

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)

JORDI AGUSTÍ*
MIGUEL GARCÉS**
WOUT KRIJGSMAN***

*ICREA-Institut de Paleocologia Humana, Universitat Rovira i Virgili.

**Laboratorio Group of Geodynamics and Basin Analysis, University of Barcelona. Facultat de Geologia.

***Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofddijk. Utrecht, Países Bajos.

Palabras clave: Mioceno superior, Plioceno inferior, Messiniense, roedores, cordilleras Béticas.

Resumen: La cuenca de Fortuna constituye un enclave único dentro de la secuencia de la cuenca Bética, a la hora de analizar la evolución geológica de esta región entre el Mioceno superior (Tortonense superior) y el Plioceno inferior. Esta cuenca cubre el intervalo temporal que incluye la llamada "Crisis de Salinidad del Messiniense", y arroja una considerable luz sobre los eventos que se sucedieron a nivel continental entre la Península Ibérica y el norte de África. La secuencia de Fortuna ha proporcionado una sucesión de micromamíferos que se sitúa entre el Turolense medio (MN 12, equivalente al Tortonense superior) y el Rusciniense inferior (MN 14, equivalente al Zanclean inferior). Localidades correspondientes al Turolense medio se encuentran en las secciones de la Rambla Salada (Casa del Acero), Chorrico y del Río Chicago. Niveles correspondientes al Turolense superior se localizan en las secciones de Chorrillo-Autovía y Sifón de Librilla. Finalmente, el tránsito al Plioceno se encuentra sobre todo en la sección de Sifón de Librilla.

Keywords: Late Miocene, Early Pliocene, Messinian, Rodents, Betic Chain.

Summary: The Fortuna Basin offers a unique possibility in order to analyze the geological evolution of the Betics between the late Miocene (late Tortonian) and the early Pliocene. This basin covers a time-interval that includes the so-called Messinian Salinity Crisis, and sheds considerable light on the main faunal events that took place in southern Spain and Northern Africa. The Fortuna sequence has provided a micromammalian succession which can be placed between the middle Turolian (MN 12, equivalent to the late Tortonian) and the early Ruscian (MN 14, equivalent to the early Zanclean). Paleontological levels belonging to the middle Turolian are found in the sections

of Rambla Salada (Casa del Acero), Chorrico and Rio Chicamo. Levels corresponding to the late Turolian are present in the sections of Chorrico-Autovía and Sifón de Librilla. Finally, the transition to the Pliocene is best represented in the section of Sifón de Librilla.

INTRODUCCIÓN

Los sedimentos de las cuencas neógenas de las Cordilleras Béticas (Fig. 1) ofrecen un extraordinario archivo de los procesos que controlaron la evolución del Mediterráneo occidental desde el Mioceno hasta la actualidad. La integración de todos estos registros en un único marco cronoestratigráfico es fundamental para progresar en el conocimiento de los procesos litosféricos que controlaron la evolución de la región bética y de la cuenca de Alborán. Sin embargo, la datación precisa del registro sedimentario a menudo está obstaculizada por la falta de un registro bioestratigráfico fiable. En particular, las cuencas intramontañosas béticas, cuyo relleno consta en su mayor parte de sedimentos de ambientes marinos restringidos o continentales, presenta un contenido fósil pobre o con escaso valor bioestratigráfico.

El registro sedimentario de la cuenca de Fortuna, distinguido por la presencia de formaciones evaporíticas a techo de una secuencia marina regresiva, ha sido correlacionado con la característica secuencia evaporítica del Messiniense del Mediterráneo (SANTISTEBAN, 1981; MÜLLER y HSÜ, 1987). Esta interpretación, sin embargo, no está respaldada por ninguna información cronoestratigráfica fiable. En el

presente artículo presentamos nuevos datos bioestratigráficos y magnetoestratigráficos que permiten el establecimiento de una nueva cronología para el relleno sedimentario de la cuenca.

LA CUENCA DE FORTUNA

La cuenca de Fortuna se sitúa en la zona de contacto entre las zonas externas e internas de las Cordillera Bética oriental (Fig. 1). Está delimitada por dos importantes zonas de cizalla, la falla Norbética y la falla de Alhama de Murcia, cuya actuación a partir del Tortoniense determinó la generación de espacio de acomodación a lo largo de un estrecho surco de orientación NW-SE. El relleno sedimentario de la Cuenca de Fortuna puede sintéticamente agruparse en tres conjuntos de unidades:

1) *Unidad marina* (500 m). Está representada en las partes centrales de la cuenca por potentes sucesiones de margas pelágicas y turbiditas. Hacia los márgenes pasan a calizas arrecifales y bioclásticas así como a unidades siliciclásticas aluviales deltaicas. Las formaciones pelágicas han aportado una edad Tortoniense (MONTENAT, 1973), si bien Lukowsky (1987) interpretó posteriormente una edad Messiniense para los tramos superiores. No obstante, la presencia de *G. conomiozea*, marcador bioestratigráfico del Messiniense Mediterráneo, no ha sido documentada en estos sedimentos (SIERRO *et al.*, 1992).

2) *Unidad marina transicional evaporítica* (200 m). Consta de distintos cuerpos evaporíticos y diatomíticos

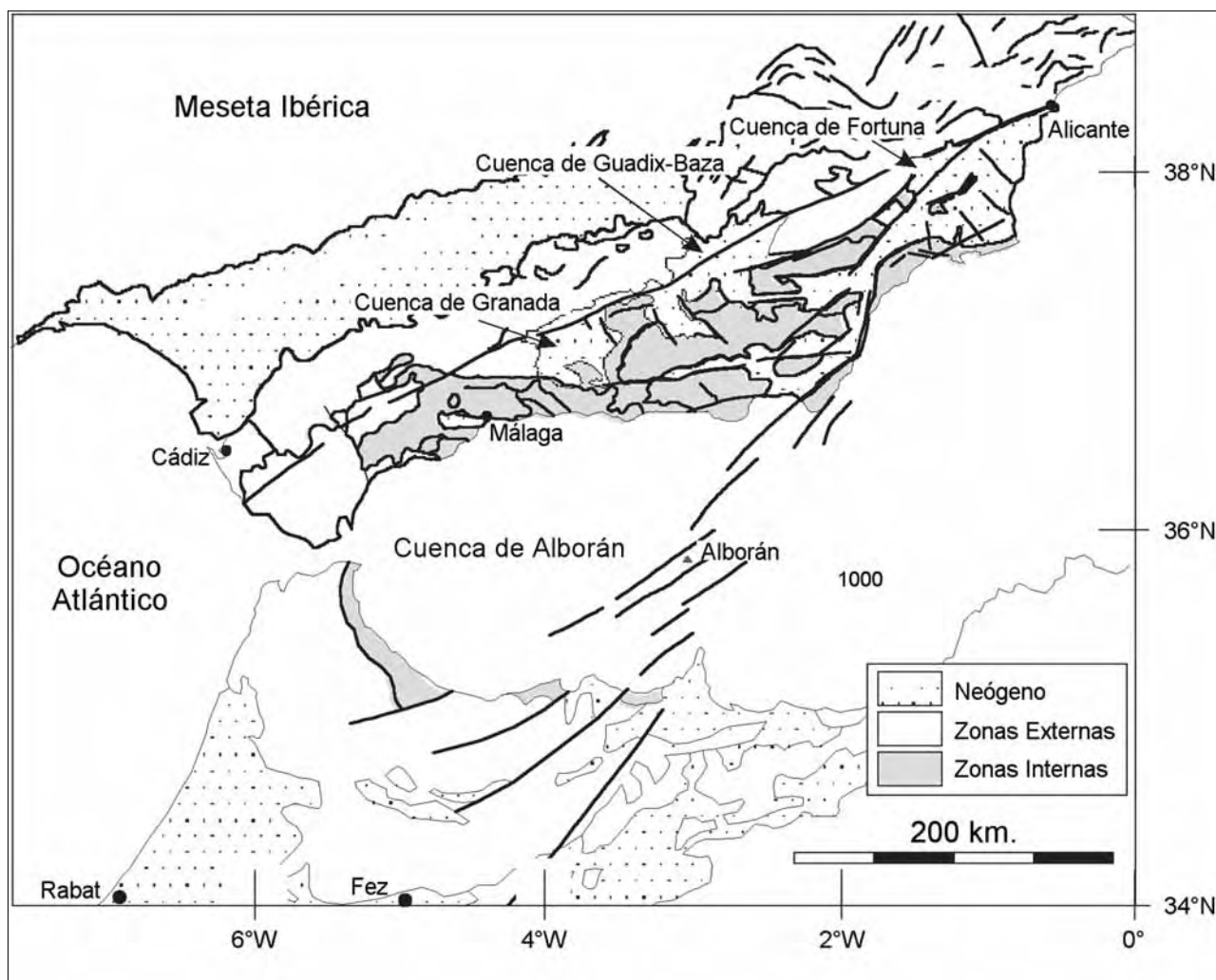


Figura 1. Situación de la cuenca de Fortuna en el contexto geotectónico de la cuenca de Alborán y arco de Gibraltar.

cuyo grado de desarrollo varía entre los distintos sectores de la cuenca. Hacia el sur de Abanilla, la denominada Formación Río Chícamo ha sido diferenciada en dos tramos (ORTÍ *et al.*, 1993): una unidad inferior de yesos (Yeso Chicamo) y una secuencia de ciclos diatomíticos-evaporíticos (Ciclos Chícamo). Existe una propuesta de correlación litoestratigráfica a escala de cuenca de todas estas unidades evaporíticas y conjuntamente con las evaporíticas de la cuenca vecina de Lorca (ORTÍ *et al.*, 1993).

3) *Unidad continental superior* (>1000 m). Consiste en una sucesión aluvial-lacustre, lutítica en su parte inferior donde se intercalan tramos con yesos y calizas, y progresivamente más conglomerática hacia la parte superior. En la parte intermedia de esta unidad se ha

reconocido la presencia de sedimentos marinos someros correspondientes a la transgresión, muy efímera en la cuenca de Fortuna, del Plioceno basal.

Los niveles más inferiores de las unidades continentales han aportado faunas de vertebrados atribuidas a un Turolense medio (MN12). El resto de las unidades continentales contienen un rico registro de vertebrados fósiles de edad Turolense superior (MN13; AGUSTÍ *et al.*, 1985).

CORRELACIÓN MAGNETOESTRATIGRÁFICA Y EVOLUCIÓN TECTOSEDIMENTARIA DE LA CUENCA DE FORTUNA

Las diversas unidades del relleno sedimentario de la cuenca de Fortuna han sido integradas en un esquema

magnetocronológico a partir del análisis de un total de 4 sucesiones magnetoestratigráficas repartidas en tres sectores de la cuenca: el sector de Librilla, el sector de Molina de Segura y Abanilla-Río Chícamo (Fig. 2). El análisis paleomagnético de las muestras ha sido realizado siguiendo los procedimientos estándar de desmagnetización progresiva y medida de la magnetización remanente mediante un magnetómetro superconductor (Garcés *et al.*, 1998).

La integración bioestratigráfica y magnetoestratigráfica de todas las sucesiones estudiadas (Fig. 2) permite establecer una secuencia continua de 21 magnetozonas y una correlación muy consistente con la escala de tiempo de polaridad magnética (ETPM). Esta correlación está apoyada bioestratigráficamente por las faunas del Turoliense superior (MN13) de las sucesiones de Librilla y Molina de Segura (AGUSTÍ *et al.*, 1985), que permiten atribuir a estos sedimentos una edad Messiniense en base a la correlación marino-continental establecida en la localidad próxima de La Alberca (MEIN *et al.*, 1973) así como en el sector de Crevillente (DE BRUIJN *et al.*, 1975). Otro dato que confirma la correlación propuesta es el reconocimiento de los niveles marinos correspondientes a la transgresión del Plioceno dentro de la magnetozona correlacionada con el cron C3r. Las edades absolutas que se derivan de dicha correlación están basadas en la calibración astronómica de la ETPM de Krijgsman *et al.* (1999).

El registro sedimentario de la cuenca de Fortuna es singular entre las cuencas neógenas de las Cordilleras Béticas. En particular, la temprana restricción de la cuenca que llevó al desarrollo de ambientes evaporíticos tuvo lugar durante el Tortoniense superior (entre 7,9 y 7,6 m.a.). Por tanto, las formaciones evaporíticas de Fortuna no guardan relación alguna con la Crisis de Salinidad del Messiniense del Mediterráneo.

La evolución sedimentaria de la cuenca de Fortuna únicamente encuentra paralelismo en la cuenca vecina de Lorca, donde recientes estudios bioestratigráficos y magnetoestratigráficos también confirman una edad Tortoniense de sus formaciones evaporíticas (KRIJGSMAN *et al.*, 2000). La "Crisis de Salinidad Tortoniense" que afectó a las cuencas de Fortuna y Lorca fue originada por el levantamiento de las zonas internas béticas iniciado en el Tortoniense superior y que en la zona central de las Cordilleras Béticas produjo también el levantamiento y continentalización de las cuencas de

Guadix-Baza y Granada. A diferencia de otras cuencas Béticas, la cuenca de Fortuna continuó registrando una fuerte subsidencia, dando lugar a la acumulación de más de 600 m de sedimentos durante el Messiniense, y haciendo posible el registro en la cuenca de la transgresión marina al inicio del Plioceno.

El plegamiento de los sedimentos del Mioceno y Plioceno a lo largo del margen oriental de la cuenca, combinado con el reconocimiento paleomagnético de importantes rotaciones sinistras, evidencia un contexto durante el Plioceno de compresión N-S y movimiento de cizalla a lo largo de la falla de Alhama de Murcia, que culmina con la fase de levantamiento reciente de la cuenca y de sus márgenes.

EL TUROLIENSE MEDIO

Anteriormente al Messiniense, los niveles continentales de la cuenca de Fortuna están caracterizados por la presencia de elementos característicos del Turoliense medio (MN 12, Zona *Parapodemus barbarae* de WEERD, 1976). La localidad más característica es Casa del Acero, cerca de la sección de Chícamo (AGUSTÍ *et al.*, 1981; PONS-MOYÀ, 1987; AGUSTÍ, 1986; GARCÉS *et al.*, 2001). Esta fauna incluye un cierto número de elementos compartidos con otros yacimientos de la cuenca de Teruel, como Conclud o Aljezar B: *Hipparion concudense*, *Tragoportax gaudryi gaudryi* y *Metailurus acerensis*, entre otros. Entre los roedores, estas faunas del Turoliense aparecen dominadas por múridos y cricétidos, aunque su diversidad es característicamente baja (como mucho, no más de cinco especies de Muroidea por localidad): *Parapodemus barbarae*, *Occitanomys adroveri*, *Huerzelerimys turoliensis*, *Hispanomys adroveri*, *Cricetulodon meini*. Niveles correspondientes al Turoliense se encuentran también en las secciones de Chorrigo (CHO-307, con *Parapodemus barbarae*) y Librilla (BS-141, con *Hispanomys adroveri*).

El límite inferior de las faunas del Turoliense medio (MN 12, Zona *Parapodemus barbarae*) ha sido establecido en la cuenca de Teruel a 7,5 m.a. (KRIJGSMAN *et al.*, 1996). El nivel más reciente correspondiente al Turoliense medio es CHO-307, en la sección de Chorrigo, que se sitúa en el intervalo inverso justo después del cron C3Br.2n, alrededor de 7,4 m.a.

PRIMERAS FAUNAS DEL TUROLIENS SUPERIOR

El primer evento biológico entre las faunas de mamíferos del Messiniense, tal como ha sido registrado en la secuencia continua de Fortuna, comportó un cambio significativo entre las faunas de pequeños mamíferos. Entre los múridos, desaparece el género *Huerzelerimys*, mientras que dos nuevos géneros, *Apodemus* y *Stephanomys*, aparecen por vez primera. *Apodemus*, representado por *A. gudrunae*, es probablemente un descendiente in situ de *Parapodemus barbarae* (WEERD, 1976), por lo que su presencia no correspondería a un proceso de dispersión. Éste es también el caso de *Stephanomys* (*Stephanomys ramblensis*), cuyo origen probablemente haya que buscarlo en alguna población próxima a *Occitanomys adroveri*. Sin embargo, a diferencia de *Apodemus*, en este caso no se trata de un proceso de anagénesis sino más bien de un proceso de especiación cladogenético, ya que *Occitanomys* coexiste con *Stephanomys* en éste y en otros niveles posteriores.

Entre los cricétidos, en este momento se produce el recambio de los pequeños y arcaicos *Cricetulodon* y *Neocricetodon* por los más derivados *Apocricetus*. En este nivel también se produce el recambio de *Hispanomys* por *Ruscinomys*, una forma más derivada con molares más hipsodontos que la anterior. A diferencia de lo que ocurría con *Cricetulodon* y *Apocricetus*, en este caso no puede excluirse un proceso de evolución in situ a partir de la especie del Turolense medio *Hispanomys adroveri*.

Los primeros niveles con este tipo de faunas se encuentran en la cuenca de Fortuna en las secciones de Chorrito (CHO-17, CHO-29, CHO-33) y Sifón de Librilla (SIF-1, SIF-3), en torno a 6,9 y 6,7 m.a. (parte superior del cron C3Ar y base del cron C3An.2n). Por tanto, este evento faunístico se produjo en algún momento entre 7,3 m.a. (edad de la fauna más reciente del Turolense medio, CHO-307) y 6,8 m.a. Ello implica que el límite entre el Turolense medio y superior (coincidente con el límite entre las unidades mastológicas MN12-MN13) también coincide con el límite Tortoniense/Messiniense (situado a 7,2 m.a.).

Al final de esta fase se verifica la aparición del múrido *Castromys*, un evento que, aunque de corta duración, es altamente significativo. *Castromys* es un múrido de afinidades asiáticas cuyo origen parece próximo a *Parasaidomys afghanensis* de Dawrankhel 14

(Afganistán; BRANDY, 1979; AGUSTÍ y LLENAS, 1996). En la cuenca de Fortuna se encuentra representado en la sección de Salinas de Molina por *Castromys kowalskii*, una especie más derivada que *Castromys inflatus* de las cuencas de Teruel (MEIN *et al.*, 1989) y Crevillente (MARTÍN-SUÁREZ y FREUDENTHAL, 1994).

El evento *Paraethomys*

Un segundo evento altamente significativo en la cuenca de Fortuna es la dispersión del múrido *Paraethomys*. Este evento de dispersión fue identificado ya por Bruijn (1974) y Jaeger *et al.* (1975), quienes reconocieron el alcance zogeográfico del mismo. La evolución de *Paraethomys* fue adecuadamente trazada en el norte de África por Jaeger (1977), mientras que su presencia en España fue inicialmente reportada en Librilla, Caravaca y Guadix-Baza (JAEGER *et al.*, 1975). Debido a sus afinidades africanas, la primera aparición de *Paraethomys miocaenicus* en el sur de España fue interpretada como una consecuencia de la Crisis de Salinidad del Messiniense. *Paraethomys* presenta una distribución perimediterránea (JAEGER *et al.*, 1975) y, en este sentido, su dispersión es comparable a la de los primeros múridos del género *Progonomys* a principios del Mioceno superior. Sin embargo, hasta hace poco no se conocía la cronología exacta de este evento. Gracias a los trabajos magnetobioestratigráficos desarrollados en la cuenca de Fortuna, podemos afirmar que la entrada de *Paraethomys* en la Península Ibérica tuvo lugar dentro del cron C3An.1n, alrededor de 6,2 m.a. (GARCÉS *et al.*, 1998).

Asociada a la dispersión de *Paraethomys* se encuentra, muy probablemente, la entrada en la Península Ibérica de los camellos del género *Paracamelus*. *Paracamelus aguirrei* ha sido registrado en las secciones de Librilla en Fortuna y Venta del Moro en la cuenca del Gabriel (ALBERDI *et al.*, 1981; MORALES, 1984). En la sección de Librilla *Paracamelus aguirrei* aparece asociado a *Hipparion gromovae gromovae*, *Hipparion concudense*, *Parabos cf. cordieri*, Cervidae indet. y Suidae indet., en niveles correspondientes a la parte superior del cron C3An.1n (GARCÉS *et al.*, 1998). Los trabajos de magnetoestratigrafía desarrollados en Venta del Moro son, asimismo, consistentes con este resultado (OPDYKE *et al.*, 1990). *Paracamelus* es muy probablemente un inmigrante oriental que penetró en la Península Ibérica desde el norte de África (PICKFORD *et al.*, 1994). Así pues, la presencia de

Paraethomys y *Paracamelus* en niveles messinienses del sur de España puede ser explicada por un mismo evento de dispersión desde el sur del Mediterráneo.

Otra dispersión que podría estar asociada al mismo evento es la entrada del pequeño hipopótamo *Hexaprotodon crusafonti*, que se encuentra en la sección Salinas de Molina asociado a *Paraethomys*. Este elemento es conocido de otras localidades del Levante español, como Arenas del Rey en la cuenca de Granada o Venta del Moro en la cuenca del Cabriel (MORALES, 1984). Como se ha señalado, la cronología de Venta del Moro (OPDYKE *et al.*, 1990) es congruente con la edad de la primera aparición de *Paraethomys* en la cuenca de Fortuna, esto es, dentro del cron C3An.1n, hacia 6,2 m.a. Como en el caso de *Paraethomys* y *Paracamelus*, *Hexaprotodon* probablemente colonizó el sur de la Península Ibérica desde África, formando parte del mismo evento de dispersión.

Por tanto, hacia 6,2 m.a., en la parte superior del cron C3An.1n, se registra un significativo evento de dispersión que dio lugar a la entrada de elementos africanos en la Península Ibérica (*Paraethomys miocaenicus*, *Paracamelus aguirrei*). Similarmente, era conocida la existencia de intercambios en sentido inverso, de Europa hacia África, que permitiría explicar la presencia en el norte de África de roedores típicos del Turoliense superior europeo: *Apodemus*, *Apocricetus* y *Eliomys* en Ain-Guettara (Morocco; BRANDY y JAEGER, 1980) y *Ruscinomys*, *Stephanomys* y *Castillomys* en Argoub Kemellal (Algeria; COIFFAIT *et al.*, 1985). Sin embargo, hasta no hace mucho poca era la información existente sobre la edad precisa de este tipo de faunas. Los trabajos desarrollados en la cuenca de Ait Kandoula Basin, en el norte de Marruecos, permitieron a Benammi *et al.* (1996) situar este evento de dispersión en el cron C3An.1n. Esta correlación es coincidente con la obtenida por Garcés *et al.* (1998) en la cuenca de Fortuna para la entrada en el sur de España de *Paraethomys* y *Paracamelus*. Ello implica que hacia 6,2 m.a. los intercambios entre África y España tuvieron lugar en las dos direcciones. Sin embargo, este evento de dispersión precede en más 200.000 años el inicio de la Crisis de Salinidad Messiniense hace 5,96 m.a. Por tanto, tuvo que haberse producido una restricción significativa del flujo entre el Mediterráneo y el Atlántico bastante antes de la deposición de las primeras evaporitas correspondientes a la primera fase de desecación.

Entrada de *Gerbillidae* en la Península Ibérica

Además de la entrada de *Paraethomys*, *Paracamelus* y *Hexaprotodon*, uno de los principales eventos faunísticos que ha sido relacionado con la Crisis de Salinidad del Messiniense es la dispersión de gerbílidos en la Península Ibérica. Los gerbílidos son roedores subdesérticos que actualmente pueblan las estepas cálidas del norte de África y Asia sur-occidental. En la Península Ibérica, se encuentran pobremente representados en diversas localidades del Rusciniense inferior del sur de España (Caravaca, Gorafe 1; BRUIJN, 1974), habiendo sido clásicamente interpretados como elementos de origen africano que penetraron en la Península Ibérica durante el Messiniense al mismo tiempo que *Paraethomys* y *Paracamelus*. Este escenario quedó reforzado gracias al descubrimiento de algunas localidades cársticas de esta edad que a su vez presentaban otros elementos africanos como los cricétidos de la familia Myocricetodontinae *Myocricetodon* o *Calomyscus*, asociados a gerbílidos como *Debruijnimys* y *Pseudomeriones*. Este es el caso, por ejemplo, de Salobreña (AGUILAR *et al.*, 1983) y Almenara M (=Casablanca M; AGUSTÍ & GALOBART, 1986; AGUSTÍ, 1990). Ahora bien, dada su naturaleza cárstica, la cronología exacta de estas localidades con microfauna africana quedó en suspenso durante años. Con los nuevos datos obtenidos en la cuenca de Fortuna, por fin ha sido posible llegar a una conclusión sobre estas faunas.

A diferencia de *Paratehomys*, *Paracamelus* y *Hexaprotodon*, los gerbílidos se encuentran ausentes a lo largo de toda la secuencia Messiniense de Fortuna, anterior a la incisión producida por la Crisis de Salinidad. En la cuenca de Fortuna, como en otras cuencas béticas, los potentes paquetes evaporíticos que afloran por encima de la secuencia marina tortoniense fueron clásicamente relacionados con la Crisis de Salinidad del Messiniense. Sin embargo, tal como han demostrado Krijgsman *et al.* (2000), las formaciones evaporíticas de las cuencas de Lorca y Fortuna se depositaron bastante antes del inicio de la crisis de salinidad, siendo en realidad de edad Tortoniense. Los trabajos desarrollados durante estos años en la cuenca de Fortuna han permitido a Garcés *et al.*, (2001) identificar los niveles correspondientes a la Crisis de Salinidad del Messiniense en la forma de un potente paquete fluvial que aflora en las secciones de Sifón de Librilla y Chorrillo. Una pequeña cuña marina de edad Plioceno

basal corona estas series, indicando el retorno del Mediterráneo a las condiciones marinas normales.

El primer registro continental en la serie de Sifón de Librilla se encuentra inmediatamente por encima de esta cuña marina. A pocos metros de potencia de ella se encuentra el nivel Sifón 413, que registra la primera presencia de gerbílidos en la cuenca. Parece altamente improbable que roedores de tipo subdesértico como los gerbílidos alcanzasen la Península Ibérica desde África durante la transgresión pliocénica, por lo que su presencia en el Plioceno basal de Fortuna estaría más bien ligada a la propia Crisis de Salinidad del Messiniense y a la desecación y extensión de condiciones subdesérticas en la cubeta mediterránea occidental. El hecho de que la dispersión de estos gerbílidos se encuentre registrada únicamente en yacimientos miocénicos de origen cárstico como Salobreña o Almenara-M puede ser explicada fácilmente por efecto del régimen erosivo que a nivel continental se observa durante la Crisis de Salinidad del Messiniense, lo que conllevaría la ausencia de niveles fluvio-lacustres de esa edad en las Béticas. La dispersión de los gerbílidos en la parte final del Messiniense, posteriormente, por tanto, a la migración de *Paraethomys* y *Paracamelus*, explica asimismo que, con frecuencia, estos roedores se encuentren en el sur de España en niveles del Plioceno inferior (Rusciniense) y no en los niveles del Turoliense superior correspondientes al Messiniense pre-evaporítico. Tras su entrada, los gerbílidos persistieron en el sur de España hasta el Plioceno medio (Asta Regia; CASTILLO y AGUSTÍ, 1996).

CONCLUSIONES

Gracias a los trabajos desarrollados en la cuenca de Fortuna, por primera vez, es posible establecer una secuencia detallada de los eventos que se han sucedido en las faunas de mamíferos del límite Mioceno-Plioceno en el Mediterráneo occidental. Un primer evento se produjo próximo al límite Tortoniense/Messiniense hace 7,2 m.a. Este evento implicó un significativo recambio faunístico entre las faunas de pequeños mamíferos de la superfamilia Muroidea (múridos y cricétidos), el cual comportó un aumento de la diversidad de este grupo.

Un segundo evento, alrededor de hace 6,2 m.a., registra los primeros intercambios entre la Península Ibérica y el norte de África. Entre los micromamíferos, el evento más significativo es la dispersión circum-medite-

rránea del múrido *Paraethomys*. Los intercambios África-Iberia también afectaron a los grandes mamíferos, como lo prueba la presencia del camélido *Paracamelus* en diversos yacimientos del sur de España. Por su parte, roedores de origen europeo aparecen por esta época también en el norte de África. Estos datos indican que 200.000 años antes de la Crisis de Salinidad del Messiniense se produjo ya una significativa restricción de la conexión entre el Atlántico y el Mediterráneo, que permitió los intercambios mencionados.

Un tercer evento entre las faunas de mamíferos se produjo al hilo de la Crisis de Salinidad Messiniense, entre 5,96 y 5,33 m.a., inmediatamente antes de la transgresión pliocénica. Este evento consiste en la dispersión hacia el norte de roedores típicos de los ambientes subdesérticos africanos, como es el caso de los gerbílidos. Dado el carácter erosivo de la Crisis de Salinidad Messiniense en el medio terrestre, este evento ha quedado muy raramente registrado en los depósitos continentales de esta edad (Salobreña, Almenara M), de manera que la presencia de gerbílidos se concentra en yacimientos del Plioceno inferior (Sifón 413, Alcoy, Gorafe 1 and 4). Los gerbílidos persistieron en el sur de la Península Ibérica hasta bien entrado el Plioceno medio (Asta Regia, en la cuenca de Jerez; CASTILLO y AGUSTÍ, 1996).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto BOS2001-1044 de la DGICYT. Las medidas paleomagnéticas fueron realizadas en el Laboratorio de Paleomagnetismo (CSIC-Universidad de Barcelona) del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, J. P.; BRANDY, L. D. y THALER, L. (1984): "Les Rongeurs de Salobreña (Sud de l'Espagne) et le problème de la migration messinienne", *Paleobiologie continentale* 14 (2), pp. 3-17.
- AGUSTÍ, J. (1986): "Nouvelles espèces de cricétids vicariantes dans le Turolien moyen de Fortuna (prov. Murcia, Espagne)". *Geobios* 19 (1), pp. 5-11, 2 pl. Lyon.
- AGUSTÍ, J. (1990): "The Miocene Rodent Succession in Eastern Spain: a zoogeographical appraisal, in Lindsay, Fahlbusch & Mein", *European Neogene Mammal Chronology*, Plenum Press, pp. 375-404. New York.

AGUSTÍ, J. (1991): "Gerbilidés fossiles d'Europe occidentale", en Le Berre & Guelte: *Le Rongeur et l'Espace*, pp. 177-182. Ed. R. Chabaud. París.

AGUSTÍ, J. y GALOBART, A. (1986): "La sucesión de micromamíferos en el complejo cárstico de Casablanca (Almenara, Castellón): problemática biogeográfica". *Paleont. Evol.*, 20, pp. 57-62.

AGUSTÍ, J. y LLENAS, M. (1996): "The late Turolian murid rodent succession in eastern Spain". *Acta Zool. Cracov.* 39 (1), pp. 47-56. Krakow.

AGUSTÍ, J.; CABRERA, L.; GARCÉS, M.; KRIJGSMAN, W.; OMS, O. y PARÉS, J. M. (2001): "A calibrated mammal scale for the Neogene of Western Europe. State of the Art". *Earth Science Reviews*, 52, pp. 247-260.

AGUSTÍ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S.; GIBERT, J.; GUILLÉN, J. y LABRADOR, M. (1985): "Nuevos datos sobre la bioestratigrafía del Neógeno continental de Murcia", *Paleontología i evolució*, 18, pp. 83-95.

ALBERDI, M.; MORALES, J.; MOYÀ, S. y SANCHIZ, B. (1981): "Macrovertebrados (Reptilia y Mammalia) del yacimiento finimioceno de Librilla (Murcia)". *Est. Geol.*, 37, pp. 307-312.

BENAMMI, M.; CALVO, M.; PRÉVOT, M. y JAEGER, J. J. (1996): "Magnetostratigraphy and paleontology of Aït Kandoula basin (High Atlas, Morocco) and the African-European late Miocene terrestrial fauna exchanges". *Earth Planet. Scien. Letts.*, 145, pp. 15-29.

BRANDY, L. D. y JAEGER, J. J. (1980): "Les échanges de faunes terrestres entre l'Europe et l'Afrique nord-occidentale au Messinien". *C.R.Acad. Sc. Paris*, 291, pp. 465-468.

BRUIJN, H. DE (1974): "The Ruscinian rodent succession in Southern Spain and its implications for the biostratigraphic correlation of Europe and North Africa". *Senckenbergiana Lethaea*, 55, pp. 435-443.

BRUIJN, H. DE; MEIN, P.; MONTENAT, C. y VAN DE WEERD, A. (1975): "Corrélations entre les gisements de rongeurs et les formations marines du Miocène terminal d'Espagne méridionale", *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.*, 78, pp. 1-32.

CASTILLO, C. y AGUSTÍ, J. (1996): "Early Pliocene rodents (Mammalia) from Asta Regia (Jerez basin, Southwestern Spain)". *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.* 99 (1-2), pp. 25-43. Utrecht.

COIFFAIT, B.; COIFFAIT, P. E. y JAEGER, J. J. (1985): "Découverte en Afrique du Nord des genres

Stephanomys et *Castillomys* (Muridae) dans un nouveau gisement de microvertébrés néogènes d'Algérie orientale: Argoub Kemellal". *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.*, 88 (2), pp. 167-183. Utrecht.

CRUSAFONT, M.; ADROVER, R. y GOLPE, J. M. (1964): "Découverte dans le Pikermien d'Espagne du plus primitif des hippopotames: *Hippopotamus (Hexaprotodon) primaevus* n. sp.", *C.R.Acad. Sc. Paris*, 258, pp. 1572-1575.

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), pp. 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, pp. 199-217.

JAEGER, J. J. (1977): "Les Rongeurs du Miocène moyen et supérieur du Maghreb". *Palaeovertebrata* 8 (1), pp. 1-166. Montpellier.

JAEGER, J. J.; MICHAUX, J. y TAHLER, L. (1975): "Présence d'un rongeur muridé nouveau, *Paraethomys miocaenicus* n. sp., dans le Turolien supérieur du Maroc et d'Espagne. Implications paléogéographiques". *C.R.Acad. Sc. Paris*, 280, pp. 1673-1676.

KRIJGSMAN, W.; GARCÉS, M.; AGUSTI, J.; RAFFI, I.; TABERNER, C. y ZACHARIASSE, W. J. (2000): "The Tortonian salinity crisis of the eastern Betics (Spain)". *Earth Planet. Scien. Letts.*, 181, pp. 497-511.

KRIJGSMAN, M.; GARCÉS, M.; LANGEREIS, C. G.; DAAMS, R.; DAM, J. VAN; MEULEN, A.; VAN DER, AGUSTÍ, J. y CABRERA, L. (1996): "A new chronology for the middle to late Miocene continental record in Spain". *Earth Planet. Sci. Lett.*, 142, pp. 367-380.

LUKOWSKI, P. (1987): *Evolution tectonosédimentaire du bassin Neogene de Fortuna (Cordillères bétiques orientales, Espagne)*. PhD Thesis Université de Paris Sud, 403 pp.

MEIN, P.; ADROVER, R. y MOISSENET, E. (1990): "Biostratigraphie du Néogène supérieur du bassin de Teruel". *Paleont. Evol.*, 23, pp. 121-139.

MEIN, P.; BIZON, G.; BIZON, J. J. y MONTENAT, C. (1973): "Le gisement de Mammifères de La Alberca (Murcia, Espagne méridionale). Corrélations avec les formations marines du Miocène terminal", *C. R. Acad. Sci. Paris, Série D* 276, pp. 3077-3080.

MONTENAT, C. (1973): *Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol (Provinces d'Alicante et de Murcia)*, PhD Thesis Université d'Orsay, 1170 pp.

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, pp. 679-696.

ORTÍ, F.; GARCÍA-VEIGAS, J.; ROSELL, L.; ROUCHY, J. M.; INGLÈS, 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, pp. 98-101.

OPDYKE, N.; MEIN, P.; MOISSENET, E.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; LINDSAY, E. y PETKO, M. (1990): "The magnetic stratigraphy of the late Miocene sediments of the Cabriel Basin, Spain", en Lindsay, Fahlbusch & Mein: *European Neogene Mammal Chronology*, Plenum Press, pp. 507-514. New York.

PLAYÀ E.; DINARÈS-TURELL, J.; ORTÍ, F.; GOMIS, E. y ROSELL, L. (1999): "Datación magnetoestratigráfica de las evaporitas de la cuenca neógena de Fortuna (Murcia)", *Geogaceta*, 25, pp. 163-166

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, Universitat de Barcelona, 722 pp.

SIERRO, F. J.; FLORES, J. A.; CIVIS, J.; ZAMARREÑO, I.; VÁZQUEZ, A.; SANTISTEBAN, C. y PORTA, J. (1992): "Las margas de Fortuna: Bioestratigrafía y caracterización paleoceanográfica", *III Congr. Geol. España*, pp. 222-226.