

Sedimentología y datos preliminares sobre la diagénesis de los niveles con fósiles de vertebrados de Huérmeces del Cerro y Viana de Jadraque (Cuenca del Tajo, Guadalajara)

E. Iriarte¹, A. Badiola^{1,2}, A. Berreteaga¹ y M. A. Cuesta³

1 Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Fac. de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, apdo. 644, 48080 Bilbao. gpbirave@lg.ehu.es, gpbbeesa@lg.ehu.es

2 Palaeontology Department, The Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, UK. gpbakoa@lg.ehu.es

3 Dpto. de Geología, Universidad de Salamanca, plaza de los Caídos s/n, 37008 Salamanca. macuesta@agro.uva.es

ABSTRACT

The sedimentologic features of the Palaeogene continental vertebrate-bearing deposits of Huérmeces del Cerro and Viana de Jadraque (Tajo Basin, Guadalajara) and the petrographic features of the fossils are here studied. The vertebrate fossils are preserved in distal alluvial channel infillings, which were deposited in littoral carbonate lacustrine paleoenvironments. The activation of the alluvial channels and the interplay between alluvial and lacustrine systems, which favoured the conservation of the fossil remains, were controlled by the alternation of dry/humid periods due to climate seasonal variations and/or syndimentary tectonic events. The histological structures of the fossil bones are well preserved in both sites, but there is evidence of an alteration of the primary phosphate, which is replaced by late phosphate (secondary francolite) through internal fractures. The fossil bones exhibit a complete carbonate filling. The cathodoluminescence study suggests that the Huérmeces del Cerro bones were affected by an initial oxidizing diagenetic episode, whereas those of Viana de Jadraque were affected by more reducing conditions.

Key words: Sedimentology, Petrography, vertebrate fossils, Palaeogene, Tajo Basin.

INTRODUCCIÓN

Los niveles fosilíferos objeto de este trabajo se ubican en las proximidades de las poblaciones de Huérmeces del Cerro y Viana de Jadraque (Guadalajara). Desde un punto de vista geológico, se localizan en el Norte de la Cuenca Terciaria del Tajo, en depósitos continentales de edad Paleógeno (Fig. 1A). Entre las localidades de Beleña de Sorbe y Baidés (Guadalajara) los sedimentos del Paleógeno presentan un máximo desarrollo y se ordenan en una sucesión litológica, que ha sido denominada por Arribas (1986) sucesión carbonática-detrítica. En general, los sedimentos correspondientes a las bases de las asociaciones estratigráficas de dicha sucesión se caracterizan por presentar facies típicas de ambientes de sedimentación lacustre-palustre, asociadas, en ocasiones, a desembocaduras de canales. De forma gradual y hacia el techo van dominando facies detríticas, relacionadas a sistemas de sedimentación de abanicos aluviales. Dentro de dicha sucesión se han diferenciado tres sectores: el sector de Beleña de Sorbe, el de Torremocha de Jadraque y el de Huérmeces del Cerro. Los fósiles de vertebrados estudiados se localizan en materiales carbonatados de este último sector, correspondientes a ambientes lacustre-palustres (Arribas, 1986).

La sucesión carbonática-detrítica presenta en su base una asociación fósil de macro y micromamíferos de edad, al menos, Eoceno Superior y Oligoceno Inferior (Arribas *et al.*, 1983, Crusafont *et al.*, 1962). El yacimiento de Huérmeces del Cerro contiene una de las agrupaciones de restos óseos más ricas de esta sucesión. Abundan principalmente fósiles de grandes mamíferos terrestres. La dureza y el alto buzamiento de los materiales que los contienen, sin embargo, hacen que su extracción no sea fácil. Hasta la fecha, no se han realizado estudios tafonómicos y paleontológicos detallados. Los niveles fosilíferos fueron atribuidos al Eoceno Superior y al Oligoceno inferior. Entre las especies representadas en el yacimiento Crusafont *et al.* (1960) y Franzen (1968) mencionan los perisodáctilos *Palaeotherium crassum* y *Palaeotherium magnum* y un artiodáctilo (Anoplotheriidae indet.). Casanovas y Santafé (1987) añaden la presencia del perisodáctilo ibérico *Cantabrotherium truyolsi*. No se dispone de datos paleontológicos del yacimiento de Viana de Jadraque.

Recientemente se han visitado ambos yacimientos y se han observado fósiles del esqueleto craneal (mandíbulas y maxilares) y postcraneal (vértebras, huesos apendiculares, etc.) de perisodáctilos (principalmente paleotéridos, incluyendo una posible especie del género ibérico *Cantabrothe-*

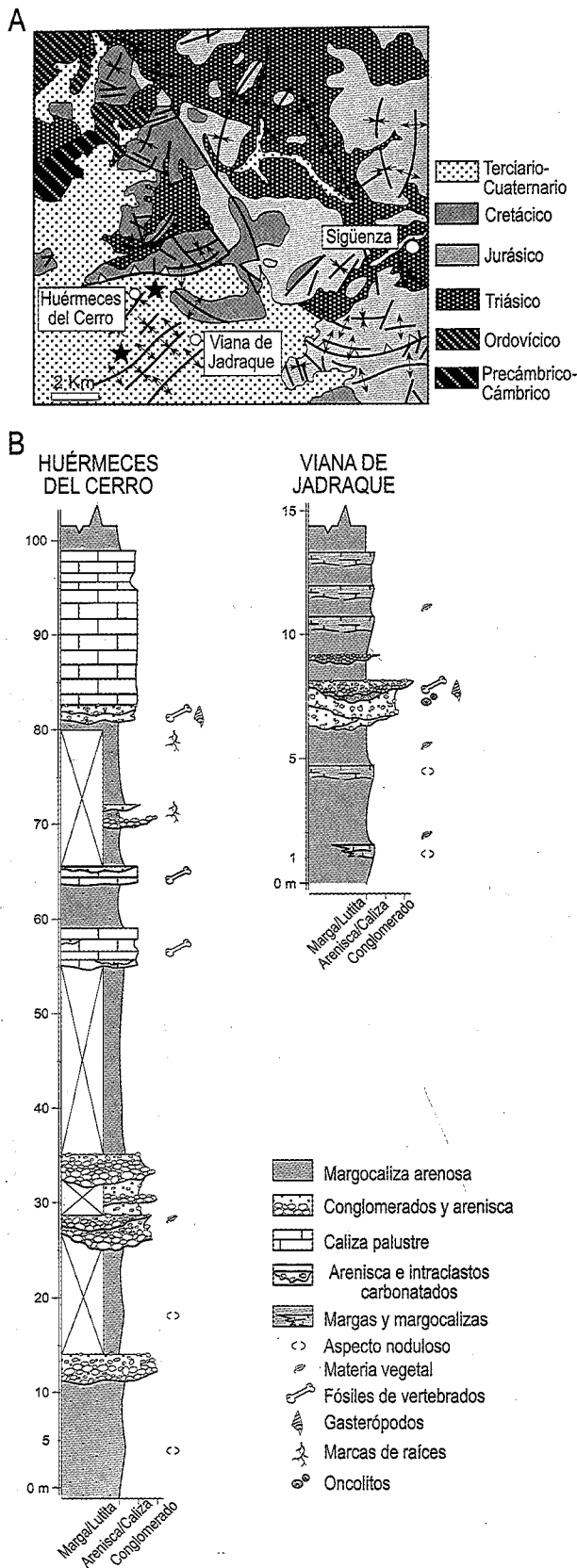


FIGURA 1. Contexto geológico (A) y columna estratigráfica de los materiales sedimentarios (B) de Huérmeces del Cerro y Viana de Jadraque (Cuenca del Tajo, Guadalajara). ★ = localización de los yacimientos; A: tomado de la hoja 1/50.000, n° 461 (Sigüenza) IGME.

rium) y artiodáctilos (un posible anoploterino del género *Anoploterium*), correspondientes, probablemente, a formas del Eoceno Superior (Fig. 2B y 2C). El objetivo de este trabajo es ampliar el conocimiento del ambiente sedimentario y diagenético en el cual se formaron los niveles que contienen los fósiles de vertebrados de Huérmeces del Cerro y Viana de Jadraque, antes de completar los estudios tafonómicos y paleontológicos en curso.

SEDIMENTOLOGÍA

Huérmeces del Cerro

Descripción. Los fósiles de vertebrados se localizan en litosomas carbonatados palustres que se indentan con niveles terrígenos finos con canales arenosos y conglomeráticos, pertenecientes a llanuras aluviales de abanicos cercanos (Fig. 1B). Las calizas palustres presentan facies originariamente lacustres litorales (micritas con ostrácodos), dispuestas en niveles decimétricos a métricos, que fueron repetidamente afectadas por procesos pedogénicos, convirtiéndolas en típicamente palustres. Se observan periódicas exposiciones subaéreas y procesos pedogenéticos, con desarrollo de calcretas, pseudomicrokarst, texturas fenestrales y peloidales, entre otros. En las calizas palustres se observan eventuales canales, de extensión métrica a decamétrica y potencia métrica, rellenos por areniscas gruesas de cuarzo (hasta microconglomeráticas) e intraclastos de calizas palustres en los que se hallan concentrados los fósiles de vertebrados (Fig. 2B). El cemento de estos materiales terrígenos es carbonatado, pudiendo observarse, a menudo, una cementación temprana por cementos isópacos típicos de ambientes meteóricos freáticos.

Interpretación. Los restos fósiles de vertebrados se concentran en el relleno de canales fluvio-aluviales distales, en zonas de desembocadura de ambientes lacustres litorales. El sistema lacustre presentaría periódicos ciclos de variación de la lámina de agua dejando, a menudo, los depósitos lacustres más litorales en exposición subaérea y sometidos a procesos pedogenéticos (Freytet y Plaziat, 1982; Platt y Wright, 1992). Eventualmente, debido a periodos más húmedos, la reactivación de los sistemas aluviales cercanos propiciaría el desarrollo de cauces aluvio-fluviales hasta las zonas lacustres. Dichos cauces supusieron el aporte de materiales terrígenos y la erosión y transporte de intraclastos de calizas palustres expuestas subaéreamente, hasta zonas de litoral lacustre. Los restos óseos habrían sido concentrados y transportados por estos flujos, desde zonas de llanura aluvial relativamente cercanas hasta zonas de litoral lacustre, donde serían depositados. Posteriormente, durante una época más húmeda, el sistema lacustre vería nuevamente incrementado su nivel de agua y los sedimentos y los restos óseos serían rápidamente cementados, reactivándose la sedimentación carbonatada lacustre/palustre sobre dichos depósitos.

Viana de Jadraque

Descripción. Los fósiles de vertebrados también se encuentran concentrados en niveles canaliformes, compues-

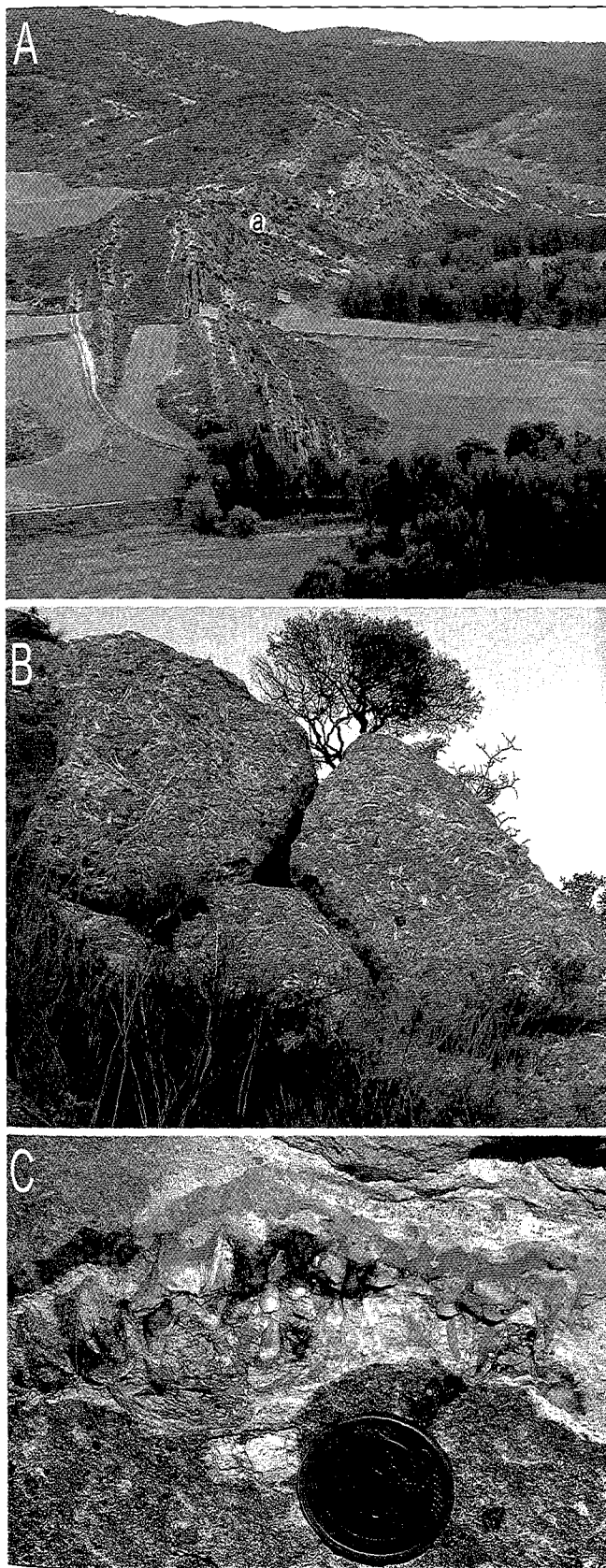


FIGURA 2. Fotografías de los materiales paleógenos de Huérmeces del Cerro (Cuenca del Tajo, Guadalajara); (A) vista general de las unidades de calizas palustres (a); (B) relleno de canal arenoso con abundantes fósiles de vertebrados; (C) fragmento maxilar de un posible artiodáctilo anoploterino del género *Anoplotherium*.

tos por niveles amalgamados de areniscas cuarcíticas e intraclastos de calizas micríticas lacustres. Entre estos materiales cabe resaltar la intercalación de un nivel oncolítico (Fig. 1B). A diferencia de Huérmeces del Cerro, en Viana de Jadraque los niveles canaliformes se disponen entre materiales margocalizos, a veces nodulares, compuestos por micritas margosas porosas, con restos vegetales y bioclastos de organismos lacustres (ostrácodos y gasterópodos), observándose cantidades accesorias de cristales de pirita autigénica. Estos materiales, aunque presentan rasgos palustres, están mucho menos desarrollados que en Huérmeces del Cerro.

Interpretación. Los fósiles de vertebrados de Viana de Jadraque habrían sido concentrados y transportados de manera análoga a la descrita en Huérmeces del Cerro, aunque depositados en zonas algo más internas del litoral lacustre. En dichas zonas, los depósitos carbonatados lacustres fueron afectados por menor número de eventos de exposición subaérea y/o periodos más cortos de alteración pedogenética, con un menor desarrollo de rasgos palustres. Queda de manifiesto el carácter polifásico del funcionamiento de los canales aluvio-fluviales, dado que un mismo litosomo canaliforme presenta rellenos de niveles areniscos con restos óseos, otros compuestos por intraclastos calizos y sin restos óseos y, otro muy significativo, compuesto por oncolitos centimétricos. Estos últimos, son típicos en zonas marginales de ambientes lacustres con flujos que permiten el movimiento de los sedimentos, como cauces fluviales, o en zonas litorales sometidas a oleajes.

PETROLOGÍA DE LOS FÓSILES DE RESTOS ÓSEOS

Huérmeces del Cerro

Descripción. Las estructuras paleohistológicas están bien preservadas. Se observa una red de fracturas de tensión a favor de las cuales han migrado fluidos ricos en fosfato y producido un fino reemplazamiento, conservando los osteoplastos originales (Fig. 3A: F, fr). El fosfato original parece haber sufrido una alteración tardía, presentando tonos amarillos-rojizos con nódulos paralelos. La cavidad medular de los huesos largos, los espacios libres del tejido esponjoso y los canales de Havers presentan un completo relleno de cemento carbonatado, con cristales irregulares de tonos sucios y tamaño variable. Dicho cemento responde en catodoluminiscencia (CL) con tonos rojos apagados y homogéneos. En condiciones favorables se aprecia una ligera zonación, iniciándose el relleno del espacio libre con un carbonato no luminiscente, para seguir con una luminiscencia rojiza-amarillenta no intensa. Un fino sedimento aparece de forma minoritaria en algunas cavidades medulares de los huesos largos. Se aprecian pequeños granos de óxidos de hierro en el cemento carbonatado y relleno algunos de los osteoplastos. Los resultados obtenidos por difracción de rayos-X indican que los fósiles están compuestos por francolita (carbonato fluorapatito; $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3(\text{F})]$) como fase mayoritaria, con valores de índices de cristalinidad entre 0,27 y 0,29, y de calcita (CaCO_3) como fase minoritaria.

Interpretación. El hidroxiapatito inicial ha sido sustituido por la francolita durante la fosildiagénesis y se ha producido una removilización posterior a favor de fracturas tensionales, con formación de un fosfato tardío (segunda francolita). El completo relleno de cemento carbonatado que se observa en las cavidades de los fósiles y los óxidos de hierro de los osteoplastos estarían formados inicialmente en un ambiente oxidante. Los pequeños granos de óxidos de hierro que aparecen encima del cemento carbonatado se formarían en una fase más tardía.

Viana de Jadraque

Descripción. Las estructuras paleohistológicas están bien preservadas. A diferencia de las muestras de Huérmeces del Cerro, los fósiles de Viana de Jadraque parecen haber sufrido una menor alteración del fosfato original y una menor removilización del fosfato primario a favor de fracturas tensionales. En el fosfato tardío se distinguen mejor los osteoplastos y los canalículos originales (Fig. 3B: o). Las cavidades también están completamente ocupadas por carbonatos, pero con cristales mejor desarrollados y más limpios. En CL éstos responden con un tono rojizo intenso, siendo visible una neta zonación en algunas muestras. En una primera parte se refleja un dominio de tonos oscuros (no luminiscente), alternantes con delgados episodios con tonos rojizos (*dull*), repetidos al menos en cinco ocasiones. Una segunda parte corresponde a una cementación de tonos rojizos dominantes y más vivos, que ocasionalmente pasan a finas bandas de tonos oscuros hasta finalizar en varios núcleos no luminiscentes. En otras zonas no llegan a este estadio y se quedan en el anterior claramente luminiscente. Se aprecia una fuerte fracturación del hueso con desplazamiento y acumulación irregular de fragmentos que incluso se han seguido fragmentando "in situ" en otra etapa posterior. Las fracturas son irregulares y de mayor grosor y desarrollo, con relleno carbonatado (Fig. 3B: C2), que cortan tanto el hueso como el cemento carbonatado previo (Fig. 3B: C1), y que en

CL responden con unos tonos más amarillos como indicación de un mayor contenido de Mn frente al Fe. Los resultados de difracción de rayos-X también indican que los fósiles están compuestos por francolita, con un índice de cristalinidad de 0,34, y que los rellenos corresponden a calcita.

Interpretación. El hidroxiapatito inicial ha sido sustituido por la francolita durante la fosildiagénesis, aunque con una menor cristalinidad. Los fósiles presentan una menor alteración del fosfato original, así como una menor removilización de éste con la aparición de la segunda francolita a través de las fracturas tensionales. El enterramiento parece progresivo, con el paso poco marcado de un ambiente oxidante a un mayor dominio del ambiente reductor, a juzgar por las secuencias de luminiscencia observadas en CL. Los fósiles han sufrido un desplazamiento y fracturación considerable en una etapa diagenética más tardía.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los restos de vertebrados de Huérmeces del Cerro y Viana de Jadraque (Guadalajara) fueron depositados en rellenos de canales fluvio-aluviales distales, en zonas de desembocadura de ambientes lacustres litorales. Tanto su concentración y transporte, desde zonas de llanura aluvial cercanas, como su depósito en zonas de desembocadura en márgenes lacustres (ambientes palustres en Huérmeces del Cerro y zona litoral s.s. en el caso de Viana de Jadraque), estaría controlado por la presencia de periodos húmedos con eventuales episodios de precipitación intensa, que posibilitaban la reactivación de sistemas aluviales adyacentes a los sistemas lacustres. Estos periodos húmedos se intercalarían con periodos más áridos en los que los sistemas aluviales quedaban desactivados y los sistemas lacustres sufrían la retracción de sus orillas, propiciando la exposición subaérea y el desarrollo de procesos pedogenéticos, tanto sobre los materiales lacustres de las zonas más marginales, como en los materiales de la llanura aluvial. La alternancia de periodos húmedos y secos podría deberse a causas climáticas (estacionales, etc.)

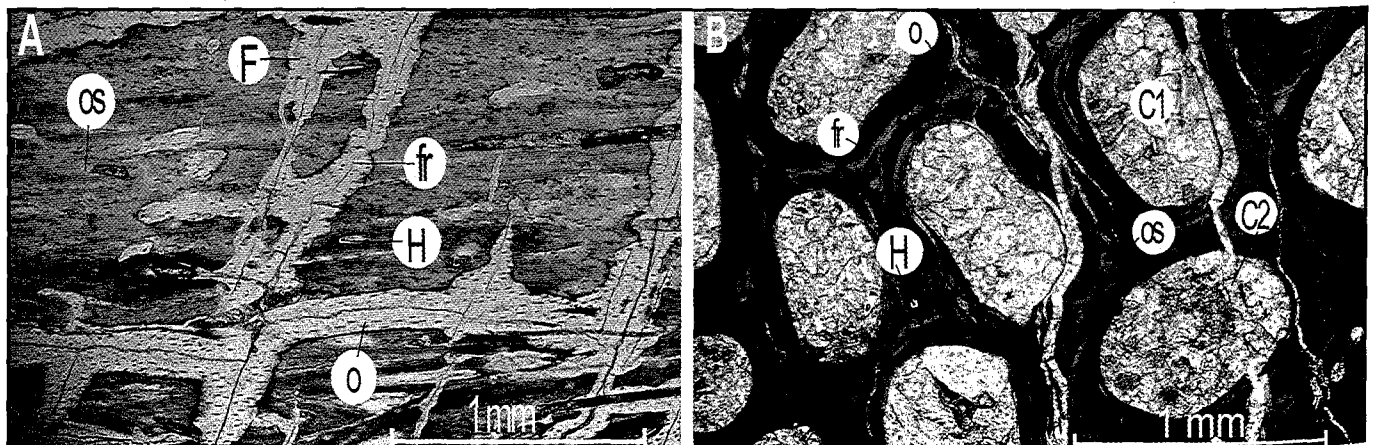


FIGURA 3. Características microscópicas de dos fósiles de vértebras de mamífero de los yacimientos de Huérmeces del Cerro (A) y Viana de Jadraque (B). A: tejido compacto; y B: tejido esponjoso. Abreviaturas: OS, osteonas secundarias; H, canales de Havers; o, osteoplastos; C1 y C2, calcita; F, fracturas de tensión; fr, segunda francolita.

y/o a la actividad tectónica sinsedimentaria de cabalgamientos cercanos durante la Orogenia Alpina. Materiales carbonatados similares con vertebrados fósiles de finales del Eoceno Medio del yacimiento de Mazaterón (subcuenca de Almazán, Cuenca del Duero) denotan una ciclicidad climática entre períodos secos y húmedos en condiciones cálidas (Armenteros, 1993). Resultados similares se han observado a partir del estudio sedimentológico de los depósitos lacustres del Eoceno Superior del yacimiento de Zambrana (Cuenca de Miranda-Treviño, Álava) (Iriarte *et al.*, 2003).

El hidroxiapatito original de los restos óseos ha sido sustituido por la francolita (carbonato fluorapatito; $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})]$) durante la fosildiagénesis en ambos yacimientos, aunque con una menor cristalinidad en Viana de Jadraque. Los fósiles han sufrido una removilización de la francolita a favor de fracturas tensionales, formándose una segunda francolita, siendo este proceso mucho más acentuado en los fósiles de Huérmeces del Cerro. En ambos yacimientos se genera un completo relleno-cementación de las cavidades de los restos óseos por calcita. El estudio de estos rellenos en catodoluminiscencia indica que se formaron en un ambiente predominantemente más reductor en Viana de Jadraque que en Huérmeces del Cerro. Esto coincide con los criterios sedimentológicos, que denotan ambientes de depósito lacustres más profundos y apenas sometidos a exposición subaérea para los restos óseos de Viana de Jadraque, mientras que los de Huérmeces del Cerro fueron acumulados en ambientes palustres, sometidos a frecuentes eventos de exposición subaérea (condiciones oxidantes) y un enterramiento relativamente más lento. Análisis geoquímicos en curso ayudarán a una mejor caracterización de las condiciones y procesos de enterramiento de los restos óseos de ambos yacimientos. Los huesos de Viana de Jadraque han sufrido un desplazamiento y una mayor fracturación en una fase diagenética tardía, sin que la alteración química haya afectado con claridad a las estructuras paleohistológicas.

AGRADECIMIENTOS

A Rafael Vela por mostrarnos la ubicación del yacimiento de Viana de Jadraque, a los Drs. Begoña Sánchez-Chillón, Jorge Morales (MNCN) y Angel Galobart (IPS) por el préstamo del material de Huérmeces del Cerro, y a Javier Elorza (UPV/EHU) por su ayuda en el estudio petrográfico de los fósiles. Trabajo realizado gracias a una Beca Posdoctoral (A. Ba.) y financiado por el proyecto de investigación CGL2004-02338/BTE del MEC y las ayudas 9/UPV 00121.310-15303/2003 a Grupos de Investigación Consolidados de la UPV/EHU.

REFERENCIAS

- Armenteros, I. (1993): Síntesis del Paleógeno del borde oriental de la Cuenca de Almazán (Soria): Geología del yacimiento de Mazaterón. *Studia Geologica Salmanticensis*, 29: 145-156.
- Arribas, M.E. (1986): Estudio litoestratigráfico de una unidad de edad Paleógena. Sector de la Cuenca Terciaria del Tajo (Provincia de Guadalajara). *Estudios Geológicos*, 42: 103-116.
- Arribas, M. E, Díaz Molina, M., López Martínez, N. y Portero, J. M. (1983): El abanico aluvial Paleógeno de Beleña de Sorbe (Cuenca del Tajo): facies, relaciones espaciales y evolución. *X Congreso Nacional de Sedimentología, Menoría*. Libro de Comunicaciones, 1: 34-1.85.
- Casanovas-Cladellas, M.L. y Santafé-Llopis, J.V. (1987): *Cantabrotherium truyolsi* nov. gen. nov. sp. (Palaeotheriidae, Perissodactyla), un exemple d'endémisme dans le Paléogène ibérique. *Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen, A*, 10: 243-252.
- Crusafont-Pairó, M., Meléndez, B. y Truyols, J. (1960): El yacimiento de vertebrados de Huérmeces del Cerro (Guadalajara) y su significado cronoestratigráfico. *Estudios Geológicos*, 16: 243-254.
- Crusafont-Pairó, M., Ginsburg, L. y Truyols, J. (1962): Mise en évidence du Sannoisien dans la haute vallée du Tage (Espagne). *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 255: 2155-2157.
- Franzen, J.L. (1968): *Revision der Gattung Palaeotherium Cuvier, 1804 (Palaeotheriidae, Perissodactyla, Mammalia)*. Inaugural Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Naturwissenschaftlich mathematischen Fakultät der Albert-Ludwigs Universität zu Freiburg, 1 y 2: 181 p.
- Freytet, P. y Plaziat, J.C. (1982): Continental carbonate sedimentation and pedogenesis-Late Cretaceous and Early Tertiary of southern France. *Contributions to Sedimentology*, 12: 213 p.
- Iriarte, E., Badiola, A., Hernández, J. M. y Berreteaga, A. (2003): Sedimentología e interpretación paleoambiental de la sucesión con niveles de vertebrados fósiles del Eoceno superior de Zambrana (Cuenca de Miranda-Treviño, Álava). *Geogaceta*, 34: 131-134.
- Platt, N.H. y Wright, V.P. (1992): Palustrine carbonates and the Florida Everglades: towards an exposure index for the fresh-water environment. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62: 1058-1071.