

Boletín

de la Asociación Cultural Paleontológica Murciana

NÚMERO 9 - JULIO - 2020



Domicilio Social:

Pío XII, 3 - 30158 - Los Garres - Murcia

Teléfono: 608 82 07 18

Sede Museo:

Centro de Enseñanza Secundaria "Severo Ochoa"

Camino de Tiñosa, 50 - 30158 - Los Garres - Murcia

Página Web y e-mail

<http://www.educarm.es/paleontologia/>

<http://servicios.educarm.es/paleontologia/>

paleontologia@murciaeduca.es



Boletín de la Asociación Cultural Paleontológica Murciana

Número 9 – Julio de 2020

ÍNDICE

Pag. 3	Presentación: <i>Francisco Bernal Barba.</i>
Pag. 4	La Asociación Cultural Paleontológica Murciana, un nuevo número de su boletín. <i>Gregorio Romero Sánchez.</i>
Pag. 6	20 años de la Asociación Cultural Paleontológica Murciana: Ciclo de Conferencias. <i>Celia García Díaz.</i>
Pag. 11	Primer registro fósil de dinosaurio en el Noroeste de la Región de Murcia (Cretácico inferior, Albiense). <i>Nuria Torrente García y M.A. López-Sandoval.</i>
Pag. 24	Nuevos aportes al conocimiento del Neógeno superior continental de la Región de Murcia. <i>Pedro Piñero García.</i>
Pag. 49	Chicxulub: Dinosaurios y un meteorito, dos elementos para una buena historia de la ciencia. <i>Marcial de la Cruz Martín.</i>
Pag. 61	Nociones de biogeografía. <i>Alfredo Castilla Wandosell.</i>
Pag. 68	Los minerales del Valle de Ricote. <i>Matías Raja Baño.</i>
Pag. 89	El ámbar y su importancia en paleontología. <i>David Botías Rubio y Iris Alarcón Vera.</i>
Pag. 95	Variabilidad del género <i>Carcharhinus</i> (chondrichthyes, carcharhinidae) en el Mediterráneo actual y su registro fósil. <i>Julio López Ortiz.</i>
Pag. 104	El Paleozoico de la Región de Murcia. <i>Casto Laborda López.</i>
Pag. 113	¿Existen trilobites en las cordilleras Béticas? <i>Luis Chamizo Quilis.</i>

Edita: Asociación Cultural Paleontológica Murciana

Comisión Editorial: Celia García, Julio López, Pedro Piñero, Matías Raja, Ángel Tórtola, Miguel Tórtola y Marcial de la Cruz

Diseño y Coordinación: Marcial de la Cruz

Portada: Ejemplar: *Fragmento de hueso de dinosaurio recuperado por ACPM en 2019, Benizar Moratalla*

Web: <http://www.educarm.es/paleontologia/> y <http://servicios.educarm.es/paleontologia/>

E-mail: paleontologia@murciaeduca.es

Impreso en España – Printed in Spain

Por: NEXTCOLOR, S.L.U. (Murcia)

ISSN 1697-5464

Depósito Legal: 325-2004

Las opiniones y contenidos de los artículos de este Boletín son responsabilidad exclusiva de sus autores

NUEVOS APORTES AL CONOCIMIENTO DEL NEÓGENO SUPERIOR CONTINENTAL DE LA REGIÓN DE MURCIA.

Pedro Piñero. CONICET, Sección Mastozoología, Museo de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail: pinerogarciar@gmail.com; ppinero@iphes.cat

RESUMEN

En las siguientes líneas se hace un repaso sobre los últimos trabajos dedicados al registro paleontológico de vertebrados continentales del Neógeno superior de la Región de Murcia publicados en revistas científicas internacionales especializadas. Este artículo se realiza con el objetivo de contribuir a la divulgación del patrimonio paleontológico de la Región de Murcia, y dar a conocer al público interesado los últimos avances en el conocimiento del Mioceno superior y Plioceno inferior de Europa occidental sobre la base de yacimientos localizados en la Región de Murcia.

Palabras clave: Región de Murcia, Mioceno superior, Plioceno inferior, Crisis de Salinidad del Messiniense, vertebrados, bioestratigrafía, paleoecología.

ABSTRACT

In the following lines, we review the latest works dedicated to the late Neogene paleontological record of continental vertebrates from the Region of Murcia published in specialized international scientific journals. The aim of this article is to contribute to the divulgation of the paleontological heritage of the Region of Murcia, and to inform the interested public about the latest advances in the knowledge of the Late Miocene and Early Pliocene of Western Europe on the basis of sites located in the Region of Murcia.

Keywords: *Region of Murcia, Late Miocene, Early Pliocene, Messinian Salinity Crisis, vertebrate, biostratigraphy, paleoecology.*

1. INTRODUCCIÓN

El periodo Neógeno es una división del Cenozoico que incluye las épocas Mioceno (23,03 – 5,33 Ma) y Plioceno (5,33–2,59 Ma) de la escala temporal geológica. El Neógeno superior hace referencia a la última parte de este periodo, comprendiendo el Mioceno superior y todo el Plioceno. El Mioceno terminal está caracterizado en la cuenca Mediterránea por un evento geológico de relevancia excepcional: la Crisis de Salinidad del Messiniense, que tuvo lugar entre hace 5,97 y 5,33 Ma (Krijgsman et al., 1999). Este evento dramático desencadenó la práctica desecación del Mar Mediterráneo hasta su transformación en un desierto salino como consecuencia de la interrupción del intercambio de agua entre el Océano Atlántico y el Mar

Mediterráneo (Fig. 1). Así, esta crisis se caracteriza por una acumulación masiva de sal en el fondo de la cuenca Mediterránea, causa probablemente de la convergencia tectónica entre las placas Ibérica y africana, además de factores climáticos y eustáticos tales como una bajada global del nivel del mar. Este escenario dio lugar a drásticos cambios ambientales en el Mediterráneo, de forma que el Mediterráneo occidental pasó a ser mayormente árido. Un estado de calentamiento global junto a un incremento de la insolación al final del Messiniense condujo a unas temperaturas muy altas en la Península Ibérica.

La Crisis de Salinidad del Messiniense permitió la conexión terrestre entre Europa y el norte de África, lo que posibilitó un intercambio faunístico entre ambos

continentes que continuó activo durante unos 600.000 años, hasta que se abrió el estrecho de Gibraltar provocando la reinundación del Mediterráneo (inundación Zancliense). Esta reapertura fue debida probablemente a una subida global del nivel mar, a la erosión remontante y a un descenso topográfico de origen tectónico hace 5,33 millones de años, lo que dio inicio a la mayor inundación de la que se tiene registro. Se calcula que el restablecimiento de las condiciones acuáticas normales fue un proceso rápido, de forma que el Mediterráneo se llenó en unos dos años, a un ritmo de hasta 10 m diarios de subida del nivel del mar. Fue un momento en que se podían observar gigantescas cataratas en el estrecho de Gibraltar, ya que el desnivel entre el Atlántico y el Mediterráneo es de unos 1500 m. El caudal de esta catarata era de hasta 1000 veces superior a la del río Amazonas. En el Mar de Alborán, de hecho, hay registro de un canal erosivo de 500 m de profundidad, 200 km de longitud y 8 km de anchura como consecuencia de este evento. Después de que el Atlántico rellenara la cuenca Mediterránea, las condiciones secas del suroeste de Europa cambiaron a moderadamente húmedas. Como consecuencia del incremento relativo en humedad, el sur de la Península Ibérica experimentó una pérdida de espacios abiertos áridos en favor de una expansión de prados

herbáceos. El Plioceno inferior fue un periodo cálido con baja amplitud de las fluctuaciones, y niveles globales del mar de unos 25 m más altos que los de hoy. Las temperaturas globales eran hasta 4°C por encima de las actuales, aunque progresivamente el clima se fue enfriando con la intensificación de las glaciaciones en el hemisferio norte hacia el Plioceno superior (~2,75 Ma).

Tanto el Mioceno como el Plioceno son épocas cuyas subdivisiones (Mioceno superior: Tortonense y Messiniense; Plioceno: Zancliense y Piacenziense) se definen sobre la base de asociaciones de foraminíferos y nanofósiles calcáreos. Esto quiere decir que para asignar estas edades de forma segura se requieren sedimentos marinos con contenido fosilífero. La cronoestratigrafía de las cuencas continentales ha usado por tanto su propia nomenclatura. Así, el Mioceno superior en las cuencas continentales de Europa occidental incluye el piso mastológico Turolense, que a su vez comprende las unidades basadas en la *Mammal Neogene zonation* MN11 (8,7–7,5 Ma), MN12 (7,5–6,8 Ma) y MN13 (6,8–5,3 Ma), mientras que el Plioceno inferior se correlaciona con el piso mastológico Ruscinense, dividido en MN14 (5,3–4,2 Ma) y MN15 (4,2–3,2 Ma).

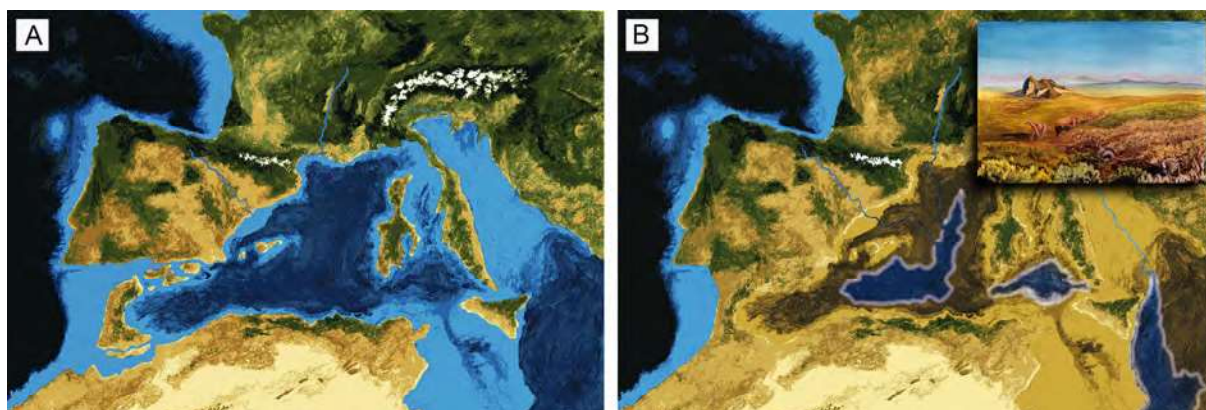


Fig. 1: Paleogeografía del Mediterráneo occidental durante el Messiniense. **A**, Hace unos 6 millones de años, antes de la interrupción del intercambio acuático con el Atlántico. **B**, Hace unos 5,6 millones de años, durante la Crisis de Salinidad del Messiniense.

La correlación entre las divisiones continentales y marinas ha sido y es un importante reto, dando lugar a una amplia discusión científica. En un inicio estas correlaciones requerían de la detección de niveles marinos interdigitados con niveles continentales, y que además contuviesen restos fósiles. Así, datando los niveles marinos se podía establecer una relación con los restos de animales terrestres, caracterizando las faunas de las distintas épocas. Posteriormente, la llegada de nuevas técnicas tales como las radiométricas y la magnetoestratigrafía en combinación con la bioestratigrafía ha facilitado el proceso de equivalencia. Entre los primeros trabajos a este respecto se cuenta con Montenat et al. (1975), un artículo dedicado a las faunas de roedores de Librilla que se correlacionan con formaciones marinas del Mioceno terminal, usando además técnicas de datación radiométrica realizadas sobre el volcán de Barqueros. Posteriormente estos resultados se han ido refinando. Sin embargo, en lo que respecta a la cuenca Mediterránea, resulta que la asociación de vertebrados del Mioceno terminal es similar a las asociaciones faunísticas del Plioceno basal, y es que los cambios en los taxones marinos no tienen por qué estar ligados a cambios en las asociaciones de vertebrados terrestres. Este hecho hace que sea muy difícil relacionar los

sedimentos continentales con divisiones marinas sobre la base exclusivamente de taxones de vertebrados. La clave estaría en encontrar algún taxón que apareciese por primera vez en el registro fósil justo al inicio del Plioceno, tras la inundación del Mediterráneo, y que por tanto estuviese aún ausente durante la última parte del Mioceno.

La Región de Murcia es rica en yacimientos y secciones con restos de vertebrados continentales del Neógeno superior, tanto anteriores a la Crisis de Salinidad del Messiniense (Turoliense superior, Mioceno superior) como posteriores (Rusciniense inferior, Plioceno inferior). De hecho, en los últimos años se han detectado al menos dos secciones continentales que registran el límite Mio-Plioceno: la sección de Sifón de Librilla en la cuenca de Fortuna (Garcés et al., 1998, 2001; Agustí et al., 2006; Piñero y Agustí, 2019) y la unidad del Cigarrón en la cuenca de Murcia-Carrascoy (Piñero et al., 2017) (Fig. 2). Precisamente, las últimas investigaciones realizadas sobre ambas secciones (Piñero, 2017; Piñero y Agustí, 2019; Piñero et al., 2017) han aportado una información muy valiosa en relación a la distinción entre el Mioceno superior y el Plioceno inferior en niveles continentales, como se verá en los próximos apartados.

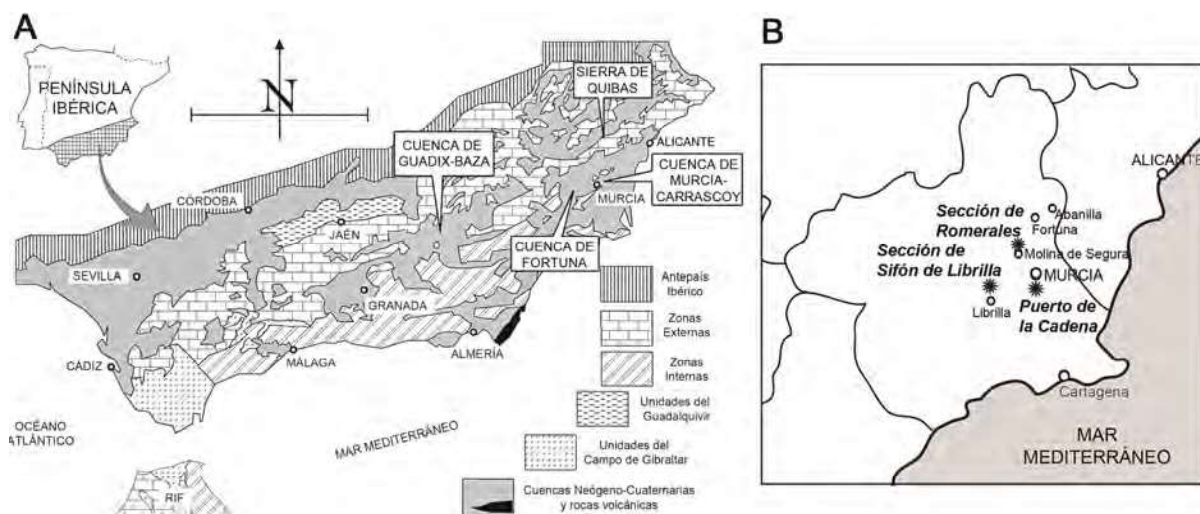


Fig. 2: **A**, Localización de las cuencas neógenas de las cordilleras Béticas. **B**, Localización de las secciones de Romerales, Sifón de Librilla y Cigarrón (Puerto de la Cadena).

La mayor parte de los yacimientos del Neógeno superior en Murcia se localizan en las cuencas sedimentarias de Fortuna y Murcia-Carrascoy, aunque también destacan los yacimientos de la Hoya de la Sima (~7 Ma, Messiniense, Turoliense superior) y la Sierra de las Cabras (5,4–5,1 Ma, límite Mio-Plioceno) en Jumilla. No obstante, estos sitios no incluyen restos óseos, sino que se trata de yacimientos de icnitas donde se registran pisadas de antílopes, osos, tigres dientes de sable o hipariones, entre otros (Pérez-Lorente et al., 1999, 2009; Santos, 2008). Los primeros trabajos publicados formalmente sobre yacimientos de vertebrados terrestres aparecen en la década de los 70, momento a partir del cual se da el pistoletazo de salida a la publicación de multitud de estudios. El interés científico por el rico patrimonio del que dispone la Región de Murcia no ha cesado hasta la actualidad, de forma que en los últimos años se han venido aportando interesantes trabajos publicados en revistas científicas internacionales de impacto (Furió y Agustí, 2017; Piñero et al., 2017, 2018; Alba et al., 2018; Piñero y Agustí, 2019; Pérez-García et al., 2020). A lo largo de las siguientes líneas se hará un repaso sobre la bibliografía histórica acerca de los yacimientos de vertebrados terrestres del Neógeno superior emplazados principalmente en las cuencas de Fortuna y Murcia-Carrascoy (ver *Antecedentes*), aunque el principal objetivo de este artículo es poner de relieve las últimas contribuciones sobre las secciones de Romerales y Sifón de Librilla (cuenca de Fortuna) y el yacimiento del Puerto de la Cadena (cuenca de Murcia-Carrascoy), ya que suponen importantes avances en el conocimiento del Mioceno superior y Plioceno inferior de la cuenca Mediterránea.

2. ANTECEDENTES

2.1. Cuenca de Fortuna

El primer estudio sobre el registro continental en la cuenca de Fortuna lo

llevaron a cabo Montenat y Crusafont (1970), donde se dio a conocer la localidad de Librilla (Turoliense superior). Tras el descubrimiento de este yacimiento, se publicaron una serie de trabajos sobre sus fósiles de vertebrados, entre los que destacan restos de camélidos (Montenat, 1973; Bruijn et al., 1975; Montenat et al., 1975; Alberdi et al., 1981).

Otra localidad clásica de la cuenca de Fortuna es Casa del Acero, muy próxima a la sección del Chícamo (Garcés et al., 2001; Agustí et al., 2006). Este yacimiento del Turoliense medio (MN12, Tortoniense superior) se publicó por primera vez en Agustí et al. (1981), trabajo al que le siguieron otra serie de publicaciones (Agustí, 1986; Pons-Moyà, 1987). Pons-Moyà (1987a) describió por primera vez *Fortunictis acerensis*, un nuevo género y especie de felino dientes de sable hallado en el yacimiento de Casa del Acero. La primera síntesis geológica y bioestratigráfica de los depósitos continentales de la cuenca de Fortuna la realizó Agustí et al. (1983), trabajo en el que se incluye la serie de Molina de Segura (Salinas de Molina en Agustí et al., 2006) y donde se halló un resto del hipopótamo *Hexaprotodon*.

La cuenca de Fortuna presenta un registro de depósitos evaporíticos sobre una serie regresiva marina y bajo una secuencia continental. La datación de estos paquetes de evaporitas ha sido objeto de una amplia discusión, concluyendo finalmente que se trata de depósitos del Tortoniense y no del Messiniense (Santisteban, 1981; Santisteban y Taberner, 1983; Muller y Hsu, 1987; Muller y Schrader, 1989; Ortí et al., 1993; Mankiewicz, 1995; Playà et al., 1995, 1999; Dinarès-Turell et al., 1999; Krijgsman et al., 2000; Tent-Manclús et al., 2008).

Garcés et al. (1998, 2001) establecen un marco cronológico para el relleno sedimentario de la cuenca de Fortuna. Para ello se ofrece un detallado estudio magnetoestratigráfico en el que se incluyen los paquetes continentales desde

el Turoliense medio (MN12) hasta el Rusciniense inferior (MN14). En estos, se estudian las secciones de Barranco de la Salada, Río Chicamo, El Chorrigo, Salinas de Molina y Sifón de Librilla.

En base al registro de vertebrados fósiles y la información magnetoestratigráfica obtenida en los trabajos anteriores, Agustí et al. (1999, 2006) ofrecen una cronología bastante precisa de los principales eventos de mamíferos (MME, *Messinian Mammalian Event*) que tuvieron lugar en el Mediterráneo occidental entre hace 4,5 y 7,6 Ma. Estos autores publican además listas faunísticas de muchos niveles localizados en la cuenca de Fortuna. Sin embargo, la información taxonómica es muy limitada.

Hasta la publicación de la taxonomía de los roedores e insectívoros de las sucesiones de Romerales (Piñero et al., 2018) y Sifón de Librilla (Furió y Agustí, 2017; Piñero y Agustí, 2019), había muy pocos trabajos que ofreciesen una información taxonómica precisa sobre los fósiles de pequeños mamíferos de la cuenca de Fortuna. Entre los trabajos con descripciones sistemáticas se cuenta con Agustí et al. (1981), quienes estudian la fauna de microvertebrados de Casa del Acero; Agustí (1986) que examina los cricétidos de esta misma localidad, definiendo las especies *Kowalskia meini* e *Hispanomys adroveri*; y Agustí y Llenas (1996) que definen el género *Parasaidomys* para la nueva especie *Parasaidomys kowalskii* en Molina de Segura-1.

2.2. Entorno del Puerto de la Cadena

En este apartado se resume la información que se conoce acerca de los yacimientos paleontológicos de vertebrados hallados en el entorno más próximo al yacimiento del Puerto de la Cadena. En primer lugar, cabe mencionar que el yacimiento fue descubierto por miembros de la Asociación Cultural Paleontológica Murciana en el año 2008 como consecuencia de la construcción de la autovía MU-31 en las proximidades del Puerto de la Cadena. En ese momento se

pudo recuperar una gran cantidad de restos de vertebrados fósiles gracias a la colaboración entre el Ministerio de Fomento, la empresa adjudicataria de la obra, un equipo de paleontólogos formados por personal de la Universidad de Murcia y de la Fundación Cidaris-Museo Paleontológico de Elche, y miembros de la Asociación Cultural Paleontológica Murciana. Posteriormente, en los años 2009, 2010 y 2011, se realizaron varias campañas de excavación sistemática en el marco de un proyecto de investigación de la Fundación Séneca, dirigido por el Dr. Mancheño, y en las que se recuperaron más de 2000 fósiles. En julio del año 2013, el yacimiento del Puerto de la Cadena se declara como Bien de Interés Cultural (BIC) bajo la categoría de Zona Paleontológica, poniendo de manifiesto la excepcionalidad del mismo (Fierro et al., 2015).

Los primeros hallazgos de vertebrados fósiles continentales en el área del Puerto de la Cadena los llevó a cabo el geólogo francés Christian Montenat, a finales de los años 60, durante la realización de su tesis doctoral sobre las formaciones del Neógeno y Cuaternario del Levante Español (Provincias de Alicante y de Murcia). Así, se dieron a conocer los yacimientos de La Alberca y La Paloma (Montenat, 1973). Los primeros datos publicados aparecen en Montenat y Crusafont (1970) y, posteriormente, en Montenat (1973) y en Mein et al. (1973). En estos trabajos, se atribuye una posición estratigráfica que oscila entre el Vallesiense (Mioceno superior) y la base del Plioceno. Pero trabajos posteriores (Aguirre et al., 1974 y Bruijn et al., 1975) sitúan su edad en la parte final del Mioceno, correlacionándola con el yacimiento de El Arquillo (Teruel).

Se deben cuidar las extrapolaciones de información puesto que las relaciones estratigráficas entre los yacimientos de La Alberca, La Paloma y el Puerto de la Cadena no están claras. Aun así, las facies que describen Montenat y Crusafont (1970) parecen corresponderse con las afectadas por las obras de la autovía MU-31. La relación es aún más

clara con los materiales de la serie del Barranco del Cigarrón (Mancheño et al., 2001), correspondiendo a la misma unidad sedimentaria (Unidad del Cigarrón).

En relación al yacimiento de La Paloma, Gibert et al. (1987) ofrecen su localización a 1 km al sur de la localidad de El Palmar y a 4 km al SO de Murcia. Estos escasos datos hacen muy difícil la ubicación del lugar, ya que además no cuadran correctamente. La descripción de Montenat (1973) sitúa este lugar al sur de la Venta de la Paloma, en la Rambla del Puerto. Montenat y Crusafont (1970) indican la presencia de dos especies de artiodáctilos, por una parte, restos de dentición de cérvido (Cervidae indet.) y por otra una mandíbula de jirafa del grupo de los sivaterinos, atribuida a la especie *Decennatherium pachecoi*.

La ubicación del yacimiento de La Alberca vuelve a ser incierta. Gibert et al. (1987) lo sitúan justo al sur de la pedanía con el mismo nombre y a 1500 m del yacimiento de La Paloma. Comentarios personales del Dr. Agustí lo sitúan cerca del caserío del Tío Calavera. Se trata de un yacimiento con mucha más riqueza faunística que el yacimiento de La Paloma. Montenat y Crusafont (1970) ofrecen el primer listado taxonómico, que ha sido revisado posteriormente (Morales, 1984; López Martínez, 1989; Freudenthal et al., 1998; Pérez-García et al., 2011): *Cricetus kormosi* (= *Apocricetus alberti*), *Stephanomys medius* (= *Stephanomys dubari*, *Stephanomys cordii*), *Ruscinomys lasallei*, *Paraethomys miocaenicus* (= *Paraethomys meini*), *Castillomys* sp., *Eliomys* sp., *Hispanolagus crusafonti* (= *Trischizolagus crusafonti*), *Prolagus michauxi*, *Percrocuta minor*, *Plioviverrops guerini*, *Hipparion concudense*, *Dicerorhinus schleiermacheri*, *Birgerbohlinia* sp., Cervidae indet., Bovidae indet., *Titanochelon* cf. *bolivari*, y Trionychinae indet. En base a la asociación faunística, tanto La Alberca como La Paloma se correlacionaron con la MN13 (Aguirre et al., 1976; Morales, 1984), y más recientemente con el Ventiense (Morales et al., 2013).

Además del caparazón de tortuga gigante recuperado de la localidad de La Alberca (reassignado por Adán Pérez en Piñero et al., 2017 a *Titanochelon* sp.), se han recuperado otros especímenes en los alrededores del Puerto de la Cadena. Los primeros restos fueron hallados en la década de los 90 por miembros de la Asociación Cultural Paleontológica Murciana, aunque no tuvieron repercusión científica. Otro ejemplo es el caparazón de un espécimen adulto recuperado del Barranco del Cigarrón (localizado al oeste del yacimiento del Puerto de la Cadena), y que Mancheño et al. (2001) lo asigna preliminarmente a '*Testudo*' *bolivari*, lo cual se discute también en Piñero et al. (2017). Mancheño et al. (2001) incluye además un estudio estratigráfico y micropaleontológico del Barranco del Cigarrón.

Otro caso es el caparazón incompleto recuperado del yacimiento de Autovía, hasta el momento inédito (Murelaga et al., 2007; Romero et al., 2007a, 2007b). En 2005, miembros de la Asociación Cultural Paleontológica Murciana localizan este gran ejemplar de tortuga gigante seccionado (debido a las obras en el talud de un ramal de la autovía Murcia-Cartagena) en la pedanía de El Palmar. Se situaba en la cuneta del carril de incorporación a la autovía A-30 dirección Murcia, en la salida Nonduermas-La Paloma. Este lugar se encuentra cercano al Barranco del Cigarrón, y forma parte de las intervenciones en las obras de la autovía MU-31. Tras la restauración del fósil, se comprobó que podría tratarse del mismo taxón de La Alberca (Murelaga et al., 2007). En el yacimiento de Autovía, no sólo se recuperó el caparazón de tortuga, sino también varias piezas dentarias y fragmentos de huesos largos y otros restos óseos que por su mal estado de conservación no han podido ser identificados (Romero et al., 2007a). Los primeros resultados sobre las intervenciones paleontológicas en el entorno del Puerto de la Cadena como consecuencia de las obras de la autovía se sintetizan en Romero y Fierro (2010). El último trabajo previo a Piñero et al. (2017) es Mancheño et al. (2013), que

ofrece un listado preliminar de la fauna de vertebrados hallada en el yacimiento del Puerto de la Cadena.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

Las cuencas neógeno-cuaternarias de las Cordilleras Béticas ofrecen un marco privilegiado para el estudio de la evolución de la cuenca Mediterránea occidental durante el Mioceno superior y Plioceno. Durante el Mioceno superior, el Mediterráneo estaba conectado con el océano Atlántico a través de dos corredores: el Corredor Nord-Bético y el Corredor del Rift (norte de Marruecos). La conjunción de procesos neotectónicos y procesos paleoclimáticos ligados a fluctuaciones glacio-eustáticas del nivel global de los océanos contribuyeron progresivamente al cierre de ambos corredores durante el Messiniense. Esto llevó al completo aislamiento de la cuenca Mediterránea resultando en una serie de acontecimientos que cambiaron la paleogeografía de dicha cuenca. Como se ha mencionado en la introducción, el evento más importante es la Crisis de Salinidad del Messiniense (5,97 a 5,33 Ma; Krijgsman et al., 1999).

3.1. Cuenca de Fortuna

La cuenca de Fortuna constituye una de las numerosas depresiones intramontañosas originadas durante la formación de la Cordillera Bética. Esta cuenca se localiza en la zona de contacto entre las Zonas Externas y las Zonas Internas de la Cordillera Bética oriental (Fig. 2), y su origen se remonta al Tortoniense superior. La cuenca está delimitada por dos zonas de cizalla importantes: la falla Norbética y la falla de Alhama de Murcia, cuya actuación a partir del Tortoniense generó un espacio de acomodación a lo largo de un surco estrecho de orientación NO-SE, en el contexto de la convergencia entre las placas Africana e Ibérica (Montenat et al., 1990; Sanz de Galdeano, 1990; Sanz de Galdeano y Vera, 1992; Garcés et al., 2001; Agustí et al., 2006).

La cuenca de Fortuna sufrió una rápida subsidencia inicial y una transgresión marina durante el Tortoniense. El levantamiento de las Zonas Internas béticas que tuvo lugar durante el Tortoniense superior desencadenó el aislamiento progresivo de la cuenca de Fortuna, desconectándola de la cuenca Mediterránea. La transición marino-continental tortoniense tuvo lugar hace unos 7,6 Ma, permitiendo un registro continuo de sedimentos continentales hasta los 4,6 Ma (Garcés et al., 1998; 2001). El temprano confinamiento y la consecuente precipitación de evaporitas en la cuenca de Fortuna durante el Tortoniense superior descartan la inclusión de la cuenca en el hipotético corredor Bético durante el Messiniense superior (Müller y Hsü, 1987). A esta precipitación de evaporitas se la conoce como “Crisis de Salinidad Tortoniense” afectando únicamente a las cuencas de Fortuna y Lorca (Krijgsman et al., 2000).

La evolución sedimentaria de la cuenca de Fortuna es singular entre las cuencas neógenas de las Cordilleras Béticas, sólo guardando un paralelismo con la vecina cuenca de Lorca. A diferencia de otras cuencas como la de Guadix-Baza o Granada, la cuenca de Fortuna continuó sufriendo una fuerte subsidencia, permitiendo la acumulación de más de 600 m de sedimentos durante el Messiniense, y propiciando el registro de un pulso corto transgresivo en el Plioceno basal hacia el margen sureste de la cuenca (Mein et al., 1973). La bajada del nivel general que tuvo lugar durante la Crisis de Salinidad del Messiniense queda registrada en la cuenca de Fortuna a través de una incisión en valle seguida de una progradación repentina de gravas.

Durante el Messiniense, la cuenca de Fortuna pasó a ser una cuenca confinada pobremente drenada. En ocasiones, las áreas distales propiciaban el desarrollo de ambientes lacustres someros y palustres (Agustí et al., 2006). Los sedimentos resultantes han aportado ricas asociaciones de pequeños mamíferos del Turoliense medio (MN12) y superior (MN13) y del Rusciniense inferior (MN14),

a lo largo de numerosas secciones continentales continuas: Barranco de la Salada, Río Chícamo, El Chorríco (donde se integra Romerales), Salinas de Molina y Sifón de Librilla (Fig. 2). Los últimos trabajos sobre vertebrados continentales de esta cuenca describen los roedores e insectívoros de las secciones de Romerales y Sifón de Librilla (Furió y Agustí, 2017; Piñero et al., 2018; Piñero y Agustí, 2019).

3.2. Cuenca de Murcia-Carrascoy y Unidad del Cigarrón

La secuencia donde se localiza el yacimiento del Puerto de la Cadena forma parte del relleno neógeno de la cuenca de Murcia-Carrascoy. Esta cuenca se sitúa al norte de la Sierra de Carrascoy, y está cubierta principalmente de materiales procedentes de la erosión de las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas, fundamentalmente de los complejos Alpujárride y Maláguide con rocas paleozoicas y triásicas, actuando como área fuente de los sedimentos que se han depositado en sus bordes durante el Neógeno (Mancheño et al., 2001). La deformación-estructuración más evidente en la cuenca es de edad post-pliocena, tal y como sugieren los antifórms de Carrascoy, los datos del mapa geológico, los cortes construidos y los resultados de las líneas sísmicas (Martínez del Olmo et al., 2006). Por otra parte, la falla sinistral de Carrascoy de dirección SO-NE y de actividad reciente, se relaciona con depósitos pre-pliocenos puesto que corta los sedimentos plio-cuaternarios (Martínez del Olmo et al., 2006).

El área del Puerto de la Cadena registra varias unidades geológicas con una gran continuidad lateral. En el año 2008, las obras de construcción de la autovía MU-31 comenzaron a afectar a algunas de estas unidades, lo que permitió el descubrimiento y recuperación de restos de grandes y pequeños vertebrados. El Barranco del Cigarrón (ver Mancheño et al., 2001) es uno de los mejores lugares para la descripción del registro estratigráfico del Neógeno en la ladera norte de la Sierra de Carrascoy, donde se

ha documentado una sucesión estratigráfica que incluye hasta cinco unidades litoestratigráficas. Las dos unidades más altas son la Unidad del Cigarrón y Unidad La Paloma, descritas por primera vez en Piñero et al. (2017).

El yacimiento del Puerto de la Cadena se asienta en la parte superior de la Unidad del Cigarrón, en la conocida como sección de la Isleta (Piñero et al., 2017) (Fig. 3). El límite estratigráfico inferior de esta unidad corresponde a una superficie de marcado carácter erosivo. Los primeros sedimentos inmediatamente por encima de esta discontinuidad estratigráfica contienen una variada asociación de microfósiles representada por foraminíferos, ostrácodos, briozoos, lamelibranquios, espículas carbonáticas de esponjas y radiolas de erizos. Los datos micropaleontológicos indican que la sedimentación de la Unidad Cigarrón comienza en condiciones marinas normales, de aguas someras, marcando un evento transgresivo tras la fase erosiva. Este evento transgresivo se registra de la misma forma en numerosos lugares de la cuenca del Bajo Segura, coincidiendo con el inicio del Plioceno (Corbí y Soria, 2016).

La asignación de la Unidad Cigarrón al Plioceno implica que su sedimentación ocurrió tras la Crisis de Salinidad del Messiniense, cuando toda la cuenca Mediterránea se reinundó a consecuencia de la entrada de aguas marinas normales desde el Atlántico. En esta cuenca pliocena, y en condiciones de nivel del mar alto, los márgenes del Mediterráneo fueron progresivamente colmatándose de sedimentos, generándose secuencias regresivas o de somerización (Caracul et al., 2004, 2009; Soria et al., 2005). Una de estas secuencias está representada por la Unidad Cigarrón, que exhibe una evolución en el tiempo desde ambientes sedimentarios marinos someros a continentales. Estos últimos están representados por sistemas fluviales con desarrollo de canales y llanuras de inundación, contexto deposicional en el que se localiza el yacimiento del Puerto de la Cadena.



Fig. 3: Vista general del perfil de la Isleta durante la campaña de excavación del yacimiento del Puerto de la Cadena en el año 2009. Tomado de Piñero (2017).

4. NUEVOS APORTES CIENTÍFICOS: SECCIÓN DE ROMERALES

La sección de Romerales (cuenca de Fortuna) contiene dos de los niveles más ricos en micromamíferos de la cuenca de Fortuna (Fig. 4). Esto permitió a Piñero et al. (2018) abordar un análisis detallado de las faunas de pequeños mamíferos (roedores e insectívoros) que habitaron durante el Turoliense superior (Mioceno superior) en el sureste peninsular, así como establecer un marco paleoecológico para esta región antes del inicio de la Crisis de Salinidad del Messiniense. La serie de Romerales (cuenca de Fortuna) tenía su acceso a través de una carretera en dirección a Fortuna, poco después de abandonar Molina de Segura (Murcia). Desafortunadamente, tras la extracción del sedimento llevado a cabo por un equipo liderado por el Dr. Jordi Agustí a finales de la década de los 90, la mayor parte de la sección desapareció como consecuencia de la construcción de un puente durante las obras de la autovía A30.

Es interesante apuntar el triple valor de los micromamíferos en el estudio paleontológico: marcadores estratigráficos (permiten el establecimiento de una cronología relativa, especialmente los roedores, con un alto grado de resolución), indicadores paleoecológicos y paleoambientales (ante cambios ambientales, responden a través de la adaptación, de lo contrario, supone la extinción), y valor evolutivo (a lo largo de una serie estratigráfica es posible el estudio de la evolución de los micromamíferos).

Tal y como describen Piñero et al. (2018), la sección de Romerales (116 m de potencia) se integra en la parte baja de la sección de El Chorríco – Salinas de Molina, localizada a unos 22 km al suroeste de la sección de Sifón de Librilla. Contiene varios niveles fosilíferos ricos en restos de vertebrados. La mayoría de ellos aportan restos fragmentados de grandes mamíferos, mientras que tres contienen microvertebrados que indican una edad Turoliense superior (MN13, Messiniense)

previa a la llegada de *Paraethomys*, es decir, entre 6,8 y 6,2 Ma.

Entre los niveles que contienen restos de pequeños mamíferos, ROM-2B es el más bajo (Fig. 4B), y por tanto el más antiguo. Se trata de un nivel rico en gránulos de carbón, fragmentos de gasterópodos y bivalvos, y restos fragmentados de grandes mamíferos como *Hipparion*. Los fósiles de microvertebrados son abundantes y presentan un buen estado de conservación. Inmediatamente por encima de este nivel se encuentra ROM-2C, que es el más rico en microfauna. Los ejemplares presentan un estado de conservación excelente. El nivel más alto con contenido en microfauna es ROM-3A (Fig. 4C). Se trata del nivel más pobre en

fósiles de los tres, y contiene restos de huesos fragmentados de grandes mamíferos.

Entre los taxones identificados por Piñero et al. (2018) se encuentran los múridos (ratones) *Occitanomys alcalai*, *Occitanomys* aff. *adroveri*, *Apodemus gudrunae* y *Stephanomys ramblensis*, los cricétidos (hámsteres) *Apocricetus* aff. *plinii* y *Ruscinomys* aff. *gilvosi*, el glirido (lirones) *Eliomys* cf. *truci*, los esciúridos (ardillas) *Pliopetaurista* sp. (Fig. 5A) y *Heteroxerus* sp. (Fig. 5B), el erinaceido (erizo) *Parasorex* sp. (Fig. 5D), y el soricido (musaraña) *Paenelimnoecus repenningi*.

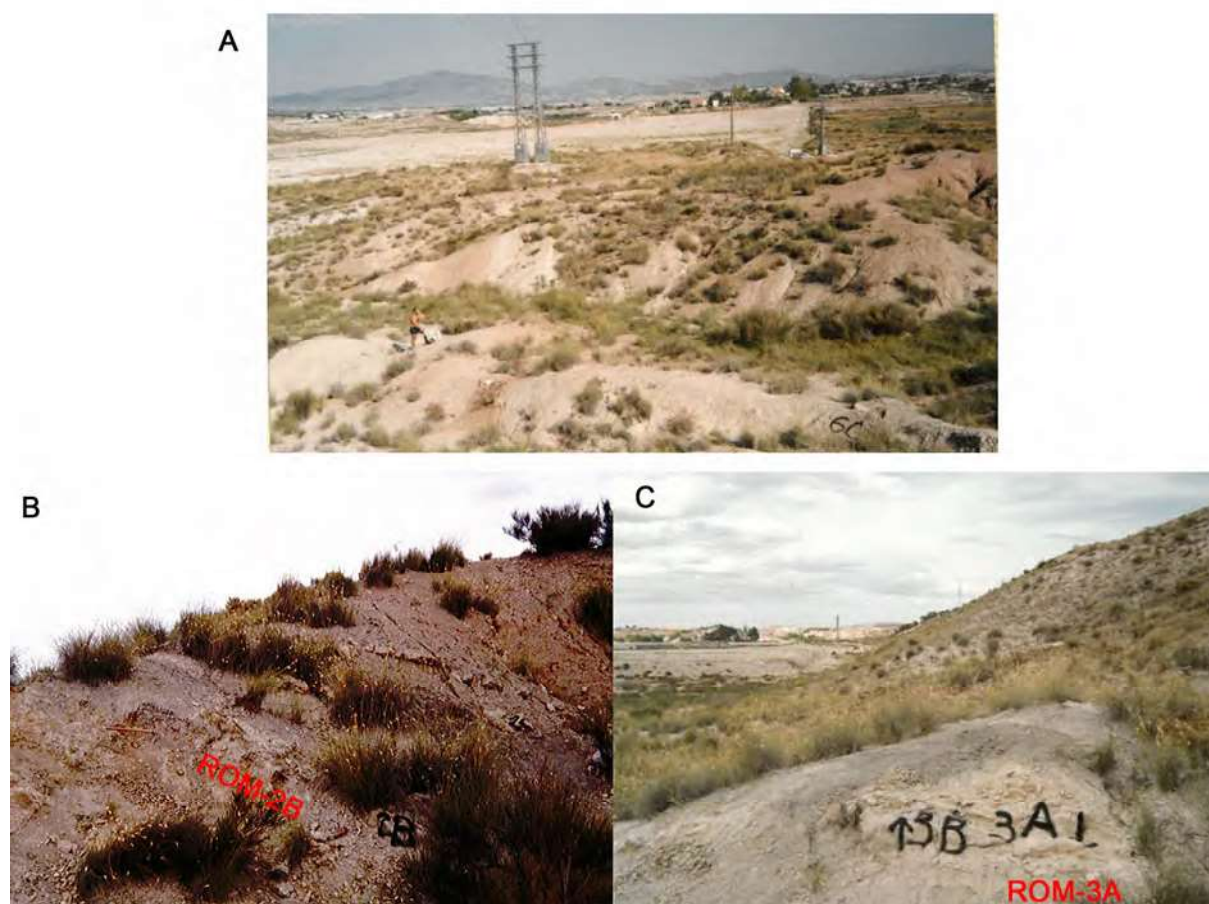


Fig. 4: **A**, Vista general de la sección de Romerales durante la toma de muestras en los años 90. **B**, Detalle del nivel ROM-2B. **C**, Detalle del nivel ROM-3A. Tomado de Piñero (2017).

Estos autores, además de realizar un estudio sistemático, ofrecen una interpretación de las condiciones ambientales dominantes en el entorno de los niveles estudiados en el momento de su formación, en base a las proporciones de las distintas especies de roedores e insectívoros en relación con sus preferencias ecológicas. De esta forma, los taxones identificados en Romerales apuntan hacia el dominio de un espacio abierto herbáceo relativamente homogéneo durante la formación de los niveles estudiados, con la presencia de parches boscosos en ROM-2C (Fig. 5E), el nivel central. Probablemente las

condiciones reinantes fuesen templadas. Se detecta un ligero descenso de temperatura y humedad desde ROM-2B hacia ROM-2C. El bajo valor del índice de diversidad específica tanto de ROM-2B como de ROM-2C y la proporción de los taxones sugieren la presencia de ambientes herbáceos abiertos y homogéneos, permitiendo inferir el dominio de unas condiciones climáticas inestables en la cuenca de Fortuna durante la base del Turoliense superior (6,8–6,2 Ma; Messiniense pre-evaporítico), unos cientos de miles de años antes del inicio de la Crisis de Salinidad del Messiniense.

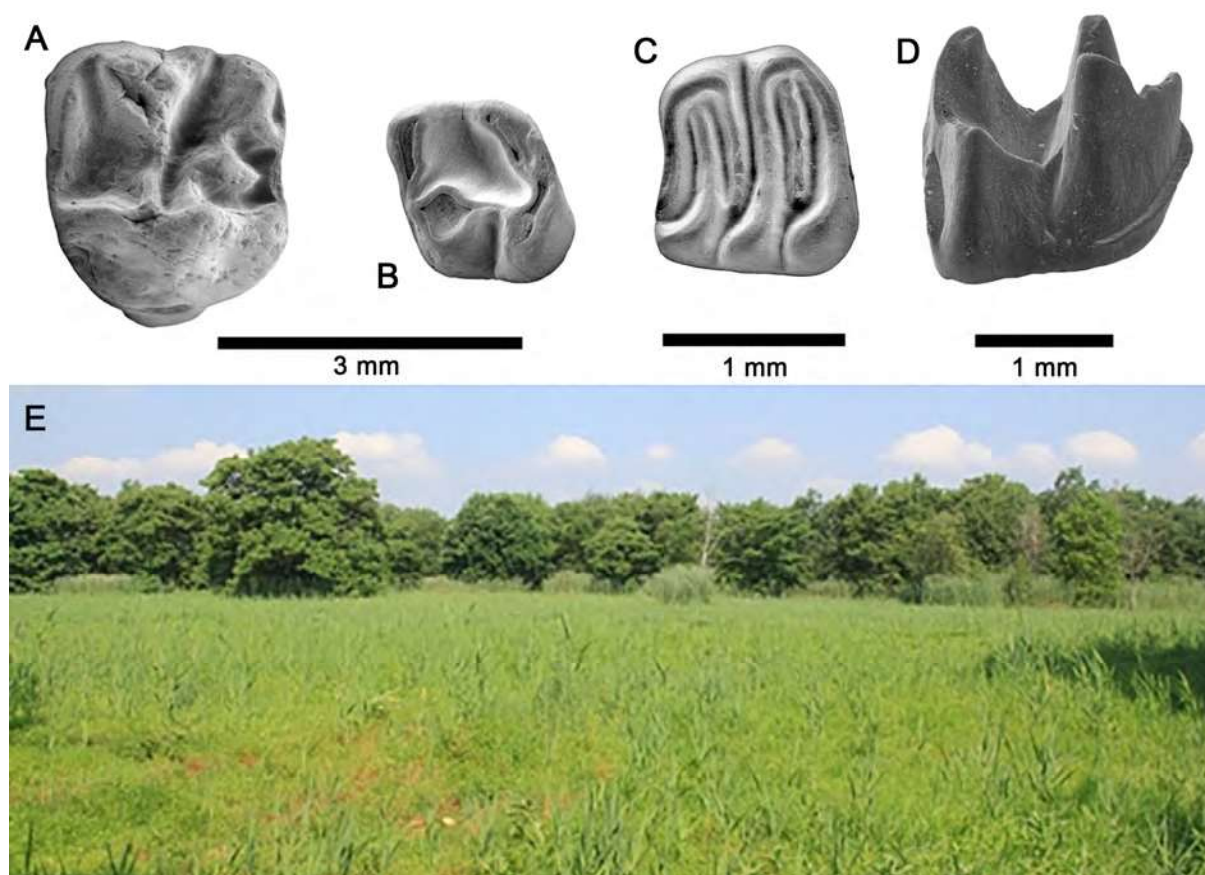


Fig. 5: Imágenes al Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental de varios dientes de micromamíferos recuperados del nivel Romerales 2C (tomado de Piñero et al., 2018). **A**, Molar superior de la ardilla voladora *Pliopetaurista* sp. **B**, Molar inferior de la ardilla terrestre *Heteroxerus* sp. **C**, Molar inferior del lirón *Eliomys* cf. *truci*. **D**, Molar inferior del erizo *Parasorex* sp. **E**, Aspecto aproximado que habría tenido el paisaje de la cuenca de Fortuna durante el depósito de ROM-2C, entre 6,8 y 6,2 Ma (base Turoliense superior).

5. NUEVOS APORTES CIENTÍFICOS: SECCIÓN DE SIFÓN DE LIBRILLA

La sección de Sifón de Librilla (cuenca de Fortuna) ofrece un registro bioestratigráfico muy detallado, siendo excepcional para el estudio de la evolución de pequeños mamíferos desde el Mioceno superior hasta el Plioceno inferior. Se trata de una sección con un registro continental continuo de más de 2 millones de años (entre 6,9 y 4,6 Ma), que además cuenta con un marco magnetoestratigráfico bien calibrado (Garcés et al., 1998, 2001). Actualmente, la magnetoestratigrafía es la herramienta más útil y ampliamente disponible para la estimación de la edad de las faunas de mamíferos. Hasta el momento, no hay muchas secciones estratigráficas que hayan proporcionado fósiles de micromamíferos y que además cuenten con datos paleomagnéticos fiables. Afortunadamente se dispone de la sección de Sifón de Librilla, que además incluye el límite Mioceno-Plioceno con una transgresión marina inmediatamente por encima de una incisión que se produjo tras la Crisis de Salinidad del Messiniense (Fig. 6). En este caso, el nivel de SIF-413 representa el primer depósito de esta sección con contenido en microfauna formado durante el Plioceno más basal. Tal y como afirman Piñero y Agustí (2019) en su extenso trabajo, el estudio detallado de esta sección permite analizar las implicaciones bioestratigráficas para detectar el inicio del Plioceno inferior en depósitos continentales. El hecho de que las asociaciones de los niveles de esta sección cuenten con una edad precisa permite establecer un marco cronológico para las diferentes especies encontradas a lo largo de la misma. Aparte, en dicha publicación se proporciona un estudio completo de la taxonomía de los múridos de esta secuencia, y se revisan las relaciones filogenéticas entre especies de múridos de los géneros *Apodemus*, *Stephanomys* y *Paraethomys*.

La serie de Sifón de Librilla aflora a lo largo de la parte oriental del sinclinal que aparece al norte de la población de Librilla (Fig. 2), en la Sierra del Cura. El acceso a

su parte más baja se sitúa a unos 2 km al norte de Librilla. Esta sección está formada por cerca de 800 m de capas rojas de origen aluvial donde las lutitas rojas se alternan con margas grises de origen palustre, que es donde se concentra la mayor parte de los niveles con contenido en fósiles de microfauna, junto con abundantes restos de conchas de gasterópodos límnicos. La serie incluye ocho niveles fosilíferos que han aportado restos de micromamíferos con una edad que va desde la base del Turoliense superior en un estado previo a la entrada del múrido *Paraethomys* (SIF-1, SIF-3 y SIF-52; entre 6,9 y 6,2 Ma) y Turoliense superior con *Paraethomys* (SIF-61 y SIF-79; entre 6,2 y 6,0 Ma), hasta la base del Rusciniense inferior (SIF-413, SIF-430 y SIF-P; entre 5,3 y 4,6 Ma). La sección incluye entre los niveles SIF-79 y SIF-413 una unidad marina somera de 30 m de espesor con bivalvos, equinodermos y foraminíferos bentónicos. Estos últimos indican medios marinos someros y una edad pliocena basal. Esta unidad representa la transgresión marina del inicio del Plioceno tras el restablecimiento de las condiciones marinas en el Mediterráneo después de la Crisis de Salinidad del Messiniense.

Piñero y Agustí (2019) identifican a lo largo de la sucesión un total de 25 especies diferentes de roedores. Entre ellas se encuentran los múridos *Stephanomys ramblensis*, *Stephanomys dubari*, *Stephanomys cordii* (Fig. 7B), *Apodemus gudrunae*, *Apodemus gorafensis*, *Occitanomys alcalai*, *Occitanomys adroveri*, *Occitanomys alcalai*, *Occitanomys brailloni* (Fig. 7A), *Paraethomys meini* (Fig. 7C), *Paraethomys* aff. *abaigari*, *Castromys* cf. *littorali* y *Castillomys gracilis*; los cricétidos *Hispanomys* cf. *adroveri*, *Neocricetodon seseae*, *Apocricetus alberti*, *Hispanomys romeroi* (nueva especie de la que se hablará en las siguientes líneas; Fig. 7D), *Apocricetus alberti*, *Apocricetus barrierei*, *Ruscinomys* sp. y *Ruscinomys* cf. *lasallei*; el gerbílido *Debruijnmys* sp.; y los glíridos *Eliomys truci*, *Eliomys* cf. *intermedius* y *Muscardinus vireti*.

Por su parte, Furió y Agustí (2017) incluyen la descripción de los insectívoros de las series de Sifón de Librilla y El Chorríco – Salinas de Molina, entre otras secuencias de la Península Ibérica. En los niveles de SIF-52, SIF-3 y Chorríco 2B identifican las mismas dos especies que aparecen en Romerales, es decir, el erizo *Parasorex* sp. y la musaraña *Paenelimoecus repenningi*. En su trabajo, Furió y Agustí (2017) concluyen que la diversidad de insectívoros durante el Mioceno terminal en el sur de la Península Ibérica es más pobre que al norte, una diferencia latitudinal probablemente debida a factores climáticos/ecológicos.

Como se ha comentado previamente, el registro de más de 2 millones de años de

sedimentos continentales en la sección de Sifón de Librilla, con localidades ricas en micromamíferos, ha favorecido la redefinición de las relaciones filogenéticas para algunos géneros de múridos. Así, Piñero y Agustí (2019) confirman la línea de evolución continua *S. ramblensis* – *S. dubari* – *S. cordii*. Según estos autores, la coexistencia de *Apodemus gudrunae* y *Apodemus gorafensis* en SIF-3 (base del Turoliense superior), así como la ausencia de poblaciones transicionales, sugiere que *Apodemus gorafensis* es o bien un inmigrante en la Península Ibérica, o bien el resultado de un proceso cladogenético rápido, descartando un origen anagenético desde *Apodemus gudrunae*, tal y como se indica en trabajos previos. Por último, proponen que *Paraethomys* aff. *abaigari* deriva de *Paraethomys meini*.

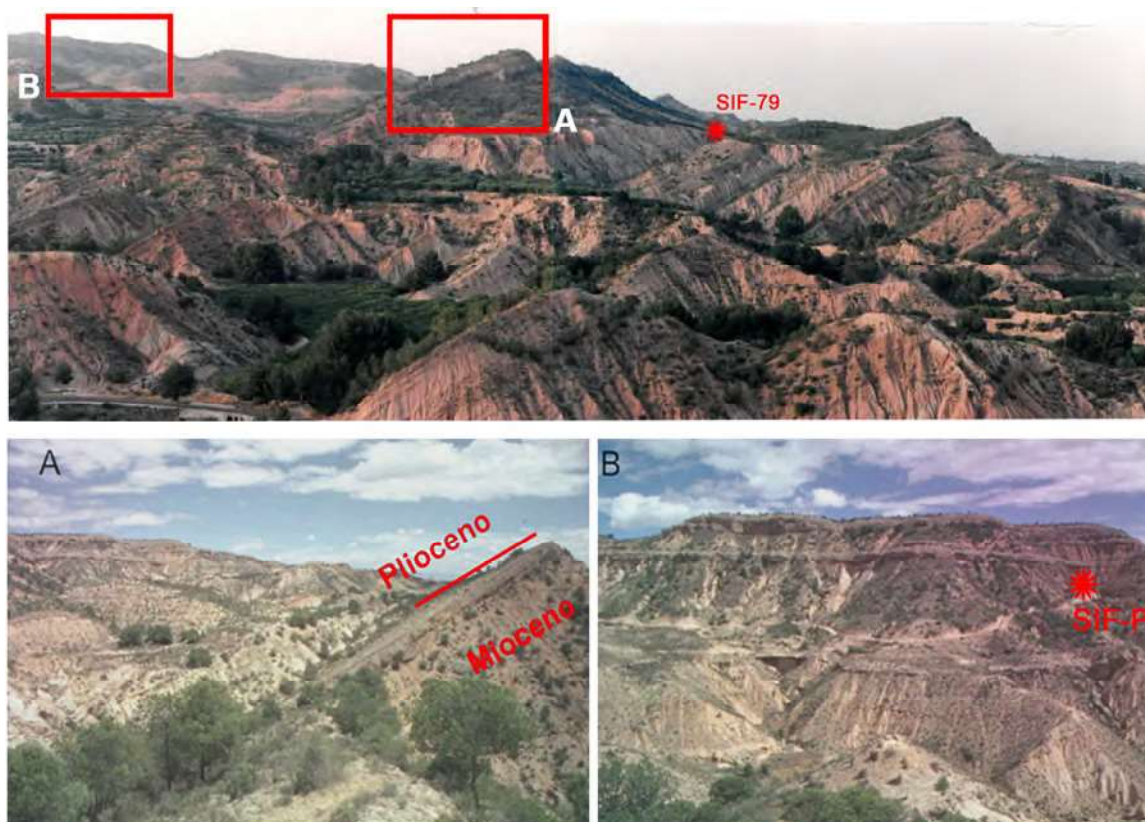


Fig. 6: Vista general de parte de la sección de Sifón de Librilla, y situación del último nivel mioceno de la serie (SIF-79). **A**, Límite Mioceno-Plioceno. **B**, Techo de la secuencia con la localización del último nivel con micromamíferos (SIF-P). Tomado de Piñero (2017).

Quizá, las conclusiones más importantes y de mayor calado a nivel europeo de Piñero y Agustí (2019) son aquellas

derivadas del análisis bioestratigráfico del conjunto de roedores del nivel SIF-413. Esta localidad se formó durante el

Plioceno más basal, tras la Crisis de Salinidad del Messiniense, y se le ha asignado una edad de entre 5,33 y 5,23 Ma. El estudio detallado de su fauna ha permitido confirmar la equivalencia entre los límites Mioceno-Plioceno y MN13-MN14, un hecho muy discutido antes de la publicación de dicho artículo. Por último, Piñero y Agustí (2019) establecen que el múrido *Occitanomys brailloni* (Fig. 7A) es el elemento clave para detectar el inicio del Plioceno en los niveles continentales de Europa occidental, así como para diferenciar la unidad MN13 de la unidad MN14. Esta conclusión se deriva del hecho de que *O. brailloni* es la única especie encontrada en SIF-413 que no aparece en los niveles miocenos. Su presencia en SIF-413 corrobora que esta especie aparece por primera vez en el Plioceno más temprano.

La disposición de una sección larga y continua como es Sifón de Librilla ligada a un estudio magnetoestratigráfico fiable ha permitido además calibrar las primeras y últimas apariciones de muchas especies de roedores, e incluso se ha establecido el rango cronológico completo de algunas de ellas. Por mencionar algunas, la primera aparición de *Apodemus gudrunae*, *Occitanomys alcalai* y *Stephanomys ramblensis* se correlaciona con el techo del cron de polaridad magnética 3Ar, ligeramente anterior a 6,7 Ma. La primera aparición de *Apodemus gorafensis* y la última aparición de *Occitanomys adroveri* se establecen ligeramente por encima de la base del cron 3An2n, algo posterior a 6,7 Ma. La transición de *Stephanomys ramblensis* a *Stephanomys dubari* se correlaciona con el cron 3An.1n, entre 6,033 y 6,252 Ma. La primera aparición de *Occitanomys brailloni* se asigna a la parte más alta del cron 3r, en torno al límite Mioceno-Plioceno (5,33 Ma). La transición de *Stephanomys dubari* a *Stephanomys cordii* tuvo lugar en algún momento entre la base del subcrón 3n.3n y el techo del subcrón 3n.2r (4,896–4,631 Ma). La última aparición de *Apodemus gudrunae* se correlaciona con el subcrón 3n.2r (4,799–4,631 Ma). El nivel de SIF-61, de unos 6,2 millones de años de antigüedad, registra por primera vez el múrido *Paraethomys* en

Europa (Fig. 7C), procedente probablemente del Norte de África. Se trata de un elemento de gran significancia bioestratigráfica para el Mioceno superior.

Por último, cabe destacar la definición de una nueva especie de cricétido (comúnmente conocidos como hámsteres) que Piñero y Agustí (2019) denominan *Hispanomys romeroi*, en honor al Dr. Gregorio Romero, jefe del Servicio de Patrimonio Histórico de la Dirección General de Bienes Culturales, en reconocimiento a las facilidades que ha proporcionado para la investigación paleontológica de la cuenca de Fortuna. La nueva especie se identificó en el nivel SIF-61, que tiene una edad próxima a los 6,2 Ma, aunque también aparece en SIF-52 (~6,25 Ma) y SIF-79 (~6 Ma). *Hispanomys romeroi* se describe como una especie grande dentro de su género. De acuerdo a su morfología dental, podría parecer que es el ancestro de *Ruscinomys gilvosi*, cricétido que como hemos indicado previamente aparece en los niveles de Romerales. Sin embargo, Romerales se localiza en una posición estratigráfica más baja que SIF-61 de acuerdo a su composición faunística, siendo más antiguo que la primera entrada del múrido *Paraethomys* en la Península Ibérica, la cual se registra precisamente en SIF-61. Esto hace que sea altamente improbable que haya una relación filogenética entre ambas especies. La presencia de *Ruscinomys* aff. *gilvosi* en niveles más antiguos que SIF-61 indica de forma clara que la evolución de los géneros *Hispanomys* y *Ruscinomys* en el Mioceno terminal es mucho más compleja de lo que previamente se había pensado.

Para terminar este apartado apuntamos un dato curioso, y es que la mayor parte de los roedores fósiles se definen sobre la base de sus dientes, ya que es el elemento que más información aporta a nivel de especie. Se trata además del elemento que mejor y en más cantidad se suele conservar. Al mismo tiempo, la morfología dental registra perfectamente los cambios a lo largo de la evolución de los linajes (ejemplos en Figs. 5 y 7).

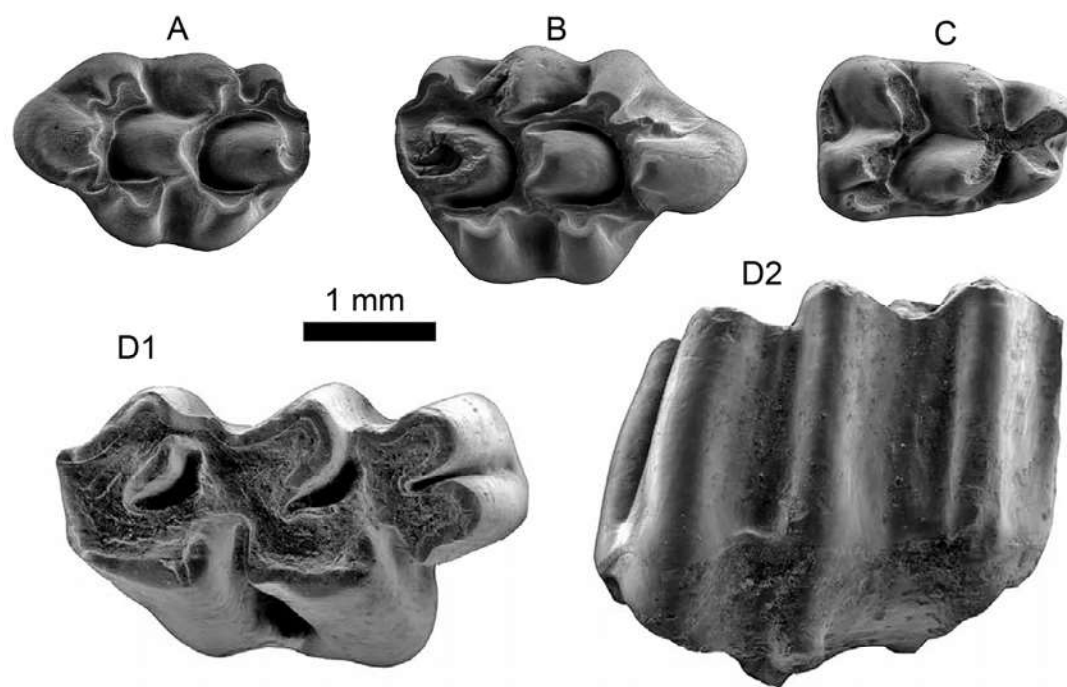


Fig. 7: Fotografías al Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (ESEM) de algunos molares de roedores procedentes de la sección de sifón de librilla (tomado de Piñero y Agustí, 2020). **A**, Primer molar superior del múrido *Occitanomys brailloni* procedente del nivel SIF-413 (5,33–5,23 Ma), taxón clave para diferenciar el Mioceno superior del Plioceno inferior en depósitos continentales europeos. **B**, Primer molar superior del múrido *Stephanomys cordii* procedente del nivel SIF-P (~4,6 Ma). **C**, Primer molar inferior del múrido *Paraethomys meini* procedente del nivel SIF-61 (~6,2 Ma), representa el primer registro del género *Paraethomys* en Europa. **D**, Holotipo de *Hispanomys romeroi*, primer molar superior procedente del nivel SIF-61. Tomado de Piñero y Agustí (2019).

6. NUEVOS APORTES CIENTÍFICOS: EL PUERTO DE LA CADENA

El yacimiento de vertebrados continentales del Puerto de la Cadena (cuenca de Murcia-Carrascoy) se encuentra en el flanco norte de la Sierra de Carrascoy, a unos 8 km al SSO de Murcia capital y a 2,5 km al sur de la pedanía de El Palmar, muy próximo al lugar denominado como Venta de La Paloma y dentro del Parque Regional de Carrascoy-El Valle. La datación del yacimiento llevada a cabo por Piñero et al. (2017) no fue tarea fácil, y requirió de un trabajo multidisciplinar en el que se coordinaron hasta una veintena de investigadores de todo el país. En dicho estudio, se realizó una síntesis sedimentológica, magnetoestratigráfica y paleontológica de la unidad del Cigarrón con la finalidad de clarificar la edad del mencionado yacimiento. El trabajo fue

dedicado a Miguel Ángel Mancheño, profesor de la Universidad de Murcia, quien puso toda su ilusión y esfuerzo en el estudio del yacimiento del Puerto de la Cadena desde su descubrimiento, y dirigió el proyecto de investigación de este yacimiento financiado por la Fundación Séneca.

El análisis paleomagnético ofreció resultados claros, de forma que en la parte alta de la unidad del Cigarrón se detectó un cambio de polaridad de normal a inverso. El yacimiento del Puerto de la Cadena se localiza en la denominada sección de la Isleta, que ofreció una polaridad inversa, coincidiendo precisamente con la polaridad de la parte alta de la unidad donde se encuentra, tal y como indicaban las correlaciones estratigráficas. Para poder asignar el cron correspondiente a cada uno de los intervalos de polaridad magnética, no fue

suficiente con las correlaciones bioestratigráficas, ya que los taxones identificados en el yacimiento aparecen tanto en el Mioceno superior como en el Plioceno inferior. Así, durante años fue muy difícil asignar una edad al yacimiento del Puerto de la Cadena, pudiendo simplemente aproximar hasta el límite Mio-Plioceno. Sin embargo, a medida que avanzaron los trabajos geológicos en el área de estudio, se tuvo la fortuna de detectar una cicatriz erosiva del final del

Messiniense en un punto de la columna estratigráfica más bajo que la localización del nivel con restos de vertebrados. Con ello se aclaró finalmente la edad pliocena del yacimiento (Rusciniense inferior, MN14), y se pudo correlacionar la polaridad inversa detectada en el propio yacimiento con el subcrón de polaridad magnética 3n.3r, con lo que su edad se estima entre 4,997 y 4,896 millones de años, unos 300.000 años después de la reinundación del Mediterráneo.



Fig. 8: **A**, Restos óseos *in situ* de un gran artiodáctilo en el yacimiento del Puerto de la Cadena durante la excavación sistemática del año 2009. **B**, Defensa de mastodonte *in situ* en el yacimiento del Puerto de la Cadena. **C**, Paisaje aproximado del entorno del Puerto de la Cadena hace 5 millones de años (Plioceno inferior).

Entre los más de 2000 fósiles de vertebrados que se recuperaron en el yacimiento entre los años 2008 y 2011 (Fig. 8A, B), se han identificado hasta 26 especies distintas de pequeños y grandes vertebrados (ver Tabla 1 y Fig. 9). Entre ellas destaca el cocodrilo (Fig. 9A), y es que hasta este momento no se sabía con certeza si estos reptiles persistieron más allá del límite Mio-Plioceno en Europa, por lo tanto, los cocodrilos del Puerto de la Cadena se convierten en los últimos de Europa. También destacan el gerbílido *Debruijnmys* sp. (Fig. 9D), el macaco *Macaca* sp. (Fig. 9B), y la jirafa *Sivatherium* cf. *hendeyi* (Fig. 9E), ya que son de origen africano, de forma que se asentaron en la Península Ibérica durante la Crisis de Salinidad del Messiniense. Se puede decir por tanto que 300.000 años después de la reinundación del Mediterráneo, algunos animales que migraron del norte de África hasta la Península Ibérica continuaban viviendo en el área del Puerto de la Cadena. Se confirma así que varios grupos africanos

se establecieron de forma exitosa durante el Neógeno superior en España donde habitaron durante miles de años. Era un tiempo en el que estos animales se podían ver merodeando la sierra de Carrascoy junto a tortugas gigantes, mastodontes, caballos con tres pezuñas, rinocerontes, gacelas, búfalos, ancestros de coyotes, víboras gigantes o cocodrilos. El paisaje estaba dominado por llanuras fluviales que desembocaban en el mar. De hecho, entre los fósiles de animales terrestres se han hallado restos de fauna marina tales como dientes de tiburón y espículas de erizos. Se puede concluir que el mecanismo que posibilitó la aparición de estos animales terrestres en secuencias marinas someras fue el transporte mediante sistemas deltaicos desarrollados en la desembocadura de pequeños cursos fluviales meandriformes, más o menos esporádicos, desde zonas emergidas hacia zonas marinas, pero, en cualquier caso, relativamente cercanas a la línea de costa (Fig. 8C).

Order	Family	Species
Rodentia	Muridae	<i>Stephanomys</i> cf. <i>dubari</i>
		<i>Paraethomys</i> cf. <i>meini</i>
		<i>Debruijnmys</i> sp.
	Cricetidae	<i>Apocricetus</i> cf. <i>barrierei</i> <i>Ruscinomys lasallei</i>
Lagomorpha	Leporidae	<i>Trischizolagus maritsae</i>
	Prolagidae	<i>Prolagus</i> cf. <i>michauxi</i>
Primates	Cercopithecidae	<i>Macaca</i> sp.
Carnivora	Canidae	<i>Eucyon monticinensis</i>
Proboscidea	Gomphotheriidae	<i>Anancus arvernensis</i>
Perissodactyla	Equidae	<i>Hipparion</i> aff. <i>fissurae</i>
	Rhinocerotidae	<i>Dihoplus schleiermacheri</i> vel <i>Dihoplus megarhinus</i>
	Cervidae	Cervidae indet.
	Giraffidae	<i>Sivatherium</i> cf. <i>hendeyi</i>
Artiodactyla	Bovidae	<i>Gazella</i> aff. <i>baturra</i>
		<i>Gazella</i> aff. <i>lydekkeri</i>
		Bovidae indet. sp. 1
		Bovidae indet. sp. 2
		Bovidae indet. sp. 3
		<i>Parabos</i> sp.
Crocodylia		Crocodylia indet.
Testudines	Testudinidae	<i>Titanochelon</i> sp.
		Testudinidae indet.
	Trionychidae	Trionychidae indet.
Squamata	Viperidae	<i>Vipera</i> sp.
	Colubridae	<i>Malpolon</i> gr. <i>monspessulanus-mlynarski</i>

Tabla 1: Lista faunística de los vertebrados del yacimiento del Puerto de la Cadena según Piñero et al. (2017).

Recientemente, Pérez-García et al. (2020) añade otro taxón de origen africano a la lista de vertebrados de esta localidad, sumándose a la jirafa, macaco y jerbo. Se trata de *Alatochelon myrteum*, es decir, tortuga de la sal de Murcia, un nuevo género y especie que se define en este trabajo usando un caparazón hallado en el área del Puerto de la Cadena y que en estos momentos se encuentra bajo la tutela de la Asociación Cultural Paleontológica de la Región de Murcia (Fig. 9C). Según Pérez-García et al. (2020), con este hallazgo se confirma que no sólo fueron mamíferos los que se establecieron en España de forma exitosa tras el cierre de los corredores migratorios entre África y Europa. Esta nueva tortuga terrestre es de gran tamaño, llegando a alcanzar su caparazón los 90 cm de longitud. Hasta el momento sólo se conocía un único género de tortuga gigante en el Neógeno de Europa, la tortuga *Titanochelon*.

Otro estudio dedicado al registro paleontológico del Puerto de la Cadena y publicado recientemente es Alba et al.

(2018). En este trabajo, los autores informan sobre el macaco más antiguo de la Península Ibérica tras el final del Mioceno, basándose en la descripción de dos molares superiores pertenecientes a dos individuos distintos. Los dientes, previamente asignados a *Macaca* sp. (Piñero et al., 2017), son ahora atribuidos a *Macaca sylvanus* cf. *prisca* (Fig. 9B). Los macacos se dispersaron hacia Eurasia durante el mencionado intercambio faunístico coincidente con la bajada del nivel que se asocia a la Crisis de Salinidad del Messiniense. A partir de este evento, los macacos se registran por primera vez en el Mioceno tardío de Italia y España, y posteriormente en el Plioceno y Pleistoceno. El registro de macacos europeos sin embargo en el Plioceno es muy escaso, y restringido al Plioceno superior. En este caso, los fósiles del Puerto de la Cadena corroboran la presencia del macaco en el Plioceno basal, y supone el registro más antiguo de este grupo en un yacimiento plioceno bien datado, siendo de hecho 1,5 millones de años anterior al papión *Paradolichopithecus*.

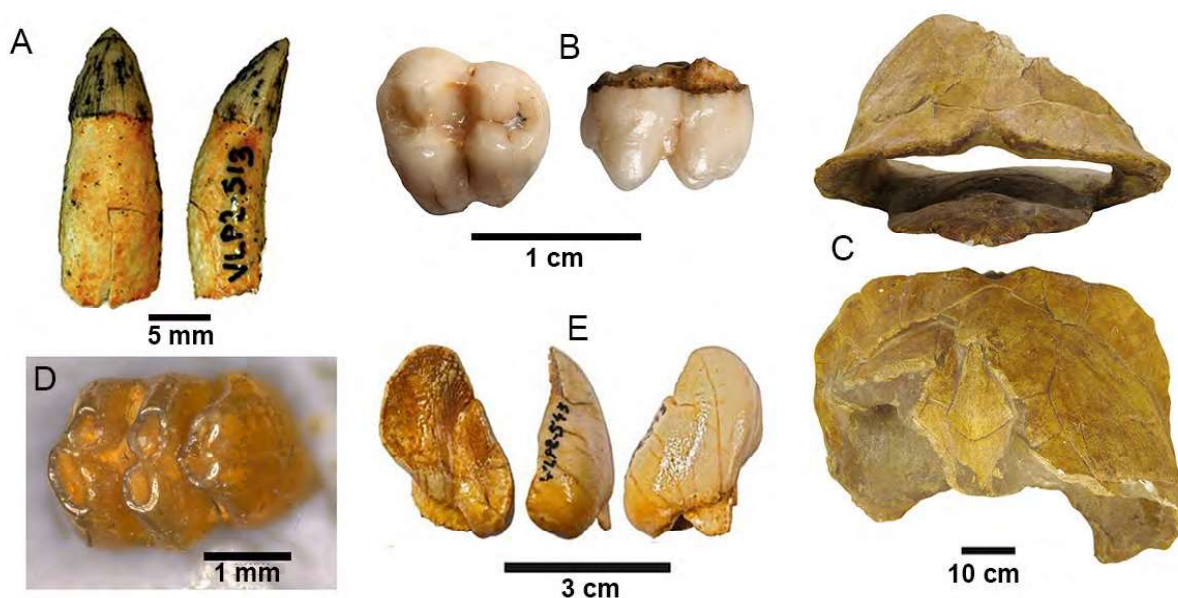


Fig. 9: Fotografías de fósiles de distintos vertebrados del Puerto de la Cadena. **A**, Diente maxilar de *Crocodylia* indet., últimos cocodrilos de Europa (Piñero et al., 2017). **B**, Tercer molar superior de *Macaca sylvanus* cf. *prisca*, macacos pliocenos más antiguos de la Península Ibérica (Alba et al., 2018). **C**, Caparazón de *Alatochelon myrteum*, la tortuga de la sal de Murcia (holotipo, Pérez-García et al., 2020). **D**, Molar superior del jerbo *Debruijnimys* sp., roedor de origen africano. **E**, Canino inferior de la jirafa africana *Sivatherium* cf. *hendeyi*.

7. CONCLUSIONES

En los últimos años, el patrimonio paleontológico del Neógeno superior continental de la Región de Murcia ha sido estudiado por numerosos investigadores especializados, aportando nuevos artículos publicados en revistas internacionales de reconocido prestigio tales como *Palaeontology*, *Historical Biology*, *Journal of Human Evolution*, *Geobios* y *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology*. Estos trabajos han contribuido de forma significativa en el avance del conocimiento sobre el Neógeno superior de Europa en disciplinas como la paleontología de vertebrados, bioestratigrafía, biocronología, paleoecología y paleobiogeografía. Entre las conclusiones de estas publicaciones se pueden destacar las siguientes:

- Se han identificado 27 especies de roedores e insectívoros a lo largo de la sección de Sifón de Librilla (ratones, lirones, hámsteres, jerbos, musarañas, erizos), y 11 especies en la sección de Romerales (ratones, lirones, hámsteres, ardillas, musarañas, erizos). El yacimiento del Puerto de la Cadena incluye hasta 26 especies de grandes y pequeños vertebrados (jirafas, macacos, tortugas gigantes, tortugas acuáticas, mastodontes, caballos con tres pezuñas, rinocerontes, ciervos, gacelas, búfalos, ancestros de coyotes, víboras, culebras cocodrilos, ratones, hámsteres, jerbos, conejos, picas gigantes del Mediterráneo).
- Se han añadido nuevos taxones para el registro paleontológico desconocidos hasta el momento por la ciencia: la especie de hámster *Hispanomys romeroi* de la sección de Sifón de Librilla, y el género y especie de tortuga gigante *Alatochelon myrteum* del Puerto de la Cadena.
- Las preferencias ecológicas de las distintas especies de micromamíferos encontrados en la sección de Romerales indican la presencia de prados herbáceos relativamente homogéneos (aunque con cierta presencia de parches boscosos) en la cuenca de Fortuna durante el Messiniense pre-evaporítico, entre hace 6,8 y 6,2 millones de años. Las condiciones climáticas serían templadas e inestables.
- La disposición de una sección larga y continua como es Sifón de Librilla ligada a un estudio magnetoestratigráfico fiable, ha permitido calibrar las primeras y últimas apariciones de muchas especies de roedores, lo que es un aporte importante para la biocronología del Neógeno superior de Europa.
- El estudio detallado de la fauna de la secuencia de Sifón de Librilla, que registra el límite Mio-Plioceno, ha permitido identificar al múrido *Occitanomys brailloni* como el elemento clave para detectar el inicio del Plioceno en los niveles continentales de Europa, así como para diferenciar la unidad MN13 de la unidad MN14. Además, se ha podido confirmar la equivalencia entre los límites Mioceno-Plioceno y MN13-MN14.
- El yacimiento del Puerto de la Cadena ha ofrecido una polaridad magnética inversa que se correlaciona con el subcrón 3n.3r, con lo que su edad se estima entre 4,9 y 5,0 millones de años (Plioceno inferior), unos 300.000 años después de la reinundación del Mediterráneo.
- Especies de origen africano se asentaron en la Península Ibérica de forma exitosa persistiendo

centenares de miles de años después de la interrupción de las conexiones terrestres entre ambos continentes. Entre ellas destacan el jiráfido *Sivatherium* cf. *hendeyi*, el gerbílido *Debruijnimys* sp., el primate *Macaca sylvanus* cf. *prisca* y el testudínido *Alatochelon myrteum*, identificados en el yacimiento del Puerto de la Cadena.

- Se han identificado los macacos pliocenos más antiguos de la Península Ibérica en el Puerto de la Cadena, así como los últimos cocodrilos de Europa, confirmándose la persistencia de estos reptiles más allá de la Crisis de Salinidad del Messiniense.

Los artículos científicos que se vienen publicando desde hace décadas sobre el patrimonio paleontológico del Mioceno superior y Plioceno continental de la Región de Murcia ponen de manifiesto su valioso potencial para abrir ventanas a tiempos pretéritos y conocer las dinámicas de la Tierra a lo largo de sus últimos 7 millones de años. Y esto es posible gracias a la estrecha colaboración que hay entre entidades públicas, investigadores y asociaciones de

aficionados que descubren nuevos yacimientos, una relación que al ser recíproca siempre es constructiva. Ejemplos claros son los del yacimiento del Puerto de la Cadena y el yacimiento de Quibas. Sin duda, los yacimientos de la Región seguirán atrayendo a investigadores de todo el mundo, y seguirán siendo el objeto de nuevas publicaciones científicas. Como hemos visto, este patrimonio ha aportado datos fundamentales para entender el período que ocupan, información que se ampliará a medida que se continúen las labores de investigación y se descubran nuevas localidades. Los trabajos de investigación han puesto en el mapa científico internacional las series paleontológicas asentadas en la Región de Murcia. Nuestra labor ahora es dar a conocer a todo el público el valioso patrimonio paleontológico de esta Región, la importancia de los testigos del pasado, y el interés que suscita a investigadores científicos, para lograr así una mayor curiosidad y sensibilización social sobre el papel de nuestro patrimonio a la hora de desvelar los secretos escondidos del pasado.

8. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, E., Alberdi, M. T., Thaler, L., López Martínez, N. y Ruiz Bustos, A. (1974). Murcia-Granada. En: Aguirre, E. y Morales, J. (Eds.), *Coloquio Internacional sobre Biostratigrafía Continental del Neógeno Superior y Cuaternario Inferior*. Libro-Guía, Madrid, pp. 87-133.

Agustí, J. (1986). Nouvelles espèces de cricetides vicariantes dans le Turolien moyen de Fortuna (prov. Murcia, Espagne). *Geobios*, 19(1), 5-16.

Agustí, J., y Llenas, M. (1996). The late Turolian muroid rodent succession in eastern Spain. *Acta zoologica cracoviensia*, 1(39), 47-56.

Agustí, J., Gibert, J. y Moyá-Solá, S. (1981). Casa del Acero: Nueva fauna turolense de vertebrados (Mioceno superior de Fortuna, Murcia). *Bull. Inf. Inst. Paleont. Sabadell* 1-2, 69-87.

Agustí, J., Moyá-Solá, S., Gibert, J., Guillén, J. y Labrador, M. (1983). Nuevos datos sobre la bioestratigrafía del Neógeno continental de Murcia. *Paleontologia i Evolució*, 18, 83-94.

Agustí, J., Garcés, M. y Krijgsman, W. (1999). Investigaciones bioestratigráficas y magnetoestratigráficas en la Cuenca de Fortuna (Murcia) y sus implicaciones para la evolución de la cuenca mediterránea durante el Messiniense (Mioceno superior). *Memorias de arqueología*, 14, 27-36.

Agustí, J., Garcés, M. y Krijgsman, W. (2006). Evidence for African–Iberian exchanges during the Messinian in the Spanish mammalian record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238(1-4), 5-14.

Alba, D. M., Delson, E., Morales, J., Montoya, P. y Romero, G. (2018). Macaque remains from the early Pliocene of the Iberian Peninsula. *Journal of Human Evolution*, 123, 141-147. 447

Alberdi, M. T., Moya, S. y Sanchiz, B. (1981). Macrovertebrados (Reptilia y Mammalia) del yacimiento finimioceno de Librilla (Murcia). *Estudios Geológicos*, 37(3), 307-312.

Bruijn, H. De., Mein, P., Montenat, C. y Van De Weerd, A. (1975). Correlations entre les gisements de rongeurs et les formations marines du Miocène terminal d'Espagne méridionale (provinces d'Alicante et de Murcia). *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, 78(4), 1-31.

Caracuel, J. E., Soria, J. M. y Yébenes, A. (2004). Early Pliocene transgressive coastal lags (Bajo Segura Basin, Spain): a marker of the flooding after the Messinian salinity crisis. *Sedimentary Geology*, 169(3-4), 121-128.

Caracuel, J., Corbí, H., Estévez, A., Giannetti, A., Monaco, P., Pina, J. A., Soria, J., Tent-Manclús, E. y Yébenes, A. (2009). Pistas fósiles asociadas a la discontinuidad finimessiniense en el margen norte de la Cuenca del Bajo Segura (SE España). *Geogaceta*, 47(3-4), 37-40.

Corbí, H. y Soria, J. M. (2016). Late Miocene–early Pliocene planktonic foraminifer event-stratigraphy of the Bajo Segura basin: A complete record of the western Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, 77, 1010-1027.

Dinarès-Turell, J., Ortí, F., Playà, E. y Rosell, L. (1999). Palaeomagnetic chronology of the evaporitic sedimentation in the Neogene Fortuna Basin (SE Spain): early restriction preceding the 'Messinian Salinity Crisis'. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 154(3), 161-178.

Fierro, I., Romero, G. y Aberasturi, A. (2015). Recuperación y conservación del patrimonio paleontológico en el Puerto de la Cadena (Murcia). *Memoria gráfica de 4 años de colaboración*. Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología Región de Murcia, 19 pp.

Freudenthal, M., Mein, P. y Suárez, E. M. (1998). Revision of Late Miocene and Pliocene Cricetinae (Rodentia, Mammalia) from Spain and France. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 7, 11-93.

Furió, M. y Agustí, J. (2017). Latest Miocene insectivores from Eastern Spain: Evidence for enhanced latitudinal differences during the Messinian. *Geobios*, 50(2), 123-140.

Garcés, M., Krijgsman, W. y Agustí, J. (1998). Chronology of the late Turolian deposits of the Fortuna basin (SE Spain): implications for the Messinian evolution of the eastern Betics. *Earth and planetary science Letters*, 163(1-4), 69-81.

Garcés, M., Krijgsman, W. y Agustí, J. (2001). Chronostratigraphic framework and evolution of the Fortuna basin (Eastern Betics) since the Late Miocene. *Basin Research*, 13(2), 199-216.

Gibert, J., Ferràndez Cañadell, C. y Martínez Navarro, B. (1987). Catálogo de los yacimientos de mamíferos de la Comunidad Autónoma de Murcia. Instituto de Paleontología de Sabadell.

Krijgsman, W., Langereis, C. G., Zachariasse, W. J., Boccaletti, M., Moratti, G., Gelati, R., Iaccarino, S., Papani, G. y Villa, G. (1999). Late Neogene evolution of the Taza–Guercif Basin (Rifian Corridor, Morocco) and implications for the Messinian salinity crisis. *Marine Geology*, 153(1-4), 147-160.

Krijgsman, W., Garcés, M., Agustí, J., Raffi, I., Taberner, C. y Zachariasse, W. J. (2000). The 'Tortonian salinity crisis' of the eastern Betics (Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 181(4), 497-511.

López Martínez, N. (1989). Revisión sistemática de los Lagomorpha (Mammalia) del Terciario y Cuaternario de España. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 3(3), 1-344.

Mancheño, M. A., Rodríguez-Estrella, T., Pérez Varela, F., Jiménez Fuentes, E., Serrano Lozano, F. y Romero, G. (2001). Las tortugas gigantes del Puerto de la Cadena (Murcia, España). *Studia Geologica Salmanticensia*, 37, 11-23.

Mankiewicz, C. (1995). Response of reef growth to sea-level changes (late Miocene, Fortuna Basin, southeastern Spain). *Palaos*, 10(4), 322-336.

Martínez Del Olmo, W., Klimowitz, J. y Hernández, E. (2006). El despegue extensional mioceno de la zona de falla de Alhama de Murcia. *Boletín Geológico y Minero*, 117(3), 363-377.

Mein, P., Bizon, G., Bizon, J.-J. y Montenat, C. (1973). Le gisement de mammifères de La Alberca (Murcia, Espagne méridionale). Corrélation avec les formations maritimes du Miocène terminal. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Serie D*, 276, 3077-3080.

Montenat, C. (1973). Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol. *Tesis Doctoral, Université d'Orsay, Orsay*, 1170 pp.

Montenat, C. y Crusafont, M. (1970). Découverte de Mammifères dans le Néogène et le Pleistocene du Levant espagnol (Provinces d'Alicante et Murcia). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 270, 2434-2437.

Montenat, C., Thaler, L. y Van Couvering, J. (1975). La faune de Rongeurs de Librilla. Corrélation avec les formations marines du Miocène terminal et les datations radiométriques du volcanisme de Barqueros (Prov. de Murcia-Espagne méridionale). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Series D*, 281, 519-522.

Montenat, C., Destevou, P. O. y Coppier, G. (1990). Les bassins néogènes entre Alicante et Cartagena. *Doc. Trav. IGAL, Mem. Hors-Ser.*, 12-13, 313-368.

Morales, J. (1984). Venta del Moro: su macrofauna de mamíferos y biostratigrafía continental del Mioceno terminal mediterráneo. *Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid*, 340 pp.

Morales, J., Peláez-Campomanes, P., Abella, J., Montoya, P., Ruiz, F. J., Gibert Beotas, L., Scott, G., López-Cantalapiedra, J. y Sanisidro, O. (2013). The Ventian mammal age (Latest Miocene): present state. *Revista Española de Paleontología*, 28(2), 149-160.

Müller, D. W. y Hsü, K. J. (1987). Event stratigraphy and paleoceanography in the Fortuna basin (Southeast Spain): a scenario for the Messinian salinity crisis. *Paleoceanography*, 2(6), 679-696.

Müller, D. W. y Schrader, H. (1989). Diatoms of the Fortuna Basin, southeast Spain: Evidence for the intra-Messinian inundation. *Paleoceanography*, 4(1), 75-86.

Murelaga, X., Mancheño, M. A., Carlos-Calero, J. A., Romero, G., Rodríguez-ESTRELLA, T. y Montoya, P. (2007). Restos fósiles de Quelonios en la Región de Murcia. En: Braga, J.C., Checa, A. y Company, M. (Eds.), *XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Libro de resúmenes, Caravaca de la Cruz, pp. 165-166.

Ortí, F., García-Veigas, J., Rosell, L., Rouchy, J.M., Ingles, M., Gimeno, D., Kasprzyk, A. y Playà, E. (1993). Correlación litoestratigráfica de las evaporitas messinienses en las cuencas de Lorca y Fortuna (Murcia). *Geogaceta*, 14, 98-101.

Pérez-García, A., Murelaga, X., Mancheño, M. A. y Fierro, I. (2011). Nuevos datos sobre las tortugas del Puerto de la Cadena (Mioceno superior de Murcia). *Geogaceta*, 50(2), 185-188.

Pérez-García, A., Vlachos, E. y Murelaga, X. (2020). A large testudinid with African affinities in the post-Messinian (lower Pliocene) record of south-eastern Spain. *Palaeontology*.

Pérez-Lorente, F., Serrano, F., Rodríguez, T., Mancheño, M. A. y Romero, M. (1999). Pisadas fósiles de mamíferos en el Mioceno superior de La Hoya de la Sima (Jumilla, Murcia, España). *Revista Española de Paleontología*, 14(2), 257-267.

Pérez-Lorente, F., Herrero, C., Herrero, E. y Montoya, P. (2009). *Paracamelichnum jumillensis* n. ichnogen. n. ichnosp., Upper Miocene Camelidae ichnites from the Hoya de la Sima site (Murcia, Spain). *Ichnos*, 16(3), 208-219.

Piñero, P. (2017). Paleocomunidades de múridos (Rodentia, Mammalia) del Neógeno superior y Pleistoceno inferior del sureste de la Península Ibérica. *Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili*, Tarragona, 510 pp.

Piñero, P. y Agustí, J. (2019). The rodent succession in the Sifón de Librilla section (Fortuna Basin, SE Spain): implications for the Mio-Pliocene boundary in the Mediterranean terrestrial record. *Historical Biology*, 31(3), 279-321.

Piñero, P., Agustí, J., Oms, O., Fierro, I., Montoya, P., Mansino, S., Ruiz-Sánchez, F. J., Alba, D. M., Alberdi, M. T., Blain, H.-A., Laplana, C., Made, J. V. der, Mazo, A. V., Murelaga, X., Pérez-García, A., Pérez-Valera, F., Pérez-Valera, J. A., Sevilla, P., Soria, J. M. y Romero, G. (2017). Early Pliocene continental vertebrate Fauna at Puerto de la Cadena (SE Spain) and its bearing on the marine-continental correlation of the Late Neogene of Eastern Betics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 479, 102-114.

Piñero, P., Agustí, J., Furió, M. y Laplana, C. (2018). Rodents and insectivores from the late Miocene of Romerales (Fortuna Basin, Southern Spain). *Historical Biology*, 30(3), 336-359.

Playà, E., Ort, F. y Rosell, L. (1995). Composición isotópica de los yesos Messinienses de la cuenca de Fortuna (Murcia): implicaciones sedimentológicas. *Geogaceta*, 18, 122-125.

Playà, E., Dinarès Turell, J., Ortí, F., Gomis Coll, E. y Rosell, L. (1999). Datación magnetoestratigráfica de las evaporitas de la cuenca neógena de Fortuna (Murcia). *Geogaceta*, 25, 163-166.

Pons-Moyà, J. (1987). *Fortunictis* nov. gen. *acerensis* nov. sp. nuevo Metailurini (Mammalia, Carnivora) del Mioceno superior de la Península Ibérica. *Paleontología i Evolució*, 21, 63-68.

Romero, G. y Fierro, I. (2010). Intervenciones paleontológicas en el Puerto de la Cadena (Murcia). En: Ediciones Tres Fronteras, Consejería de Cultura y Turismo, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales (Eds.), *XXI Jornadas de Patrimonio Cultural de la Región de Murcia*. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, pp. 161-170.

Romero, G., Mancheño, M. A. y Carlos-Calero, J. A. (2007a). Hallazgo de tortuga gigante fósil en el Puerto de la Cadena (Murcia). En: Consejería de Cultura, Juventud y Deportes, Dirección General de Bellas Artes, Bienes Culturales Servicio de Patrimonio Histórico (Eds.), *Actas de las XVIII Jornadas de Patrimonio Cultural, Intervenciones en el patrimonio arquitectónico, arqueológico y etnográfico de la Región de Murcia*. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, pp. 13-26.

Romero, G., Mancheño, M.A., Carlos-Calero, J. A., De La Cruz, M., Bernal, F. y Marcos, G. (2007b). Intervención en el yacimiento del Puerto de la Cadena (Murcia): un ejemplo de colaboración entre la Administración Regional, Universidad de Murcia y Asociación Cultural

Paleontológica Murciana. En: Braga, J.C., Checa, A. y Company, M. (Eds.), *XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Libro de resúmenes*, Caravaca de la Cruz, pp. 202-203.

Santos, E. H. (2008). Nuevo yacimiento de icnitas Sierra de las Cabras (Jumilla, Murcia). En *XIX Jornadas de Patrimonio Cultural de la Región de Murcia: [celebradas en] Cartagena, Alhama de Murcia, La Unión y Murcia, 7 de octubre al 4 de noviembre 2008* (pp. 39-40). Tres Fronteras.

Santisteban, C. (1981). Petrología y sedimentología de los materiales del Mioceno superior de la cuenca de Fortuna (Murcia), a la luz de la "teoría de la crisis de salinidad". *Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona*, Barcelona, 725 pp.

Santisteban, C. y Taberner, C. (1983). Shallow marine and continental conglomerates derived from coral reef complexes after desiccation of a deep marine basin: the Tortonian-Messinian deposits of the Fortuna Basin, SE Spain. *Journal of the Geological Society*, 140(3), 401-411.

Sanz de Galdeano, C. (1990). Geologic evolution of the Betic Cordilleras in Western Mediterranean, Miocene to the present. *Tectonophysics*, 172, 107-119.

Sanz de Galdeano, C. y Vera, R. (1992). Stratigraphic record and palaeogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain. *Basin Research*, 4(1), 21-35.

Soria, J. M., Caracuel, J. E., Yébenes, A., Fernández, J. y Viseras, C. (2005). The stratigraphic record of the Messinian salinity crisis in the northern margin of the Bajo Segura Basin (SE Spain). *Sedimentary Geology*, 179(3-4), 225-247.

Tent-Manclús, J. E., Soria, J. M., Estévez, A., Lancis, C., Caracuel, J. E., Dinarès-Turell, J. y Yébenes, A. (2008). The Tortonian salinity crisis in the Fortuna Basin (southeastern Spain): Stratigraphic record, tectonic scenario and chronostratigraphy. *Comptes Rendus Geoscience*, 340(7), 474-481.