su dentición se halla muy modificada respecto del patrón primitivo de los carnívoros, debido a su adaptación a una dieta herbívora; sus caninos son relativamente pequeños, y premolares y molares poseen una superficie formada por crestas y cúspides, ideal para triturar materia vegetal. Los restos fósiles de esta familia son en general muy escasos, debido a la baja diversidad del grupo y a que su evolución ha estado probablemente ligada a ambientes boscosos, en los cuales la fosilización es menos probable que en otros medios. El ailúrido más antiguo conocido en el registro fósil es *Amphictis ambiguus*, que vivió en Europa durante el Oligoceno superior-Mioceno inferior (hace entre 25-18 millones de años). De un tamaño similar al del actual panda rojo, su dentición era todavía primitiva, adaptada al consumo de carne.



Mandíbula de *Magerictis* en el sedimento, procedente del yacimiento del Intercambiador de Príncipe Pío (Madrid)

Durante el **Mioceno medio** (hace unos 16-11 millones de años) los ailúridos se expandieron por Asia y Norteamérica, dando lugar al género *Alopecocyon*, de mayor tamaño que *Amphictis*, pero con una dentición muy similar. También de esta época es *Magerictis imperialensis*, llamado así porque sus fósiles fueron encontrados por primera vez en el yacimiento madrileño de Estación Imperial (cerca de la puerta de Toledo) en 1991.



Reconstrucción de la cabeza de *Magerictis*. A diferencia del panda rojo actual, este animal tenía un hocico alargado, semejante al de un perro.



Magerictis ■

FICHA TÉCNICA

Género: *Magerictis*
 Especie: *Magerictis imperialensis*
 Altura a los hombros: 30 cm.
 Período: Mioceno medio
 Lugar: España



Género: *Simocyon*
 Especie: *Simocyon batalleri*
 Altura a los hombros: 70 cm.
 Período: Mioceno superior
 Lugar: Eurasia y África




Simocyon ■

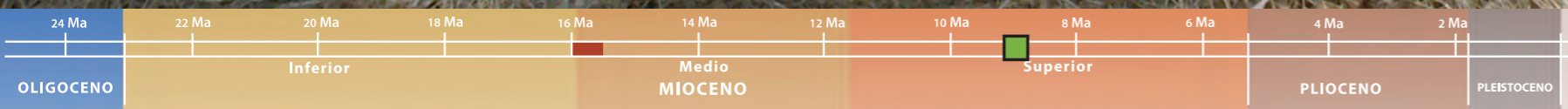
Durante el **Mioceno superior** (hace entre 11 y 5 millones de años) vivió *Simocyon*, el ailúrido más grande conocido (con hasta 65 Kg de peso); se conocen 2 especies, *Simocyon batalleri* y *Simocyon primigenius*, la primera de las cuales ha sido hallada en el yacimiento madrileño de Batallones-1. Este gran ailúrido habitaba zonas boscosas y de matorral, y se alimentaría de todo tipo de pequeños vertebrados, huevos, carroña e incluso frutas o semillas.



Esqueleto reconstruido de *Simocyon* (arriba) y comparación de los huesos de la mano entre el panda gigante (abajo, izquierda) y *Simocyon* (abajo, derecha). Los huesos representados en el detalle se destacan en rojo en el dibujo del esqueleto, mientras que el falso pulgar, o sesamoideo radial, se destaca en azul en los dibujos de detalle. Este hueso es una peculiaridad del panda gigante y del panda rojo actuales, pero hasta el descubrimiento de *Simocyon* en Batallones-1, no se conocía en ningún carnívoro fósil. Mientras los pandas usan este hueso para sujetar mejor las hojas de bambú de las que se alimentan, *Simocyon* lo usaría para asirse mejor a las ramas al trepar.



Reconstrucción de la cabeza y el cráneo de *Simocyon* basada en los fósiles encontrados en Batallones.



LOS ANFICIÓNIDOS

Cazadores y carroñeros versátiles, estos carnívoros extintos llegaron a alcanzar tamaños gigantescos

LOS ANFICIÓNIDOS constituyen un grupo muy diverso, que incluye a algunos de los carnívoros de mayor tamaño. Aunque tienen semejanzas con osos y cánidos, constituyen una familia diferente, Amphicyonidae, hoy extinguida. Aparecieron en el Eoceno de Norteamérica y rápidamente se extendieron a Europa, Asia y África. Durante el Oligoceno y Mioceno inferior se hicieron muy abundantes, diversificándose en multitud de formas, y ocupando distintos ambientes. Algunos de los primeros anficiónidos como

Paradaphoenus, del Oligoceno americano, pesarían unos 4 Kg y tendrían una dieta omnívora, alimentándose de pequeños vertebrados, fruta, insectos y huevos, y vivirían en zonas boscosas.

En el Mioceno inferior aparecieron formas mayores como *Daphoenodon superbus*, de la talla de un lobo y con adaptaciones para la carrera, que le convertían en un cazador más especializado. Otros anficiónidos alcanzaron tamaños mucho mayores, como *Amphicyon giganteus*, del Mioceno medio de Eurasia, que superaba los 200 Kg.

Durante el Mioceno, la diversidad de los anficiónidos se fue reduciendo, hasta extinguirse en el Mioceno superior (hace 9 millones de años).



Mandíbula de *Amphicyon* del yacimiento de Barajas-9. Este animal retenía casi todas las piezas dentarias, lo que se reflejaba en la posesión de un hocico muy alargado.

Durante el Mioceno vivió uno de los mayores anficiónidos, *Amphicyon major*. De tamaño similar al de un oso pardo, tenía unas carniceras más cortantes, pero mantenía los molares trituradores, lo cual indica que, aunque la caza fuera esencial para su dieta, ésta también incluiría carroña. Tenía unas extremidades robustas, capaces de desgarrar a sus presas de un zarpazo, una cola larga y fuerte, y una espalda relativamente larga, y probablemente habitaría en entornos con bastante cobertura vegetal, pero no en bosques densos.



Amphicyon ■



Foto de un cráneo y mandíbula articulados de *Magericyon*, provenientes de Batallones-1.



Reconstrucción del cráneo de *Magericyon* en vista inferior. Se aprecian los molares anchos y robustos, que permitían al animal triturar huesos y materia vegetal.



Esqueleto parcial de un individuo de *Magericyon* en Batallones-1. En la parte superior derecha se aprecia la pelvis, y la columna vertebral se extiende hacia abajo a la derecha, tapada en parte por el fémur del mismo animal.

FICHA TÉCNICA

Género: *Amphicyon*
 Especie: *Amphicyon major*
 Altura a los hombros: 90 cm.
 Período: Mioceno medio y superior
 Lugar: Eurasia



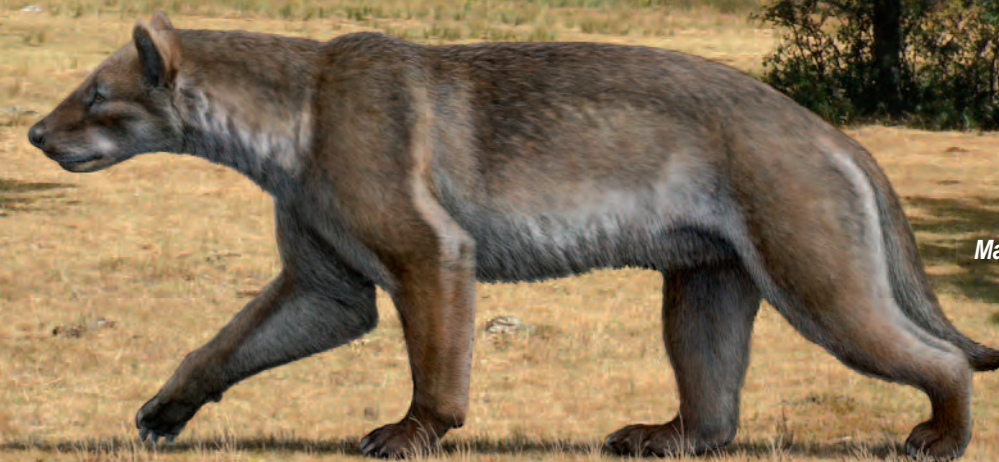
Género: *Magericyon*
 Especie: *Magericyon anceps*
 Altura a los hombros: 78 cm.
 Período: Mioceno superior
 Lugar: España



Uno de los últimos anficiónidos del registro fósil fue *Magericyon anceps*, que vivió durante el Mioceno superior, y ha sido encontrado en el yacimiento madrileño de Batallones-1.

Su nombre específico “*anceps*” significa “cortante” y hace referencia a su dentición hipercarnívora, distinta de la de los anficiónidos anteriores, que poseyeron piezas dentarias mucho más trituradoras.

Esta especie presenta unos caninos superiores comprimidos, con una ligera crenulación en sus bordes, lo que junto a un esqueleto grácil en comparación con otros anficiónidos, indica que era un cazador activo, con unas técnicas de caza mucho más especializadas.



Magericyon ■



LOS ÚRSIDOS

Los parientes del animal más emblemático de Madrid han habitado este territorio desde hace más de 15 millones de años



Mandíbula de *Hemicyon*, proveniente del yacimiento de Cañaveral, mostrando la posición de la fosa masetérica (señalada en rojo) y la fosa premasetéica (señalada en azul). Este último rasgo contribuye a distinguir a los hemicioninos de otros úrsidos.

Los osos son carnívoros que se caracterizan por su gran corpulencia y por su postura plantígrada (es decir, que apoyan las plantas de los pies al caminar). Actualmente se encuentran en todos los continentes, salvo en la Antártida, Oceanía y África, aunque en este último algunas poblaciones de oso pardo sobrevivieron en las montañas del Atlas hasta el siglo XIX.

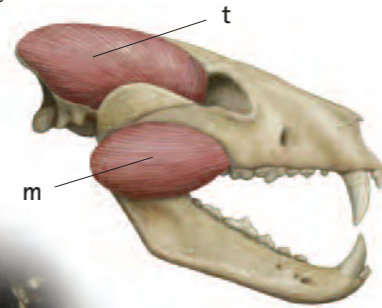
Viven en todo tipo de ambientes desde las llanuras heladas del Ártico hasta las selvas del Sudeste asiático, pasando por los páramos subalpinos tropicales de los Andes o los bosques de bambú de China. Su dieta es mayoritariamente omnívora, aunque varía entre el oso panda, prácticamente herbívoro y el oso polar que se alimenta casi exclusivamente de carne.

Los hemicioninos son una subfamilia de úrsidos sin representantes en las faunas actuales.

Su esqueleto indica una estructura corporal más ligera que la de los úrsidos modernos y una postura digitígrada (es decir, que caminaban sobre los dedos de las patas), como en los cánidos o los felinos actuales.

Es probable que los hemicioninos ocuparan entornos más abiertos que los úrsidos actuales, ya que su porte más ligero y grácil sería una ventaja a la hora de mantener carreras de larga distancia como hacen, por ejemplo, los lobos.

Reconstrucción del cráneo y mandíbula de *Hemicyon*, mostrando el músculo temporal (t) y el masetero (m). En tiempos se pensó que la fosa premasetéica podría alojar la inserción del masetero, pero los estudios anatómicos indican que ese músculo se alojaba más atrás en la mandíbula. La forma del cráneo y mandíbula de este animal indica que poseía unos músculos masticadores muy poderosos.



Hemicyon



Cráneo de *Indarctos* en el sedimento de Batallones-3.

Este es el yacimiento en el que se ha encontrado la mayor cantidad de cráneos completos de esta especie en todo el mundo.



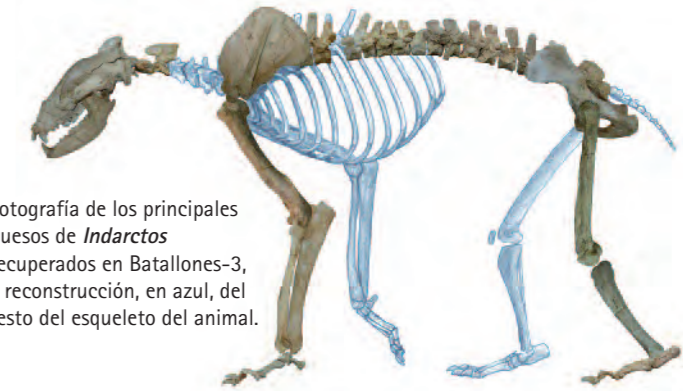
Cráneo de *Indarctos* en vista lateral, proveniente de Batallones-3.

La forma del cráneo indica que su aparato masticador estaba adaptado para procesar materia vegetal.

Indarctos es el primer género de úrsido "moderno" que aparece en las faunas madrileñas. Era un animal de talla grande, similar a la de un oso pardo. Sin embargo, su esqueleto se asemeja más, en sus proporciones y morfología, al del panda gigante. Su dentición es más primitiva que la de cualquier oso actual ya que posee unas canchales bastante desarrolladas y unos molares más cortos. Sin embargo ya se observan adaptaciones, en la mandíbula y el cráneo, que indican que consumiría una gran cantidad de materia vegetal.



Indarctos



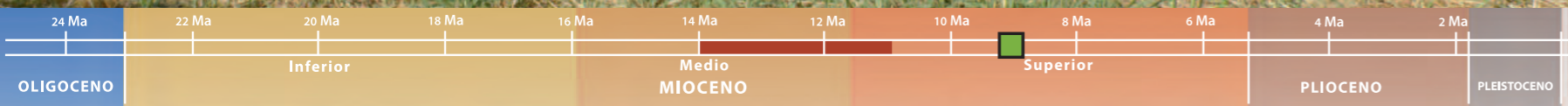
Fotografía de los principales huesos de *Indarctos* recuperados en Batallones-3, y reconstrucción, en azul, del resto del esqueleto del animal.

FICHA TÉCNICA

Género: *Hemicyon*
Especie: *Hemicyon sansaniense*
Altura a los hombros: 90 cm.
Período: Mioceno medio
Lugar: Eurasia



Género: *Indarctos*
Especie: *Indarctos* sp.
Altura a los hombros: 1 m.
Período: Mioceno superior
Lugar: Eurasia



LOS FÉLIDOS

La familia de los gatos incluye a los depredadores más eficientes y especializados que han existido



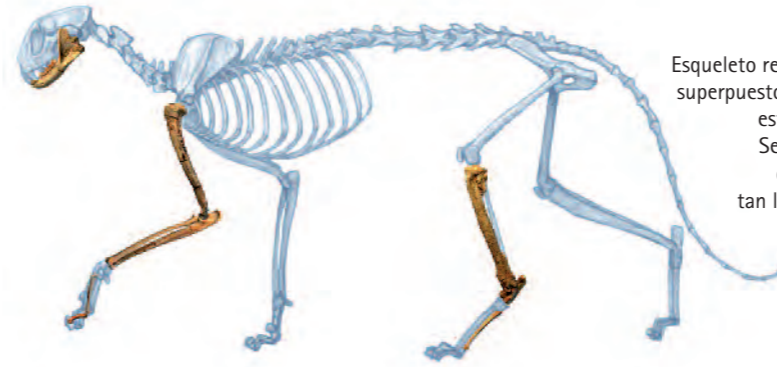
Mandíbula de *Schizailurus lorteti* descubierta durante las excavaciones realizadas con motivo de la construcción del intercambiador de Príncipe Pío.

LEONES, TIGRES, LEOPARDOS, GUEPARDOS, e incluso nuestros familiares gatos domésticos, forman parte de la familia Felidae, carnívoros relativamente primitivos en la morfología de sus extremidades, pero con una dentición muy especializada, con fuertes caninos para matar rápidamente a sus presas, y premolares y molares adaptados para cortar la carne.

Durante el Oligoceno superior vivió el primer félido conocido, *Proailurus lemanensis*, del tamaño de un pequeño lince. Este animal poseía ya los caracteres dentarios que definen a los félidos: caninos grandes y reducción de piezas dentarias, mostrando ya su adaptación a matar presas y consumir su carne. A partir de este género, los félidos se dividen en 2 grupos, llamados felinos y macairodontinos, de los cuales sólo el primero ha llegado a nuestros días. Los felinos son félidos con caninos de tamaño moderado y sección circular, mientras que los macairodontinos (ya extinguidos) poseyeron enormes caninos comprimidos y en muchos casos, con bordes aserrados.

Uno de los primeros felinos conocidos es *Schizaelurus lorteti*, del tamaño de un lince, que vivió en Europa durante el Mioceno medio. El aspecto de este animal no se diferenciaría mucho del de los felinos actuales, y como muchos de ellos, probablemente ocuparía zonas con abundante vegetación donde acechar a sus presas y esconderse de otros depredadores más grandes. Por su parte, el primer macairodontino conocido es *Pseudaelurus quadridentatus*, del Mioceno medio de Europa. De tamaño algo menor que un puma, poseía ya los caninos comprimidos que definen a este grupo.

Schizaelurus ■



Esqueleto reconstruido de *Felis attica*, al que se han superpuesto fotografías de algunos de los fósiles de esta especie provenientes de Batallones-1. Se aprecian las proporciones elegantes del esqueleto, que correspondía a un animal tan ligero y ágil como el actual gato montés.

FICHA TÉCNICA

Género: *Schizaelurus*
Especie: *Schizaelurus lorteti*
Altura a los hombros: 45 cm.
Período: Mioceno medio
Lugar: Eurasia



Género: *Felis*
Especie: *Felis attica*
Altura a los hombros: 35 cm.
Período: Mioceno superior
Lugar: Eurasia

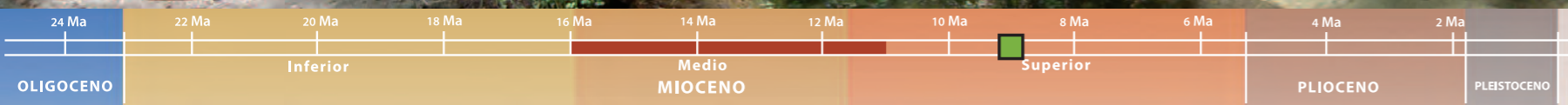


Reconstrucción del cráneo y de la musculatura de la cabeza de *Felis attica*. El cráneo de este animal, con sus grandes órbitas y su hocico corto, era muy similar al de los pequeños felinos actuales, y su musculatura también sería muy parecida a la de éstos.



Felis ■

Durante el Mioceno superior, junto a los grandes macairodontinos (o “félidos de dientes de sable”) convivieron pequeños felinos como *Felis attica*, muy similar al actual gato montés, del que sólo se diferenciaba por pequeños detalles del esqueleto, y por tener un par de premolares más. Durante la mayor parte del reinado de los macairodontinos, los felinos fueron animales pequeños, no apareciendo felinos de gran talla hasta hace unos 3 millones de años, cuando se desarrollaron en Asia y en África los antepasados de leones, tigres, jaguares y leopardos.



LOS FÉLIDOS DE DIENTES DE SABLE

Estos parientes cercanos de nuestros felinos actuales estaban adaptados para cazar grandes presas con enorme eficiencia

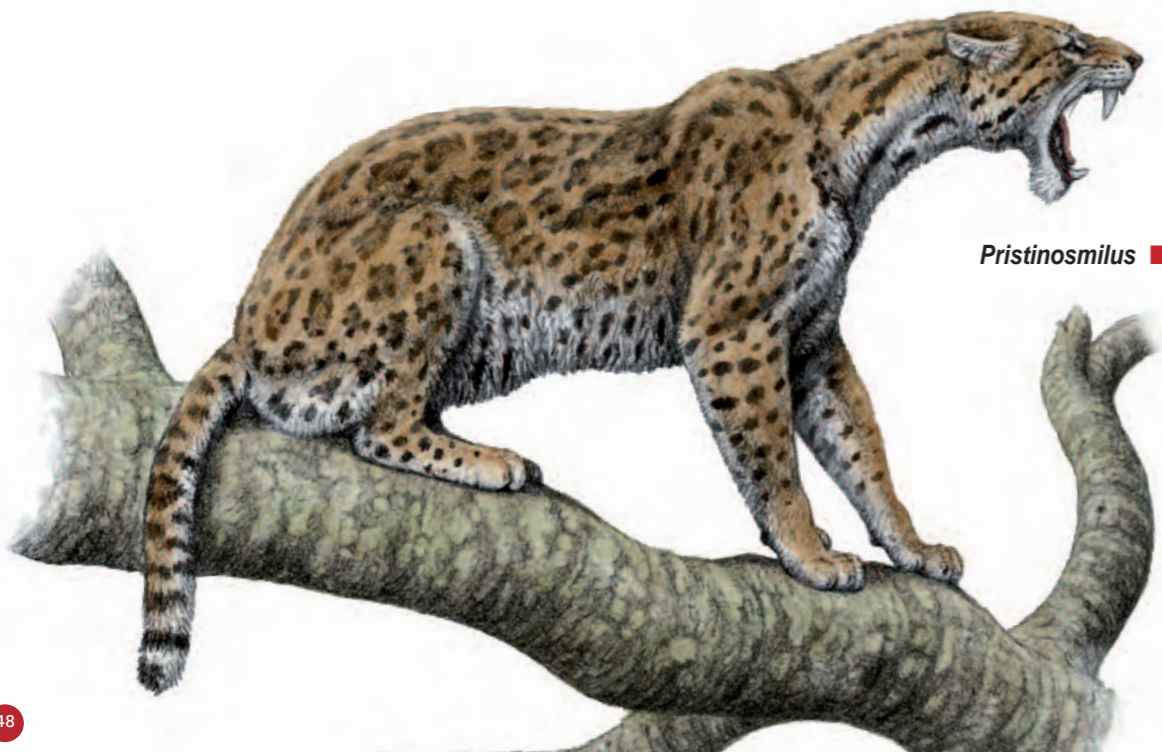


Cráneo de *Pristinosmilus* aún incorporado al sedimento en Batallones-1.

LOS MACAIRODONTINOS, conocidos popularmente como "tigres de dientes de sable" son una subfamilia extinguida dentro de la familia Felidae, que incluye a todos los felinos modernos. Estos carnívoros tenían unos caninos superiores muy largos y aplanados, que les servían para matar grandes presas con mucha rapidez, usando un tipo de mordida diferente al de los felinos modernos, llamada "mordida en ojal", que causaba una muerte rápida por desangramiento.

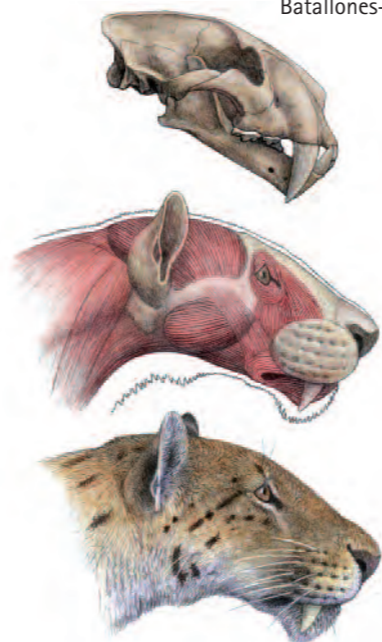
El macairodontino más antiguo es *Pseudaelurus quadridentatus*, conocido en Madrid en yacimientos del Aragoniense. En el Vallesiense aparecen los generos *Pristinosmilus* y *Machairodus*, que presentan adaptaciones más marcadas para su particular método de caza. El yacimiento de Batallones-1 ha proporcionado la mejor muestra del mundo de fósiles de estos dos félidos.

Pristinosmilus era un félido del tamaño y proporciones aproximadas de un leopardo actual, pero además de tener unos colmillos grandes y aplanados, poseía una musculatura más poderosa en sus patas delanteras, un cuello largo pero fuerte y flexible, y una cola relativamente corta. Su anatomía y su talla moderada indican que se trataba un eficiente trepador, que cazaba a sus presas en tierra pero se refugiaba en los árboles ante la amenaza de depredadores más poderosos.



Pristinosmilus ■

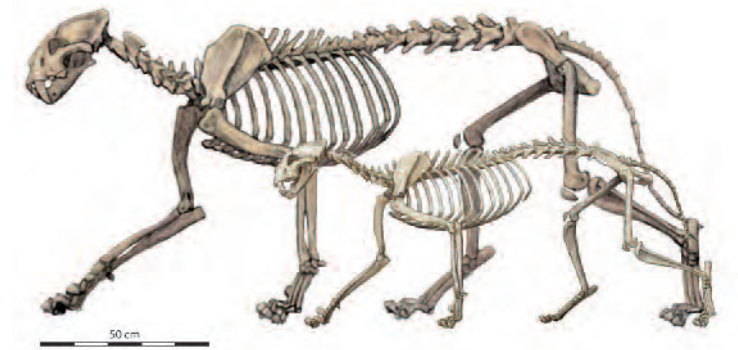
Reconstrucción en secuencia de la anatomía de la cabeza de *Machairodus*, a partir de los cráneos encontrados en Batallones-1.



Cráneo de *Machairodus* proveniente de Batallones-1.

Machairodus era tan grande como un león, pero en sus proporciones generales se parecía al *Pristinosmilus*. Su gran talla y fortaleza le convertían en el depredador dominante en su época, pero su gran peso corporal limitaba su capacidad trepadora.

El rasgo más llamativo de *Machairodus* eran sus caninos superiores, proporcionalmente más largos y aplanados que en *Pristinosmilus*, y provistos de bordes aserrados.



Comparación de tamaños entre los esqueletos de *Machairodus* (izquierda) y *Pristinosmilus* (primer plano).

FICHA TÉCNICA

Género: *Pristinosmilus*
Especie: *Pristinosmilus ogygia*
Altura a los hombros: 60 cm.
Período: Mioceno superior
Lugar: Eurasia



Género: *Machairodus*
Especie: *Machairodus aphanistus*
Altura a los hombros: 100 cm.
Período: Mioceno superior
Lugar: Eurasia y África



Machairodus ■



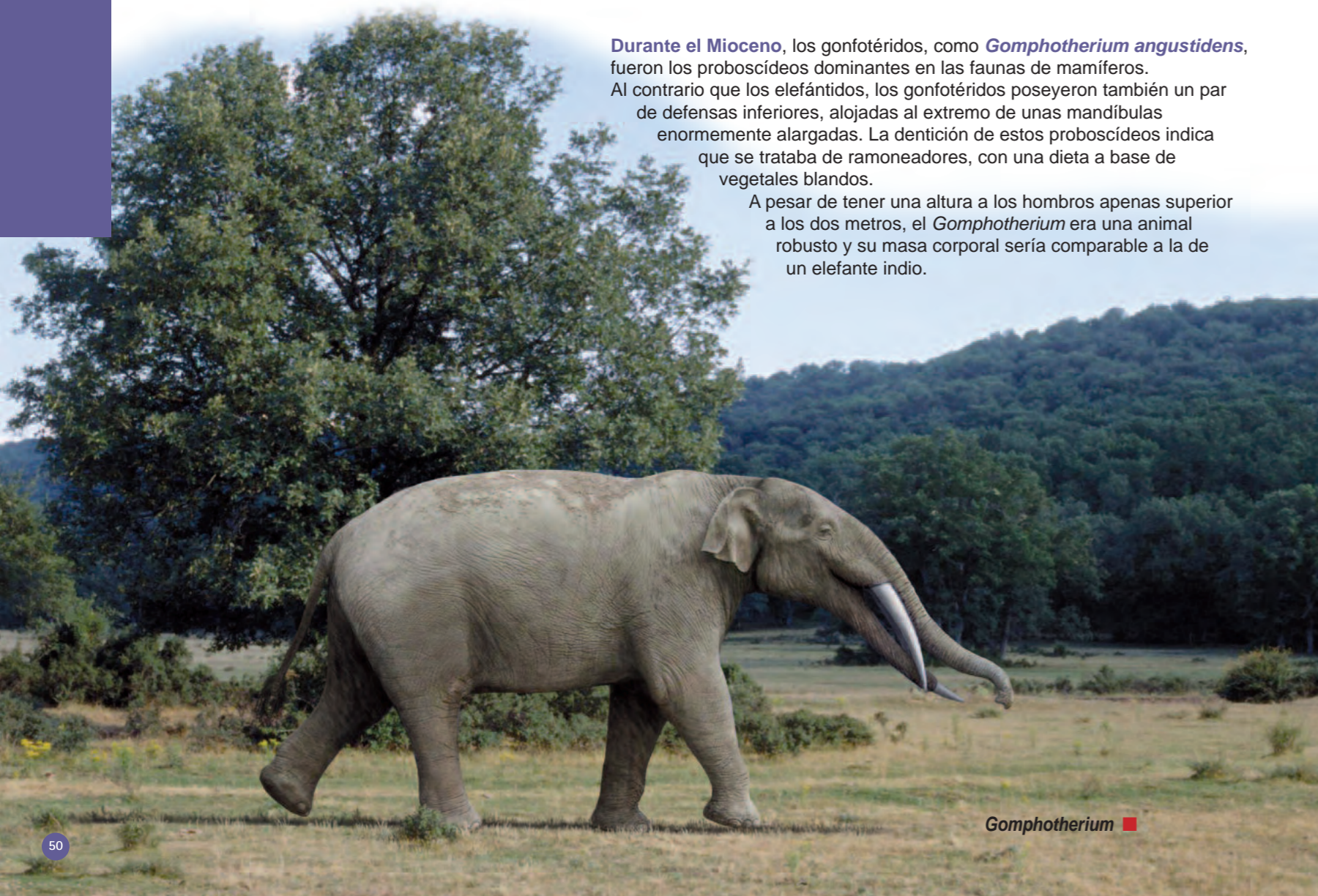
LOS MASTODONTES

Gigantes entre los mamíferos terrestres

AUNQUE ACTUALMENTE cuenta con 3 únicas especies, el orden Proboscidea alcanzó en el pasado una notable diversidad, con hasta 18 familias diferentes, de las cuales solo una, Elephantidae, ha llegado a la actualidad. Uno de los rasgos más característicos de los proboscídeos es la presencia de una trompa derivada de la fusión de la nariz y el labio superior, larga y flexible, que les permite obtener alimento, defenderse, emitir sonidos, etc. También poseen incisivos de crecimiento continuo, llamados defensas, que usan también con gran destreza para excavar en busca de agua o sales minerales, o incluso para descortezar los troncos de los árboles y conseguir alimento en épocas de sequía. El primer proboscídeo conocido, *Eritherium azzouorum*, vivió en África durante el Paleoceno (hace unos 60 millones de años) y apenas llegaba a los 5 Kg de peso. Durante el Eoceno medio (hace unos 42 millones de años) encontramos formas más grandes, como *Numidotherium koholense*, que pesaban ya más de 200 Kg.

Durante el Mioceno, los gonfotéridos, como *Gomphotherium angustidens*, fueron los proboscídeos dominantes en las faunas de mamíferos. Al contrario que los elefántidos, los gonfotéridos poseyeron también un par de defensas inferiores, alojadas al extremo de unas mandíbulas enormemente alargadas. La dentición de estos proboscídeos indica que se trataba de ramoneadores, con una dieta a base de vegetales blandos.

A pesar de tener una altura a los hombros apenas superior a los dos metros, el *Gomphotherium* era un animal robusto y su masa corporal sería comparable a la de un elefante indio.



Gomphotherium ■



Reconstrucción del cráneo de *Gomphotherium angustidens*, basado en el fósil encontrado en Tetuán de las Victorias (Madrid). Se muestra también el perfil del tejido blando.



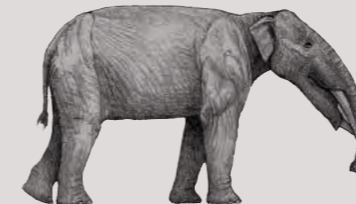
Mandíbula parcial de *Tetralophodon longirostris* procedente de Batallones-1.

FICHA TÉCNICA

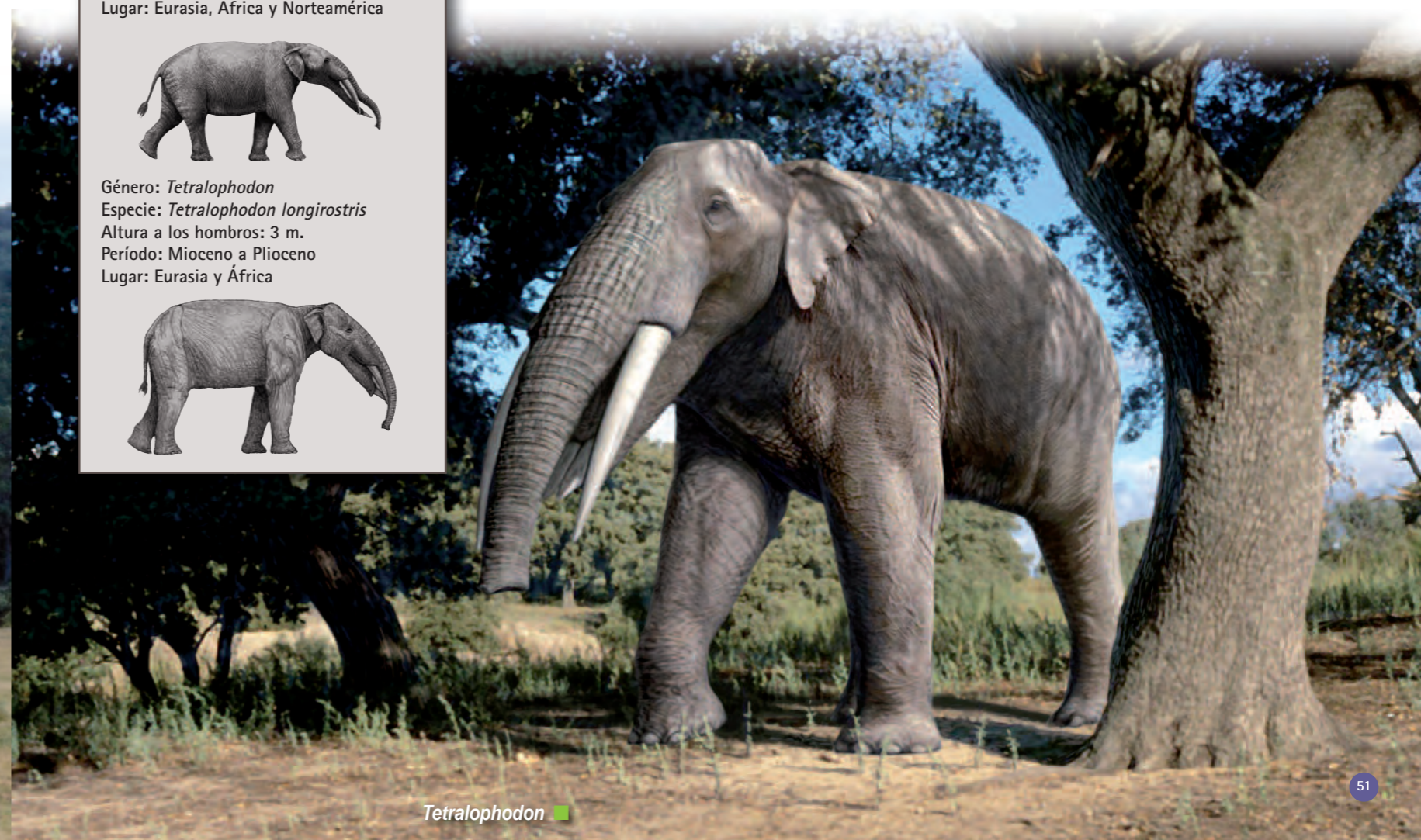
Género: *Gomphotherium*
 Especie: *Gomphotherium angustidens*
 Altura a los hombros: 2,2 m.
 Período: Mioceno a Plioceno
 Lugar: Eurasia, África y Norteamérica



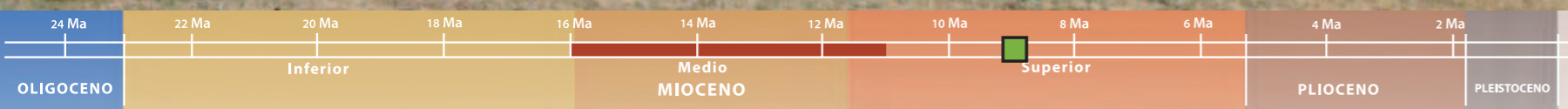
Género: *Tetralophodon*
 Especie: *Tetralophodon longirostris*
 Altura a los hombros: 3 m.
 Período: Mioceno a Plioceno
 Lugar: Eurasia y África



Tetralophodon longirostris fue otro gonfotérido que sustituyó a *Gomphotherium* durante el Mioceno superior. De mayor talla que éste, poseía también unos molares adaptados a una dieta algo más fibrosa, en respuesta a la aridificación que empezó en esta época. *Tetralophodon* también se distingue de *Gomphotherium* por tener una mandíbula algo menos alargada.



Tetralophodon ■



LOS CALICOTÉRIDOS Y ÉQUIDOS

El grupo que comprende a los actuales caballos, tapires y rinocerontes contaba con una sorprendente variedad de formas en el Mioceno

LOS PERISODÁCTILOS son un orden de ungulados caracterizados por poseer dedos impares. Aparecieron hace unos 58 millones de años, y están representados en la actualidad por las familias de los équidos (caballos), tapíridos (tapires) y rinocerótidos (rinocerontes), pero a lo largo del Terciario tuvieron una diversidad mucho mayor que en el presente, con familias hoy totalmente extinguidas como los calicotéridos, entre otros.

Los Calicotéridos. Son una familia de perisodáctilos notable por poseer garras en vez de pezuñas (que es lo común en los perisodáctilos y otros ungulados). Las garras estaban encastradas en profundas incisiones en las terceras falanges, y durante mucho tiempo se pensó que ese tipo de hueso pertenecía a desdentados o pangolines gigantes. Sin embargo, sus dientes selenodontos y braquiodontos son comparables a los de los équidos primitivos, como *Anchitherium*. Muchos científicos del siglo XIX pensaron que dientes y garras pertenecían a animales diferentes, hasta que en un yacimiento francés se encontró un esqueleto casi completo que demostraba que pertenecían al mismo animal.

En Madrid sólo se conoce una falange de calicotérido, del yacimiento de Paracuellos 3, que corresponde a la especie *Chalicotherium grande*. Estos animales, denominados "caballos-gorila" por sus extrañas proporciones, poseían unas extremidades anteriores muy alargadas, de forma que sujetándose sólidamente a los árboles con sus garras podían erguirse sobre las patas traseras accediendo a la vegetación más alta, que de otra manera quedaría fuera de su alcance.



Dibujo esquemático del esqueleto de *Chalicotherium grande*, superpuesto a la silueta reconstruida del animal (en azul). La estructura de la pelvis y de los huesos de la pata trasera sugieren que este animal pasaba mucho tiempo alimentándose con el tronco erguido, y a menudo sentado, como lo hacen otros animales ramoneadores en la actualidad, tales como el gorila y el panda gigante.

FICHA TÉCNICA

Género: *Chalicotherium*
 Especie: *Chalicotherium grande*
 Altura a los hombros: 180 cm.
 Período: Mioceno medio
 Lugar: Europa



Los équidos están representados en la actualidad por asnos, caballos y cebras. Poseen extremidades largas con dedos impares provistos de pezuñas, y sus dientes en las formas primitivas eran selenodontos (cúspide cortantes en forma de media luna) y braquiodontos (coronas bajas). La familia se originó en América del Norte, donde curiosamente se extinguieron en tiempos recientes, siendo reintroducidos por los conquistadores españoles.



Durante el Mioceno algunos équidos norteamericanos colonizaron Eurasia. El primero de ellos es el género primitivo *Anchitherium*. Este équido tuvo un éxito notable en Madrid (también en otras cuencas españolas) dando lugar a una pequeña radiación local con varias especies diferentes, algunas de ellas notables como es el caso de *Anchitherium cursor*, (ilustrado arriba) que alargó considerablemente sus extremidades, convirtiéndose en un gran corredor. *Anchitherium* es común en todos los yacimientos del Aragoniense de Madrid, pero desaparece durante el Mioceno superior, cuando un segundo género, procedente también de Norteamérica, invadió el "Viejo mundo".



Fragmento de mandíbula de *Anchitherium alberdiae*, del yacimiento de Paseo de las Acacias (Madrid).

FICHA TÉCNICA

Género: *Anchitherium*
 Especie: *Anchitherium cursor*
 Altura a los hombros: 100 cm.
 Período: Mioceno medio
 Lugar: Madrid



Género: *Hipparion*
 Especie: *Hipparion primigenium*
 Altura a los hombros: 135 cm.
 Período: Mioceno superior
 Lugar: Eurasia





Fotografía de un esqueleto parcial de *Hipparion* en el yacimiento de Batallones-10. Se observan las dos mitades de la mandíbula (a la izquierda de la imagen), algunas vértebras y costillas, y numerosos huesos completos de las extremidades. En el centro de la imagen, cerca de la escala, se aprecian las pezuñas de la pata trasera, con el dedo central y uno de los dedos laterales claramente visibles.

El segundo género de équidos en invadir Eurasia fue *Hipparion*, que tenía mayor talla corporal que *Anchitherium*, y dientes dotados de corona muy alta (hipsodontos), con las cúspides cortantes sólidamente cementadas. Estos dientes (como los de los caballos actuales), eran verdaderas trituradoras que les permitían comer casi cualquier tipo de vegetal, incluso los más duros y fibrosos. También había empezado a reducir los dedos laterales de las patas, prevaleciendo el dedo central, lo cual facilitaba la carrera. Los yacimientos con mayor cantidad de fósiles de *Hipparion* son los del Cerro de Batallones, en los que posiblemente haya representadas dos o tres especies de este équido.



LOS RINOCERONTES

Supervivientes de una gran familia

LOS RINOCERONTES son un grupo de perisodáctilos famosos por los imponentes cuernos de las especies actuales. Pese a su precaria situación actual, rinocerontes y formas afines constituyeron un gran linaje de mamíferos que alcanzó su esplendor en el Oligoceno. Las especies más primitivas del grupo, como *Hyrachyus*, tenían la altura de una oveja. Muy pronto empezaron a aumentar en tamaño y diversificarse. Algunas especies de formas afines a los rinocerontes son los mayores mamíferos terrestres que han existido en la historia de la Tierra. A partir del Mioceno la diversidad del grupo decrece y únicamente un grupo, los Rinocerotinos, sobreviven hasta la actualidad. Están representados por cinco especies, tres asiáticas y dos africanas, la mayoría al borde de la extinción.

Extremidad anterior de rinoceronte aceraterino encontrado en el yacimiento de Cerro de los Batallones.



Aceratherium incisivum es una de las especies de rinocerontes sin cuernos típicas del Mioceno superior europeo. Su dentición estaba adaptada a vegetales blandos, como hojas de arbustos y frutos, aunque como el actual rinoceronte negro sería capaz de alimentarse de un amplio abanico de materia vegetal según las circunstancias del momento.



Reconstrucción del espécimen de *Alicornops* encontrado en Moraleja de Enmedio. El cuerno de los rinocerontes está formado por fibras de queratina unidas entre sí. Sin embargo, algunos rinocerontes extintos contaban con otras armas defensivas: los incisivos inferiores.

FICHA TÉCNICA

Género: *Aceratherium*
 Especie: *Aceratherium incisivum*
 Altura a los hombros: 120 cm.
 Período: Mioceno
 Lugar: Europa occidental



Género: *Hispanotherium*
 Especie: *Hispanotherium matritense*
 Altura a los hombros: 100 cm.
 Período: Mioceno medio y superior
 Lugar: Europa occidental, Turquía y China



Mandíbula de *Hispanotherium matritense* procedente del yacimiento de Marqués de Monistrol. Los dientes de *Hispanotherium* contaban con cemento llenando los huecos, lo que les confería una resistencia extra a la hora de triturar vegetación dura.



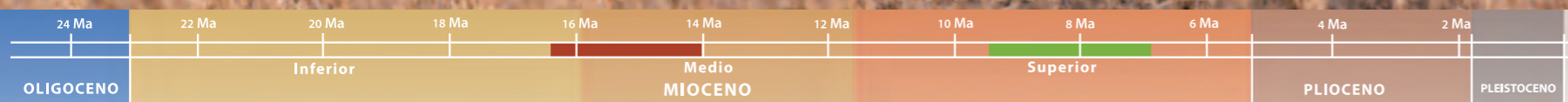
Hispanotherium matritense es un pequeño rinoceronte iranoterino típico del Aragoniense ibérico. Su dentición especializada, con molares dotados de crestas de esmalte replegadas y huecos rellenos de cemento los hacían herramientas perfectas para el procesado de materia vegetal dura. Esto añadido a sus extremidades gráciles lo convertían en un animal adaptado a la carrera y espacios abiertos y secos.



Aceratherium ■



Hispanotherium ■



LOS SUIDOS

Omnívoros oportunistas y versátiles, los parientes extinguidos de los jabalíes eran abundantes en el Mioceno de Madrid



Fragmento de mandíbula de *Bunolistriodon lockharti* del yacimiento de Guadarrama

LOS SUIDOS son una familia de cetartiodáctilos con tan sólo 16 especies actuales distribuidas en 6 géneros (*Babyrousa*, *Hylochoerus*, *Phacochoerus*, *Potamochoerus*, *Porcula* y *Sus*). Poseen extremidades con 4 dedos (aunque los dos laterales están reducidos), molares y premolares en general con cúspides romas (bunodontos) y grandes caninos, sobre todo en los machos. Los primeros suidos aparecen en Eurasia durante el Oligoceno superior (hace unos 30 millones de años) y se expanden por Europa a partir del Mioceno inferior (hace unos 23 millones de años). Su tamaño varía desde los 9 Kg del cerdo pigmeo (*Porcula salvania*) hasta los 280 Kg del jabalí gigante de bosque (*Hylochoerus meinertzhageni*).

Una hembra y dos crías de *Bunolistriodon lockharti* se acercan a un curso de agua en lo que hoy es el yacimiento madrileño de Hidroeléctrica. Este suido, de tamaño comparable al de un jabalí común, perteneció a la subfamilia Listriodontinae, caracterizados por su dentición adaptada a un régimen principalmente herbívoro.

FICHA TÉCNICA

Género: *Bunolistriodon*
 Especie: *Bunolistriodon lockharti*
 Altura a los hombros: 65 cm.
 Período: Mioceno medio
 Lugar: Eurasia



Bunolistriodon



Cráneo reconstruido en vista lateral (arriba) de *Microstonyx*, y reconstrucción (abajo) de los principales músculos de la cabeza y el cuello. Las zonas de inserción muscular en el cráneo indican que *Microstonyx* ya tenía los músculos especializados que permiten a los jabalíes actuales mover su flexible hocico, que utilizan para buscar raíces, larvas y otros alimentos en el suelo.

Mandíbula incompleta de *Microstonyx major* proveniente de Batallones-1. Se trata de un individuo juvenil.



Microstonyx major es uno de los suidos más comunes en yacimientos europeos del Mioceno superior. Tendría un aspecto similar al de un jabalí actual, y una talla imponente, con un cráneo que podía superar el medio metro de longitud y un peso corporal de unos 300 Kg., mientras que los jabalíes europeos más grandes rara vez superan los 200 Kg.

Microstonyx

FICHA TÉCNICA

Género: *Microstonyx*
 Especie: *Microstonyx major*
 Altura a los hombros: 100 cm.
 Período: Mioceno superior
 Lugar: Eurasia



Género: *Conohyus*
 Especie: *Conohyus simorreense*
 Altura a los hombros: 60 cm.
 Período: Mioceno medio
 Lugar: Eurasia y África

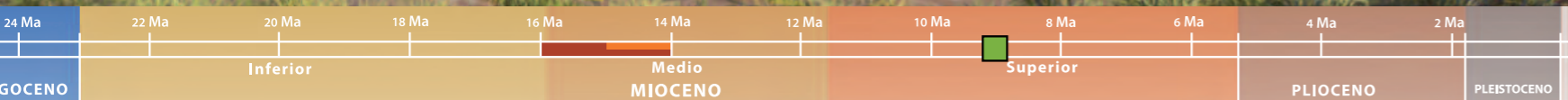
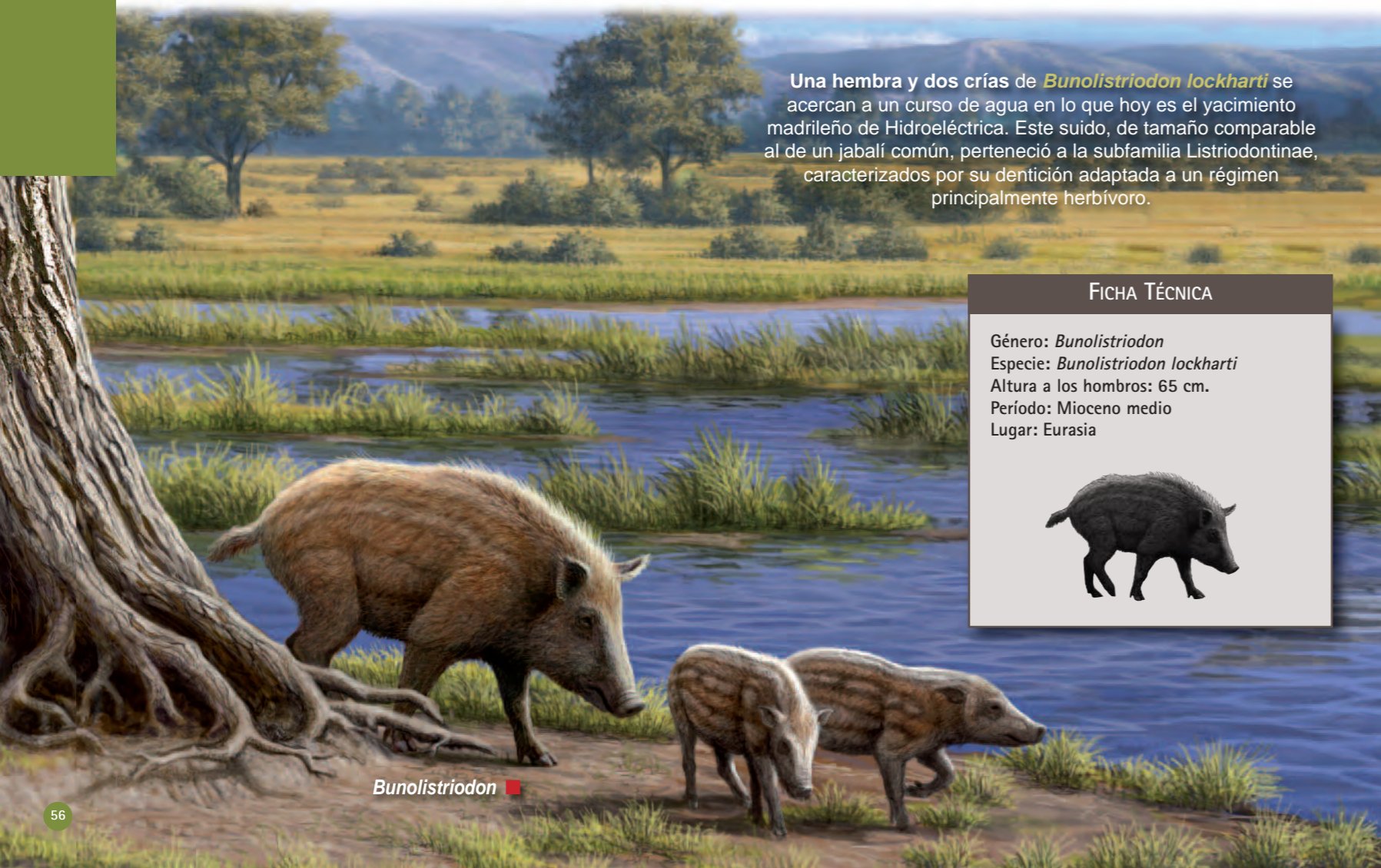


Se puede ver el cuarto premolar (arriba), el primer molar y el segundo molar (abajo), todos inferiores, de *Conohyus simorreense*, provenientes del yacimiento de Alhambra. El gran desarrollo de los molares en este suido, y la forma robusta de sus cúspides, indican que este animal tenía una gran capacidad de triturar objetos duros, como por ejemplo huesos. Esto sugiere que la carroña formaría una parte importante de su dieta.



Conohyus simorreense perteneció a la subfamilia Tetraconodontinae, un linaje de suidos caracterizados por la reducción de sus premolares y el aumento de tamaño relativo de los molares. Los restos de esta especie hallados en el yacimiento madrileño de Somosaguas Norte (situado entre Pozuelo de Alarcón y Húmera) se encuentran entre los más antiguos de Europa

Conohyus



LOS RUMIANTES

Los parientes de los ciervos, antílopes y jirafas, han formado parte de la fauna ibérica desde hace más de 20 millones de años

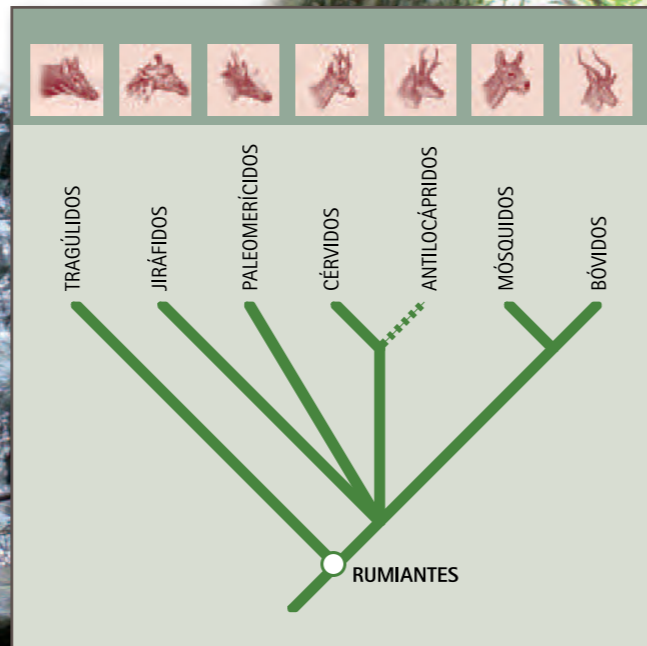


Dentición de leche de un juvenil de *Dorcatherium* sp. del yacimiento de Paseo de las Acacias (Aragoniense medio).

LOS RUMIANTES son un grupo de cetartiodáctilos que engloba a los que son, posiblemente, los macromamíferos herbívoros que mayor éxito evolutivo han tenido. Aparecieron hace más de 40 millones de años durante el Eoceno superior, y se extendieron por todo el mundo. Actualmente son los ungulados con un mayor número de especies, y habitan desde las selvas tropicales hasta las tundras y desiertos. Es característico de los rumiantes su estómago especial de cuatro cámaras donde, a través del proceso de la rumia, digieren los vegetales de los que se alimentan.

Los tragúlidos. De entre todos los grupos más primitivos de rumiantes, sólo uno sobrevivió durante el Mioceno y hasta la actualidad. Son los llamados tragúlidos o ciervos-ratón, pequeños rumiantes sin cuernos y de aspecto extraño que viven asociados a climas tropicales. *Dorcatherium* fue el tragúlido más importante del Mioceno, ya que se diversificó en muchas especies. Su aspecto era muy similar al del actual *Hyemoschus* africano, y como éste, se alimentaría de frutas y hojas, además de gusanos y otros invertebrados (gracias a sus premolares cortantes). Los grandes caninos de los machos de *Dorcatherium* les servían para disputarse a las hembras en la época de cría.

Los fósiles de *Dorcatherium* no son frecuentes en los yacimientos madrileños.



Dorcatherium ■



Mandíbula de *Micromeryx* sp. del yacimiento de Henares-1 (inicio del Aragoniense superior).



Mandíbula de *Micromeryx soriae* del yacimiento de Batallones-10 (Vallesiense superior).

Los mósquidos o ciervos almizcleros son unos curiosos rumiantes sin apéndices craneales que actualmente sólo están representados por el ciervo almizclero asiático *Moschus spp.* Aunque se llamen 'ciervos', en realidad no lo son, ya que están emparentados con los bóvidos (antílopes, cabras, búfalos, etc).

Al igual que ocurre con muchos otros grupos de rumiantes, los machos de estos animales (como el que se representa en la ilustración) presentan enormes caninos superiores, que les sirven para luchar por las hembras. Asimismo, tienen una glándula impar en la zona ventral (la glándula del almizcle, que les da el nombre), que les sirve para marcar territorio, y por la que han sido cazados durante mucho tiempo, ya que el almizcle se usa para fabricar perfumes y colonias, y es más caro que el oro.

Durante el Mioceno europeo, los dos géneros más importantes de mósquidos fueron *Micromeryx* e *Hispanomeryx*. Ambos están representados en las faunas fósiles de Madrid (de hecho, la cita más antigua de *Hispanomeryx* en Europa proviene del yacimiento madrileño de Paracuellos-3), siendo los fósiles de *Micromeryx* más abundantes que los de *Hispanomeryx*. Eran animales de pequeña talla, más pequeños incluso que el *Moschus* actual, (rondaban los 5 Kg de peso) y tenían unas patas muy largas y gráciles.

FICHA TÉCNICA

Género: *Dorcatherium*
 Especie: *Dorcatherium crassum*
 Altura a los hombros: 25-80 cm.
 Período: Mioceno inferior-Plioceno inferior
 Lugar: Eurasia y África



Género: *Micromeryx*
 Especie: *Micromeryx azanzae*
 Altura a los hombros: 35-38 cm.
 Período: Final Mioceno medio-inicio Mioceno superior
 Lugar: España



Micromeryx ■



Los BÓVIDOS

Antílopes, cabras o bisontes actuales pertenecen a la familia más exitosa de ungulados, bien representada en el Mioceno de Madrid

LA FAMILIA BOVIDAE comprende numerosas especies actuales, muchas de las cuales nos son muy conocidas y tienen gran importancia económica, como las vacas, búfalos, cabras y ovejas, aparte de numerosas especies de antílopes. Todas ellas comparten caracteres comunes, como la posesión de cuernos compuestos por un núcleo óseo incluido en un estuche córneo perenne; dientes con coronas altas compuestas por láminas afiladas semilunares que funcionan como pequeñas cuchillas capaces de cortar rápidamente hierba y otros vegetales; y extremidades largas muy especializadas, imprescindibles para huir de los depredadores, que encuentran en ellos uno de sus alimentos preferidos.

Comparativamente a otros grupos de mamíferos los bóvidos tienen una historia reciente. Aparecieron durante el Mioceno inferior, hace unos 18 millones de años, con formas de talla pequeña clasificadas en los géneros *Eotragus* (Eurasia) y *Namacerus* (África), que tenían cuernos muy pequeños, casi cónicos, y cuyos dientes aún tenían las coronas bastante bajas.

Bóvido próximo a *Eotragus*. En Madrid tenemos una buena representación de estos bóvidos primitivos. Los más antiguos se diferenciaban poco de *Eotragus*, pero sus cuernos eran más largos y sus dientes más hipsodontos (coronas altas). Estos fósiles se han clasificado provisionalmente en el género *Tethytragus* pero todavía están poco estudiados y probablemente sean merecedores de un nombre diferente.



Fragmentos de cráneo con los núcleos óseos de los cuernos de bóvidos primitivos, próximos a *Eotragus*, provenientes del yacimiento de Barajas.

Fragmentos de cráneo con los núcleos óseos de los cuernos de bóvidos boselafinos del yacimiento de Carpetana. El ejemplar de la izquierda puede corresponder a una hembra, mientras que el de la derecha, con el núcleo óseo grande y comprimido, pertenecería a un macho



Bóvido boselafino.

Durante el final del Aragoniense medio apareció repentinamente una nueva forma, que también está a la espera de ser estudiada, emparentada con los actuales nilgais de la India y más lejanamente con los sitatungas y otros tragelafinos de África. Tenía los cuernos más desarrollados, aplanados y ligeramente torsionados.

Hembras y machos tenían cuernos con morfologías diferentes, más grandes y complicadas en los segundos. Es posible que este nuevo tipo de antílope hubiese aprovechado los ambientes más húmedos que se habían instalado en Madrid durante esta época. Esta especie era conocida en yacimientos de Madrid, como Puento de Vallecas y calle Alhambra, pero ha sido durante la reciente remodelación de la estación de metro de Carpetana cuando se han encontrado fósiles de mucha calidad, entre ellos casi una docena de cuernos, que permitirán caracterizar con exactitud a este notable antílope.

Boselafino



FICHA TÉCNICA

Género: Boselaphini, gen. indet.
Especie: Boselaphini, gen. et sp. indet.
Altura a los hombros: 70 cm.
Período: Mioceno medio y superior
Lugar: Eurasia y África



Género: *Tethytragus*
Especie: *Tethytragus langai*
Altura a los hombros: 70 cm.
Período: Mioceno medio
Lugar: España



Tethytragus.

Durante el Aragoniense superior los bóvidos boselafinos son sustituidos en Madrid por *Tethytragus langai*, especie completamente diferente y más cercana a las especies de bóvidos más primitivas de Madrid.

Sus cuernos recuerdan a los de algunas gacelas actuales, aunque su dentición no era muy diferente de la de las especies más antiguas. *Tethytragus langai* es importante porque podría relacionarse con antílopes más modernos del tipo de los antílopes sable actuales.

En el yacimiento de Paracuellos-3 esta especie fue notablemente abundante.

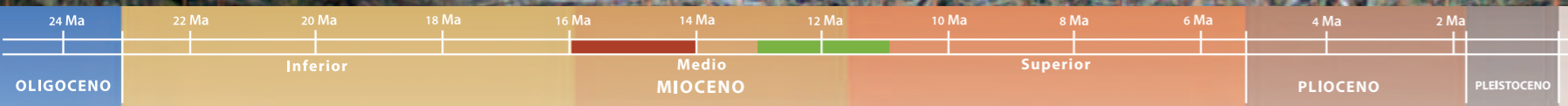
Tethytragus ■



Bóvido próximo a *Eotragus* ■

FICHA TÉCNICA

Género: *Eotragus*
Especie: *Eotragus* sp.
Altura a los hombros: 60 cm.
Período: Mioceno inferior y medio
Lugar: Eurasia



LOS CÉRVIDOS

Los yacimientos de Madrid han proporcionado restos fósiles de ciervos primitivos, parientes lejanos de las formas actuales



Mandíbula de *Procervulus* del yacimiento de Paseo de las Acacias (Aragoniense medio).

LOS CIERVOS son en la actualidad un componente muy típico de las faunas de mamíferos europeos. Estos rumiantes, caracterizados por la posesión de astas, aparecieron al comienzo del Mioceno medio, hace algo más de 15 millones de años. Las astas de los ciervos son una extensión del hueso frontal del cráneo, y sólo faltan en el ciervo acuático chino, *Hydropotes*. Se trata de estructuras estacionales que, salvo en una especie, el caribú, están presentes sólo en los machos. Además son una de las estructuras más singulares de los vertebrados, ya que crecen increíblemente rápido y se mudan anualmente en un ciclo controlado por hormonas.


Procervulus. Las especies del Mioceno medio no tenían esas astas tan complejas que caracterizan a los ciervos actuales, sino que poseían estructuras craneales mucho más sencillas, que en muchos casos no presentaban unos ciclos de caducidad comparables a los de las formas de tipo moderno. *Procervulus* es el ciervo más primitivo conocido, y tenía proto-astas simples, sin rosetas, con un par de candiles (anterior y posterior) y con un pedículo alto y recto que nacía de forma vertical del cráneo.

Procervulus ■



FICHA TÉCNICA

Género: *Procervulus*
 Especie: *Procervulus dichotomus*
 Altura a los hombros: 55 cm.
 Período: Mioceno medio
 Lugar: Europa



Proto-asta completa de *Heteroprox*, del yacimiento de Alhambra-Túneles (comienzo del Aragoniense superior).



Heteroprox. El género *Heteroprox* era muy similar a su pariente *Procervulus*, aunque podía presentar un número variable de candiles o puntas rematando sus astas. Ambos son típicos del Mioceno medio de Madrid, pero *Procervulus* es algo más antiguo.

Al igual que los dicrocerinos, los machos de estos dos géneros presentaban enormes caninos superiores. Este carácter es muy raro actualmente dentro de la familia, y lo presentan muy pocas especies.

Heteroprox ■



Dicrocerino ■



Los ciervos dicrocerinos.

Hasta hace poco, *Procervulus* y *Heteroprox* eran los únicos ciervos conocidos en el Mioceno medio ibérico. Sin embargo, se han descubierto por vez primera en la Comunidad de Madrid restos de ciervos dicrocerinos, que se creía que no habían entrado en la Península Ibérica. Estos dicrocerinos, en fase de estudio, presentaban astas que habían desarrollado una pseudo-roseta. Sin embargo, seguían siendo astas más sencillas que las de los ciervos modernos.

FICHA TÉCNICA

Género: *Heteroprox*
 Especie: *Heteroprox moralesi*
 Altura a los hombros: 80 cm.
 Período: Mioceno medio
 Lugar: España



Género: Dicroceriini, gen. indet.
 Especie: Dicroceriini, gen. et sp. indet.
 Altura a los hombros: 80 cm.
 Período: Mioceno medio-superior
 Lugar: Eurasia



Asta de ciervo dicrocerino hallada en el yacimiento madrileño de La Elipa (probablemente finales del Aragoniense medio).



LOS PALEOMERÍCIDOS Y JIRÁFIDOS

Extraños rumiantes con espectaculares apéndices craneales, los paleomerícidos y ciertos parientes extintos de las jirafas fueron unos elementos muy típicos de las faunas del Mioceno de Madrid



Apéndices craneales del género *Triceromeryx*. De izquierda a derecha, apéndice occipital (con forma de 'Y') y dos osiconos frontales.

Los paleomerícidos. Constituyen con toda seguridad uno de los grupos de rumiantes de aspecto más extraño y espectacular. Son un grupo totalmente extinto, que en Madrid existió a lo largo del Aragoniense medio y hasta el comienzo del Aragoniense superior. Es característico de estos rumiantes la presencia de dos tipos diferentes de apéndices craneales (además de grandes caninos superiores en los machos). Sobre los ojos, los paleomerícidos tenían un par de apéndices craneales del tipo denominado osicono, muy similares a los que presentan las jirafas. Estos osiconos podían variar de tamaño y orientación en las distintas especies. Además, en la nuca desarrollaron un curioso apéndice bifurcado, que a diferencia de los osiconos estaba formado por una extensión del cráneo (los osiconos eran piezas separadas de los huesos frontales). La morfología de este apéndice occipital es muy variable, y se suele usar para distinguir las distintas especies de paleomerícidos.

En el caso de *Triceromeryx pachecoi*, la especie más abundante de Madrid, esta estructura nugal tiene forma de 'Y'.

Sin embargo, los apéndices del '*Palaeomeryx*' de Madrid son desconocidos. Al igual que ocurre en las jirafas actuales, tanto los osiconos como los apéndices occipitales de los paleomerícidos estaban cubiertos de piel.



Triceromeryx ■



Fotografía de algunos restos de jiráfidos sivaterinos, *in situ* en el yacimiento de Batallones-10. Se pueden observar en la imagen los restos de una columna vertebral (en segundo plano) y un cráneo, con los dos osiconos cuyas puntas se dirigen y casi contactan con los restos vertebrales.

Los jiráfidos sivaterinos. En la actualidad los jiráfidos son un grupo que presenta una diversidad muy reducida, con sólo dos géneros y dos especies (jirafa y okapi). Sin embargo, fueron muy diversos durante muchos millones de años después de su aparición en África al comienzo del Mioceno medio, extendiéndose a finales de este periodo por toda Eurasia. En la cuenca de Madrid, encontramos restos de un tipo de jirafas conocidas como jiráfidos sivaterinos. Estos animales eran de talla muy grande, pero, a diferencia de los jiráfidos actuales, tenían un cuello corto, y unos apéndices craneales realmente llamativos. La jirafa y el okapi actuales tienen un par de apéndices craneales de tipo osicono, que se sitúan sobre los huesos parietales y sobre los frontales, respectivamente. Además, la jirafa puede presentar osiconos nasales accesorios.

Los sivaterinos desarrollaron un par de enormes osiconos frontales, recurvados a modo de cuernos y dirigidos hacia atrás, y además tenían dos pequeños osiconos fronto-nasales. Eran animales muy corpulentos y robustos, que tendrían una apariencia espectacular. Los espléndidos restos fósiles de Batallones, al sur de Madrid, están aún en fase de estudio, pero han permitido la creación de la reconstrucción que ilustra esta página.



Fotografía de uno de los osiconos del ejemplar fósil de sivaterino del yacimiento de Batallones-4 (Vallesiense superior).

FICHA TÉCNICA

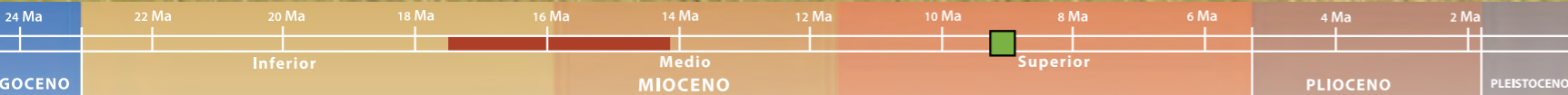
Género: *Triceromeryx*
Especie: *Triceromeryx pachecoi*
Altura a los hombros: 125 cm.
Período: Mioceno medio
Lugar: España



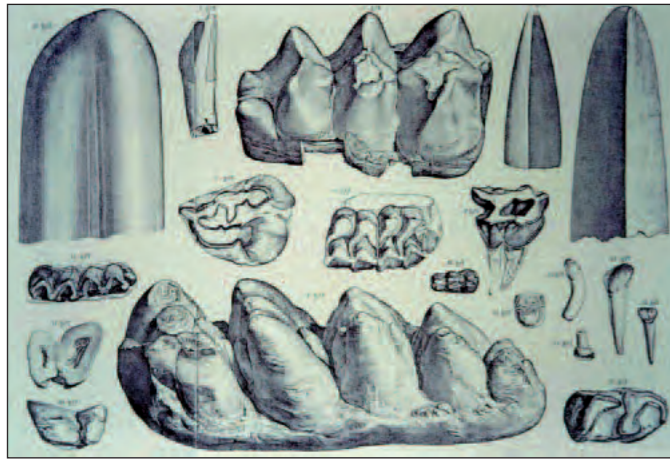
Género: Sivatheriinae, gen. indet.
Especie: Sivatheriinae, gen. et sp. indet.
Altura a los hombros: 180 cm.
Período: Mioceno superior-Pleistoceno
Lugar: Eurasia y África



Sivaterino ■



CURIOSIDADES PALEONTOLÓGICAS MADRILEÑAS



Esta lámina proviene de la primera publicación rigurosa sobre la geología y paleontología de Madrid, que fue publicada por Casiano del Prado, ingeniero de minas, en 1864. En ella se describen numerosos fósiles del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico de la provincia de Madrid, entre ellos la especie *Hispanotherium matritense*, aunque Casiano del Prado originalmente la clasificó en el género *Rhinoceros*.

Huellas de pisadas de mastodonte procedentes del yacimiento mioceno de Casa Montero, fueron encontradas durante la construcción de la M-50. Son las únicas evidencias de icnitas encontradas en el Mioceno de la Comunidad de Madrid. El estudio de las icnitas, y en especial de rastros largos como éste, permite reconstruir la locomoción y otros aspectos del comportamiento de los animales extintos.

LA PRIMERA NOTICIA referente a posibles vertebrados fósiles proviene de una crónica árabe que habla sobre el hallazgo de huesos de gran tamaño durante la construcción en el siglo IX de un foso en el castillo de Madrid, lo que hoy sería la Almudena. Estos huesos fueron interpretados como pertenecientes a un gigante. Durante el reinado de Felipe III en la madrileña calle de Fuencarral se encontró un colmillo tan enorme que los anticuarios de la época lo atribuyeron a un monstruo prehistórico. En 1778 y 1779 la Gazeta de Madrid dio cuenta del hallazgo en excavaciones realizadas junto al Puente de Toledo de huesos y colmillos de elefante, siendo interpretados en su momento como pertenecientes a los elefantes que llevaba Aníbal cuando atravesó la península Ibérica. Todos estos hallazgos debieron ser de restos óseos fosilizados de proboscídeos (mastodontes o elefantes).

Los primeros restos de micromamíferos fueron descritos por Royo Gómez en 1928 en los alrededores de Alcalá de Henares, definiendo la especie *Lagopsis penai*, forma emparentada con las pikas actuales. En el municipio de Madrid se encontraron por primera vez en 1979, cuando el ingeniero de minas Trinidad Torres de vuelta a su casa reconoció restos de huesos miocenos en una zanja para la acometida eléctrica en la calle Moratines.



Este monumento señala el antiguo emplazamiento de los yacimientos del Cerro de San Isidro, en Madrid. Se trata de los primeros yacimientos paleontológicos que se excavaron científicamente.

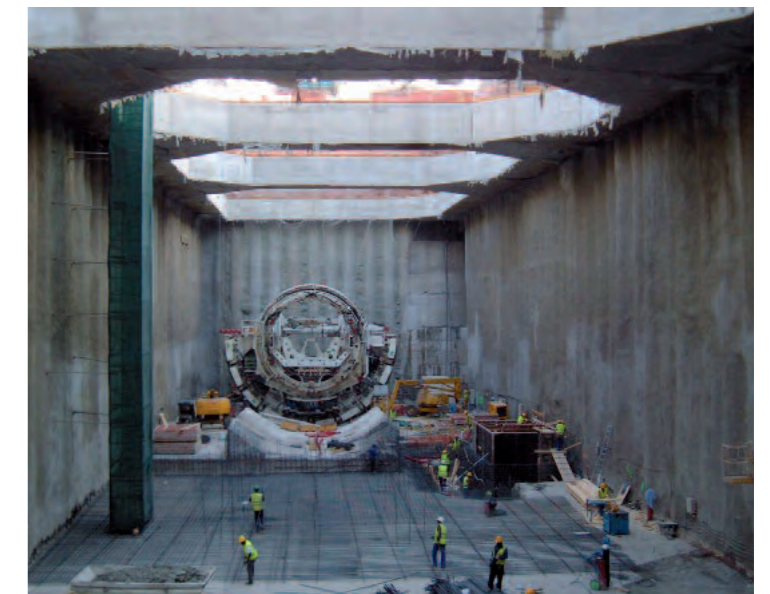


Las obras de extensión del aeropuerto de Barajas implicaron enormes movimientos de tierra, que pusieron al descubierto varios yacimientos paleontológicos.

Durante los últimos años, el control arqueológico y paleontológico de las grandes obras públicas realizadas en Madrid, tales como la remodelación del Pasillo Verde Ferroviario, la ampliación de las pistas del aeropuerto de Barajas o la remodelación de la circunvalación (M-30) de Madrid ha posibilitado el hallazgo de numerosos yacimientos paleontológicos con vertebrados, la mayoría de ellos de edad Mioceno medio.

Los trabajos de remodelación del intercambiador de Príncipe Pío en Madrid condujeron al descubrimiento de uno de los yacimientos más interesantes para el conocimiento de las llamadas "Faunas con *Hispanotherium*", del Aragoniense medio.

Aunque las grandes tuneladoras, como la que vemos en la fotografía, destruyen completamente los sedimentos en los túneles que horadan, los trabajos que se llevan a cabo en los accesos pueden conducir al hallazgo de yacimientos paleontológicos. También se obtienen microvertebrados fósiles del lavado de los sedimentos.



MUSEOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID Y PUBLICACIONES



Aspecto de una exposición temporal sobre dinosaurios en el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Museo Geominero

c/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.

Este museo es una unidad del Instituto Geológico y Minero de España, en cuya sede principal se encuentra ubicado. Exhibe interesantes fósiles de Madrid y del resto de España.



Fósiles del mastodonte *Anancus arvernensis* provenientes del yacimiento de las Higuieruelas (Ciudad Real), expuestos en el Museo Geominero.

Foto cortesía Museo Geominero.

Museos

Los fósiles se almacenan para su estudio tanto en universidades como en museos, pero éstos últimos tienen además la función de exponer y divulgar el patrimonio paleontológico. Generalmente, los museos sólo exponen una pequeña fracción de sus fondos, y la gran mayoría de los fósiles permanecen en las colecciones.

En la comunidad de Madrid existen varios museos y otros centros donde se exponen fósiles y contenidos divulgativos sobre la paleontología de nuestra región. A continuación ofrecemos una lista de ellos.

Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)

c/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

El Museo más importante de España en cuanto a paleontología se refiere, expone espectaculares fósiles de Madrid, del resto de España y del mundo.

Yacimiento de Somosaguas

A raíz del descubrimiento del yacimiento de Somosaguas en plena zona Universitaria de Madrid, el Proyecto Somosaguas de Paleontología (un proyecto conjunto de los grupos de investigación UCM 910161 sobre Registro Geológico de Periodos Críticos: Factores Paleoclimáticos y paleoambientales y UCM 910607 sobre Evolución de Mamíferos y Paleoaambientes Continentales Cenozoicos) ha apoyado la creación de un mural en plena calle, que recrea el ambiente y la fauna de la zona durante el Mioceno Medio.



Aspecto del mural al aire libre que recrea la fauna y el ambiente del yacimiento de Somosaguas.

Foto cortesía del Proyecto Somosaguas de Paleontología.

Publicaciones

La mayor parte de las publicaciones sobre la paleontología de Madrid son artículos y monografías académicas, generalmente en inglés. Estas obras están disponibles para su consulta en bibliotecas especializadas, y cada vez más frecuentemente accesibles en Internet en formato PDF. Para el lector menos especializado existen contadas obras de carácter divulgativo o semi-divulgativo. Ya que la mayor parte del registro fósil de Madrid corresponde a faunas de mamíferos continentales, las obras más relacionadas con este registro son las que tratan sobre la evolución de los mamíferos, un tema que desgraciadamente ha sido menos tratado que los dinosaurios en la literatura de divulgación científica, siendo especialmente escasas las obras en castellano.

- Agustí, J. y M. Antón. Memoria de la Tierra: Vertebrados Fósiles de la Península Ibérica. Ediciones del Serbal, Barcelona, 1997.
- Duran, J. J. (Editor). Patrimonio Geológico de la Comunidad Autónoma de Madrid. Sociedad Geológica de España, 1998.
- Monroe, J.S., Wicander, R. y Pozo, M. Geología. Dinámica y evolución de la Tierra. Editorial Paraninfo, 2008.
- Morales, J. (coordinador). Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid. Consejería de Educación, Comunidad de Madrid, 2000.
- Turner, A. y M. Antón. Larousse de los Mamíferos Prehistóricos: Después de los Dinosaurios. Spes, Barcelona, 2004.

Museo de los Orígenes (antiguo Museo de San Isidro)

Plaza de San Andrés, 2. 28005 Madrid.

El museo incluye en sus fondos algunos fósiles de gran importancia, como el cráneo de mastodonte descubierto en 1959 en Tetuán de las Victorias.



Cráneo completo del mastodonte *Gomphotherium angustidens*, proveniente de Mirasierra, Tetuán de las Victorias, que se expone en el Museo de los Orígenes.

Cosmocaixa Madrid:

Museo de la Ciencia de la Obra Social de la Caixa

c/ Pintor Velázquez, s/n, Alcobendas, Madrid.

La exposición permanente de la Cosmocaixa incluye una amplia sección sobre la historia de la vida, en la cual se exhiben fósiles originales de todos los períodos geológicos y provenientes de diversos lugares del mundo.



Esqueleto del dinosaurio *Protoceratops* procedente de Mongolia, que se expone en Cosmocaixa.

Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid

Plaza de las Bernardas, s/n.

Alcalá de Henares (Madrid) 28801

Al igual que otros museos arqueológicos, el Museo Arqueológico Regional no sólo incluye en sus colecciones reliquias arqueológicas, sino también una importante colección de fósiles, algunos de los cuales se exhiben en sus salas. Entre las piezas expuestas destaca una interesante colección de fósiles de la Comunidad de Madrid, incluyendo ejemplares espectaculares como el cráneo del rinoceronte *Alicornops* de Moraleja de Enmedio o un cráneo y mandíbula del mastodonte *Tetralophodon*, de Batallones-2.



Cráneo de *Machairodus aphanistus* del Yacimiento de Batallones-1, expuesto en el museo Arqueológico Regional de Madrid.

Estación de Metro de Carpetana

Durante de las obras de remodelación de la estación de Metro de Carpetana se descubrió un importante yacimiento de fósiles del Mioceno medio. Metro de Madrid ha creado una exposición en la propia estación donde se pueden ver varios de los fósiles excavados en el yacimiento, así como contenidos divulgativos, dos reconstrucciones ambientales de gran formato y una escultura a tamaño real del mastodonte *Gomphotherium*.

Escultura a tamaño natural del mastodonte *Gomphotherium angustidens*, que se puede visitar en la estación de Metro de Carpetana.



Foto cortesía Ramón López.



Abanicos aluviales:

Acumulación de materiales detríticos en forma de abanico o segmento de cono, depositada por una corriente fluvial o torrencial.

Acreción:

Aumento del tamaño o extensión por adición de nuevas partes.

Afloramiento:

Lugar donde asoma a la superficie del terreno un mineral o una masa rocosa que se encuentra en el subsuelo.

Arenisca:

Roca terrígena consolidada, en la que el tamaño de grano varía entre 2 y 0,062 mm. La mayor parte de las areniscas están compuestas por granos silíceos.

Arcosa:

Arenisca formada por cuarzo y feldespato formada cerca de las áreas con granito.



Biótico:

Todo lo que es característico de los seres vivos o que se refiere a ellos.

Bioturbación:

Alteración de las estructuras sedimentarias debido a actividad orgánica.



Sedimentos con moldes de raíces, Grillental, Namibia.

Braquiodonto:

Se aplica a los premolares y molares cuya corona presenta un escaso desarrollo en altura.

Braquiópodo:

Invertebrados celomados con esqueleto externo formado por dos valvas, generalmente se fijan al fondo marino mediante un pedúnculo.



Cianobacterias:

Son bacterias capaces de realizar la fotosíntesis, durante mucho tiempo se las denominó algas verdeazuladas.

Clasificación biológica:

Clasificación de los seres vivos en grupos o taxones con un orden jerárquico.

Clorofila:

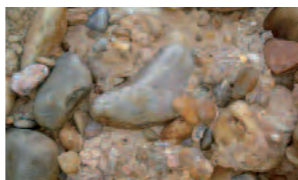
Cada uno de los pigmentos implicados en la fotosíntesis. La clorofila interviene en la descomposición fotolítica del agua, que conduce a la liberación de oxígeno.

Condrita:

Meteorito rocoso que contiene pequeñas esferas llamadas cóndrulos, que están formados por silicatos.

Conglomerado:

Roca constituida por cantos aglomerados mediante un cemento.



Cordado:

Los cordados son un filo del reino animal caracterizado por la presencia de una cuerda dorsal o notocordio que constituye el eje esquelético del animal.

Cuenca endorreica:

Cuenca sedimentaria continental sin drenaje al mar.



Detrítico:

Material procedente de la rotura de las rocas por procesos de meteorización y erosión.



Digitígrado:

Vertebrado tetrápodo que camina apoyando en el suelo sólo los dedos de las extremidades.



Estromatolitos:

Estructura sedimentaria, calcárea, que se caracteriza por una laminación fina y ondulada. Se origina por la actividad de las cianobacterias en aguas muy someras y con temperatura superior a los 20°C.



Filicales:

Son los helechos actuales más frecuentes algunas de las especies son arborescentes.

Fósil:

Huella o resto orgánico que se ha conservado en las rocas sedimentarias, previo un proceso de mineralización y transformación química denominado fosilización.

Fluviodeltaico:

Sedimentos fluviales depositados en cuerpos de agua someros estables, lagos o mares.

Fotosíntesis:

Proceso metabólico específico de ciertas células de los organismos autótrofos, por el que se biosintetizan sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas, utilizando la energía luminosa.

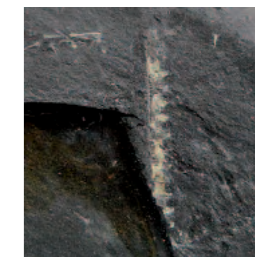


Glaciación:

Periodo durante el cual la cantidad de hielo acumulada en la superficie del globo terráqueo es superior a la media.

Graptolito:

Organismos coloniales exclusivamente fósiles, cuyo esqueleto estaba dispuesto por celdillas dispuestas a lo largo de un eje sencillo o ramificado. Fueron muy frecuentes durante el Paleozoico.



Hipsodonto:

Se aplica a los premolares y molares cuya corona presenta un gran desarrollo en altura.



Metamorfismo:

Proceso de cambio en las rocas en respuesta a cambios de temperatura y presión.

Meteorito:

Cuerpo pequeño extraterrestre que entra en la atmósfera terrestre y llega hasta su superficie. Los meteoritos férricos están compuestos por hierro y níquel, con una pequeña proporción de silicatos.



Meteorito metálico, Hoba, Namibia.



Orogenia Hercínica:

Episodio importante y prolongado de formación de cadenas montañosas que comenzó a finales del Devónico y continuó a través del Carbonífero. Afectó a Europa occidental y a los dos continentes americanos.



Palinomorfo:

Microfósiles constituidos por sustancias orgánicas altamente resistentes al ataque de los ácidos.

Pizarra:

Roca de grano fino originada por metamorfismo regional de bajo grado, que posee la peculiaridad de abrirse en láminas.



Pizarra carbonífera con helechos.

Plancton:

Conjunto de organismos que viven flotando pasivamente en el agua.

Plantígrado:

Vertebrado tetrápodo que camina apoyando en el suelo los metápodos y los dedos de sus extremidades.



Plataforma:

Plataforma marina, somera, casi horizontal o con una suave inclinación.



Regresión:

Retirada del agua de las zonas emergidas como consecuencia de la caída del nivel del mar.

Roseta:

Área engrosada del asta de los ciervos por la que la parte caediza del asta se desprende.

Ver además:

Diccionario de Ciencias de la Tierra. Diccionarios Oxford-Complutense. Editorial Complutense 2004.

Rudistas:

Grupo de moluscos bivalvos extinguidos con forma de coral o cuerno, que formaron arrecifes en los mares cretácicos.



Selenodonto:

Se aplica a los premolares y molares con cúspides cortantes en forma de media luna.



Taxón:

Grupo de organismos, animales o vegetales, de cualquier rango taxonómico.

Transgresión:

Invasión de las aguas marinas en territorios que hasta entonces estaban emergidos, como consecuencia de la elevación del nivel del mar.

Trilobites:

Artrópodos marinos paleozoicos cuyo cuerpo estaba dividido en tres regiones, que a su vez estaban divididas por un par de surcos paralelos al eje longitudinal.



Vocabulario Científico y Técnico. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Editorial Espasa 1996, 2000.

