

# Geología del sistema de yacimientos de mamíferos miocenos del Cerro de los Batallones, Cuenca de Madrid

*Geology of the system of Miocene mammal sites of the Cerro de los Batallones, Madrid Basin*

M. Pozo<sup>(1)</sup>, J.P. Calvo<sup>(2)</sup>, P.G. Silva<sup>(3)</sup>, J. Morales<sup>(4)</sup>, P. Peláez-Campomanes<sup>(4)</sup> y M. Nieto<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Dpto. de Q. A., Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco 28049 Madrid (e-mail: manuel.pozo@uam.es)

<sup>(2)</sup>Dpto. de Petrología y Geoquímica, Fac. CC. Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid (e-mail: jpcalvo@geo.ucm.es)

<sup>(3)</sup>Dpto. Geología, Universidad de Salamanca, Escuela Técnica Superior de Avila, 05003 Avila (e-mail: pgsilva@usal.es)

<sup>(4)</sup>Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC, c/ José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid (e-mail: mcnm166@mncn.csic.es)

## ABSTRACT

*The Cerro de los Batallones (Los Batallones Butte) is located in the central-northern area of the Madrid Basin, central Spain. Six vertebrate localities containing a large variety of mammals together with amphibians, fishes and plant remains of Upper Vallesian Age (Late Miocene) have been found associated with the sediments forming the butte. From bottom to top, these sediments consist of magnesian lutite beds (Unit I), palaeosols formed of sepiolite and opal (Unit II), and siliciclastic, marlstone and carbonate beds (Unit III). Both the patch-like geometry and the composition of the deposits bearing the Upper Vallesian fauna indicate that their accumulation took place in cavities which acted as traps for both carnivores and herbivores. Although there is not conclusive evidence for the precise mechanism of formation of the holes, a combined effect of vertisol development followed by subsurface erosion processes ("pseudokarst") can be suggested as most reliable. Moreover, formation of the vertebrate localities of Cerro de los Batallones could provide some clues on the geological evolution of the Madrid Basin during the Upper Miocene.*

**Key words:** Continental sediments, mammals, Miocene, Madrid Basin

Geogaceta, 35 (2004), 143-146  
ISSN:0213683X

## Introducción

En los años 80, el Cerro de los Batallones era bien conocido por la existencia de yacimientos de sepiolita (Leguey *et al.*, 1985). Aunque las características litoestratigráficas del área específica en que se ubica el cerro no quedan definidas de forma precisa en la bibliografía existente sobre esta región de la Cuenca de Madrid, algo más al sur, en el extremo de la meseta que se extiende desde las proximidades de la localidad de Valdemoro hasta las de Esquivias y Seseña, se han llevado a cabo estudios estratigráficos, sedimentológicos y mineralógicos de detalle (Bellanca *et al.*, 1992; Pozo y Casas, 1995) que permiten la distinción de varias unidades litológicas que se continúan hasta el Cerro de los Batallones. Dichas unidades están formadas por lutitas verdes y rosadas, arenas micáceas, lutitas ricas en sepiolita, en muchos casos extensamente silicificadas, carbonatos y, localmente, depósitos de margas diatomíticas (Pozo *et al.*, 1985; Bellanca *et al.*, 1992).

En 1991 tuvo lugar, de forma casual como consecuencia de las labores mineras relacionadas con la extracción de sepiolita, el descubrimiento de un primer yacimiento

de vertebrados (Batallones 1) que, tras las primeras prospecciones paleontológicas, demostró tener un carácter excepcional, tanto por la conservación de los restos de vertebrados, la cantidad de los mismos e incluso la rareza de las formas registradas, mayoritariamente carnívoros (Morales *et al.*, 1992). A partir de ese momento y hasta la actualidad, se han sucedido nuevos hallazgos, hasta un total de seis yacimientos, y desarrollado varias campañas de prospección y excavación que han permitido recoger y catalogar un amplísimo número de vertebrados (Morales *et al.*, este volumen). La situación de estos yacimientos, todos ellos hacia la parte superior del Cerro de los Batallones, se señala en la figura 1.

Todos los yacimientos participan de las mismas características: acumulaciones paleontológicas excepcionales en rellenos discordantes con los sedimentos estratificados de la sucesión sedimentaria general del cerro. No obstante, desde un punto de vista paleontológico, existen diferencias significativas en su composición faunística, e indicios fundados de la existencia de diferentes niveles fosilíferos, que indicarían una historia compleja de los propios rellenos. La existencia de un sistema de yacimientos,

probablemente desarrollados durante un intervalo temporal definido (Vallesiense superior) suscita varias interrogantes que, en términos generales, se refieren al mecanismo, o mecanismos, de formación de las cavidades que sirvieron como trampas para la acumulación de los restos de vertebrados.

En este trabajo se presenta un resumen de las características sedimentológicas y mineralógicas de la sucesión estratigráfica reconocible en el Cerro de los Batallones, así como de los materiales que constituyen el relleno de las cavidades donde se han encontrado los restos de vertebrados. Todo ello sirve de base a una serie de propuestas o hipótesis para la interpretación de la formación de los yacimientos.

## Situación geológica y sucesión estratigráfica del Cerro de los Batallones

El Cerro de los Batallones, con una cota máxima de 707,16 m, está localizado en la zona centro-septentrional de la Cuenca de Madrid (X=439,285; Y=4447,699), próximo a las localidades de Torrejón de Velasco y Valdemoro. Los materiales que constituyen el cerro están constituidos esencialmente por carbonatos, margas, arenas mi-

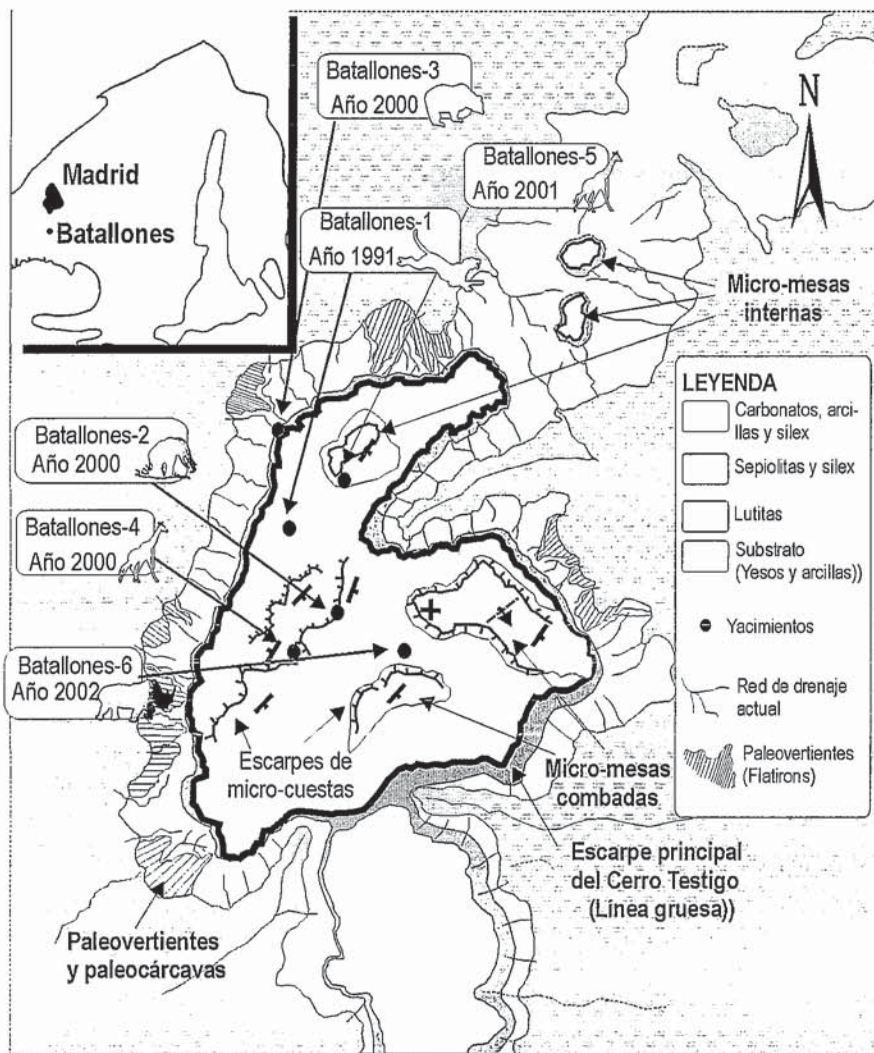


Fig. 1.- Situación del Cerro de los Batallones en la Cuenca de Madrid y esquema geológico del cerro mostrando la situación de los diferentes yacimientos y el año en que comenzó su excavación.

Fig. 1.- Location of the Cerro de los Batallones in the Madrid Basin and geologic sketch of the butte showing the location of the vertebrate localities and dates at which their excavation began.

cáceas, arcillas verdes y rosadas, depósitos de sepiolita y nódulos de sílex. Esta asociación litológica, formada en ambiente continental, es característica de la denominada Unidad Intermedia del Mioceno, unidad que aflora con notable continuidad y generalmente con disposición horizontal a lo largo de toda la Cuenca de Madrid (Calvo *et al.*, 1989; Bellanca *et al.*, 1992).

En la parte superior del Cerro de los Batallones, se han distinguido tres unidades que, de base a techo (Fig. 2), son las siguientes: Unidad I: formada por unos 5 m de lutitas verdes, de aspecto jabonoso, que a techo incluyen 1-1,5 m de lutitas de tonos anaranjado-marrón, con estructura masiva a laminada. En las lutitas verdes, formadas esencialmente por esmectitas magnesianas, se observan nódulos de calcita y abundantes estructuras *slickenside*. En las lutitas anaranjadas, ricas en sepiolita, aparecen capas finas y discontinuas de ópalo blanquecino. Estos depósitos se acumularon

en zonas de *mudflat* relacionadas con un lago alcalino con aguas ricas en magnesio.

Unidad II: esta unidad está compuesta por una sucesión de hasta 9 m de espesor de lutitas grises en la que la sepiolita es el mineral arcilloso predominante. Las lutitas son localmente muy oscuras debido a la presencia de materia orgánica. Las capas individuales tienen espesores comprendidos entre 0,40-2 m y presentan facies masivas, intraclásticas y laminadas. En ellas son abundantes los nódulos de ópalo, que localmente forman costras silíceas de más de 1 m de espesor. En la parte alta de la unidad, donde además de sepiolita aparece paligorskita, son frecuentes los carbonatos (calcita), tanto en forma de nódulos como rizocreciones. El techo de la unidad está definido por una superficie irregular muy neta caracterizada por una marcada pedalidad (estructura "gilgai") (Fig. 3). Los depósitos de sepiolita y ópalo que caracterizan esta unidad representan paleosuelos polifásicos desarrollados en el margen de un

lago salino sometido a periodos de prolongada exposición subaérea.

Unidad III: constituida por capas de margas, carbonatos (calcita) parcialmente opalinos y sedimentos siliciclásticos que, en conjunto, alcanzan algo más de 5 m de espesor. Los materiales siliciclásticos son lutitas limosas formadas por una mezcla de arcillas, cuarzo, feldespato y granos carbonáticos; las arcillas son predominantemente esmectitas aluminicas e illita. Los carbonatos y margas, de tonos blancos, contienen abundantes restos de conchas de gasterópodos y ostrácodos, restos de carofitas y frústulas de diatomeas. Todos estos rasgos sugieren que los depósitos de la Unidad III se acumularon en un ambiente lacustre de agua dulce.

Las variaciones litológicas y mineralógicas observadas entre las tres unidades presentes en la sucesión del Cerro de los Batallones indican cambios paleoambientales desde condiciones lacustres moderadamente concentradas (Unidades I y II) hasta condiciones muy diluidas (Unidad III). Estas últimas condiciones son también deducibles para los depósitos que contienen los restos de vertebrados en los yacimientos paleontológicos del Cerro de los Batallones

#### Relleno sedimentario de los yacimientos

Los seis yacimientos de vertebrados del Cerro de los Batallones muestran una geometría básicamente similar: los restos de vertebrados están contenidos en depósitos con estratificación más o menos definida que son netamente distintos de los materiales en que aparecen encajados, esto es, en las unidades I, II y III anteriormente descritas. El contacto lateral con estos es abrupto, lo que sugiere que los sedimentos con los huesos rellenan cavidades (geometría de tipo *sinkhole*). El tamaño y morfología de los huecos es variable según el yacimiento considerado (ver dimensiones y aspectos específicos de su morfología en Morales *et al.*, este volumen).

La estructura interna de los depósitos aparece comúnmente caracterizada por (1) el carácter masivo de los depósitos situados en la parte inferior de los huecos mientras que la parte superior presenta una estratificación y bandeado mejor definidos; (2) estos depósitos bien estratificados de la parte superior de los yacimientos tienden lateralmente a pasar a depósitos masivos. Ambos rasgos quedan particularmente bien registrados en el yacimiento Batallones 2 (Fig. 4).

Los depósitos que rellenan los huecos donde aparecen los restos de vertebrados son, fundamentalmente, de tres tipos:

a) depósitos clásticos finos: suelen presentar estratificación en capas finas y localmente laminación. Constan sobre todo de granos de cuarzo, feldespato y fragmentos de rocas íg-

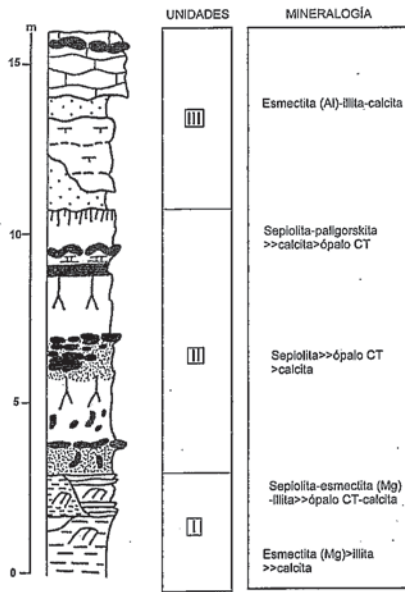


Fig. 2.- Columna litoestratigráfica de la parte superior del Cerro de los Batallones con indicación de las tres unidades distinguidas y la mineralogía predominante en cada una de ellas.

Fig. 2.- Lithostratigraphic log from the uppermost part of the Cerro de los Batallones, with indication of the three units distinguished and their mineralogy.

neas, subangulares, de tamaño limo, incluidos en matriz arcillosa mezclada con micrita carbonática (fábrica matriz-soportada). Presentan asimismo clastos de tamaño arena formados por intraclastos carbonáticos o lutíticos y conchas de bioclastos (en especial, ostrácodos). Filosilicatos y calcita son los minerales predominantes en estos depósitos finos. Las arcillas son mayoritariamente sepiolita y esmectita, ambas con baja cristalinidad, lo que sugiere alteración debido al retrabajado de clastos previos con estos minerales.

b) depósitos clásticos gruesos: suelen presentar una geometría en cuña (*clastic wedge*), con estratificación interna difusa o marcada por capas centimétricas con algo de granoselec-

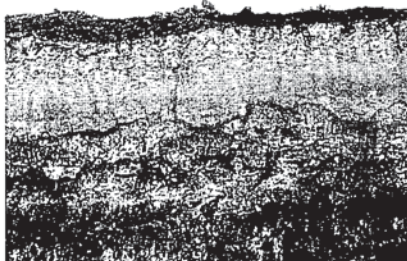


Fig. 3.- Aspecto en afloramiento de la estructura gilgai a techo de la Unidad II. Las dimensiones del afloramiento son 2,5 x 4 m.

Fig. 3.- Outcrop view of the gilgai structure bounding the upper part of Unit II (outcrop dimensions: 2.5 x 4 m).

ción positiva. Muestran predominio de fragmentos carbonáticos (fragmentos de biomicroritas) y clastos de lutita, en general subangulares a redondeados. Es de señalar la presencia de algunos cantos erráticos (*outsized*) de sepiolita oscura y sílex, claramente procedentes de las paredes de los huecos. La fábrica del sedimento es grano-soportada y su selección es normalmente baja. El tamaño de los clastos es variable, desde tamaño arena a grava. El análisis mineralógico de estos depósitos indica alto contenido en calcita, con contenido subordinado en filosilicatos y trazas de cuarzo. Las arcillas muestran un predominio de esmectitas aluminicas e illita.

c) depósitos autóctonos de carbonato: se han distinguido dos tipos de carbonatos, ambos compuestos por calcita: 1) biomicrorita y micrita fosilífera, con secciones completas o fragmentos de conchas de ostrácodos y gasterópodos de agua dulce, girogonitos y tallos de carofitas, frústulas de diatomeas (Fig. 5A), espículas de esponjas calcitizadas, restos de plantas y trozos de huesos de vertebrados; 2) micrita con nódulos, grietas circungranulares y trazas de raíces, todos estos rasgos indicativos de carbonatos palustres (Fig. 5B). La fauna y flora contenida en estos carbonatos caracteriza un ambiente lacustre con aguas muy diluidas. Los depósitos de carbonato aparecen en capas de espesor centimétrico y localmente laminación.

Los rasgos sedimentarios de los depósitos que rellenan las cavidades indican que este relleno tuvo lugar mediante entradas sucesivas de material clástico, posiblemente debidas a arroyadas episódicas. La acumulación de depósito clástico grueso tuvo lugar de forma gravitacional en la entrada de los huecos, dispersándose los tamaños más finos hacia partes más centrales de los mismos (Fig. 6). La sedimentación de carbonato corresponde a etapas en las que el fondo de los huecos quedó encharcado, produciéndose la precipitación de micrita y el desarrollo de fauna y flora en aguas diluidas. El resultado es la formación de depó-



Fig. 4.- Vista de los sedimentos que rellenan el yacimiento Batallones 2. Las capas observables están formadas esencialmente por depósitos clásticos gruesos.

Fig. 4.- Sedimentary fill of the Batallones 2 vertebrate locality. Beds consist mainly of coarse-grained clastic deposits.

sitos que pueden ser caracterizados como lacustres someros/palustres.

### Discusión

El mecanismo de formación de las cavidades en que se depositaron los rellenos sedimentarios anteriormente descritos y los restos de vertebrados que dan lugar a los yacimientos del Cerro de los Batallones constituye uno de los aspectos más sugerentes de la investigación actualmente en marcha sobre este área. La interpretación de estos yacimientos debe contemplar necesariamente su carácter de trampas de vertebrados, tal como se deduce de los resultados paleontológicos hasta ahora obtenidos (Morales *et al.*, 1992; Morales *et al.*, este volumen).

Sin dar ni mucho menos por cerradas las hipótesis sobre los procesos que condujeron a la formación de los yacimientos, el modelo que se presenta tiene en cuenta los siguientes hechos: 1) la existencia de una discontinuidad sedimentaria, representada por la estructura de tipo "gilgai" (Fig. 3), entre las unidades II y III distinguidas en la

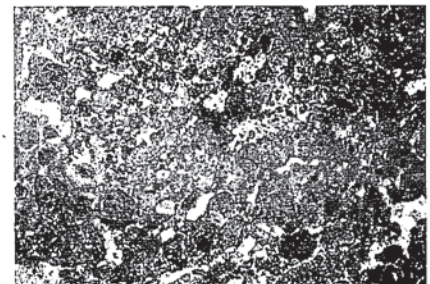
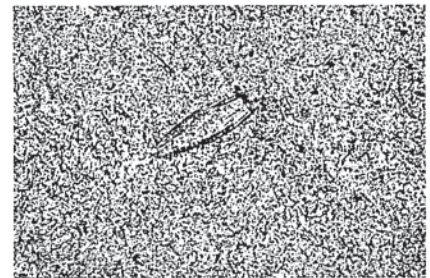


Fig. 5.- A) Fotografía al microscopio (nícoles paralelos) del sedimento carbonatado que rellena el yacimiento Batallones 1. Obsérvese la frústula de diatomea presente en el centro de la fotografía. La longitud abarcada por la fotografía es de 0,4 mm. B) Microfacies de carbonato palustre procedente del relleno del yacimiento Batallones 1. La dimensión abarcada por la fotografía es de 4 mm.

Fig. 5.- A) Photomicrograph (plane light) of the carbonate sediment filling the Batallones 1 locality. Note a diatom frustule in the center of the picture (length of the item shown in the photograph 0.4 mm). B) Photomicrograph of a palustrine carbonate deposit from the Batallones 1 locality (length of the item shown in the photograph 4 mm).

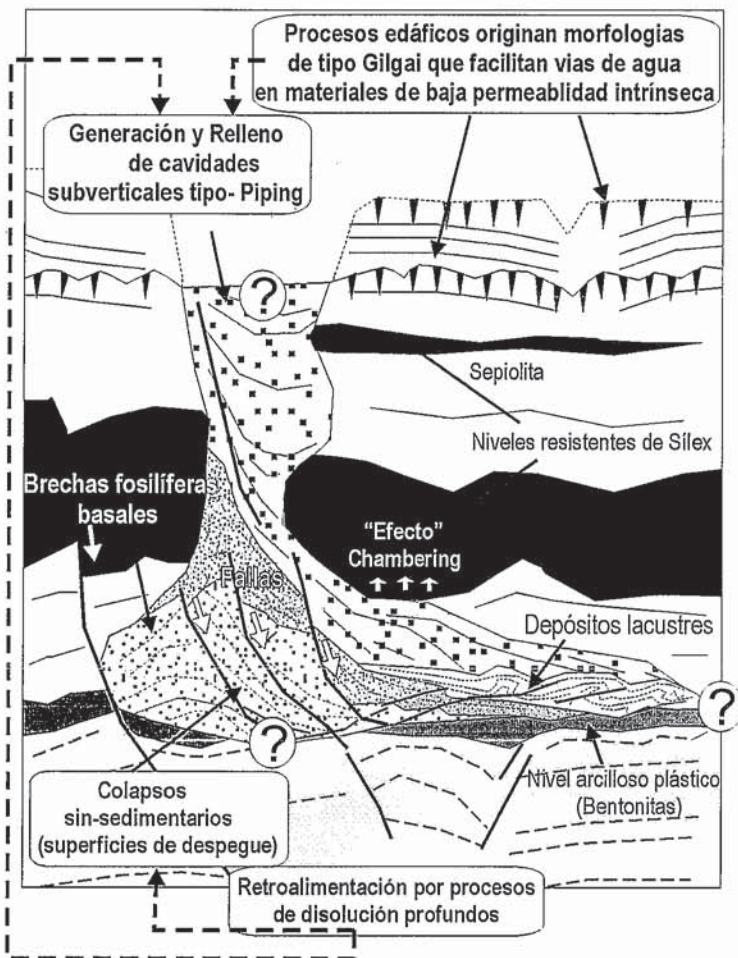


Fig. 6.- Modelo interpretativo del relleno de una de las cavidades que contienen los yacimientos de vertebrados. En él se indica la influencia de los vertisuelos en la generación de las cavidades y el efecto de disolución en profundidad.

Fig. 6.- Interpretative sketch for the sedimentary fill of the cavities which contain the vertebrate localities of the Cerro de los Batallones. Emphasis is placed in the presence of vertisols and the effect of subsurface dissolutional processes.

sucesión estratigráfica general del Cerro de los Batallones (Fig. 2); 2) la geometría y morfología de los huecos, netamente encajados en los materiales que forman dicha sucesión, similares, en una primera aproximación, a yacimientos de tipo trampa desarrollados en sistemas kársticos (Simms, 1994).

El contacto entre las unidades II y III marca un cambio importante en las condiciones de sedimentación. La estructura "gilgai" constituye un rasgo asociado al desarrollo de vertisuelos (Retallack, 2001). Típicamente, la estructura "gilgai" supone la generación de un relieve (altos y depresiones) de mayor o menor amplitud. En relación con este relieve pudieron generarse grietas o fisuras que posteriormente se ampliaron, dando lugar al inicio de los huecos-trampa. Las investigaciones llevadas a cabo en áreas próximas al Cerro de los Batallones ponen de manifiesto la generación de manantiales y otros cambios morfológicos relacionados con la discontinuidad sedimentaria marcada por la estructura "gilgai", algo ya

puesto de manifiesto en trabajos precedentes (Bellanca *et al.*, 1992) y que sugiere la importancia de esa discontinuidad a un nivel regional.

El sistema de fisuras y grietas relacionadas con los vertisuelos, así como los sistemas de fracturación interestratales que afectan a los materiales del cerro, podrían ser los elementos a partir de los cuales se generó un medio de alta capacidad de infiltración selectiva, a pesar de estar instalado en materiales de baja permeabilidad intrínseca (arcillas esmectíticas y sepiolita). En estas condiciones y favorecidos por la existencia de un gradiente topográfico e hidrológico se iniciaron procesos de "erosión subsuperficial", entre los cuales los procesos de tipo "piping" (Bryan y Jones, 1997) parece el más indicado para explicar la ampliación de los huecos. Este proceso, conocido también como "karst de arcillas", "subsufusión" o "erosión en túnel", se utiliza para la descripción de formas pseudokársticas cuyas dimensiones pueden ser variables y que no están restringi-

das a un ámbito climático concreto, salvo la existencia de fuertes contrastes estacionales. El proceso de "piping", posiblemente asociado también con procesos de "chambering" (sostenimiento de cavidades por la presencia de niveles resistentes) (Fig. 6) resulta, desde este punto de vista, adecuado para explicar la generación de los huecos que condujeron al entrapamiento de vertebrados observado en los yacimientos del Cerro de los Batallones.

El modelo propuesto se desarrolló en un contexto ciertamente particular dentro de la evolución geológica de la Cuenca de Madrid: el cambio paleogeográfico acaecido durante el Mioceno superior (Vallesiense), cuyo resultado más palpable es la diferencia de arquitectura y distribución de facies observable entre las unidades Intermedia y Superior del Mioceno en la cuenca (Calvo *et al.*, 1989). El nuevo marco geomorfológico generado durante el Vallesiense podría explicar de una forma consistente los requisitos de gradiente topográfico e hidráulico necesarios para la generación de los procesos de "piping" apuntados.

**Agradecimientos**

Los autores desean mostrar su agradecimiento al numeroso grupo de colaboradores que ha participado, desde 1991, en el hallazgo y excavación de los yacimientos. Asimismo agradecemos a la empresa TOLSA S.A. y a la Comunidad de Madrid las facilidades dadas para estas tareas. La National Geographic Society financió la campaña realizada en 2001. El trabajo se ha realizado dentro del Proyecto de Investigación BTE2002-00410 financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

**Referencias**

Bellanca, A., Calvo, J.P., Censi, P., Neri, R. y Pozo, M.. (1992): *Sedimentary Geology*, 76, 135-153.  
 Bryan, R.B. y Jones, A.A. (1997): *Geomorphology*, 20, 209-218.  
 Calvo, J.P., Ordóñez, S., García del Cura, M.A., Hoyos, M. y Alonso Zarza, A.M. (1989): *Acta Geol. Hispánica*, 24, 281-298.  
 Leguey, S., Pozo, M. y Medina, J.A. (1985): *Miner. Petr. Acta*, 29<sup>a</sup>, 287-301.  
 Morales, J., Alcalá, L., Alvarez-Sierra, M.A. y col. (2004): *Geogaceta*, este volumen.  
 Morales, J., Capitán, J., Calvo, J.P. y Sesé, C. (1992): *Geogaceta*, 12, 77-80.  
 Pozo, M. y Casas, J. (1995): *Bol. Geol. Minero*, 106, 265-282  
 Pozo, M., Medina, J.A. y Leguey, S. (1985): *Bol. Soc. Esp. Miner.*, 8, 271-283.  
 Retallack, G. J. (2001): *Soils of the Past*. Unwyn Hyman, London, 404 pp.  
 Simms, M.J. (1994): *Zoological Journal of the Linnean Society*, 112, 261-283.