

VENTA DEL MORO: UN YACIMIENTO CLAVE PARA CONOCER LA HISTORIA DEL LÍMITE MIO-PLIOCENO EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA

Jorge MORALES¹, Plinio MONTOYA² y Juan ABELLA¹

¹ Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid.

² Departament de Geologia, Universitat de València. Doctor Moliner 50, 46100 Burjassot.

INTRODUCCIÓN

El final del Mioceno en el dominio mediterráneo estuvo marcado por importantes eventos geológicos que tuvieron una importancia decisiva en la evolución de los ambientes continentales de la Península Ibérica. De forma generalizada, la denominada “Crisis de Salinidad del Mediterráneo” ha sido vista como el epicentro de gran parte de estos acontecimientos, tales como el aislamiento del Mediterráneo, descenso generalizado del nivel del mar, fases orogénicas, glaciación, y la consiguiente respuesta en el clima y las asociaciones orgánicas; ver Aguirre (2003) para un excelente resumen de esta crisis global. En este escenario, los yacimientos continentales del área mediterránea de la Península Ibérica poseen una gran relevancia; por una parte, es una de las pocas zonas en las que existe una importante documentación fósil que cubre el lapso de tiempo comprendido entre el final del Mioceno y el comienzo del Plioceno (ca 7 a 4 Ma); por otra parte algunos de los yacimientos de este periodo muestran una gran diversidad y riqueza. Entre éstos destaca el yacimiento de Venta del Moro (Valencia), sin duda una de las fuentes documentales más importante para la investigación de este extraordinario periodo de la historia geológica del Mediterráneo.

LA CRISIS DE SALINIDAD DEL MEDITERRÁNEO

La literatura dedicada al final del Mioceno en el ámbito mediterráneo ha crecido sustancialmente desde los años 70 del siglo pasado, cuando se puso en evidencia la magnitud de este acontecimiento. Durante el Mesiniense (último piso mari-

no del Mioceno) se produjo la denominada Crisis de Salinidad, producto de una fuerte bajada del nivel del mar en el Mediterráneo, cuyos resultados fueron el depósito de enormes cantidades, hasta 1 millón de Km³, de materiales evaporíticos (yeso y halita) por debajo del nivel medio del océano (Ryan, 2009). Las causas del aislamiento del Mediterráneo, o su desconexión del océano Atlántico, fueron consecuencia de movimientos de convergencia entre África y la Península Ibérica, combinados con caídas glacioeustáticas del nivel del mar (Hallan, 1994). Según Hsü *et al.* (1973, 1977) el proceso de formación de depósitos gigantes de evaporitas, consecuencia de la mencionada desecación, fue sólo uno de los acontecimientos de esta crisis, que también habría afectado de forma general al paisaje mediterráneo, al clima regional y mundial y a la evolución y distribución de plantas y animales. Una síntesis general sobre la Crisis de Salinidad mesiniense puede verse en Krijgsmann *et al.* (1999). El aumento de los procesos erosivos al bajar el nivel de base del Mediterráneo, y la exposición del suelo mediterráneo, pudo contribuir a un clima más árido y frío en el área circunmediterránea con un aumento de la vegetación de tipo sabana. Es posible que una de las consecuencias de esta crisis fuese la conexión temporal entre África a Europa. Sin embargo, como veremos más adelante, las consecuencias de esta unión, en términos de intercambio faunístico, son todavía oscuras. Es evidente que las vías de conexión, si existieron, fueron limitadas. El Mediterráneo parcialmente desecado pudo haber actuado a modo de barrera, tanto geográfica como ecológica; es decir, habría funcionado como un filtro, en el sentido de Simpson. Por otra parte, ni la fauna europea ni la africana eran endémicas durante el Mioceno, puesto que periódicamente

sufrieron migraciones entre sí y con Asia; de manera que sus faunas debían poseer unos niveles de adaptación similares, e incluso es probable que padecieran las consecuencias del mencionado cambio climático de forma similar.

EL YACIMIENTO FINIMIOCENO DE VENTA DEL MORO (VALENCIA)

Venta del Moro es uno de los yacimientos clave para el conocimiento de los ambientes continentales del límite Mio-Plioceno. El yacimiento fue dado a conocer por Aguirre *et al.* (1973) y Robles (1974). Desde 1970 hasta 1980 fue excavado por investigadores del Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC (Morales, 1975; Morales & Aguirre, 1976; Morales *et al.*, 1980; Matthisen & Morales, 1981; Morales, 1984; Robles *et al.*, 1991). Después de una larga pausa, las excavaciones fueron reanudadas en el otoño de 1995 por investigadores del Departamento de Geología (Área de Paleontología) de la Universitat de València, en colaboración con el Departamento de Paleobiología del Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC (Madrid). Hasta el presente se han realizado 16 campañas (una por año desde 1995 al 2010) con el resultado de una de las mejores colecciones paleontológicas del Cenozoico continental de la Península Ibérica (Marín & Montoya, 1996; Marín, 2000; Montoya *et al.*, 2002, 2006, 2008; Pesquero *et al.*, 2007). Un resumen general, incluyendo información sobre la geología, tafonomía y biocronología del yacimiento puede encontrarse en Montoya *et al.* (2006).

LA ASOCIACIÓN FÓSIL DE VENTA DEL MORO

Conforme han ido progresando las labores de excavación y muestreo, la lista faunística del yacimiento ha experimentado un notable incremento en el conjunto de taxones representados, alcanzando en el presente un número superior a las 100 especies. Se han recuperado abundantes restos fósiles de foraminíferos, ostrácodos (al menos 7 especies), crustáceos decápodos, moluscos (más de 20 especies), dientes y otolitos de peces (más de 30 especies), cocodrilos (al men-

os una especie), tortugas (3 especies, una de ellas gigante), serpientes (quizás dos especies), otros reptiles, algún resto de ave, insectívoros (5 especies), ratones (4 especies), hamsters (3 especies), lirones, ardillas, ardillas voladoras, puercoespines, castores y conejos, cada uno de estos cinco últimos grupos representado por una sola especie. Además, los grandes mamíferos, sin duda los fósiles más llamativos del yacimiento, están representados por 26 especies, distribuidas entre primates, carnívoros (úrsidos, cánidos, mustélidos, hiénidos y félidos), rinocerótidos, équidos, suidos, hipopotámidos, camélidos, cérvidos, bóvidos y proboscídeos. Cinco de estas especies han sido, por el momento, definidas en el yacimiento: el cánido *Eucyon debonisi* Montoya, Morales & Abella, 2009, el úrsido *Agriotherium roblesi* Morales & Aguirre, 1976, el camélido *Paracamelus aguirrei* Morales, 1984 y los bóvidos *Parabos soriae* Morales, 1984 y *Tragoportax ventiensis* (Morales, 1984) (Fig. 1). Por otro lado, desde un punto de vista paleobotánico, el afloramiento es muy rico en restos de polen, carofitas y macroflora.



Fig. 1: fragmento craneal con cuernos del bóvido *Tragoportax ventiensis*

A continuación se presenta la lista faunística actualizada de los mamíferos de Venta del Moro, compuesta por más de 40 especies (en negrita se señalan los taxones definidos en el yacimiento).

- Orden Insectivora
 Familia Erinaceidae
Parasorex ibericus (Mein & Martín Suárez, 1993)
 Familia Talpidae
Archaeodesmana sp.
Desmanella sp.
 Familia Soricidae
Paenelimnoecus sp.
Soricinae indet.
- Orden Lagomorpha
 Familia Ochotonidae
Prolagus michauxi López Martínez, 1975
- Orden Rodentia
 Familia Castoridae
Dipoides problematicus Schlosser, 1902
 Familia Gliridae
Eliomys truci Mein & Michaux, 1970
 Familia Sciuridae
Atlantoxerus sp.
 Familia Petauristidae
Pliopetaurista sp.
 Familia Cricetidae
Ruscinomys schaubi Villalta & Crusafont, 1956
Neocricetodon seseae? Aguilar, Calvet & Michaux, 1995
Apocricetus alberti Freudenthal, Mein & Martín Suárez, 1998
 Familia Muridae
Stephanomys dubari Aguilar, Michaux, Bachelet, Calvet & Faillat, 1991
Occitanomys alcalai Adrover, Mein & Moissenet, 1993
Apodemus gudrunae Van de Weerd, 1976
Paraethomys meini (Michaux, 1969)
 Familia Hystricidae
Hystrix depereti? Sen, 2001
- Orden Primates
 Familia Cercopithecidae
Mesopithecus pentelicus Wagner, 1839
- Orden Carnivora
 Familia Ursidae
Agriotherium roblesi Morales & Aguirre, 1976
- Familia Mustelidae
Plesiogulo monspessulanus Viret, 1939
Promephitis alexejevi Schlosser, 1924
Lutra affinis Gervais, 1859
Martes n. sp.
- Familia Canidae
Eucyon debonisi Montoya, Morales & Abella, 2008
- Familia Hyaenidae
Thalassictis aff. *hyaenoides* (Zdansky, 1924)
- Familia Felidae
Felis n. sp.
Fortunictis? sp.
Paramachairodus maximiliani (Zdansky, 1924)
Amphimachairodus giganteus (Wagner, 1848)
- Orden Proboscidea
 Familia Gomphotheriidae
Anancus arvernensis (Croizet & Jobert, 1828)
- Orden Perissodactyla
 Familia Rhinocerotidae
Dihoplus schleiermacheri (Kaup, 1832)
 Familia Equidae
Hipparion primigenium (V. Meyer, 1829)
Hipparion matthewi (Abel, 1926)
Hipparion matthewi ssp.
- Orden Artiodactyla
 Familia Hippopotamidae
Hexaprotodon crusafonti (Aguirre, 1963)
 Familia Suidae
Propotamochoerus provincialis (Gervais, 1859)
 Familia Camelidae
Paracamelus aguirrei Morales, 1984
 Familia Cervidae
Pliocervus sp.
Croizetoceros aff. *pyrenaicus* (Depéret, 1890)
 Familia Bovidae
Bovidae indet.
Tragoportax gaudryi (Kretzoi, 1941)
Tragoportax ventiensis (Morales, 1984)
Parabos soriae Morales, 1984

DATACIÓN DE LA FAUNA DE VENTA DEL MORO

La heterogeneidad de las faunas agrupadas en la biozona MN 13 fue reconocida por Morales (1986), que veía la existencia de dos asociaciones faunísticas diferentes. Dam (1997) ha reorganizado la biozonación del Neógeno de la fosa de Teruel, definiendo una zona local M, equivalente sensu lato a la MN 13, con tres subzonas (M1, M2 y M3). La zona M es definida por la presencia del múrido *Stephanomys ramblensis*, estando además caracterizada por la primera aparición de los géneros de roedores *Apodemus* y *Cricetus*. La alta diversificación del género *Hipparion*, con hasta tres especies en los yacimientos con macromamíferos sería otra de las características de esta zona (Daams *et al.* 1998). La subzona M1 se identifica por la aparición de los taxones anteriormente mencionados, la subzona M2 está caracterizada por un importante cambio en la composición de las asociaciones de roedores, así como por la aparición de *Pliocervus* y de *Lutra*. Estas dos subzonas son reconocidas en la fosa de Teruel, mientras que la M3, caracterizada por la aparición de numerosos taxones de grandes mamíferos (*Croizetocerus*, *Parabos*, *Paracamelus*, *Propotamochoerus*, *Agriotherium*) y del múrido *Paraethomys*, estaría representada por la fauna de Venta del Moro. Según Daams *et al.* (1998), el límite inferior de la biozona M se situaría ca. 6,8 Ma, de acuerdo con los patrones de polaridad paleomagnética de la parte superior de la sección de El Bunker (Teruel). Algunos trabajos recientes, casi simultáneos, han tratado en profundidad la datación de las faunas del final del Mioceno de España; Made *et al.* (2006) han estudiado el registro continental español de esta época, aceptando para Venta del Moro la edad de 5,8 Ma propuesta por Opdyke *et al.* (1997). Dam *et al.* (2006), en un marco general para el Mioceno español, introducen modificaciones importantes; por una parte rebajan el comienzo de la biozona M a los 7 Ma; por otra incluyen una nueva subzona con *Celadensia* (Ce) para la parte final del

Mioceno superior, entre la fauna de Venta del Moro (M3) con edad máxima de 6.0 Ma, y el comienzo del Plioceno. Una datación similar es indirectamente avalada por Agustí *et al.* (2006) que sitúan a Venta del Moro entre el comienzo del cron C3An (6,2 Ma) y el comienzo de la Crisis de Salinidad del Mediterráneo (5,96 Ma). Aunque el rango de edad aceptado para Venta del Moro es relativamente pequeño (entre 6,2 Ma y 5,8 Ma), tiene importancia de cara a su relación con la desecación del Mediterráneo. Para Agustí *et al.* (2006) la fauna de Venta del Moro es anterior a la crisis, y se correlacionaría con la entrada de *Paraethomys* y *Paracamelus* en la sección de Librilla, datada por paleomagnetismo en unos 6,1 Ma (Garcés *et al.*, 1998). En cambio, para Made *et al.* (2006) es la transición entre las faunas de la M1/M2 la que sería anterior a la formación de las evaporitas, mientras que las faunas de la M3, o al menos gran parte de ellas, incluida Venta del Moro, serían contemporáneas con la formación de las primeras evaporitas, es decir, con el inicio de la crisis.



Fig. 2: mandíbula del oso *Agriotherium roblei*, durante la fase de preparación.

LAS FAUNAS DE MAMÍFEROS FINIMIOCENAS DE ESPAÑA

Las faunas de mamíferos del final del Mioceno están ampliamente extendidas en España (Made *et al.*, 2006), en particular en el dominio Bético (cuencas de Granada y de Fortuna), en la cuenca levantina del Cabriel y en la Fosa de Teruel, además de algunos yacimientos cársicos en Castellón (Almenara M, en el comple-

jo cárstico de Almenara) y en la cuenca del Tajo (Algora). De forma general todos estos yacimientos finimiocenos españoles han sido incluidos en la biozona MN 13.

La peculiar composición de estas faunas de mamíferos continentales, bien diferentes de las típicas del Turoliense, llevó a Aguirre *et al.* (1976) a proponer una edad de mamíferos propia para ellas, el Ventiense, con la localidad de referencia de Venta del Moro (Valencia), que abarcaría el espacio de tiempo comprendido entre la aparición del múrido *Apodemus*, hasta la aparición de los microtininos (*Arvicolidae*), aproximadamente entre los 6,5 Ma hasta los 4 Ma, equivalente a los pisos marinos Mesiniense y Tabaniense. Alberdi *et al.* (1977) precisan la extensión del Ventiense de forma diferente: “Esta edad corresponde en la escala cronoestratigráfica marina al Mesiniense en base a los yacimientos de La Alberca y Librilla. La Alberca se encuentra en arenas y areniscas marinas del Mioceno terminal (Mesiniense), datadas por foraminíferos planctónicos. Librilla en capas margosas lacustres situadas por encima del Tortoniense superior marino y por debajo de conglomerados continentales, indirectamente infradatados en 6,5 Ma por el complejo volcánico de Barqueros”. Entre estas faunas se sitúan los yacimientos de Venta del Moro, Arquillo y Alcoy-barranco. Como límite superior sitúan estos autores el Rusciniense sin otro tipo de precisión. Actualmente, el volcán de barqueros es considerado algo más antiguo, datado en 6,9 Ma (Aguirre, 2003). Para Morales (1984) existiría una dificultad real en designar este conjunto de faunas como Turoliense, puesto que esta edad poseería un tipo de fauna perfectamente fijado en todo el área circummediterránea. Por otra parte, la fauna el Ventiense no se relaciona más con las del Turoliense que con las del Rusciniense, en realidad es una “mezcla” de ambas. Para este autor el origen de la fauna Ventiense sólo podría explicarse por la desecación del Mediterráneo, que habría abierto un corredor entre los tres continentes (África, Asia y Europa) facilitando las migraciones. De forma que la edad de Mamíferos Ventiense quedaba ple-

namente justificada. Algo más tarde Alberdi & Bonadonna (1988) apoyaban la validez del Ventiense, pero con escaso éxito, tal y como señalan Montoya *et al.* (2006). No obstante, el Ventiense tiene una potente base argumental, ya que como Edad de Mamíferos, al menos en Europa Occidental, está caracterizado por una asociación faunística muy diferente de la típica del Turoliense (MN 11-12) y de asociaciones plenamente Pliocenas del Rusciniense terminal (MN 15)-Villafranquiense (MN 16-17).

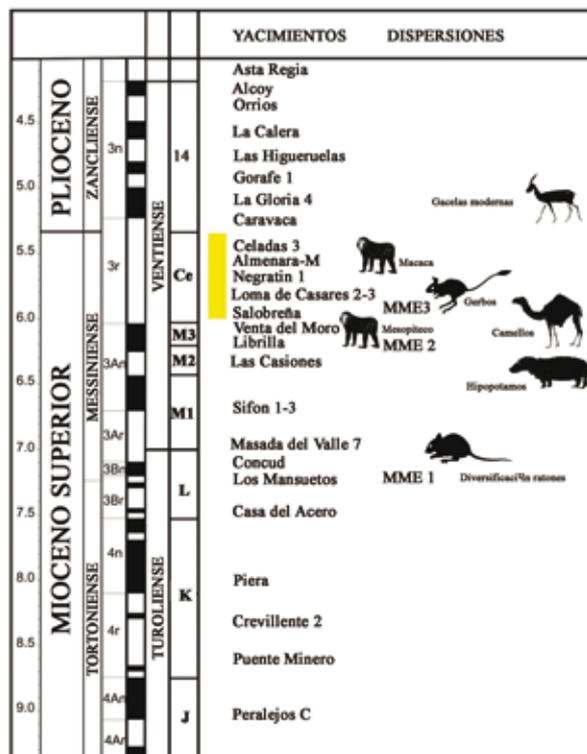


Fig. 3: Cronología de los principales yacimientos españoles del Mioceno final y principios del Plioceno, en relación con los eventos de dispersión de faunas. Se indica la posición del Ventiense y, en amarillo, la duración de la Crisis de Salinidad del Mediterráneo.

BIOGEOGRAFÍA DE LAS FAUNAS DE MAMÍFEROS FINIMIOCENAS: EL PROBLEMA DE LAS MIGRACIONES AFRICA-EUROPA

La conexión de África con Europa, desde un punto de vista de intercambio faunístico, es una idea bastante antigua, ya formulada por

Crusafont (1958) en su célebre trabajo sobre el endemismo de la paleofauna ibérica, en el que proponía la existencia de una conexión entre África y Europa durante el Mioceno final. Posteriormente, con el descubrimiento de roedores africanos en algunas faunas españolas, se vuelve a hablar de una posible vía migratoria entre ambos continentes (Bruijn, 1973, 1974; Jaeger *et al.*, 1975, 1977; Brandy & Jaeger, 1980), sugerencia también apoyada por la presencia de hipopótamos fósiles en el área mediterránea (Azzaroli & Guazzone, 1980), o por la presencia en África de formas de *Hipparion* semejantes a las españolas (Forsten, 1978). Thomas (1979) también encuentra datos del cruce del Mediterráneo N-S para *Miotragocerus* y S-N para un posible (y nunca confirmado) Reduncinae. Es interesante la interpretación que hace este autor sobre la existencia de una barrera ecológica en la cintura sub-sahariana que habría limitado, e incluso impedido, los intercambios latitudinales durante el Mioceno. Algunos autores, como Jaeger *et al.* (1975), han interpretado la presencia de algunos roedores en ambos continentes, caso de *Paraethomys*, como un poblamiento simultáneo de las dos riberas del Mediterráneo vía Asia (Oriente medio). Otros, como Brandy & Jaeger (1980), apoyaban la existencia de un intercambio directo África-Europa, pero de corta duración. Jaeger & Hartenberger (1989) han visto como muy limitados los intercambios faunísticos mesinienses entre el suroeste europeo y el noroeste africano, que en cualquier caso no habrían afectado de un modo intenso la dinámica faunística general, extinguiéndose rápidamente los grupos inmigrantes alóctonos. Agustí (1989) ha argumentado la relación de estos intercambios con las fluctuaciones entre los límites de las áreas biogeográficas y, en particular, con la expansión hacia el norte de los límites entre las bioprovincias mediterráneas. Pickford & Morales (1994) han ido en esta misma dirección, pero incluyendo dichos cambios faunísticos en un contexto global. Geraads (1998), en su análisis sobre las relaciones de las asociaciones de roedores Mio-Pliocenas del norte de África, postula la existencia de una provincia de micromamíferos

mediterránea, que incluiría Francia, península Ibérica, Norte de África, Grecia y Turquía. Las faunas de micromamíferos del Norte de África mostrarían una mayor cercanía con las de la Península Ibérica, pero esta similaridad sería más debida a una tendencia general, iniciada en el Mioceno medio, que a un fenómeno repentino. Según dicho autor esta tendencia alcanza su clímax en el límite Mioceno-Plioceno y, con posterioridad, las faunas del Norte de África dirvergen otra vez de las de España. La edad y duración de la fase de intercambio mostraría que no se encuentra estrictamente relacionada con la Crisis Mesiniense. Geraads (1998) concluye que, visto en conjunto, el Mio-Plioceno es más un periodo de solapamiento gradual de regiones zoogeográficas que de rupturas súbitas de barreras y establecimiento de corredores. Costeur *et al.* (2007), a partir de análisis basados en cenogramas y riqueza específica de múridos, postula la inexistencia de cambios significativos de clima o ambiente para las faunas perimediterráneas de esta época. Agustí *et al.* (2006) revisan los intercambios entre África y la Península Ibérica para los mamíferos de esta época, tomando como base el registro de la importante cuenca de Fortuna (Murcia), comprendido entre los 7,6 y 4,5 Ma, y que cubre completamente la duración del Mesiniense, incluyendo el tiempo en el que el Mediterráneo estuvo desecado. Para estos autores habría tres acontecimientos sucesivos de cambio y dispersión, que denominan MME (Messinian Mammalian Event). El primer acontecimiento (MME-1, o Muroid Event) se habría producido alrededor de los 7,2 Ma, y habría supuesto un cambio importante en las asociaciones de los múridos; el segundo (MME-2, o *Paraethomys* Event) está caracterizado por la entrada de *Paraethomys*, cerca de los 6, 2 Ma; y el tercero (MME-3, o Gerbil Event) entre los 5,3-5,9 Ma, supone la entrada de gerbílidos en las faunas españolas. El modelo propuesto por Made *et al.* (2006), aunque consideran la existencia de cuatro fases de dispersión, no es muy diferente del de Agustí *et al.* (2006), pero ciertamente existe un desfase en las edades de los acontecimientos de dispersión propuestos entre

ambos modelos, que se debe a la existencia de dataciones ligeramente diferentes para algunos yacimientos clave, entre ellos Venta del Moro. Finalmente, Minwer-Barakat *et al.* (2009) sintetizan los datos referidos a la entrada en la Península Ibérica de gerbílidos de procedencia Africana.

Así pues, encontramos (sin haber agotado toda la bibliografía existente sobre el tema) opiniones bastante divergentes, que podemos resumir de la siguiente manera:

1) Acontecimientos de dispersión faunística continuados durante el tránsito Mio-Plioceno (ca. 7 a 4 Ma). Establecimiento de corredores entre Europa occidental y el norte de África.

2) Fluctuaciones de los límites entre las regiones zoogeográficas (Etiópica-Paleártica). Con dos variaciones importantes; 2.1) en un escenario gradual; 2.2) en un escenario de cambio global.

Algunas variaciones han sido también señaladas, por ejemplo la dispersión de especies a Europa occidental y África del Norte desde Asia. Pero esta hipótesis podría quedar englobada en el contexto de una deriva hacia el norte del límite de las regiones zoogeográficas Etiópica y Paleártica, de forma que el área mediterránea hubiese quedado incluida en la parte norte de la Región Etiópica. De forma análoga a la situación de la fauna pleistocena del Norte de África que muestra claras afinidades paleárticas.

VENTA DEL MORO: ORIGEN DE SU FAUNA DE MAMÍFEROS

A pesar del descubrimiento de numerosos yacimientos finimiocenos, la fauna de mamíferos de Venta del Moro sigue marcada por una originalidad fuera de duda. La coexistencia de especies adaptadas a diferentes ambientes y con distribuciones geográficas extremas son dos de los motivos de este peculiar conjunto faunístico. La asociación de macromamíferos presente en el yacimiento se puede dividir en tres grupos:

1) Especies que aparecen por primera vez en el registro español: 12 en total, lo que constituye aproximadamente el 50% de los grandes mamíferos.

2) Especies que aparecen en el registro español ligeramente antes, en la biozona M2: 4 en total, es decir, sobre un 17% de la asociación.

3) Especies registradas, o filogenéticamente relacionadas con otras, presentes en la biozona MN 12 (o zona L): 8 en total, lo que supone un 33% del conjunto.

Es decir que aproximadamente el 67% de las especies de macromamíferos registradas en Venta del Moro son distintas a las conocidas durante el Turoliense típico (MN12), lo que significa uno de los cambios faunísticos más importantes del Neógeno continental español. Este cambio está de alguna forma magnificado por el hecho de que algunas de las especies registradas en Venta del Moro representan a grupos desconocidos hasta ese momento en las faunas del Viejo Mundo, caso de *Paracamelus aguirrei* (Camelidae), (Fig. 4) y probablemente de *Eucyon debonisi* (Canidae) (Fig. 5), aunque en yacimientos de la MN 12, como Concud y Los Mansuetos se registra un cánido (*Canis cipio*) bastante peculiar, distinto al grupo de *Eucyon*. En cualquier caso, sea una o dos migraciones, ambos cánidos tienen origen norteamericano, y por lo tanto su llegada a Eurasia sólo pudo producirse vía el estrecho de Bering. Otras especies de grandes mamíferos que aparecen en Venta del Moro poseen un claro origen asiático, como es el caso de *Agriotherium*, *Propotamochoerus* y *Parabos*. Mientras que las 7 restantes podrían proceder de Europa oriental o Asia sin mayores precisiones, incluso una de ellas, la mofeta *Promephitis alexejevi*, podría haberse originado en España, pero este extremo es difícil de dilucidar sin estudios filogenéticos precisos. Ninguna especie de macromamíferos de Venta del Moro nos indica con seguridad un origen en África, y sólo el hipopótamo *Hexaprotodon* (Fig. 6), que ya aparecía en las faunas de la subzona M2 (yacimientos de El Arquillo y Las Casiones) posee un claro origen africano.

Una conclusión similar ya fue propuesta por Agustí (1989), postulando que muchos de los supuestos roedores africanos inmigrantes en las faunas del Mediterráneo occidental tenían potenciales parientes asiáticos. Pero este hecho no debe enmascarar el contexto general de las faunas de mamíferos de esta época. En otras palabras, aunque la mayoría de los inmigrantes encontrados en Venta del Moro y en otras localidades ventienses ibéricas pueden tener un origen asiático, éstos mismos inmigrantes fueron capaces de colonizar simultáneamente gran parte del continente africano. Así, y sólo referidos a los grandes mamíferos de Venta del Moro, formas similares o incluso probablemente idénticas se encuentran ampliamente extendidas en África, caso de los géneros *Agriotherium*, *Plesiogulo*, *Lutra*, *Hexaprotodon*, *Paracamelus* y los Bovini. Otros muchos podrían sumarse a esta lista, caso de los félidos, macairodontinos, hiénidos, hipariones y boselafinos, pero todos estos grupos estuvieron previamente muy diversificados en los tres continentes del Viejo Mundo, de forma que es francamente difícil establecer el tipo de relación que puede existir entre las especies representadas en cada área. La expansión de determinados elementos durante el final del Mioceno también afectó a América del Norte; por una parte, en este continente está el origen de cánidos y camélidos que entran simultáneamente en Eurasia y África; por otra, durante este mismo intervalo de tiempo, en los yacimientos norteamericanos se registran algunas de las formas implicadas en este acontecimiento como son *Agriotherium* y *Plesiogulo*, pero también otras de origen extra-



Fig. 4: primera falange (izquierda) y dos terceros molares inferiores (derecha) del camello *Paracamelus aguirrei*



Fig. 5: canino superior del félido *Fortunictis* en las capas lignitosas (izquierda) y dos caniceras inferiores del cánido *Eucyon debonisi* (derecha).



Fig. 6: asociación de huesos carpianos y metacarpianos del hipopótamo *Hexaprotodon crusafonti*.

americano como *Megantereon* (Hunt, 2004).

CONCLUSIÓN

El final del Mioceno fue un periodo de cambios importantes en el clima y la fauna, no sólo en España sino a nivel casi global. Aunque la Crisis de Salinidad del Mediterráneo ocurre durante este tiempo, probablemente sólo fue uno de los efectos de una reactivación orogénica importante, la Fase Tectogénica Rodánica, que fue un periodo de intensa actividad tectónica a lo largo de las cadenas alpinas, desde el Mediterráneo occidental a los Himalayas (Pickford *et al.* 1995). En este contexto debe situarse la fauna de Venta del Moro, que refleja de forma excepcional estos tiempos de cambios climáticos y faunísticos. Dicha fauna, así como otras incluidas en el lapso de tiempo comprendido entre los 7 a los 4 Ma, puede explicarse por un desplazamiento hacia el nor-

te del límite entre las regiones Etiópica y Palearctica, que habría incluido a gran parte del dominio norte mediterráneo. Dentro de este dominio biogeográfico han seguido existiendo importantes diferencias entre las faunas africanas y europeas, así como un marcado provincialismo entre Europa Occidental y Europa Oriental-Anatolia.



Fig. 7: mandíbula de ciervo en las capas de margas (arriba) y tras su preparación (abajo).



Fig. 8: dos vistas del yacimiento de Venta del Moro, durante las campañas de excavación de 1995 (arriba) y 2003 (abajo).

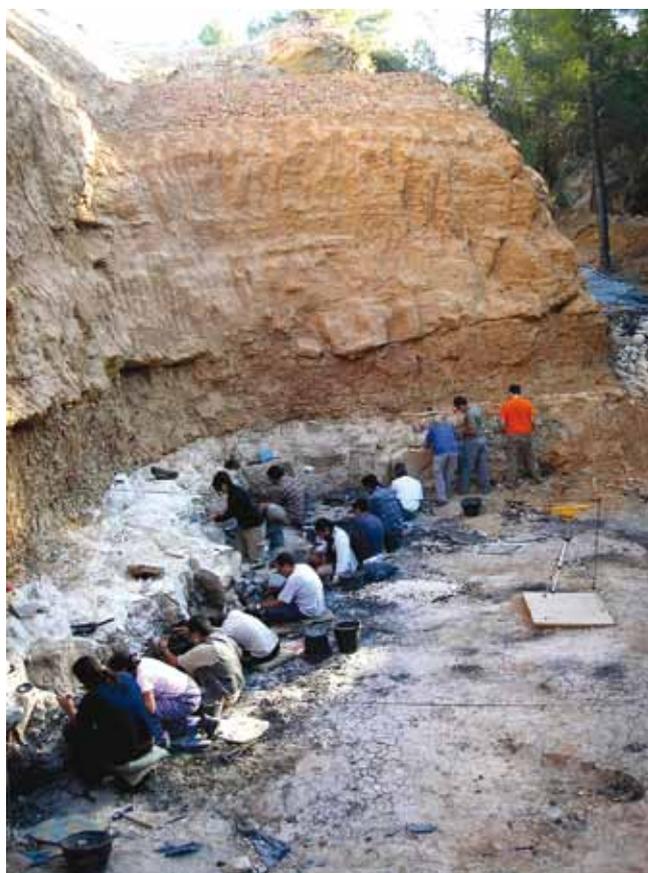


Fig. 9: Vista del yacimiento, durante la campaña de excavación de 2006.



Fig. 10: cubrimiento con escombro del frente de excavación para evitar expolios.

Agradecimientos

Las campañas de excavación en Venta del Moro han sido aprobadas y financiadas, desde 1995, por la Conselleria de Cultura de la Generalitat Valenciana, y con la autorización del Ministerio de Fomento y la empresa ADIF. Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto CGL2008-05813-CO2-01, MICINN y del Grupo de Investigación BSCH-UCM 910607.

REFERENCIAS

- AGUIRRE E. (2003): *Messiniense: compleja y grave crisis ecológica*. Estudios Geológicos 59: 205-212.
- AGUIRRE E., LÓPEZ N. & MORALES J. (1976): *Continental faunas in Southeast Spain related to the Messinian, in Cita, M. B. (ed.), Il significato geodinamico della crisi di Salinita del Miocene Terminale nel Mediterraneo*. Messinian Seminar N. 2 Gargano: 62-63.
- AGUIRRE E., ROBLES F., THALER L., LÓPEZ MARTÍNEZ N., ALBERDI M.T. & FUENTES C. (1973): *Venta del Moro, nueva fauna finimiocena de Moluscos y Vertebrados*. Estudios Geológicos 29: 569-578.
- AGUSTÍ J. (1989): *On the peculiar distribution of some muroid taxa in the Western Mediterranean*. Bolletino della Società Paleontologica Italiana 28: 147-154.
- AGUSTÍ J., GARCÉS M. & KRIJGSMAN W. (2006): *Evidence for African-Iberian exchanges during the Messinian in the Spanish mammalian record*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 238: 5-14.
- ALBERDI M.T. & BONADONNA F.P. (1988): *Is the "Ventian" a real stratigraphic stage?* Mediterránea Ser. Geol., 7: 65-77.
- ALBERDI M.T., LÓPEZ N., MAZO A.V. & MORALES J. (1977): *Venta del Moro y las faunas de vertebrados finimiocenas de España*. Estudios Geológicos 33: 589-591.
- AZZAROLI A. & GUAZZONE G. (1980): *Terrestrial mammals and land connections in the mediterranean before and during the Messinian*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 29: 155-167.
- BRANDY, L.D. & JAEGER, J.J. (1980): *Les échanges de faunes terrestres entre l'Europe et l'Afrique nord-occidentale au Messinien*. C.R. Acad. Sc. Paris, sér. D 291: 465-468.
- BRUIJN, H. DE (1973): *Analysis of the data bearing upon the correlations of the Messinian with the succession of Land mammals*. Proc. Konink. Neder.Akad. Wetensch. Reprinted from Messinian events in the Mediterranean 1973: 260-262.
- BRUIJN, H. DE (1974): *The Ruscinien Rodent succession in Southern Spain and its implications for biostratigraphic correlations between Europe and Africa*. Senckenbergiana Lethaea 55: 435-443.
- COSTEUR, L., MONTUIRE, S. LEGENDRE, S. & MARIDET, O. (2007): *The Messinian event: What happened to the peri-Mediterranean mammalian communities and local climate?*. Geobios 40: 423-431.
- CRUSAFONT M. (1950): *El primer representante del género Canis en el Pontense Euroasiático (Canis cipio n. sp.)*. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural 48: 43-51.
- CRUSAFONT M. (1958): *Endemism and Paneuro-peism in Spanish fossil mammalian faunas, with special regard to the Miocene*. Societas Scientiarum Fennica, Commentationes Biologicae, 18 (1): 1-31.
- DAAMS, R., ALCALA, L., ALVAREZ -SIERRA, M., AZANZA, B., DAM, J VAM, MEULEN, A.J.VAN DER, MORALES, J., NIETO, M., PELAEZ-CAMPOMANES, P. & SORIA, D. (1998): *A stratigraphical framework for Miocene (MN4-MN13) continental sediments of central Spain*. C.R.Acad. Sc. Paris 327: 625-631.
- DAM, J. VAN, AZIZI, H.A., ÁLVAREZ SIERRA, M.A., HILGEN, F.K., HOEK OSTENDE, L. W. VAN DEN, LOURENS, L.J., MEIN, P., MEULEN, A. VAN DER & PELAEZ-CAMPOMANES, P. (2006): *Long-period astronomical forcing of mammal turnover*. Nature 443: 687-691.
- DAM J.A. VAN. (1997): *The small mammals from the Upper Miocene of the Teruel-Alfambra region (Spain): paleobiology and paleoclimatic reconstructions*. Geologica Ultraiectina 156: 1-204.
- FORSTEN, A. (1978): *Hipparion and possible Iberian-North African Neogene connections*. Ann.Zool.Fennic. 15: 294-297.
- GARCÉS M., KRIJGSMAN W., & 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: 69-81.
- GARCÍA N. (2008): *New Eucyon remains from the Pliocene Aramis Member (Sangatole Formation), Middle Awash Valley (Ethiopia)*. Comptes Rendus Palevol 7: 583-590.
- GERAADS D. (1998): *Biogeography of circum-Mediterranean Miocene-Pliocene rodents; a revision using factor analysis and parsimony analysis of endemism*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 137: 273- 288.
- HALLAN, A. (1994): *An Outline of Phanerozoic Biogeography*. Biogeography Series No 10. (Oxford University Press, Oxford).
- HARRISON J.A. (1983): *The Carnivora of the Edson Local Fauna (Late Hemphillian), Kansas*. Smithsonian Contributions in Paleobiology 54: 1-42.

- HENDEY Q.B. (1974): *The Late Cenozoic Carnivora of the South-Western Cape Province*. Annals of South African Museum 63: 1-369.
- HOWELL F.C. & GARCÍA N. (2007): *Carnivora (Mammalia) from Lemudong'o (Late Miocene: Narok District, Kenya)*. Kirtlandia 46: 121-139.
- HSÜ K.J., RYAN W.B.F. & CITA M.B. (1973): *Late Miocene Desiccation of the Mediterranean*. Nature, 242: 240-244.
- HSÜ, K.J., MONTADERT, L., BERNOUILLI, D., CITA, H.B. ERICKSON, A., GARRISON, R.E., KIDD, R.B., MELIERES, F., MULLER, C & WRIGHT, R. (1977): *History of the Mediterranean salinity crisis*. Nature 267: 339-403.
- HUNT R.M. (2004): *Global climate and the evolution of large mammalian carnivores during the later Cenozoic in North America*. Bulletin of the American Museum of Natural History, 285: 139-156
- JAEGER, J.J., LOPEZ, N. & THALER, L. (1975): *Présence d'un rogeur muridé nouveau, Paraethonys miocaenicus nov. sp., dans le Turolien supérieur du Maroc et d'Espagne*. Implications paléogéographiques. C.R. Acad. Sc. Paris 280: 1673-1676.
- JAEGER, J.J., LOPEZ, N., MICHAUX, J. & THALER, L. (1977): *Les faunes de Micromammifères du Néogène supérieur de la Méditerranée occidentale*. Biochronologie, corrélations avec les formations marines et échanges intercontinentaux. Bulletin de la Société Géologique de France 19: 501-506.
- JAEGER, J.J. & HARTENBERGER, J.L. (1989): *Diversification and Extinction Patterns Among Neogene Perimediterranean Mammals*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences 325 (1228) 401-420.
- KRIJGSMANN W., HILGEN F.J., RAFFI I., SIERRA F.J. & WILSON D.S. (1999): *Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis*. Nature, 400: 652-655.
- MADE J. VAN DER, MONTOYA P. & MORALES J. (2006): *Late Miocene Turnover in the Spanish mammal record in relation to palaeoclimate and the Messinian Salinity Crisis*. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 238: 228-246.
- MARTIN R. (1973): *Trois nouvelles espèces de Canini (Canidae, Carnivora) des gisements Plio-villafranchiens d'Europe*. Documents du Laboratoire de géologie de la Faculté des Sciences de Lyon 57: 87-96.
- MATHISEN M. & MORALES J. (1981): *Stratigraphy, facies and depositional environments of the Venta del Moro vertebrate locality, Valencia, Spain*. Estudios Geológicos, 37: 199-207.
- MERRIAM J.C. (1911): *Tertiary Mammal Beds of the Virgin Valley and Thousand Creek in Northwestern Nevada*. University of California Publications. Bulletin of the Department of Geology 6; 199-304.
- MINWER-BARAKAT R., GARCÍA-ALIX A., AGUSTÍ J., MARTÍN-SUÁREZ E. & FREUDENTHAL M. (2009): *The micromammal fauna from Negrátin-1 (Guadix Basin, southern Spain): new evidence of African-Iberian mammal exchanges during the late Miocene*. Journal of Paleontology, 83 (6): 854-879.
- MONTOYA P., ABELLA J., FIGUEIRIDO B. & BENAVENT J.V. (2002): *Venta del Moro, uno de los principales yacimientos de vertebrados terciarios de la Península Ibérica*. Cidaris, 21/22: 17-24.
- MONTOYA P., MORALES J. & ABELLA J. (2009): *Eucyon debonisi n. sp., a new Canidae (Mammalia, Carnivora) from the latest Miocene of Venta del Moro (Valencia, Spain)*. Geodiversitas, 31 (4): 709-722.
- MONTOYA P., MORALES J., ROBLES F., ABELLA J., BENAVENT J.V., MARÍN M^a D. & RUIZ SÁNCHEZ F. J. (2006): *Las Nuevas excavaciones (1995-2006) en el yacimiento del Mioceno final de Venta del Moro, Valencia*. Estudios Geológicos 62: 313-326.
- MORALES J. (1975): *Los carnívoros (Carnivora, Mammalia) de Venta del Moro (Valencia)*. Tesis de Licenciatura, Instituto Lucas Mallada, CSIC, Madrid, 100 pp., 8 láms.
- MORALES J. (1984): *Venta del Moro: su macrofauna de mamíferos y biostratigrafía continental del Mioceno mediterráneo*. Universidad Complutense de Madrid Tesis Doctoral 15/84: 1-314.
- MORALES J. & AGUIRRE E. (1976): *Carnívoros de Venta del Moro (Valencia)*. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario 5: 31-74.
- MORALES J., SORIA D. & AGUIRRE, E. (1980): *Camélido finimioceno en Venta del Moro. Primera cita para Europa Occidental*. Estudios Geológicos, 36: 139-142.
- MORALES J., PICKFORD M. & SORIA D. (2005): *Carnívoros from the Late Miocene and Basal Pliocene of the Tugen Hills, Kenya*. Revista de la Sociedad Geológica de España 18: 39-61.

- OPDYKE N., MEIN P., LINDSAY E., PÉREZ GONZÁLEZ A., MOISSENET E. & NORTON V.L. (1997): *Continental deposits, magnetostratigraphy and vertebrate paleontology, late Neogene of Eastern Spain*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 133: 129-148.
- PESQUERO M.D., ALBERDI M.T. & MONTOYA P. (2007): *Hipparion (Equidae, Mammalia) from Venta del Moro (Valencia Province, Spain)*. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 243 (3): 273-297.
- PICKFORD M. & MORALES J. (1994): *Biostratigraphy and palaeobiogeography of East Africa and the Iberian peninsula*. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology* 112: 297-322.
- PICKFORD M., MORALES J. & SORIA D. (1993): *First fossil camels from Europe*. *Nature*, 365: 701.
- PICKFORD M., MORALES J. & SORIA D. (1995): *Fossil camels from the Upper Miocene of Europe: implications for Biogeography and faunal change*. *Geobios*, 28: 641-650.
- PONS J. & CRUSAFONT M. (1978): *El Canis cipio CRUSAFONT (1950), comparación con los cánidos del Plioceno y Pleistoceno europeo*. *Acta geológica Hispánica* 13: 133-136.
- ROBLES F. (1974): Levante. In E. Aguirre y J. Morales (eds.), *Coloquio Internacional sobre Biostratigrafía Continental del Neógeno Superior y Cuaternario Inferior*. Libro-Guía, Madrid, pp. 87-133.
- ROBLES F., BELINCHÓN M., GARCÍA FLOR J. & MORALES J. (1991): *El Neógeno continental de Buñol y del valle del río Cabriel*. *Revista Española de Paleontología*, nº Extraordinario: 205-215.
- ROOK L. (1992): "Canis" monticinensis *sp. nov.*, a new Canidae (Carnivora, Mammalia) from the late Messinian of Italy. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana* 30: 7-22
- ROOK L., FICARELLI G. & TORRE D. (1991): *Messinian carnivores from Italy*. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana* 30: 151-156.
- RYAN, W.B.F. (2009): *Decoding the Mediterranean salinity crisis*. *Sedimentology* 56: 95-136.
- SPASSOV N. & ROOK L. (2006): *Eucyon marinae sp. nov. (Mammalia, Carnivora), new canid species from the Pliocene of Mongolia, with a review of forms referable to the genus*. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 112: 123-133.
- TEDFORD R. & QIU Z.X. (1996): *A new canid genus from the Pliocene of Yushe, Shanxi Province*. *Vertebrata Palasiatica* 34: 27-40.
- THOMAS H. (1979): *Les bovidés Miocènes des rifts est-africains: Implications paléobigéographiques*. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7^o série, t. XXI, nº 3: 295-299.

www.paleoisurus.com

asociacion@paleoisurus.com

