

GEOMORFOLOGÍA, ESTRATIGRAFÍA, PALEONTOLOGÍA Y PROCEDENCIA DE LOS DEPÓSITOS ARCÓSICOS CUATERNARIOS DE LA DEPRESIÓN PRADOS-GUATÉN (SW MADRID).

P.G. SILVA⁽¹⁾, M. PALOMARES⁽²⁾, F. RUBIO⁽³⁾, J.L. GOY⁽⁴⁾,
M. HOYOS⁽⁵⁾, A. MARTÍN-SERRANO⁽³⁾, C. ZAZO⁽⁵⁾ & M.T. ALBERDI⁽⁶⁾

(1) Dpto. Geología, Universidad de Salamanca, E. Politécnica Superior Avila, 05003-Avila.

(2) Dpto. Petrología y Geoquímica, Fac. CC. Geológicas UCM, 28040-Madrid

(3) Div. Geología, Instituto Tecnológico Geo-Minero de España (ITGE), Ríos Rosas, 4
28006-Madrid.

(4) Dpto. Geología, Universidad de Salamanca, Fac. Ciencias, 37008-Salamanca

(5) Dpto. Geología, Museo Nac. CC. Naturales (CSIC), José Rodríguez Abascal, 2,
28006-Madrid.

(6) Dpto. Paleobiología, Museo Nac. CC. Naturales (CSIC), José Rodríguez Abascal, 2,
28006-Madrid.

Resumen. El presente trabajo analiza el registro geomorfológico, estratigráfico y paleontológico ligado al nivel de terraza compuesto (+15-40m) que aflora en la Depresión Prados-Guatén. Los depósitos de naturaleza arcósica, y origen fluvial, presentan restos de *Mammuthus meridionalis* y *Equus* sp. que permite asignarlos al Pleistoceno inferior-medio. El depósito se encuentra constituido por, al menos, cuatro unidades fluviales superpuestas y solapadas con un importante evento interno de tipo «cut & fill», con una potencia superior a los 17m. Todas estas unidades se encuentran fosilizadas por un glacis de cobertera que enmascara su morfología aterrazada. Tanto las facies de llanura de inundación de los depósitos fluviales, como los depósitos de piedemonte previos al desarrollo del glacis que los fosiliza registran un importante proceso de carbonatación, dando lugar al desarrollo incipiente de calcretas. El análisis textural y composicional de dichos depósitos y los del Valle inferior del Manzanares revelan similar procedencia, indicando que fueron depositados por un mismo sistema fluvial: un antiguo sistema Manzanares-Guatén (Pleistoceno inferior-medio).

Palabras Clave: Evolución fluvial, Valle abandonado, procedencia de sedimentos, Río Manzanares, Madrid

Abstract. In this study the geomorphological, stratigraphical and paleontological record of the Quaternary fluvial arkoses of the Prados-Guatén Depression is analysed. These arkosic deposits, of fluvial origin, are recorded in a composite fluvial terrace (+15-40m). This terrace level consists of four main overlapping and/or offlapping fluvial units, showing an accumulated thickness up to 17m and displaying a main dissectional event which is recorded by an important cut & fill episode linked to the sedimentation of the younger fluvial unit. Mammals remains localised at the base of this last unit (*Mammuthus meridionalis* and *Equus* sp.) indicate a Lower-Middle Pleistocene age. All these fluvial

units are capped by an upper glaciais level, which masks the former staircase topography of the ancient fluvial valley. An important process of carbonate accumulation affects both the more surficial fluvial plain facies (gredas) and the ancient piedmont deposits of the zone. In the latter, carbonate accumulation gave place to incipient calcrete development. Provenance analyses (texture and composition) of the Quaternary fluvial arkoses compared with fluvial arkoses deposited in the lower Manzanares valley indicate that both deposits had a similar source area (60-90% granites). These data suggest that both arkosic materials were deposited by the same fluvial system, an ancient Manzanares-Guatén system which during the Lower Pleistocene and the early Middle Pleistocene drained the Depression flowing directly into the Tajo River. This ancient fluvial system was captured by the Jarama River downstream of Madrid City. The capture process was triggered by the middle Pleistocene tectonic crisis linked to the development of the large gypsum scarps bounding the main fluvial valleys in this sector of the Madrid Basin. The eventual process of carbonate accumulation can be interpreted as the environmental signature of valley abandonment in response to the expected abrupt change in the hydrological behaviour of the Prados-Guatén Depression.

Key words: Fluvial evolution, Valley abandonment, sediments provenance, Manzanares Valley, Madrid Basin.

1. Introducción

La Depresión Prados-Guatén, situada en la zona sur de Madrid conecta morfológicamente el valle inferior del río Manzanares con el del Tajo siguiendo una dirección subparalela (NE-SW) a la de los ríos Jarama y Guadarrama (Figura 1). Los depósitos arcósicos fluviales cuaternarios situados en esta depresión han generado cierta controversia acerca de su origen y procedencia. Inicialmente Riba (1957) propuso la idea de su origen en respuesta a un antiguo valle abandonado cuaternario del río Manzanares. Por otro lado, Pérez-Mateos y Vaudour (1972) y Vaudour (1977) lo asimilan a un antiguo valle plioceno, posteriormente exhumado durante el cuaternario, relacionándolo implícitamente también con un antiguo curso fluvial, predecesor del Manzanares en su zona de cabecera. Sin embargo, las cartografías geológicas de las hojas de Aranjuez (Carro y Capote, 1968) y Getafe (Vegas *et al.*, 1975) explican su origen por erosión diferencial a lo largo del cambio lateral de facies, entre los materiales arcósicos marginales y los yesíferos centrales del relleno Neógeno de la Cuenca de Madrid, que se verifica a lo largo de su trazado. Por tanto estos autores consideran dicho corredor morfológico como una Depresión de cambio lateral de facies enteramente labrada por los arroyos Prados y Guatén durante el Cuaternario. Posteriormente Silva (1988) y Silva *et al.* (1988a) confirman la edad cuaternaria (Pleistoceno inferior) de estos depósitos mediante el hallazgo de restos de vertebrados en los antiguos areneros de la Estación de FFCC de Esquivias-Yeles (*Mammuthus meridionalis* NESTI y *Equus sp.*). Así mismo, en función de datos sedimentológicos geomorfológicos y paleontológicos, estos autores apoyan la idea propuesta por Riba (1957) indicando que los depósitos arcósicos fluviales fueron generados por el Río Manzanares, el cual durante el Pleistoceno inferior recorría la Depresión desembocando directamente en el río Tajo (Silva *et al.*, 1988a, 1988b).

En este trabajo se expone un análisis integrado del registro estratigráfico, paleontológico y geomorfológico de las arcosas fluviales cuaternarias de la Depresión Prados-Guatén. Así mismo, se pretende determinar la procedencia de estos depósitos arcósicos mediante estudios composicionales y texturales comparativos, similares a los llevados a cabo por Palomares *et al.* (1992) en cursos fluviales situados en la vertiente Norte del Sistema Central. La mayor parte de las observaciones y recogida de muestras se realizaron entre los años 1988-1992, cuando las obras de construcción del AVE Madrid-Sevilla abrieron nuevos cortes y areneros a lo largo de la mencionada depresión, alguno de los más importantes se encuentran descritos esquemáticamente en Silva *et al.*, (1989) y Roquero *et al.* (1996). Se comparan los datos texturales y composicionales con las características sedimentológicas de los depósitos, con el fin de establecer las tendencias evolutivas de la dinámica fluvial que los originaron. Finalmente, se considera el impacto que el proceso de captura pudo tener en la mezcla poblaciones texturales y composicionales de las arcosas depositadas antes y después de producirse, tal y como han puesto de manifiesto recientes trabajos (Tortosa *et al.*, 1997) en cursos fluviales cuaternarios de la otra vertiente del Sistema Central

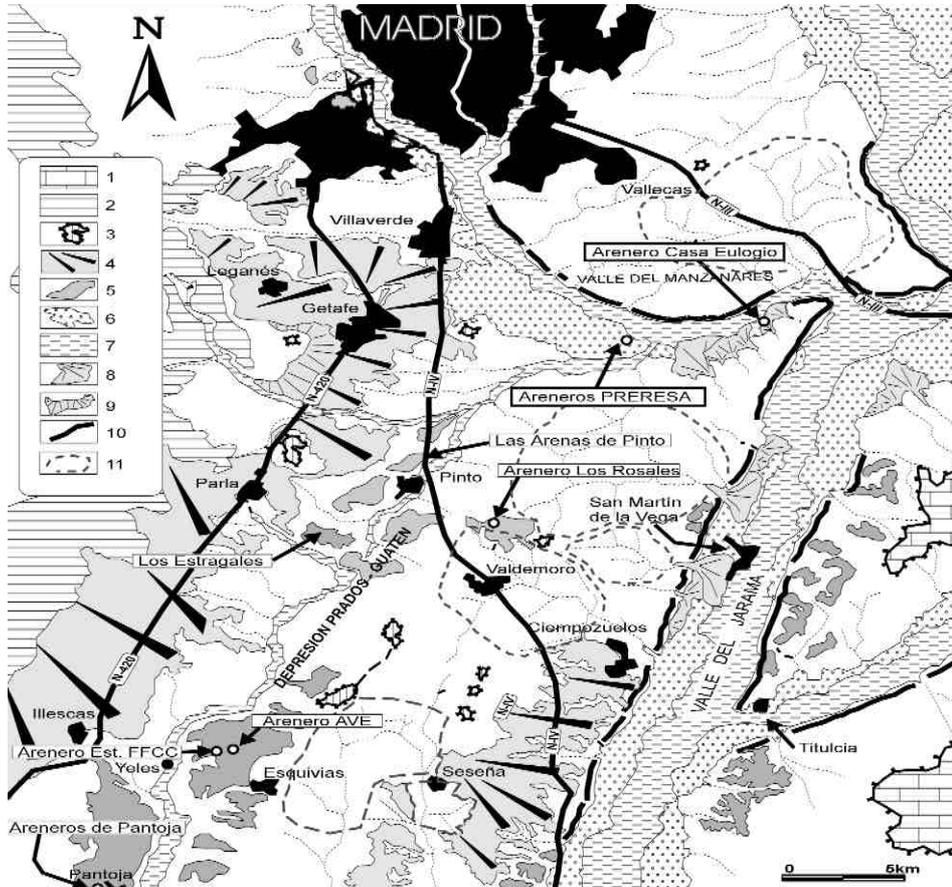


Figura 1. Encuadre geomorfológico de la zona de estudio: 1) Superficie del Páramo; 2) Rampa de Griñón-Las Rozas; 3) Relieves estructurales (cerros testigos y mesas) sobre las calizas de la Unidad Intermedia y superficie de Fuencarral-Espartinas; 4) Sistemas de Glacis Plio-cuaternarios; 5) Terrazas fluviales del Pleistoceno inferior y medio; 6) Terrazas fluviales del Pleistoceno medio y superior; 7) Llanuras de inundación y depósitos fluviales holocenos; 8) Abanicos aluviales pleistocenos; 9) Coluviones; 10) Escarpes yesíferos

Geomorphologic map of the studied zone: 1) Paramo surface; 2) Griñón-las Rozas ramp; 3) Structural relieves (mesas) elaborated on the Intermediate Unit upper limestones and Fuencarral-Espartinas surface; 4) Plio-Quaternary glacial systems; 5) Early to middle Pleistocene fluvial deposits; 6) Middle to late Pleistocene fluvial deposits; 7) Holocene and flood plain fluvial deposits; 8) Alluvial fans; 9) Colluviums; 10) Main Gypsum escarpments

2. Contexto Geomorfológico y Geológico de los depósitos cuaternarios de la Depresión Prados-Guatén.

La Depresión Prados-Guatén se encuentra situada entre los valles de los ríos Jarama y Guadarrama, los cuales en dirección NNE-SSW drenan directamente al río Tajo. Las divisorias de esta depresión con respecto a los valles citados están constituidas por las rampas Arenofeldespáticas de Vaudour (1977). Estas, son superficies de erosión-sedimentación, previas a la instalación de la red fluvial cuaternaria (Figura 1), que parten de las estribaciones del Sistema Central alcanzando el centro de cuenca, denominándose Superficie de Griñón-Las Rozas la divisoria con el Guadarrama (Vaudour, 1977) y Superficie de Fuencarral-Espartinas la del Jarama (Silva, 1988; Goy *et al.*, 1989). Esta última, en la zona de estudio posee un fuerte control litoestructural, quedando definida por los cerros testigos de Batallones, el Telégrafo y Espartinas, que se desarrollan sobre las calizas lacustres del techo de la unidad intermedia Miocena (Hoyos *et al.*, 1985).

Actualmente esta Depresión se encuentra recorrida por dos arroyos, el Prados y el Guatén, que con sentidos opuestos drenan hacia los ríos Manzanares y Tajo respectivamente, conectando morfológicamente

ambos valles fluviales. El aspecto morfológico general de la depresión es el de un valle asimétrico, con una vertiente occidental escalonada en, hasta tres, sistemas de glacis que la articulan con la Superficie de Griñón-Las Rozas, mientras su vertiente oriental se encuentra dominada por escarpes en los materiales calcáreos y yesíferos miocenos. Al pie de dichos relieves se desarrollan dos sistemas de piedemonte solapados en offlap, de menor desarrollo longitudinal (Figura 1), cuyas superficies de morfología «tipo glacis» se nivelan en su zona distal con el más reciente de la otra vertiente (+15m). En la zona axial de la Depresión, y encajándose en este nivel, se han distinguido dos niveles de terraza a +9m y +2m. (Figura 2) sobre el thalweg actual del arroyo Guatén (Silva *et al.*, 1988a), el cual se encuentra unos 80-85 metros por encima de los del Guadarrama y Jarama en el sector central de la Depresión (Esquivias-Yeles). Este valor altimétrico concuerda con las alturas relativas de los niveles fluviales más antiguos (+80m) del margen occidental del Valle del Jarama en el mismo sector (Silva *et al.*, 1988c), sugiriendo que la coincidencia de cota no es aleatoria, sino que responde a una herencia morfológica de especial transcendencia paleogeográfica.

El nivel de glacis más reciente se encuentra fosilizando los depósitos arcósicos fluviales objeto de este estudio en todo el ámbito de la Depresión, los cuales se encuentran agrupados en un complejo nivel de terraza compuesto situado a +15-40m sobre el arroyo Guatén (Silva, 1988; Silva *et al.*, 1988a; Silva *et al.*, 1989). Por tanto, a escala general en la Depresión Prados-Guatén se pueden diferenciar tres niveles de terraza que muestran importantes contrastes litológicos y texturales, en respuesta a la compleja evolución fluvial de la zona. Los niveles de terraza más recientes (+9 y +2m) poseen un carácter fundamentalmente areno-arcilloso, compuesto por arenas arcósicas muy impuras con numerosos cantos subangulares de caliza, sílex, e incluso yesos y algún canto retrabajado de cuarzo. Ambos niveles se encuentran relacionados con la evolución más reciente del arroyo Guatén (Silva *et al.*, 1988a). Por el contrario, los depósitos asociados al nivel de +15-40m están compuestos por arenas arcósicas, con cantos rodados de cuarzo, calizas y sílex, y niveles de arcillas verdes (Greda), alcanzando potencias superiores a los 17m. Éstos, representan un nivel de terraza complejo, compuesto por al menos cinco episodios fluviales superpuestos y/o solapados, y cuyas características sedimentológicas, litológicas y mineralógicas son muy similares a las de los depósitos del río Manzanares (Pérez Mateos y Vaudour, 1972; Silva *et al.*, 1988a; Silva *et al.*, 1989; Palomares y Silva, 1991).

Los restos de *Mammuthus meridionalis* y *Equus* sp. asociados a estos depósitos, indican una edad Pleistoceno inferior-medio para los mismos (Silva *et al.*, 1988a). Este hecho unido a la ausencia de depósitos fluviales de esta edad en el Valle inferior del Manzanares (Figure 1), donde los más antiguos corresponden al Pleistoceno medio (Vegas *et al.*, 1975; Goy *et al.*, 1989), sugiere que este último tramo del Manzanares es de instalación más reciente, y que anteriormente este río discurriría por la Depresión Prados-Guatén desembocando directamente en el Valle del Tajo a la altura de Añover (Silva *et al.*, 1988a, 1988b). Esta anomalía se ha explicado mediante un fenómeno de captura fluvial inducido tectónicamente (Silva *et al.*, 1988a) durante el cual el antiguo sistema Manzanares-Guatén que se dirigía directamente al Tajo, fue capturado por un antiguo tributario E-W del Jarama dando lugar al actual codo de captura que delinea el Valle inferior del Manzanares aguas arriba de su actual desembocadura en el Jarama (Fig. 1). El proceso de captura estuvo condicionado por la generación de los escarpes yesíferos que actualmente enmarcan a los valles del Manzanares, Jarama y Tajo en la zona centro-meridional de la Cuenca de Madrid. Estos escarpes son la expresión en superficie de importantes fallas NNW-SSE que afectan al basamento paleozoico de la Cuenca (Cadavid, 1977 ; Silva *et al.*, 1988a). Su probable origen tectónico y el carácter abrupto de su génesis, quedan atestiguados por numerosos rasgos morfológicos tales como, desarrollo de facetas triangulares y valles colgados, así como por numerosas deformaciones en los depósitos fluviales tanto anteriores como posteriores a su génesis (Silva, 1988). Estudios basados en el análisis estructural de los depósitos fluviales deformados y evidencias paleosísmicas en el ámbito de la Cuenca de Madrid sugieren que dichas deformaciones pudieron estar causadas por un tensor de esfuerzos compresivo de dirección general NNW-SSE, que dio lugar a una distensión subsidiaria NNE-SSW (Giner *et al.*, 1996; De Vicente *et al.*, 1996). Por otro lado, la mayoría de las evidencias paleosísmicas registradas en la zona se encuentra sectorialmente asociadas a dichos escarpes, e indican que la actividad tectónica fue más intensa durante el tránsito Pleistoceno inferior-medio y Pleistoceno medio alto (Giner *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 1997).

Más recientemente, en depósitos arcósicos similares a los del nivel de +15-40 m de la depresión, localizados en el nivel de terraza del Tajo a +28-30 m frente a la antigua desembocadura del Sistema Manzanares-

Guatén en Añover de Tajo (Fig. 1) se han encontrado restos de *Elephas antiquus* y abundante industria lítica achelense (Rus *et al.*, 1993). Dado que en los niveles más antiguos situados en este sector del Tajo, por encima del indicado, los niveles arcósicos no se encuentran muy desarrollados, estos nuevos datos parecen sugerir que los episodios más importantes de erosión y vaciado de la Depresión Prados-Guatén comenzaron ya bien entrado el Pleistoceno medio (Roquero *et al.*, 1996). Este proceso de vaciado, tuvo que estar obviamente relacionado con el anómalo episodio de encajamiento (descenso de nivel de base), que en los valles del Jarama y Tajo, estuvo ligado al desarrollo de los mencionados escarpes yesíferos.

3. Distribución espacial y estratigrafía de los depósitos arcósicos cuaternarios de la Depresión Prados-Guatén

En el sector del Arroyo de Los Prados, los depósitos arcósicos fluviales más importantes se empiezan a localizar a partir del K.17 de la Carretera de Andalucía (N IV) en el Polígono Industrial de las Arenas de Pinto, a 22m de altura sobre el thalweg del Prados y a unos 5km de distancia de los sistemas de terraza del Valle inferior del Manzanares-Culebro (Figura 1). Aunque actualmente todos los cortes están muy degradados y parcialmente cubiertos, es posible observar las arenas fluviales, que con 3m de potencia se sitúan discordantes sobre las margas yesíferas miocenas de la unidad intermedia, colgadas sobre la margen izquierda del valle. Más hacia el SE, en los antiguos areneros de Pinto (K.2-3 Ct^a Pinto-San Martín de la Vega) y de Rosales (K. 24 N-IV, Valdemoro), las arenas arcósicas fluviales presentan potencias que sobrepasan los 5m, situándose a 27m de altura. Por último ya en la zona de interfluvio de los arroyos Prados y Guatén, al SE de Parla, los cortes son escasos, pero se observan arenas arcósicas fluviales con cantos rodados de cuarzo y alguno de granito, en los pequeños escarpes (< 2m) de los cerros de Estragales, Canto Loco, y Los Cantos, que se elevan entre 18 y 23 metros sobre la zona de interfluvio. Es de resaltar que todos estos depósitos se encuentran afectados por un importante proceso de carbonatación, siendo común el desarrollo de potentes horizontes Cca y Bca, tanto masivos como en enrejado (Silva, 1988).

En el sector del Arroyo Guatén, los afloramientos de arenas arcósicas fluviales son mucho más importantes (Figura 1). El primero de ellos responde a los antiguos areneros anexos a la estación de FFCC de Esquivias-Yeles, donde la potencia máxima visible de las arenas arcósicas alcanzaba los 6-7 m (Silva, 1988). Con posterioridad, durante las obras de construcción del AVE (1989-1992) se abrieron importantes areneros en las inmediaciones de los más antiguos donde, con potencias que sobrepasan los 17m, se diferenciaron hasta cuatro unidades arcósicas fluviales solapadas en offlap (Silva *et al.*, 1989). Por último más al Sur, en las inmediaciones de Pantoja de la Sagra, ya en el margen occidental de la depresión, las grandes canteras abiertas para la extracción de las arcillas miocenas, ofrecen cortes de hasta 24m de desarrollo vertical, en los que los depósitos arcósicos cuaternarios alcanzan los 6-7 metros de potencia. Estos se encuentran situados en el extremo meridional de una extensa plataforma de unos 6km de longitud por 3 km de anchura que se desarrolla entre Yeles y Pantoja (Figura 1), y que parece responder a una forma relictas, la última llanura de inundación del sistema fluvial responsable del depósito de las arenas arcósicas objeto de este estudio.

El corte más completo de dichos depósitos arcósicos responde al arenero del AVE situado en las cercanías de Esquivias (Fig. 1), el cual sirvió para el establecimiento de la estratigrafía de los depósitos arcósicos (Silva *et al.*, 1989). Sin embargo, sucesivas revisiones de las ampliaciones de tal arenero y de otros nuevos anexos, durante los trabajos de campo relacionados con la realización del nuevo mapa geológico de Aranjuez (Martín Serrano *et al.*, e.p.) han cambiado sensiblemente el esquema estratigráfico propuesto por los mencionados autores (Figura 2). La interpretación de las nuevas observaciones, permiten diferenciar un máximo de cuatro unidades fluviales con una estratigrafía general de tipo «cut & fill» bastante compleja, en la que las distintas unidades aparecen superpuestas y/o solapadas en offlap (yuxtapuestas). Tras la nueva ampliación y profundización del mencionado arenero, se ha comprobado que la unidad de removilización basal de tipo palustre descrita en Silva *et al.* (1989) y Roquero *et al.* (1996) responde a un nivel de arcillas verdosas carbonatadas (greda) que se sitúa a techo de un paquete de arenas arcósicas fluviales de unos 9m de potencia. Este se puede correlacionar lateralmente con los depósitos situados topográficamente más bajos en el antiguo arenero de la estación de FFCC descrito por Silva *et al.* (1988a), sin necesidad de tener que aludir a un nuevo episodio de «cut & fill».

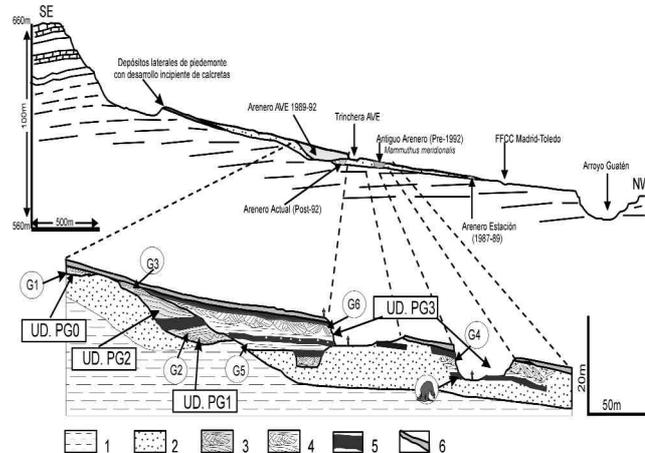


Figura 2. A) Corte geológico NW-SE de el margen occidental de la Depresión Prados-Guatén entre Esquivias y Yeles (localización en Fig. 1), mostrando la situación de los distintos areneros utilizados en este estudio. B) Corte esquemático mostrando las relaciones existentes entre las distintas unidades identificadas en los Areneros del AVE de Esquivias y de la Estación de FFCC de Esquivias-Yeles, mostrando la situación donde se localizaron los restos de vertebrados. 1) Sustrato mioceno, margas yesíferas y yesos; 2) Probable extensión de los depósitos arcósicos fluviales (T+15-40 m); 3) Facies de barras y relleno de canal de las Uds. PG0, PG1 y PG2; 4) Facies de relleno de canal de la Ud. PG3; 5) Facies de llanura de inundación (gredas); 6) depósitos de glaciares de cobertera.

A) NW-SE Geological cross-section of the Prados-Guatén Depression western margin (see location in Fig. 1), showing the location of the different sand-quarries used in this study. B) Schematic cross-section showing the geometric relationships of the different identified fluvial units at the Esquivias AVE Quarry and the ancient quarry of the Railway St. Esquivias-Yeles, with the location of the reported mammal remains. 1) Miocene substratum: gypsy marls and gypsums; 2) Probable extension of the arkosic fluvial deposits (T+15-40m); 3) Bar & channel facies of the fluvial units PG0, PG1 and PG2; 4) Bar & channel facies of the fluvial deposits of the fluvial unit PG3; 5) flood plain facies (gredas); 6) upper glaciares-type deposits

La unidad basal (PG1), de 5m de potencia vista, está compuesta por un nivel basal de intercalaciones de bancos arcósicos, con lag basal de cantos blandos, y arcillosos de 0,6-0,3m cada uno, al que se superpone un nivel arcilloso de 3,4m en el que son características las intercalaciones flasher de niveles arcósicos, a veces canalizados, distorsionados por estructuras de escape de fluidos. Sobre esta unidad, en superposición, se dispone la unidad PG2 (7m de potencia), caracterizada por la alternancia de bancos de arenas arcósicas (1,2-1,8m de potencia) muy ricas en feldespatos, con granoselección positiva y estratificación epsilon muy tendida a gran escala. La unidad culmina a techo en un nivel arcilloso de llanura de inundación (0,7m de potencia) que soporta un paleosuelo pardo-rojizo recarbonatado y microcarstificado en su superficie. Sobre estas dos unidades se encaja, encontrándose superpuesta en offlap, una tercera unidad (PG3). El encajamiento de esta unidad es importante ya que su base se sitúa 9m por debajo del nivel basal de la PG1, mostrando una potencia total vista de hasta 18m. La unidad PG3 esta compuesta por al menos tres subunidades superpuestas separadas por niveles arcillosos de llanura de inundación verdosas (gredas) que soportan paleosuelos pardos poco desarrollados. Las distintas unidades están compuestas por bancos (0,6-1,8m) de arenas arcósicas limpias muy bien seleccionadas, alternado con otras más ricas en feldespatos de tonos más rojizos, en facies predominantes Sp y Sh alternando con niveles canalizados de gran desarrollo longitudinal. Estos niveles canalizados son más frecuentes en la subunidad basal, así como en los sectores localizados hacia la zona central de la depresión en las dos subunidades superiores. En la base de esta unidad es donde se localizaron los restos de *Mammuthus meridionalis* mencionados en Silva *et al.*, (1988a). En conjunto, esta unidad culmina a techo en un nuevo potente nivel de Greda (2,1-1,7m) que soporta casi en su totalidad un horizonte Cca afectado por importantes procesos de karstificación y recarbonatación.

En posiciones topográficas más altas, hacia los relieves marginales, aparece un cuarto nivel arcósico de 1,5-2m de potencia vista (PG0), colgado sobre las margas yesíferas y yesos de la unidad inferior miocena (Figura 2). Esta unidad está compuesta por arcosas de tonos más rojizos y ricas en feldespatos, de aspecto masivo que sería anterior a los descritos anteriormente, los cuales se encajan en él. Todo el conjunto de

depósitos arcósicos, incluida la unidad PG0, se encuentran fosilizados por un pequeño glacis de cobertera de 0.6-1.5m de potencia, con lag basal de cantos de calizas, sílex y yesos, que enmascara la posible morfología aterrazada previa (Figura 2). Este glacis soporta un suelo pardo-rojizo afectado por una intensa carbonatación que penetra hasta los niveles superiores de las unidades arcósicas descritas anteriormente.

Este nivel de glacis más reciente se encuentra encajado y dispuesto en offlap respecto al nivel de piedemonte más antiguo del margen oriental de la depresión, el cual sólo aflora localmente al pie de los relieves marginales, mostrando geometría de cuña con morfología actual de glacis (Figura 2). Dicho depósito posee 1,2–2,6m de potencia y está compuesto por un conglomerado muy heterométrico que incluye bloques métricos de yesos y sílex procedentes de los relieves miocenos, que hacia techo pasan gradualmente a niveles areno-arcillosos microconglomeráticos. A techo soporta una importante acumulación de carbonatos mostrando el desarrollo de un suelo petrocálcico que lo afecta casi en su totalidad llegando a presentar el desarrollo de facies de calcreta masiva e incluso localmente laminar. Este importante episodio de acumulación de carbonatos (encostramiento incipiente) es anómalo, ya que no se registra en ningún otro sistema fluvial de la Cuenca de Madrid. De este modo, tal episodio anómalo podría ser correlativo a los procesos de intensa recarbonatación y posterior karstificación que muestran los niveles de greda situados a techo de las unidades PG2 y PG3, y podría tentativamente relacionarse con la evolución edáfica e hidrológica de las antiguas superficies fluviales y aluviales presentes en el valle después de su abandono pero antes de ser fosilizadas por el nivel de glacis más reciente. Este nivel de encostramiento calcareo que tan solo aflora puntualmente en este sector del valle, aparece desarrollado con entidad cartográfica aguas abajo en las inmediaciones de la confluencia de la Depresión Prados-Guatén con el valle del Tajo (Martín Serrano *et al.*, e.p).

3. Datos paleontológicos

Los datos paleontológicos disponibles, analizados por la Dra. M.T. AlberdÍ, y citados en Silva *et al.* (1988a), son por primera vez publicados en este estudio. Estos responden a diversos restos de vertebrados localizados en el antiguo arenero adyacente a la estación de FFCC de Esquivias-Yeles durante 1988, correspondientes a la subunidad basal de la unidad PG3 descrita anteriormente. Estos son escasos, deteriorados y en su mayor parte responden a fragmentos de hueso indeterminables. Como elementos identificables se dispone de un molar derecho (M_3) de Cf. *Mammuthus meridionalis* (NESTI) según la clasificación de Aguirre (1968-69) y de una muralla de un molar izquierdo ($M^{1,2}$) de *Equus sp.*

Cf. *Mammuthus meridionalis* (NESTI): Se dispone de un tercer molar inferior derecha (Figura 3) y algunos fragmentos de hueso que deben corresponder a los tramos largos del esqueleto, no identificables. Las dimensiones de la pieza dentaria se encuentran descritas en la Tabla 1. Presenta 10 láminas funcionales con una superficie masticadora que corresponde prácticamente a todo el diente, registrando una hipsodontia no muy elevada. Tanto la talla de la pieza, como el número de láminas funcionales y superficie masticadora, entran dentro del intervalo de variabilidad de *M. meridionalis* dado por Aguirre (1968-69). La altura máxima de la pieza se sitúa un poco por encima de la media de *M. meridionalis*, pero también corresponde a los mínimos de variabilidad de *E. antiquus*. Por último hay que destacar que tanto los índices de hipsodontia ($H = 1,8$ ca) como de láminas ($Q = 5,7$ ca) entran dentro del rango de variabilidad de *E. antiquus* según la clasificación de Aguirre (1968-69). En conjunto, de los caracteres analizados un número mayor de ellos coinciden satisfactoriamente con la media e intervalo de variabilidad dados por Aguirre (1968-69) para *M. meridionalis* (Pleistoceno inferior). Sin embargo la convergencia con *antiquus* mostrada por los índices de hipsodontia (H) y de láminas (Q) sugiere que la pieza podría corresponder a un *meridionalis* evolucionado, o a un *antiquus* primitivo, lo cual situaría estratigráficamente la unidad PG3 en el tránsito Pleistoceno inferior-medio, o incluso ya en la parte alta del Pleistoceno medio al final del Villafranchense.

Equus sp. El fragmento de muralla de un molar de *Equus* permite identificar la pieza como correspondiente a un molar superior izquierdo ($M^{1,2}$) de talla no muy grande de características hipsodontas. La talla de esta pieza concuerda con la asignación dada al elefante, sin embargo sobre la base de este fragmento no ha podido realizarse la determinación a nivel subespecífico.



Figura 3. Vista oclusal del molar (M3) de *Mammuthus meridionalis* (NESTI) localizado en el antiguo arenero de la Estación de FFCC Esquivias-Yeles
Upper view of the Mammuthus meridionalis (NESTI) molar (M3) founded at the ancient sand-quarry of the Railway St. Esquivias-Yeles

<i>Caracteres analizados</i>	<i>Dimensiones / Valor</i>	<i>Asignación / convergencia</i>
Longitud máxima	289 mm	<i>meridionalis</i>
Altura máxima (incluyendo raiz)	153 mm	<i>antiquus - meridionalis</i>
Laminas funcionales	10	<i>meridionalis</i>
Altura máxima de láminas	128mm	<i>meridionalis</i>
Longitud máxima funcional	174,6 mm	<i>meridionalis</i>
Anchura máxima funcional	81,3 mm	<i>meridionalis</i>
Anchura mínima funcional	62,5 mm	<i>meridionalis</i>
Indice de anchura (J)	46,56 ca	<i>meridionalis</i>
Indice de hipsodontia (H)	1,8 ca	<i>antiquus</i>
Indice de láminas (Q)	5,7 ca	<i>antiquus - meridionalis</i>
Grosor medio del esmalte	2,57 mm (3,4 - 2,0 mm)	<i>antiquus - meridionalis</i>

Tabla 1. Análisis morfométrico del Molar (M3) de *Mammuthus meridionalis* según parámetros de la Clasificación de Aguirre (1968-69)
Morphometric analysis of Mammuthus meridionalis upper molar (M3) following the main representative parameters of the Aguirre classification (1968-69)

4. Metodología del análisis de procedencia

Se han analizado un total de 12 muestras correspondientes a los depósitos situados tanto en la Depresión Prádos-Guatén como en el Valle inferior del Manzanares (Tabla 2). Siete de ellas corresponden a los distintos niveles de terraza descritos por Silva *et al.* (1989) en la Depresión Prados-Guatén. De ellas, seis corresponden a los distintos episodios fluviales solapados que constituyen el nivel de terraza +15-40m (G1 -G6) del Pleistoceno inferior-medio y una al nivel de terraza de +9m (Y), Pleistoceno superior, ya relacionada con la disección reciente del Arroyo Guatén (Figura 2). Otras tres muestras corresponden a los niveles de terraza del Pleistoceno medio (+18-20m, M1) y superior (+11m, M2 y +9m, M3) situados en el

Tabla 2. Localización, edad estimada y características texturales de las diferentes series de muestras analizadas

(*) Valores medios del conjunto de muestras subactuales analizadas
 Location, estimated age and textural parameters (mean grain size and selection) of the different analysed sample groups.
 (*) Mean values of the analysed set of samples in recent sand-bar deposits

	Niv. Terraza	Edad	Localización	Mz (ϕ)	Tamaño	$d_p(\phi)$	Selección
G1	T +15-40m (PGO)	Pleist. Inferior	Arenero AVE Esquivias (Tol)	-0,05	Grueso	1,03	Pobre
G2	T +15-40m (PG1)	Pleist. Inferior	Arenero AVE Esquivias (Tol)	0,45	Grueso	0,93	Pobre
G3	T +15-40m (PG2)	Pleist. Inferior	Arenero AVE Esquivias (Tol)	0,69	Grueso	0,87	Moderada
G4	T +15-40m (PG3a)	Pleist. Inferior	Arenero AVE Esquivias (Tol)	1,46	Medio	0,71	Moderada
G5	T +15-40m (PG3b)	Pleist. Inf-med	Arenero AVE Esquivias (Tol)	1,20	Medio	0,85	Moderada
G6	T +15-40m (PG3c)	Pleist. Inf-med	Est. FFCC Esquivias (Tol)	1,27	Medio	0,91	Pobre
M1	T+18-20m	Pleist. Medio	Arenero Casa Eulogio (Mad)	0,13	Grueso	0,73	Moderada
M2	T+11m	Pleist. Sup.	Arenero PRERESA(Mad)	0,11	Grueso	1,03	Pobre
M3	T+9m	Pleist. Sup.	Arenero PRERESA(Mad)	0,10	Grueso	1,11	Pobre
Y	T+2m	Pleist. Sup.	Cementerio de Yeles (Tol)	0,56	Grueso	1,09	Pobre
Ma*	Barra fluvial	Subactual	Area Recreat. El Pardo (Mad)	0,30	Grueso	1,05	Pobre

Valle inferior del Manzanares descritos por Goy *et al.* (1989) y Silva *et al.* (1989). Con el fin de que todas las muestras fueran comparables en lo que a términos texturales se refiere, todas ellas se han tomado en posiciones estratigráficas y sedimentológicas similares en cada uno de los depósitos fluviales analizados. Los muestreos se realizaron en facies de barras arenosas situadas a techo, inmediatamente por debajo de las arcillas verdosas (gredas) de llanura de inundación, que habitualmente culminan las secuencias. Por último como herramienta de contraste, se han tomado dos muestras en las barras fluviales laterales del río Manzanares (Ma) próximas al contacto del macizo paleozoico del sistema Central con los materiales arcóscicos terciarios, aguas abajo de la localidad del Pardo.

Para el presente estudio, las distintas muestras fueron tamizadas en trece fracciones de tamaño $1/2\phi$ entre -2ϕ (4 mm) y 4ϕ (0.062 mm) con el fin de obtener la clasificación textural de los depósitos en función de sus distribuciones granulométricas. El posterior análisis y tratamiento de los datos se ha llevado a cabo mediante la obtención del tamaño medio de grano (Mz) y sus correspondientes desviaciones standard (σ), índice que determina la selección del depósito según parámetros de Folk (1965), así como su proyección en los diagramas binarios Mz/ σ desarrollados por Palomares *et al.* (1990) para las distintas tipologías litológicas de áreas fuente de sedimentos ligadas al Sistema Central. El estudio composicional conllevó la realización de láminas de la fracción arenosa de tamaño medio (0,5 - 0,25 mm, $1/2\phi$) de cada una de las muestras, con el fin de determinar su composición modal por el método de Chayes (1956), mediante conteo de 400 puntos por lámina al microscopio petrográfico. Posteriormente, se calcularon los valores medios de las composiciones modales de partículas de cuarzo (Q), feldespato (F) y fragmentos de roca (FR) y sus correspondientes desviaciones standard (d.s.) para cada grupo de muestras (G, M, Y y Ma), proyectándose en el diagrama composicional de Pettijhon *et al.* (1973) y los diagramas de procedencia elaborados por Tortosa *et al.* (1990) para el Sistema Central.

5. Análisis y determinaciones composicionales: áreas fuentes de sedimentos

La composición y textura de los sedimentos fluviales están directamente relacionadas con las litologías presentes en el área fuente, así como con el tipo y duración del transporte al que han estado sujetos los depósitos analizados (Tortosa *et al.*, 1989; Palomares *et al.*, 1990). La cuenca de drenaje actual del río Manzanares, puede subdividirse en dos sectores claramente diferentes desde el punto de vista litológico y dinámico: sus tramos de cabecera y medio-bajo. El tramo de cabecera, situado en el sistema Central (La Pedriza - El Pardo), instala su cuenca de recepción fundamental sobre litologías graníticas (adamellitas, granodioritas, granitos y leucogranitos) y, en menor medida, metamórficas (ortogneises leucocráticos y gneises glandulares) y filonianas (diques de cuarzo). Este sector representa el 73% de su cuenca, siendo en

él donde han tenido lugar las acciones erosivas más importantes. Por el contrario el tramo medio-bajo del Manzanares (El Pardo - Rivas), se instala fundamentalmente en las arenas arcósicas del relleno neógeno de la Cuenca de Madrid procedentes del mismo macizo montañoso. Tan sólo en su sector más terminal, aguas abajo de Villaverde, este río disecta las facies arcillosas, yesíferas y carbonatadas del relleno neógeno del sector central de la cuenca. En conjunto este sector neógeno representa el 27% de su cuenca de drenaje. En él, la dinámica fluvial ha estado fundamentalmente regida por la alternancia de episodios de encajamiento y sedimentación que han dado lugar a la construcción de su valle y por tanto al sucesivo reabajamiento y vaciado de los materiales neógenos mencionados.

El Arroyo Guatén, por el contrario, tan sólo drena los materiales sedimentarios neógenos localizados en el sector centro-meridional de la Cuenca de Madrid. Dado que, a grandes rasgos, su curso sigue el cambio lateral de facies occidental entre las arcosas marginales y las facies químicas de centro de cuenca (Vegas *et al.*, 1975; Hoyos *et al.*, 1985), su cuenca de drenaje puede dividirse en otros dos sectores de marcado contraste litológico. Su sector occidental, que representa casi el 85% de la misma, disecta las arenas arcósicas neógenas situados entre la Rampa de Griñón - Las Rozas y el curso del arroyo. El sector oriental, con menor desarrollo (<15%), se instala sobre las arcillas yesíferas, yesos, niveles de sílex y carbonatos que caracterizan los depósitos de centro de cuenca neógenos.

Según la proyección de las composiciones modales de las arenas en su tamaño medio de grano (0,5-0,25mm) en el diagrama de Pettijhon (Figura 4), tanto los depósitos más recientes (Ma) como los cuaternarios del río Manzanares responden a arenas arcósicas (Tabla 3). Para arenas procedentes de áreas fuentes constituidas por las litologías paleozoicas (granitos, gnéises y pizarras) y materiales sedimentarios adyacentes característicos del Sistema Central, Palomares *et al.*, (1990; 1992) diferencian tres grupos de procedencia en función de las litologías paleozoicas dominantes de las áreas fuente: A) Depósitos arenosos derivados de rocas graníticas; B) Depósitos arenosos que derivan de rocas gnéisicas; y C) Sedimentos que derivan de rocas metamórficas pizarrosas. Dentro de cada uno de estos grupos principales, y en función de la proporción relativa de materiales sedimentarios existentes en el área fuente, se diferencian los campos 1 (0-10%), 2 (10-40%), 3 (40-70%) y 4 (70-100%). De esta forma quedan definidos 11 campos de procedencia específicos, para el Sistema Central (Palomares *et al.*, 1990; 1992; Palomares & Arribas, 1993), susceptibles de ser proyectados en el Diagrama Composicional de Pettijhon (Figura 4).

Dentro del mencionado diagrama, las arenas actuales del río Manzanares (Ma) se proyectan entre dos de los campos mencionados anteriormente (Figura 4), el de las arenas derivadas de rocas graníticas en un

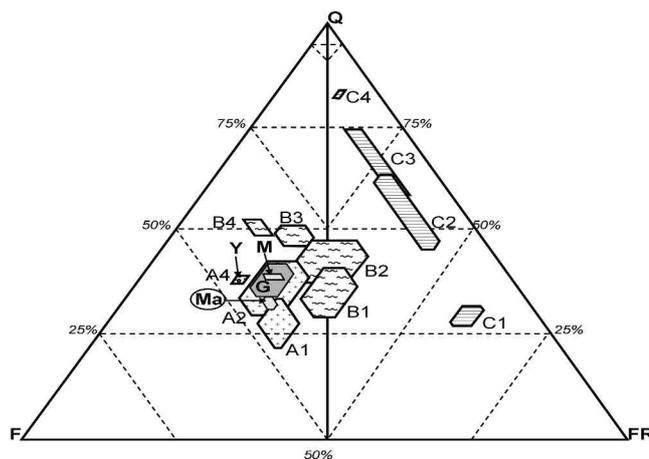


Figura 4. Proyección de la media y desviación estándar de la composición modal de los depósitos analizados en el Diagrama de Pettijhon sobre los campos de procedencia de sedimentos del Sistema Central de Tortosa *et al.* (1990) y Palomares *et al.* (1990). G: muestras de la Depresión Prados-Guatén; M: muestras del Valle inferior del Manzanares; Y: Arroyo Guatén; Ma: Río Manzanares Mean and standard deviation projection of the modal composition of the analysed deposits on the lithological source area fields of the Pettijhon Diagram elaborated by Tortosa *et al.* (1990) and Palomares *et al.* (1990). G: Prados-Guatén Depression samples; M: Lower Manzanares valley samples; Y: Guatén creek samples; Ma: present Manzanares river-channel samples

Tabla 3. Media y desviación estándar de la cantidad de cuarzo (Q), feldespato (F) y fragmentos de roca (FR) en las series de muestras analizadas
Mean and standard deviation of quartz (Q), feldspar (F) and rock fragments (FR) of the analysed sample groups

Serie	Localización	Cuarzo (Q)		Feldespato (F)		Fragmt. Roca (FR)	
		media	d.s	media	d.s	media	d.s
G	Depresión Prados-Guatén	37,9	4,10	39,8	4,50	22,0	3,20
M	Valle inferior Manzanares	38,4	0,70	39,2	2,10	22,1	1,40
Y	Arroyo Guatén	37,3	0,00	47,7	0,00	15,0	0,00
Ma	Valle medio Manzanares	32,5	1,70	42,8	0,05	24,5	1,70

60-90% y rocas sedimentarias en el 40-10% (Campo A2), y el de las arenas derivadas de áreas fuentes casi exclusivamente graníticas, 90-100% (Campo A1). Estas proporciones relativas, de aproximadamente 80% granítico y 20% sedimentario, encajan bastante bien con los porcentajes de superficie ocupadas por ambos grupos litológicos en la cuenca de recepción del Manzanares aguas arriba del lugar de muestreo en las proximidades de El Pardo. Por otro lado, tanto las muestras tomadas en los depósitos arcóscicos de la Depresión Prados-Guatén (Serie G) como en el valle inferior del Manzanares (Serie M) también se proyectan dentro del mencionado Campo A2 (Figura 4). En la primera serie de muestras (G) se observa un incremento en la contribución proporcional de los materiales sedimentarios en el área fuente, parejo a la posición más terminal de los lugares de muestreo a lo largo del sistema Manzanares-Guatén. Sin embargo, las muestras correspondientes al nivel de terraza de +9m del Arroyo Guatén, se proyectan próximas al campo de procedencia A4 (Figura 4), donde las rocas sedimentarias representan ya el 70-100% en el área fuente, lo que encaja con las características litológicas de su cuenca de drenaje, instalada por completo en los materiales neógenos de la Cuenca de Madrid.

Mediante esta representación, se puede decir que desde el punto de vista composicional los depósitos arcóscicos fluviales del Valle inferior del Manzanares (M) y de la Depresión Prados-Guatén (G) muestran una afinidad casi total en cuanto a su procedencia (Campo A2), si bien los depósitos de la Prados-Guatén muestran una dispersión sensiblemente mayor (Figura 4) fundamentalmente generada por las muestras más recientes (G5 y G6) de su registro estratigráfico (Pleistoceno inferior-medio) que muestran una mayor madurez composicional. Por el contrario, la proyección composicional de los depósitos relacionados con la evolución más reciente del Arroyo Guatén (Y), se aparta notablemente de la de los anteriores indicándonos un área fuente origen litológicamente afín a la de su cuenca de drenaje actual instalada en su totalidad sobre sedimentos neógenos.

Teniendo en cuenta que los dos únicos cursos fluviales cuaternarios que pudieron depositar los sedimentos arcóscicos de la Depresión Prados-Guatén son el antiguo Sistema Manzanares-Guatén o el actual Arroyo Guatén, las afinidades composicionales derivadas de este análisis señalan claramente al primero, tal y como propusieron a partir de datos geomorfológicos y sedimentarios Riba (1957) y Silva *et al.* (1988a). La dispersión mostrada por los depósitos más recientes de la antigua secuencia del sistema Manzanares-Guatén, hacia un área fuente con una progresiva mayor contribución de materiales sedimentarios o mayor madurez composicional (Johnsson & Stallard, 1989; Palomares & Arribas, 1993), podría interpretarse en términos del progresivo encajamiento y expansión de la red de drenaje del antiguo Manzanares en el interior del relleno sedimentario de la cuenca neógena. Dentro de este esquema, los datos más concentrados correspondientes a los depósitos del Pleistoceno medio y superior del Valle inferior del Manzanares, encajarían con los depósitos de un sistema fluvial ya prácticamente jerarquizado en sus zonas de alimentación neógenas localizadas aguas arriba de Villaverde, las cuales ya se encontrarían en fase de abstracción. Otros factores, normalmente considerados percusores de una mayor madurez composicional de los sedimentos, tales como la lógica progresiva disminución del relieve en la cuenca de drenaje, o cambios climáticos hacia condiciones más húmedas (Basu, 1976; Gratham & Velber, 1987) son difíciles de evaluar y/o cuantificar fiablemente. Respecto al primero de ellos (relieve), dado los pequeños periodos temporales que teóricamente registran las secuencias muestreadas (< 1 Ma), difícilmente podrían haber dejado una impronta significativa en los sedimentos. En cuanto a la influencia del factor climático, obvia-

mente tuvo que ejercer una importante influencia, sin embargo la escasez de datos cronológicos y el carácter general del muestreo realizado, no permite establecer secuencias cronoestratigráficas y/o de evolución composicional, con el suficiente como para poder hacer una interpretación medianamente fiable. A pesar de todo ello, como recientemente se ha comprobado (en base a similares estudios composicionales) los procesos de captura son los de mayor impacto en los cambios de tendencia en la madurez composicional de depósitos arcósicos (Tortosa *et al.*, 1997)

6. Análisis y determinaciones texturales: dinámica fluvial.

Las características texturales, se han definido mediante los parámetros de Folk (1965), media de tamaños de grano (Mz) y selección (σ_1) representados en la Tabla 2. De esta forma, los depósitos estudiados pueden clasificarse mediante la proyección de dichos datos sobre el diagrama binario Mz/σ_1 de Palomares *et al.*, (1990), en el cual se encuentran definidas las características texturales de sedimentos derivados de las distintas litologías paleozoicas características del Sistema Central (Figura 5). Lógicamente, dadas las características litológicas de la Cuenca del Manzanares, todas las muestras estudiadas presentan características similares a los depósitos derivados de rocas graníticas y/o campos próximos a éste, indicando una procedencia litológica conjunta similar para todos ellos.

Considerando los depósitos arcósicos de la Depresión Prados-Guatén, (Serie G, Figura 5), correspondientes al nivel de terraza de +15-40m (Pleistoceno inferior-medio), se observa como evolucionan de forma progresiva hacia una mayor madurez textural, con aumento de la media de tamaño de grano y de selección desde los más antiguos (G1) a los más modernos (G6). Dicha evolución textural podría interpretarse en términos de una progresiva estabilización del cauce del antiguo sistema Manzanares-Guatén (selección) acompañada de un lógico incremento en su capacidad de transporte (tamaño de las partículas), dando lugar a depósitos progresivamente más maduros en cuanto a su textura. Esta tendencia general, se rompe en los depósitos más recientes de esta secuencia (G4, G5 y G6), cuyos índices texturales indican menor madurez. Esta ruptura en la tendencia, coincide con el mayor episodio de encajamiento interno registrado en los depósitos de la Depresión Prados-Guatén. Este, queda plasmado por la importante cicatriz erosiva, existente entre las unidades PG1+PG2 y PG3 del arenero del AVE de Esquivias (Figura 2). Como se ha mencionado anteriormente, este episodio induce un encajamiento de algo más de 17 metros,

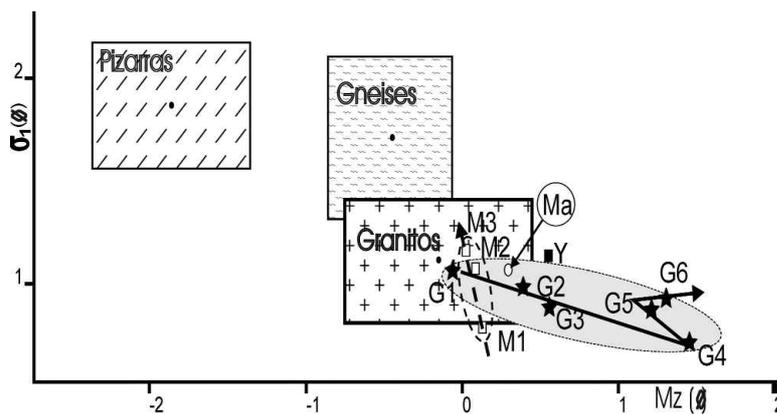


Figura 5. Proyección de las características texturales de los depósitos analizados sobre el diagrama de clasificación textural en función de la litología del área fuente de Palomares *et al.*, (1990). Serie G: muestras de la Depresión Prados-Guatén; Serie M: muestras del Valle inferior del Manzanares; Y: Arroyo Guatén; Serie Ma: Río Manzanares. Las flechas indican la evolución textural de las dos series de muestras más importantes analizadas (G y M)

*Projection of the analysed textural parameters on the source area provenance fields diagram elaborated by Palomares *et al.* (1990). Group G: Prados-Guatén Depression samples; Group M: Lower Manzanares valley samples; Y: Guatén creek samples; Group Ma: present Manzanares river-channel samples. Arrows show the textural evolution of the main analysed sample groups (G & M)*

y una posterior yuxtaposición de los sistemas de terraza, los cuales se encuentran solapados en offlap. La muestra de menor madurez textural (G4), es la situada en la unidad basal erosiva (PG3a) responsable de dicha discordancia. Posteriormente las muestras G5 y G6 muestran de nuevo una débil tendencia evolutiva hacia una mayor madurez textural (Figura 5), es decir hacia una nueva estabilización del cauce.

Por el contrario, los depósitos del Valle inferior del Manzanares (Pleistoceno medio-superior), presentan menor madurez textural, así como una tendencia general contraria a la mencionada anteriormente, mostrándose progresivamente más inmaduras (Serie M, Figura 5). Esta tendencia sugiere una progresiva desestabilización del curso fluvial que daría lugar a depósitos, de similar calibre pero peor seleccionados. Su interpretación es difícil de establecer, pero podría estar relacionada con una mezcla de poblaciones entre la fracción arcósica aportada por el propio Manzanares y las aportadas por los arroyos Butarque y Prados instalados sobre las arcosas neógenas y antiguos depósitos del sistema Manzanares-Guatén del sector más septentrional de la depresión (Parla - Getafe) que ya habría sido abandonada. Dado la litología arcósica de los aportes de estos dos importantes tributarios, este episodio no tendría una incidencia significativa en términos composicionales, pero sí en los texturales debido al menor recorrido de los dos tributarios mencionados. Por otro lado, la menor madurez textural, de los depósitos generados durante el Pleistoceno medio-superior (Serie M) en relación a los del Pleistoceno inferior-medio (Serie G) podría interpretarse como la firma petrológica del propio proceso de captura, tal y como proponen Tortosa *et al.*, (1997).

7. Conclusiones.

En el presente estudio, quedan caracterizados los depósitos arcósicos fluviales de edad cuaternaria situados a lo largo de la Depresión Prados-Guatén. Las arcosas cuaternarias quedan mayoritariamente incluidas dentro del nivel de terraza compuesto situado a +15-40m sobre el actual thalweg de los arroyos Prados y Guatén identificado por Silva *et al.* (1988 a). Composicionalmente las arenas arcósicas generadas por el Río Manzanares (series M y Ma) y el Arroyo Guatén (Y) quedan claramente diferenciadas en cuanto a las características de su área fuente definida por los campos de procedencia del Sistema Central (Palomares *et al.*, 1990; 1992, Palomares & Arribas, 1993) proyectados en el diagrama composicional de Pettijhon. Los sedimentos del Manzanares se sitúan dentro del Campo A2 (60-90% rocas graníticas), mientras que los del Guatén lo hacen en el Campo A4 (70-100% rocas sedimentarias), ambos datos acordes a los porcentajes de superficie mostrados por ambas litologías es sus actuales cuencas de drenaje aguas arriba de las zonas de muestreo.

En función de los datos expuestos, tanto los sedimentos actuales del río Manzanares (Serie Ma) como los de las arenas arcósicas cuaternarias situadas en su Valle inferior (Serie M) y en la Depresión Prados-Guatén (Serie G), tienen características texturales y composicionales afines. Composicionalmente ambas se sitúan dentro del Campo de procedencia A2 del diagrama de Palomares *et al.* (1990), indicando que su área fuente de procedencia está compuesta por un 60-90% de rocas graníticas y un 10-40% de rocas sedimentarias. Esta afinidad composicional puede interpretarse en términos de que ambos tipos de depósito, actualmente desconectados espacial y morfológicamente, fueron depositados por el mismo sistema fluvial, el cual correspondería con el antiguo sistema Manzanares-Guatén propuesto por Riba (1957) y Silva *et al.* (1988a) que recorrería la actual depresión siguiendo un curso subparalelo a la de los ríos Guadarrama y Jarama, desembocando directamente en el Tajo (Figura 6a). Similares afinidades composicionales se extienden a la mineralogía de la fracción pesada de las arenas de la Depresión y del Valle del Manzanares (asociación predominante común: Turmalina-Circón-Epidota) puesta de manifiesto por Pérez Mateos y Vadour (1972).

Las diferencias fundamentales entre ambos depósitos estriban en la variación de su madurez textural y el contraste de tendencias texturales evolutivas. Aunque se es consciente de que el número de muestras no es suficiente como para hacer una interpretación concluyente, es lógico pensar que los contrastes observados están claramente influenciados por la distinta posición de los afloramientos dentro del antiguo sistema Manzanares-Guatén. Así las correspondientes a la Depresión Prados-Guatén muestran la mayor madurez textural del muestreo acorde a la posición más distal de los depósitos muestreados dentro del antiguo sistema fluvial (mayor transporte). Por otro lado, el contraste en las tendencias evolutivas texturales de los

depósitos localizados en la actual depresión (mayor madurez) y en el Valle inferior del Manzanares (menor madurez), han de entenderse en términos de la progresiva instalación y jerarquización de la red de drenaje del antiguo Sistema Manzanares-Guatén (Serie G) y del importante proceso de reorganización de la red de drenaje, tras el episodio de captura del antiguo sistema fluvial (Serie M) y abandono de la actual depresión (Figura 5). Con relación a este último episodio lógicamente tuvo que inducir una mezcla de poblaciones texturales de la fracción arenosa, la población aportada por el nuevo Manzanares y las aportadas por los tributarios de este instalados en el antiguo trazado de su valle (Figura 6b).

La estratigrafía del nivel de terraza compuesto de la Depresión Prados-Guatén es bastante compleja, habiéndose identificado cuatro unidades fluviales relacionadas entre sí por fenómenos de superposición y solapamiento en offlap asociadas a rellenos de tipo cut & fill. Dentro de estas se identifica un fenómeno de encajamiento interno relevante (PG3) a cuya base se localizan los restos de *Mammuthus meridionalis* (Pleistoceno inferior-medio) descritos en el presente estudio (Figura 2). Este episodio queda también registrado en las características texturales analizadas, marcando una importante ruptura en la tendencia evolutiva hacia una mayor madurez textural mostradas por los depósitos correspondientes a las unidades PG0, PG1 y PG2 (Fig. 5). Este episodio de disección podría relacionarse con el más importante de los encajamientos relativos (12-13m) del sistema de terrazas escalonadas del Manzanares entre el Pardo y la Casa de Campo (Pérez González, 1980; Goy *et al.*, 1989), el cual se registra entre los niveles de terraza asignados por correlación altimétrica al Pleistoceno inferior (+80-85m) y medio (+68-72m).

De confirmarse, este último dato poseería importantes implicaciones regionales en cuanto a la evolución de la red de drenaje en la Cuenca de Madrid. Esto implicaría que el proceso de abandono de la Depresión Prados-Guatén tendría lugar ya bien entrado el Pleistoceno medio, ya que la parte superior de la PG3 habría que asignarla a este periodo según los modelos regionales de correlación altimétrica propuestos para la Cuenca. Este esquema encaja con las características evolucionadas del molar de *M. meridionalis* situado en la base de la unidad PG3, así como con la posición altimétrica relativamente baja (+28-30m) de la terraza del Pleistoceno medio (*E. antiquus*) del Tajo rica en arcosas, descrita por Rus *et al.* (1993), e implícitamente relacionada con el vaciado de la Depresión Prados-Guatén.

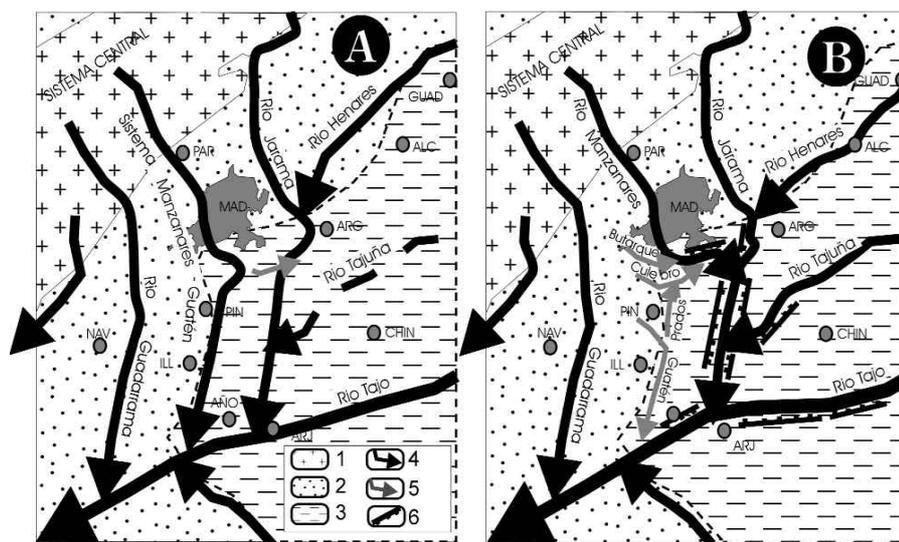


Figura 6. Evolución del sistema fluvial Manzanares-Guatén desde el Pleistoceno inferior-medio (A) al Pleistoceno superior (B). 1. Areas fuentes graníticas; 2. Areas fuentes arcósicas marginales; 3. Areas fuentes evaporítico-carbonatadas centrales; 4. Principales sistemas fluviales; 5. Tributarios más importantes; 6. Escarpes yesíferos.

Evolution of the Manzanares-Guatén fluvial system since the early-middle Pleistocene (A) to the upper Pleistocene (B).
 1. Granitic source areas; 2. Arkosic source areas; 3. Chemical source areas; 4. Main fluvial systems;
 5. Relevant tributaries; 6. Gypsum Escarpments.

Por otro lado, niveles de alturas similares (+66, +70m) asignados altimétricamente al Pleistoceno medio, se encuentran colgados sobre los escarpes yesíferos del Jarama y del Manzanares (Silva *et al.*, 1988b y c). Todo ello implicaría que la generación de los escarpes yesíferos responsables del proceso de abandono de la Depresión, también tendría lugar en el mismo periodo (< 700.000 años B.P.). Estos datos encajarían con la mayor inestabilidad sismotectónica de la zona durante el Pleistoceno medio mostrada por los recientes hallazgos de estructuras paleosísmicas en depósitos de esa edad en los principales valles fluviales de la Cuenca de Madrid, próximos a dichos escarpes (Giner & De Vicente, 1995; Giner *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 1997).

Por último cabe resaltar, que dentro de todo este esquema también resulta anómalo la importante acumulación de carbonatos que muestran los paleosuelos asociados a las superficies de los depósitos arcósicos más recientes del antiguo sistema Manzanares-Guatén. La acumulación de carbonatos es tan importante que en los sistemas de piedemonte más proximales del margen occidental de la depresión se produce el desarrollo incipiente de calcretas. Este episodio de encostramiento incipiente, previo a la fosilización y enrasamiento de las antiguas superficies fluviales por el nivel de glaciares más reciente, podría estar relacionado con el propio proceso de abandono de la Depresión Prados-Guatén. La acumulación masiva de carbonatos en el interior de la Depresión respondería al brusco cambio de las condiciones hidrológicas de la zona, pudiendo estar restringida al lapso temporal comprendido entre su abandono, ya iniciado el Pleistoceno medio, y la posterior instalación de los arroyos Prados-Culebro y Guatén (Figura 6).

Agradecimientos

Proyectos DGICYT PB95-946 (USAL), PB95-109 (CSIC), INQUA Neotectonics Commission. Los autores agradecen a los Drs. Paloma Fernández (UCM) y Gerardo Benito (CSIC) la revisión crítica del presente trabajo.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, E. (1968).** Revisión sistemática de los *Elephantidae* por su morfología y morfometría dentaria I. *Estudios Geol.*, 24, 109-117.
- Aguirre, E. (1969).** Revisión sistemática de los *Elephantidae* por su morfología y morfometría dentaria II. *Estudios Geol.*, 25, 123-177.
- Basu, A. (1976).** Petrology of holocene fluvial sands derived from plutonic source rocks, implications to paleoclimatic interpretations. *J. Sed. Petrol.*, 37, 1031-1044.
- Cadavid, S. (1977).** Mapa estructural del techo del basamento del borde meridional de la Sierra de Guadarrama. *Bol. Geol. Min.*, 88(5), 494-496.
- Carro, S. & Capote, R. (1968).** *Cartografía y memoria geológica de la hoja de Aranjuez (19-24)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000 1ª Serie. IGME. Serv. Pub. Mº Industria, Madrid.
- De Vicente, G., Giner, J.L., Muñoz Martín, A., González Casado, J.M. & Lindo, R. (1996).** Determination of present-day stress tensor and neotectonic interval in the Spanish Central System and Madrid Basin. *Tectonophysics*, 245, 1-18.
- Giner, J.L. & De Vicente, G. (1995).** Crisis tectónicas recientes en el sector central de la Cuenca de Madrid. *Monografías CSIC*, 3.
- Giner, J.L., De Vicente, G., Pérez González, A., Sánchez Cabañero, J. & Pinilla, L. (1996).** Crisis tectónicas cuaternarias en la Cuenca de Madrid. *Geogaceta*, 20 (4), 842-845.
- Goy, J.L., Pérez González, A. & Zazo, C. (1989).** *Cartografía y Memoria del Cuaternario y Geomorfología, Hoja de Madrid (745)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2º Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria. Madrid, 79 págs.
- Graham, J.H. & Velbel, M.A. (1987).** The influence of climate and topography on rock-fragment abundance in modern sand of the southern Blue Ridge Mountains, North Carolina. *J. Sed. Petrol.*, 58, 219-227.
- Hoyos, M., Junco, J.M., Ramirez, A. & Ruiz Sánchez Porro, M. (1985).** El Mioceno de Madrid. En: *Geología y paleontología del terciario continental de la Provincia de Madrid* (M.T. Alberdi, ed.). CSIC-MNCN, Madrid, 6-16.

- Johnsson, M.J. & Stallard, R.F. (1989).** Physiographic controls on the composition of sediments derived from volcanic and sedimentary terrains, Barro Colorado Island, Panama. *J. Sed. Petrol.*, 59, 768-781.
- Martín Serrano, A., Rubio, F. & Silva P.G. (e.p.).** *Cartografía y Memoria del Cuaternario y Geomorfología, Hoja de Aranjuez (649)*. Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2º Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria. Madrid.
- Palomares, M. & Arribas, J. (1993).** Modern stream sands from compound crystalline sources: Composition and sand generation index. En: *Processes controlling the composition of clastic sediments* (M. Johnsson & A. Basu, Eds.). *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 284, 313-322
- Palomares, M. & Silva, P.G. (1991).** Estudio textural y composicional de los depósitos arcóscicos fluviales de la Depresión Prados-Guatén y su relación con el Río Manzanares. *Actas VIII Reun. Nac. AEQUA*, Valencia, 17-18.
- Palomares, M., Tortosa, A. & Arribas, J. (1990).** Caracterización clastométrica de los depósitos detríticos de la cabecera de arroyos del Sistema Central: Influencia de la litología del área fuente. *Bol. R. Soc. Hist. Nat. (sec. Geol.)*, 85, 5-21.
- Palomares, M., Fernández, P. & Garzón, G. (1992).** Textura y composición de los depósitos fluviales de la Depresión de Valverde de Majano (Segovia) como indicadores de cambios morfológicos en la red de drenaje. *Estudios. Geol.*, 48, 111-121.
- Pérez González, A. (1980).** Geología y estratigrafía de los yacimientos de áridos en la llanura aluvial de Arganda (Madrid). En: *Ocupaciones Achelenses en el Valle del Jarama, Vol. I, 15-28*. Diputación Prov. Madrid.
- Peréz Mateos, J. & Vaudour, J. (1972).** Estudio Mineralógico y geomorfológico de las regiones arenosas del sur de Madrid. *Estudios Geol.*, 28, 201-208.
- Pettijohn F.J., Potter, P.E. & Siever, R. (1973).** *Sand and Sandstones*. Springer-Verlag, New York, 618 pp.
- Riba, O. (1957).** *Terrases du Manzanares et du Jarama aux environs du Madrid*. Libro-Guía Exc. C-2, V INQUA Int. Cong., Madrid-Barcelona, 55 pp.
- Roquero, E., Silva, P.G. & Bardají, T. (1996).** Evolución Geomorfológica de los Valles del sector centro-meridional de la Cuenca de Madrid. En: *Itinerarios Geológicos desde Alcalá de Henares* (M.Segura, I.Bustamante & T.Bardají, Eds.). Serv. Pub. Univ. Alcalá de Henares, Madrid. 99-119.
- Rus, I., Roquero, E., Mazo, A. & Enamorado, J. (1993).** Terrazas del Pleistoceno Medio en la Cuenca del Tajo y fauna e industrias asociadas. *Abtracs 3er Reun. Int.. Cuaternario Ibérico (AEQUA-GTPQ)*, pp.86. Coimbra (Portugal).
- Silva, P.G. (1988).** *El Cuaternario del sector centro-meridional de la Cuenca de Madrid: Aspectos geomorfológicos y neotectónicos*. Tesis de Licenciatura UCM (inérita), 143 pp.
- Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Hoyos, M. & Alberdi, M.T. (1988a).** El Valle del Manzanares y su relación con la Depresión Prados-Guatén durante el Pleistoceno inferior (Madrid, España). *Actas II Cong. Geol. Esp.* Vol., 2, 133-136, Granada.
- Silva, P.G., Goy, J.L. y Zazo, C. (1988b).** Neotectónica del sector centro-meridional de la Cuenca de Madrid. *Estudios Geol.*, 44, 415-427.
- Silva, P.G., Hoyos, M., Goy, J.L., Zazo, C. Rus, I. & Querol, A. (1989).** *El Valle Inferior del Manzanares*. Libro-Guía Exc. C-2. 2º Reun. Int. Cuaternario Ibérico, Madrid, 42 pp.
- Silva, P.G., Cañaveras, J.C., Del Moral, S., Lario, J. & Sanz, E. (1997).** 3D soft-sediment deformation structures: evidence for Quaternary seismicity in the Madrid basin, Spain. *Terranova*, 9, 208-212
- Tortosa, A., Palomares, M. & Arribas, J. (1989).** Caracterización composicional de los depósitos arenosos actuales generados en el Sistema Central. *Estudios Geol.*, 45, 205-213.
- Tortosa, A., Arribas, J., Garzón, G., Fernández, P. & Palomares, M. (1997).** Análisis petrológico de depósitos de terrazas aplicado al estudio de los procesos de captura de los ríos Adaja, Voltoya y Eresma. *Rev. Soc. Geol. España*, 10 (1-2), 131-145.
- Vaudour, J. (1979).** *La Región de Madrid, alterations, sols et paleosols*. Ed. Ophrys, París. 390 pp.
- Vegas, R., Pérez González, A. & Miguez, F. (1975).** Cartografía y memoria geológica de la hoja de Getafe (19-23). Mapa Geológico de España escala 1:50.000 2ª Serie (MAGNA). IGME. Serv. Pub. Mº Industria, Madrid, 37 pp.