

# Características diferenciales y génesis de los niveles silíceos explotados en el yacimiento arqueológico de Casa Montero (Vicálvaro, Madrid).

*Differential features and genesis of silica levels mined in the Casa Montero archaeological site. (Vicálvaro, Madrid)*

M<sup>a</sup>.A. Bustillo y J.L. Pérez- Jiménez

Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. José Gutiérrez Abascal nº 2, Madrid 28006. abustillo@mncn.csic.es y jlperez@mncn.csic.es

## ABSTRACT

*The research during the construction of the M-50 highway has allowed the study of the silica levels that constitute the most important Neolithic flint mine in the Iberian Peninsula. A group of more than 3.800 extraction pits were realized to obtain cherts and opals that appear among Mg smectites beds (Aragonian deposits). The description of the nodular and stratiform silica levels and the study of their types and distribution have been done at geological sections obtained during the archaeological excavations. Three petrological types of siliceous rocks (chert, opal and opaline chert) are established and defined according to their mineralogy and microfacies. Cherts are constituted only by quartz and locally minor amounts of moganite. Opals contain opal CT, Mg smectites and minor quartz. Opaline chert is defined when the proportion of quartz is higher than 50%. All the types of siliceous rocks reproduce bioturbation structures as well as other structures found in the host rocks (grains, intraclasts, brecciation).*

*The silica levels at the base of the columns are constituted only by chert and were formed by the silicification of nodular and lenticular dolomite levels included in the Mg-smectites beds. The rest of the siliceous levels are composed of opals and opaline cherts and were formed by silicification of Mg-smectites. The outer part of the opaline chert has a higher content in opal and clay relicts whereas the inner part is mainly microcrystalline quartz. This change is consequence of the recrystallization of the opal (aging) producing a more compact silica rock. The main silicification occurred under the groundwater table because the structure of the host rocks is conserved in the silica rocks. A general question is whether the silica that precipitates is introduced by groundwater or it is released from the dissolution of clays during their replacement.*

**Key words:** *chert, opal, silicification, Mg-smectite, phreatic-vadose environments.*

*Geogaceta, 38 (2005), 243-246  
ISSN: 0213683X*

## Introducción

El yacimiento arqueológico de Casa Montero se descubrió en julio de 2003 durante los estudios de impacto arqueológico, previos a la construcción de la vía de circunvalación M-50. Se encuentra en el tramo que enlaza las carreteras N-II y N-III, en el término municipal de Madrid, distrito de Vicálvaro, y se trata de una explotación minera de sílex de gran importancia. En Europa hay documentadas medio centenar de explotaciones de sílex, siendo la de Casa Montero la primera mina importante excavada que hay en España, destacando por su extensión.

A parte de por su magnitud, ya que en la actualidad se han encontrado ya más de 3800 pozos de extracción en 40.000 m<sup>2</sup> (S. Consuegra, com. personal), se distingue por su prolongada utilización. Aunque el humano se aprovisionó de sílex en ella fundamentalmente en el Neolítico, hay ocupación y o

uso en el Pleistoceno, Bronce Medio y en la edad Contemporánea/Actual (Consuegra *et al.*, 2004). La profundidad de los pozos es muy variable, siendo algunos simplemente de «tanteo». Los que acceden a niveles de sílex /ópalo varían entre los 1'5 y 7 m aproximadamente. La estrategia minera debió ser de pequeños grupos que se abastecían probablemente de manera estacional. Es decir, que la acumulación de pozos que se observa en la actualidad es el resultado de una actividad secuencial desarrollada por varias generaciones de poblaciones neolíticas (P. Díaz del Río, com. personal).

Los niveles lenticulares y nódulos de sílex/ópalos que fueron explotados en Casa Montero están localizados en rocas sedimentarias miocenas, que pertenecen a la Unidad Intermedia del Mioceno (Alberdi *et al.*, 1985) (Fig.1). Concretamente corresponden a depósitos de edad Aragoniense Medio. El objetivo de este trabajo es estudiar estos

niveles, con el fin de determinar aquellas características especiales que los hicieron apropiados, y a su vez lo suficientemente diferentes para ser elegidos. Hay que señalar que en toda la zona central de la Cuenca de Madrid es frecuente encontrar diferentes niveles de silcretas (Bustillo, 1976), existiendo en zonas muy próximas a Casa Montero series con secuencias donde aparecen cuatro o cinco niveles silíceos entre arcillas (Bustillo y Bustillo, 2000) que, sin embargo, no presentan vestigios de que fueran objeto de explotación minera durante la Prehistoria.

## Resultados

### *Columnas geológicas*

La serie geológica en las que se enclava la minería neolítica, se observa en las columnas I y II (Fig. 2) que fueron obtenidas a partir de las trincheras realizadas durante las excavaciones arqueológicas (Fig. 3). La

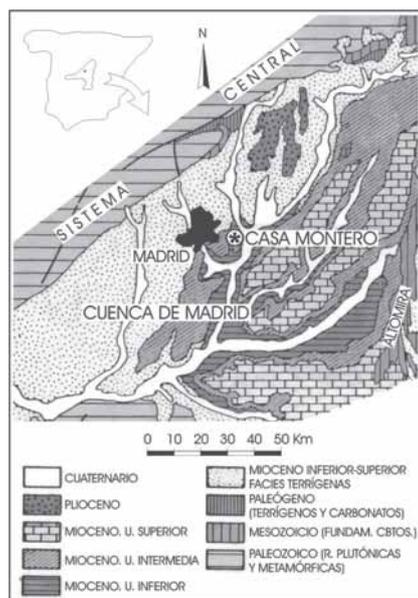


Fig. 1.- Esquema de la situación geográfica y geológica del yacimiento arqueológico de Casa Montero. Modificado de Alonso-Zarza (2004).

Fig. 1.- Geological sketch and location of the Casa Montero flint Mine. Modified from Alonso-Zarza (2004).

columna I incluye todos los niveles que pudieron ser explotados y está formada fundamentalmente por niveles de arcillas, marrones o verdes, dolomías, blancas y grises, así como rocas silíceas (sílex y ópalos) de color beige, gris, marrón o verde. En general en las columnas se definen secuencias cuyo tramo inferior es arcilloso y el superior es dolomítico, estando ambos intensamente bioturbados. A su vez, dentro de muchos tramos arcillosos hay un cambio de coloración desde la base al techo, pasando de verdes a marrones o pardas (Fig. 2). Las dolomías que forman capas son blancas y deleznales, mientras que las que constituyen nódulos y capas lenticulares son compactas, existiendo sólo en base de la columna I y en la II. En general, los niveles de sílex/ópalos están formados por nódulos o capas lenticulares (Figs. 3B, 3C y 3D) que son las buscadas por las perforaciones mineras (Fig. 3B). Estos niveles suelen tener poco espesor (40 cm. como máximo) e incluso pueden desaparecer lateralmente. Asimismo, se presentan ligeramente plegados por lo que algunos acaban interceptando el relieve actual, siendo observables también en pequeños escarpes naturales fuera de las trincheras. Los pozos de extracción realizados durante la explotación neolítica van atravesando niveles silíceos, hasta encontrar los más profundos un substrato de limos y arcillas verdes. En las secciones practicadas durante las excavaciones arqueológicas (Fig. 3A) se

han definido cuatro episodios diferentes de sílex/ópalo, constituidos por uno o varios niveles de nódulos o capas lenticulares que varían mucho lateralmente en continuidad y espesor. El primero incluye dos niveles nodulares separados por arcillas y dolomías, el segundo se trata de un conjunto de nódulos y capas lenticulares de poco espesor distribuidos irregularmente entre las arcillas (niveles finos del tramo 11, Fig. 2) y el tercero y cuarto están mejor definidos. Todos estos episodios están siempre incluidos en arcillas. (Fig. 2).

*Características petrológicas*

El estudio de los niveles compactos se ha realizado mediante microscopía óptica de luz polarizada y difracción de Rayos X (DRX). De acuerdo con los datos obtenidos se ha encontrado que las rocas silíceas (sílex y ópalos) de la explotación de Casa Montero presentan gran variedad composicional, que se refleja en los cambios de color y en la densidad de las muestras.

Se pueden diferenciar tres tipos:

*Sílex.*

De «visu» presentan color gris muy oscuro (Fig 3D) y son más densos y pesados que los ópalos. Mediante DRX se determina que están formados mayoritariamente por cuarzo, siendo las impurezas arcillosas muy escasas o inexistentes. En alguna muestra, se detectaron junto con el cuarzo indicios de moganita.

En microscopía óptica son incoloros, y con nícoles cruzados se observa que el cuarzo se presenta formando mosaicos de cristales (desde micro-cristocristalinos a macrocristalinos) y diferentes tipos de texturas fibrosas (calcedonita normal, calcedonita helicoidal, y quarzina). (Figs. 4A y 4B). Este tipo petrológico de sílex, forma los dos niveles inferiores (tramos 3 y 5 de la columna I y tramo 3 de la columna 2). Sus fábricas son complejas pero revelan intraclastos, bioturbación, alguna forma de microfósil y pseudomorfo lenticulares de cristales de yeso. Todos estos componentes son observables en las dolomías compactas que aparecen en los primeros tramos de ambas columnas.

*Ópalos.*

Presentan a simple vista un brillo resinoso y color marrón o verde con diferentes tonalidades, estando a veces muy fracturados. Mediante DRX se advierte que están formados por ópalo CT y proporciones variables de esmectitas magnesianas. En función de la proporción ópalo/arcilla varía la intensidad del color, siendo más oscuras las partes más opalinas.

Mediante microscopía óptica (Figs. 4C y 4D) se observa que presentan tonos y relieve variables dependiendo también de la proporción de arcillas. Las partes más arci-

llas muestran menos relieve y suelen tener color más marrón. Las características estructurales provienen mayoritariamente de las arcillas en las que aparecen incluidos y así pueden mostrar o una microfacies glaebular (Fig. 4C), consecuencia de la disgregación de la roca en granos redondeados, o intraclastos, consecuencia de una brechificación, tal y como se observa en las arcillas que están en contacto. Con nícoles cruzados presentan una débil birrefringencia consecuencia de la presencia de arcillas (Fig. 4D).

*Sílex opalinos.*

Son muy heterogéneos en color y aspecto, aunque predominan los de tono marrón, presentando generalmente una parte superficial de color y aspecto diferente (cortex). Suponen un tipo intermedio entre los sílex propiamente dichos y los ópalos. Mediante DRX y petrografía de lámina delgada se advierte que están formados por mezclas diferentes de cuarzo y ópalo CT (Figs. 4E, 4F y 5) siendo las esmectitas magnesianas muy minoritarias. Sus características texturales y estructurales se derivan de las rocas en las que están incluidos, como sucede en el caso de los ópalos, pero también son consecuencia del proceso de «envejecimiento» que sufrió el ópalo CT transformándose a cuarzo (Figs. 4E y 4F). Cuando se comparan los análisis de DRX realizados en el exterior e interior de ciertos nódulos y niveles lenticulares se ven diferencias significativas (Fig. 5), encontrándose que en el exte-

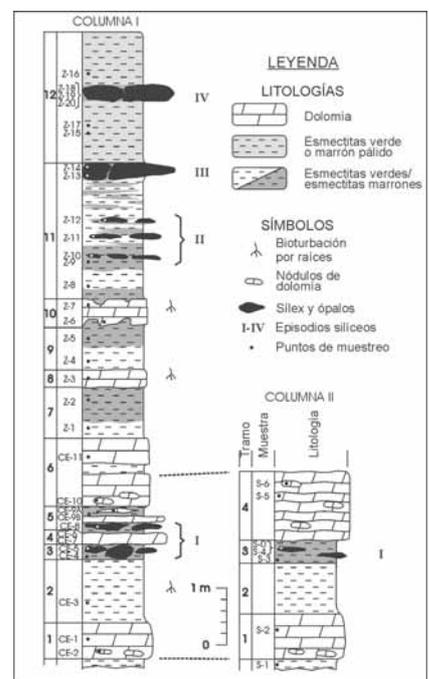
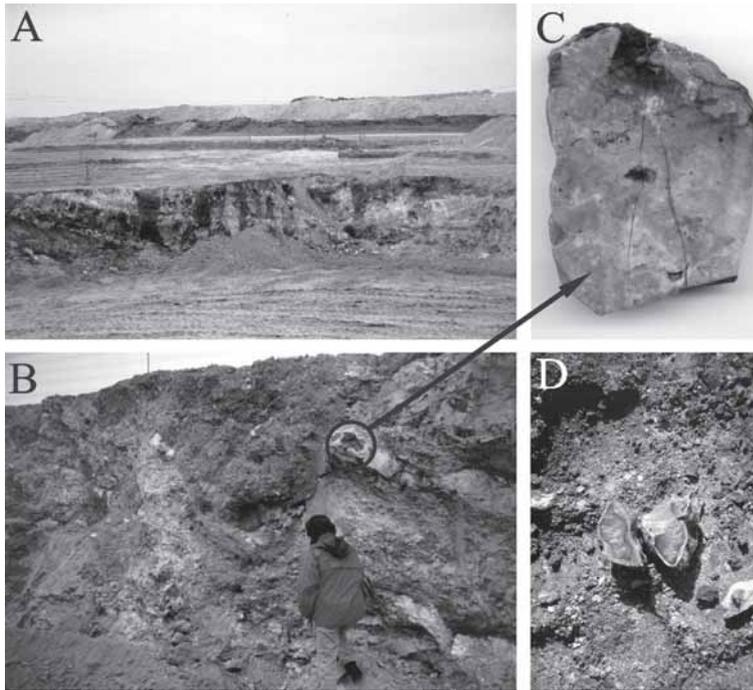


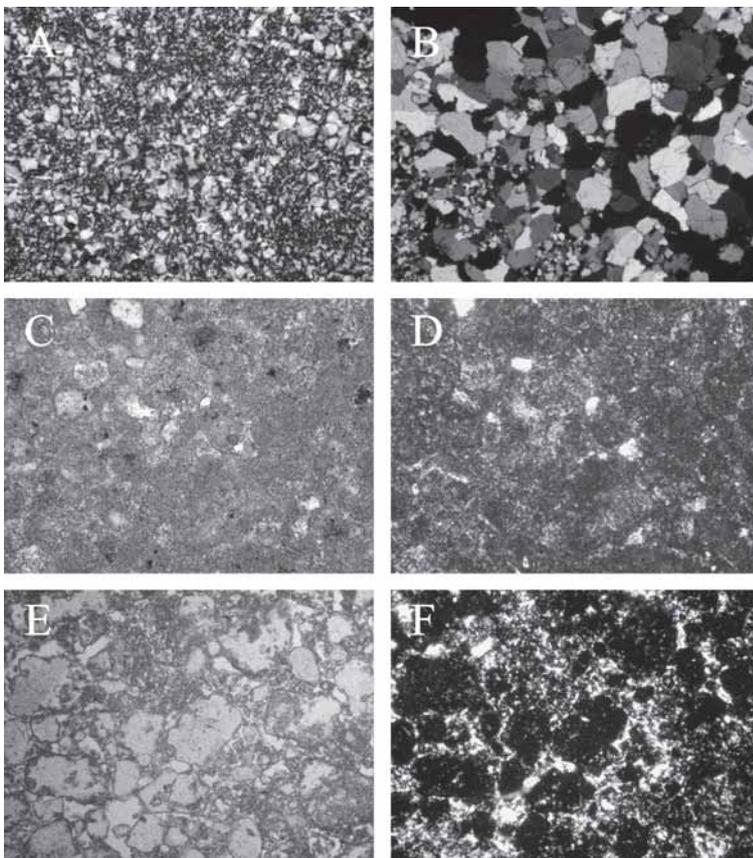
Fig. 2.- Columnas geológicas realizada en las trincheras de las excavaciones arqueológicas.

Fig. 2.- Representative columns in Casa Montero archaeological excavations.



**Fig. 3.-** (A) Aspecto general de la zona de muestreo en las excavaciones. (B) Sección donde se observa cómo un pozo de extracción atraviesa un nivel de sílice intercalado entre las esmectitas magnesianas. (C) Detalle del ópalo tomado en el nivel señalado en la figura anterior. Obsérvese su aspecto heterogéneo en color y estructura, (brechificación, bioturbación y grietas). (D) Muestra de sílex gris, muy compacto, que aparece en los primeros tramos de las columnas (Episodio I).

*Fig. 3.- (A) Outcrops and sample sections at the archaeological excavations. (B) Section showing an extraction pit that goes through an opal level. (C) Sample of the same level showing different colours, brecciated structure, bioturbation and cracks. (D) Grey compact chert from the base of columns (Episode I).*



rior se detectan débilmente las esmectitas magnesianas, mientras que el cuarzo es más abundante en el interior. Se interpreta entonces que el cuarzo podría producirse fundamentalmente por un proceso de envejecimiento del ópalo y que las esmectitas magnesianas son relictos de la roca caja, que son más abundantes en la zona exterior. Este envejecimiento es la característica más diferencial de los niveles opalinos de Casa Montero.

### Discusión y Conclusiones.

Los niveles de sílex/ópalos de las explotaciones de Casa Montero están incluidos en la formación de arcillas verdes, con intercalaciones de bancos carbonáticos y sílex, de edad Aragonense Medio (Calvo *et al.*, 1989). El medio de depósito de todo este conjunto de facies corresponde a un ambiente palustre-lacustre somero donde las arcillas son fundamentalmente esmectitas magnesianas y están formadas por una mezcla compleja de estevensita, saponita y minerales micáceos (Cuevas *et al.* 2003). Se considera que esta diversidad de esmectitas magnesianas es consecuencia de transformaciones diagenéticas en ambiente lacustre salino, pero posiblemente parte sean también de precipitación directa en medio lacustre, tal y como expone Mees (2001) en sedimentos cuaternarios. Este conjunto pasa en transición hacia el NW a facies de orla muy distal de los abanicos aluviales o zonas de playa donde se genera-

**Fig. 4.-** Observación de las rocas silíceas en petrografía de lámina delgada. (A) Sílex de cuarzo con diferentes calcedonias y mosaicos de cristales de cuarzo, nícoles cruzados. La anchura de la foto equivale a 1 mm. (B) Sílex de cuarzo con mosaicos de megacristales, nícoles cruzados. La anchura de la foto equivale a 3 mm. (C) Ópalo arcilloso con microfacies glaeular, nícoles paralelos. (D) Idem, nícoles cruzados. Los relictos de arcilla enmascaran el isotropismo del ópalo. La anchura de las fotos equivale a 2 mm. (E) Sílex opalino sin relictos de arcilla, y parcialmente transformado a cuarzo, nícoles paralelos. (F) Idem, nícoles cruzados. La parte opalina es isotrópica. La anchura de las fotos equivale a 2 mm.

*Fig. 4.- Silica rocks under thin section: (A) Chert with chalcedony and mosaic quartz, crossed nicols. The width of the photomicrograph is 1 mm. (B) Chert with mosaic of megaquartz, crossed nicols. The width of the photomicrograph is 3 mm. (C) Glaebular argillaceous opal, plane-polarized light. (D) Idem, crossed nicols. The opal is not isotropic because it includes minerals. The width of the photomicrographs is 2 mm. (E) Opaline chert with aging, plane-polarized light. (F) Idem, crossed nicols. The opaline part is isotropic. The width of the photomicrographs is 2 mm.*

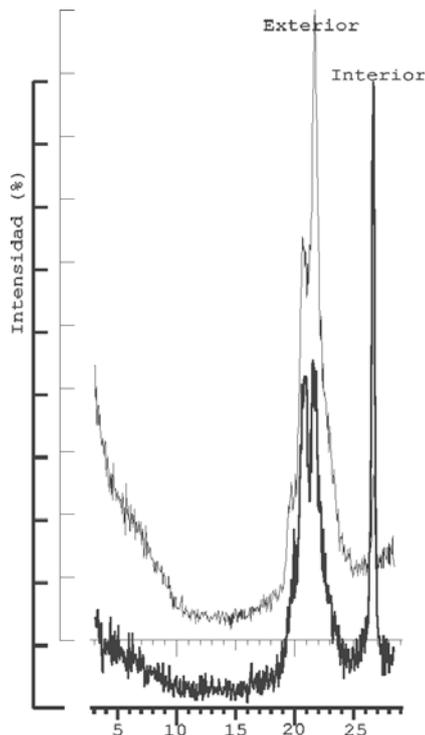


Fig. 5. Difractogramas de RX, correspondientes a la parte exterior e interior de un sílex opalino (Z-11), observándose como en la parte interior no aparecen relictos de esmectitas y la proporción de cuarzo es mayor.

Fig. 5. X-ray powder diffraction patterns of the core and outer part of an opaline chert (Z-11). The core has no smectites and a higher proportion of quartz than the outer part.

ron secuencias con silcretas como consecuencia de la silicificación de sepiolitas (Bustillo y Bustillo, 2000).

Los nódulos y niveles síliceos de Casa Montero presentan gran heterogeneidad, desde el punto de vista textural y mineralógico, a pesar de estar todos ellos incluidos en esmectitas magnesianas. Los dos niveles inferiores presentan sílex (tramos 3 y 5 de la columna 1, y tramo 3 de la columna 2) constituidos por cuarzo y ocasionalmente moganita siendo diferentes del resto porque no poseen relictos de ópalo. El hecho de que tengan texturas y estructuras en parte parecidas a las de la dolomía compacta de los niveles adyacentes, hace pensar que estos sílex se formaron por la silicificación de cuerpos nodulares o lenticulares dolomíticos que estaban incluidos entre las esmectitas magnesianas. Debido a que en el sílex coexisten texturas fibrosas de cuarzo indicativas tanto de ambiente pobre en Mg (calcedonita) como rico (quartzina) (Hesse, 1989) podría haber sucedido que parte de la silicificación se diera sobre calcita y parte sobre dolomita, antes de una dolomitización total de los cuerpos nodulares de carbonatos incluidos en las esmectitas.

Sin embargo los niveles de ópalo y de sílex opalino que se encuentran en el resto de la serie (tramos 11 y 12), posiblemente se formaron por silicificación de las esmectitas magnesianas. Estas arcillas, cuando se silifican imponen parte de su microestructura laminada al ópalo resultante, quedando reflejado además «granos», intraclastos y bioturbación. Por otra parte, la característica más diferencial de estos niveles de ópalo, en relación a otros de la misma edad y localizados en series próximas dentro de la Cuenca de Madrid, es su alta proporción de cuarzo proveniente de envejecimiento, lo cual es anómalo cuando se trata de ópalos arcillosos. En series próximas donde el ópalo se asocia con sepiolita (Bustillo y Bustillo, 2000) el envejecimiento es prácticamente nulo, porque el envejecimiento o transformación del ópalo a cuarzo es un proceso que va progresando con la edad (por ejemplo, en el Cretácico casi no existen ópalos), pero se retarda si existen arcillas, ya que estas favorecen la estabilización de las fases opalinas.

En los medios palustres-lacustres someros, muchas de las silicificaciones se realizan en ambiente vadoso o freático meteórico (Thiry, 1997). De acuerdo con este autor, las silicificaciones pedogénicas desarrollan texturas y fábricas propias que son características de suelos (estructuras de iluviación, disyunciones prismáticas, distribución en el perfil de los minerales de la sílice, etc.) y borran las de la roca caja. En cambio, las silicificaciones freáticas mantienen perfectamente la estructura de la roca caja. Basándonos en este criterio, y teniendo en cuenta que en todos los niveles síliceos se conserva parte de las estructuras y fábricas de la roca caja, nos inclinamos a pensar que el proceso de silicificación se realiza en ambiente freático. Sin embargo en determinadas épocas estos perfiles pudieron estar sometidos al ambiente vadoso, motivando los procesos de envejecimiento o transformación a cuarzo que manifiestan los sílex opalinos. Vemos, por lo tanto, que estos niveles pueden estar reflejando un cambio del límite vadoso/freático. Esta génesis mixta, con participación de ambos ambientes (freático y vadoso), ha sido también reconocida en silcretas próximas formadas en zonas de playa y es debido a oscilaciones del nivel del lago (Bustillo y Bustillo, 2000).

El proceso de silicificación genera principalmente minerales opalinos, por lo que hay que pensar que las soluciones silificantes son ricas en sílice (alrededor de 100 ppm) (Heaney y Banfield, 1993). En los niveles estudiados, hasta la actualidad, no se han encontrado fitolitos, como ha sucedido en otros niveles opalinos próximos (Pinilla y Bustillo, 1997), u otros componentes biosilíceos por lo que hay que pensar

en una posible fuente de sílice inorgánica. Para explicar la silicificación de las esmectitas magnesianas, o de cualquier otro mineral de la arcilla, no es necesario que toda la concentración en sílice sea aportada por las aguas freáticas ya que los mismos minerales de la arcilla, que se están disolviendo durante el reemplazamiento a ópalo, están suministrando al fluido intersticial parte de la sílice necesaria para la silicificación.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado a través de los proyectos BTE2002-04017-CO2-01 del Ministerio de Educación y Ciencia y 06/HSE/0427/2004 de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.

Agradecemos a Susana Consuegra, Nuria Castañeda, Pedro Díaz del Río y en general a todo el equipo encargado de las excavaciones del yacimiento de Casa Montero la ayuda y atención recibida durante la realización del presente trabajo.

#### Referencias

- Alberdi, M.T., Hoyos, M., Mazo, A., Morales, J., Sesé, C. y Soria, D. (1985). En: *Geología y Paleontología del Terciario Continental de la provincia de Madrid*. (M.T. Alberdi, Ed.) C.S.I.C., Madrid, 99-105.
- Alonso-Zarza, A.M., Calvo, J.P., Silva, P.G. y Torres, T. (2004). En: *Geología de España* (Vera J.A. Ed.). Sociedad Geológica de España. Instituto Geológico y Minero de España, 556-560.
- Bustillo, M.A. (1976). *Estudios Geológicos*, 32, 451-497.
- Bustillo, M.A. y Bustillo, M. (2000). *Sedimentology*, 47, 1023-1039.
- Calvo, J.P., Goy J.L., Pérez-González A., Zazo C., Morales J., López Martínez N., Vegas R., San José M.A. y Gallego E. (1989). *Mapa Geológico de España 1:50.000*, hoja nº 559 (Madrid). IGME, Madrid
- Consuegra, S., Gallego M., y Castañeda N. (2004). *Trabajos de Prehistoria*, 61, 127-140.
- Cuevas, J., Vigil de la Villa, R., Ramírez, S., Petit, S., Meunier, A. y Leguey, S. (2003). *Clays and Clay Minerals*, 51, 457-472.
- Heaney, P.J. y Banfield, J. (1993). *Reviews in Mineralogy*, 28, 185-233.
- Hesse, R. (1989). *Earth Science Reviews*, 26, 253-284.
- Mees F. (2001). *Clay Minerals*, 36, 547-556
- Pinilla A. y Bustillo M.A. (1997). *Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales*, CSIC, 4, 255-265.
- Thiry, M. (1997). En: *Soils and Sediments, Mineralogy and Geochemistry* (H. Paquet y N. Clauer, Eds.). Springer, 191-221.