

como depósitos catastróficos relacionados con bajadas bruscas del nivel del mar, que han producido la erosión de importantes volúmenes en la plataforma. En este nuevo modelo (fig. 2B) se diferencian dos grandes conjuntos de facies turbidíticas, desde el punto de vista genético. El primero, marcado con punteado en la figura, corresponde a los depósitos catastróficos de redepósito de los materiales erosionados en la plataforma durante las bajadas del nivel relativo del mar; equivalen a los sistemas turbidíticos de tipo I y II del modelo de Mutti (1985). El segundo grupo de turbiditas, con abundantes estructuras *slumps*, son los depósitos simultáneos a la progradación de la plataforma, en la pendiente adyacente a la misma y equivalen al sistema turbidítico de tipo III del modelo de Mutti (1985).

Los argumentos en lo que se basa esta nueva interpretación son diversos:

- La gran proximidad de los depósitos turbidíticos y los de plataforma, sin que medien unas facies propias de talud.
- El gran volumen de material turbidítico depositado en relación con el volumen de los depósitos de plataforma.
- Similitud con modelos actualistas donde en momentos de bajadas bruscas del nivel del mar se producen estos depósitos.
- Presencia en las turbiditas de frecuentes bioclastos procedentes de la plataforma (ostreas, briozoos, rodolitos, etcétera).
- La geometría de los cuerpos turbidíticos y la evolución lateral de facies similar a la descrita por Mutti (1985).

El modelo genético propuesto se representa en la figura 2C en seis etapas sucesivas. Se iniciaría (fig. 2C-1) con las condiciones normales reinan-

tes en la cuenca con importantes depósitos en la plataforma, progradantes en régimen regresivo (pero ligados a subidas lentas del nivel relativo del mar). Estas condiciones se alcanzaron en áreas fuertemente subsidientes y con un gran volumen de aportes que tienden a colmatar la cuenca. Lateralmente se pasaría, hacia el talud, a materiales propios del sistema turbidítico de tipo III de Mutti (1985), consistentes en secuencias de turbiditas de grano fino en las que se observan frecuentes *slumps*. En la figura 2C-2 se representa la situación en la que quedaría la cuenca tras una bajada brusca del nivel relativo del mar, que conlleva la erosión de parte de los depósitos de la plataforma (se marca con puntos la morfología anterior). En la figura 2C-3 se indica la posición que ocuparían los depósitos turbidíticos producto del redepósito de los materiales erosionados; se trata de materiales correspondientes a los sistemas turbidíticos de los tipos I y II de Mutti (1985). En ellos las partes más proximales presentan turbiditas en estratos gruesos no canalizadas (tipo I) o turbiditas canalizadas (tipo II), que en ambos casos hacia el interior de la cuenca evolucionan a turbiditas finamente estratificadas (*thin-bedded turbidites*) propias del borde de lóbulo. La figura 2C-4 representa una nueva etapa de progradación de la plataforma y del talud sobre los materiales anteriores. La figura 2C-5 marca una nueva etapa de bajada relativa del nivel del mar, con erosión en la plataforma y depósito de turbiditas de los sistemas de tipo I y II. Finalmente la figura 2C-6 muestra el efecto de la repetición de estos fenómenos en un régimen de subida permanente del nivel relativo del mar y progradación del conjunto sedimentario, en la que ocasionalmente acaecen fenómenos de bajadas bruscas del nivel del mar y las consiguientes fases

de erosión y depósito turbidítico de tipo I y II (*sensu* Mutti, 1985).

Un modelo actualista análogo es el que proponen (Coleman *et al.*, 1984) para el Cuaternario del área adyacente a la desembocadura del Mississippi, en la que, en los momentos de bajadas del nivel del mar (glacioeustáticas), se han producido importantes depósitos catastróficos de turbiditas del tipo I de Mutti (1985), mientras que en las etapas normales de subida del nivel de mar se producen facies turbidíticas del tipo III. Por su parte, Farrán (1988), para el área próxima a la desembocadura del Ebro, establece una correlación entre superficies erosivas en los materiales de la plataforma y los depósitos turbidíticos lenticulares del ascenso continental adyacente.

Este trabajo se ha realizado dentro del Proyecto 84-0079-CO-03, financiado por la CAICYT y el CSIC.

Referencias

- Coleman, J. M.; Prior, D. B. y Lindsay, J. F. (1983): *Soc. Econ. Paleontol. Mineral.*, Spec. Pub., 33, 121-137.
- Farrán, M. (1988): *II Congr. Geol. España*, SGE, Granada, Simposios, 327-331.
- Mutti, E. (1985): En: G. G. Zuffa (ed.): *Provenience of Arenites*, NATO-Asi, Serie C, Reidel Publ., 65-93.
- Mutti, E. y Ricci-Lucchi, F. (1975): *IX Inter. Congr. Sedimen.*, Nice, Guidebook Field Trip 11, 21-36.
- Rodríguez-Fernández, J. (1982): *Tesis Doctoral*, Univ. Granada, 379. 224 pp.
- Rodríguez-Fernández, J.; Martínez del Olmo, W.; Garrido Megías, A. y Vera, J. A. (1984): *I Congr. Esp. Geol.*, Segovia, 3, 279-288.
- Rodríguez-Fernández, J. y Vera, J. A. (1983): *X Congr. Nac. Sedim.*, Mahón, 2, 19-22.

Recibido el 30 de septiembre de 1988
Aceptado el 10 de octubre de 1988

Significado paleogeográfico de las texturas y acumulaciones de carbonatos en perfiles edáficos de la Unidad Intermedia del Mioceno de la Cuenca de Madrid (prov. de Guadalajara)

A. M. Alonso-Zarza. Inst. Geología Económica. CSIC. Facultad de C. Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.
M. A. García del Cura. Inst. Geología Económica. CSIC. Facultad de C. Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.
J. P. Calvo. Dept. de Petrología y Geoquímica. Facultad de C. Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

ABSTRACT

The presence as well as types of pedogenic carbonate deposits within miocene formations of the NE Madrid Basin are mainly linked to two major differentiated environments: a) proximal alluvial fan environments and b) distal alluvial fan and flood-plain environments. The pedogenic profiles developed in palustrine areas show some features also found in b) deposits. In a broad sense, both mesoscale and textural features (Fe-Mn oxides remobilization and carbonate accumulation) of the pedogenic profiles display some variety resulting from different sedimentation rates, substrate nature and water hosting, all the parameters being controlled by paleogeography.

Alonso-Zarza, A. M.; García del Cura, M. A. y Calvo, J. P. (1988): Significado paleogeográfico de las texturas y acumulaciones de carbonatos en perfiles edáficos de la Unidad Intermedia del Mioceno de la Cuenca de Madrid (prov. de Guadalajara). *Geogaceta*, 5, 29-33.

Key words: Paleosols, carbonates, alluvial deposits, palustrine environments, soil textures, Madrid Basin, Guadalajara, Miocene.

Los depósitos que se estudian en este trabajo constituyen un elemento sedimentario importante dentro del relleno neógeno en la zona NE de la Cuenca de Madrid, incluyéndose en la denominada Unidad Intermedia (Junco y Calvo, 1983). En esta Unidad y dentro del área estudiada se diferencian dos secuencias deposicionales mayores que culminan respectivamente en términos carbonáticos de distinta índole (Alonso, en preparación). La definición de estas secuencias es bastante menos neta hacia los bordes de la Cuenca, constituidos exclusivamente por el apilamiento de cuerpos conglomeráticos depositados en distintos sistemas de abanicos aluviales y que gradan lateralmente a facies distales (lutitas fundamentalmente) y a sistemas palustres y lacustres hacia el interior (Calvo *et al.*, 1987) (fig. 1).

Es a techo de la primera secuencia deposicional donde se sitúan de un modo preferente los depósitos carbonáticos que estudiamos. Los materiales pedogénicos en estas áreas presentan una amplia variedad textural que es el reflejo de su diferente posición paleogeográfica dentro de un esquema de evolución de sistemas aluviales y fluviales a sistemas lacustres y palustres (Freytet, 1984; Verrechia, 1987). Es esta variación en las características texturales de los perfiles pedogénicos y su relación con la zonación paleogeográfica la que nos proponemos como objeto de estudio en el presente trabajo. Desde este punto de vista hemos diferenciado tres tipos de ambientes:

1) Zonas proximales de abanicos aluviales, representadas en los sistemas (fig. 1): Jadraque-Santiuste

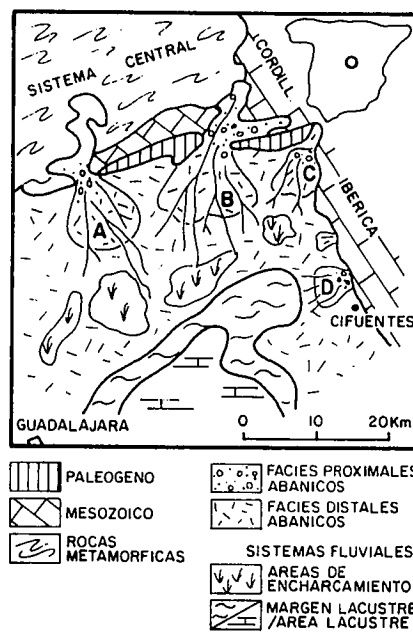


Fig. 1.—Situación geográfica y geológica.

- (A), Baides (B), Mirabueno (C) y Cifuentes-Las Inviernas (D).
- 2) Zonas distales de abanicos y llanuras de inundación.
- 3) Zonas palustres.

El estudio previo con que se contaba a la hora de realizar este trabajo nos permitió seleccionar de una forma específica las áreas y afloramientos más favorables, así como los perfiles más característicos, que son los que contemplamos en el presente trabajo, el cual tiene un carácter preliminar a falta del estudio de algunos perfiles transicionales. Una vez levantados los perfiles seleccionados se estudiaron mediante lámina delgada las muestras cuya compacidad lo permitía. La mineralogía tanto de los carbonatos como de las facies lutíticas se estudió

mediante difracción de Rayos X (polvo total y agregados orientados de las fracciones $<64 \mu$ y $<2 \mu$ y sus tratamientos pertinentes).

Situación y descripción de los perfiles

Se han considerado como perfiles más característicos, aunque no exclusivos un total de seis. Dos de ellos corresponden a zonas proximales de abanicos; otros tres se situarían en zonas distales de abanicos y llanuras de inundación; estas últimas y las áreas de encharcamiento (sistemas palustres), desarrolladas sobre ellas o en la transición a áreas lacustres abiertas, presentan una estrecha relación geográfica, encontrándose a veces superpuestas. De estas últimas hemos seleccionado un sólo perfil, aunque existe una amplia variedad de los mismos.

A) Perfiles desarrollados sobre zonas proximales de sistemas aluviales

En la zona estudiada se establecen un total de cuatro sistemas mayores de abanicos aluviales, ya señalados anteriormente. Estos sistemas fueron coetáneos en su formación con depósitos de ladera que recubren parte de los frentes mesozoicos (Alonso *et al.*, 1988). Los perfiles en estas zonas se desarrollan tanto sobre secuencias conglomeráticas positivas (fig. 2, MRB), como sobre niveles de granulometría menor (BAI). En el primer caso, los encostramientos se desarrollan fundamentalmente sobre facies Gms; la potencia de los niveles encontrados varía entre 0,4 y 2 m. Las estructuras

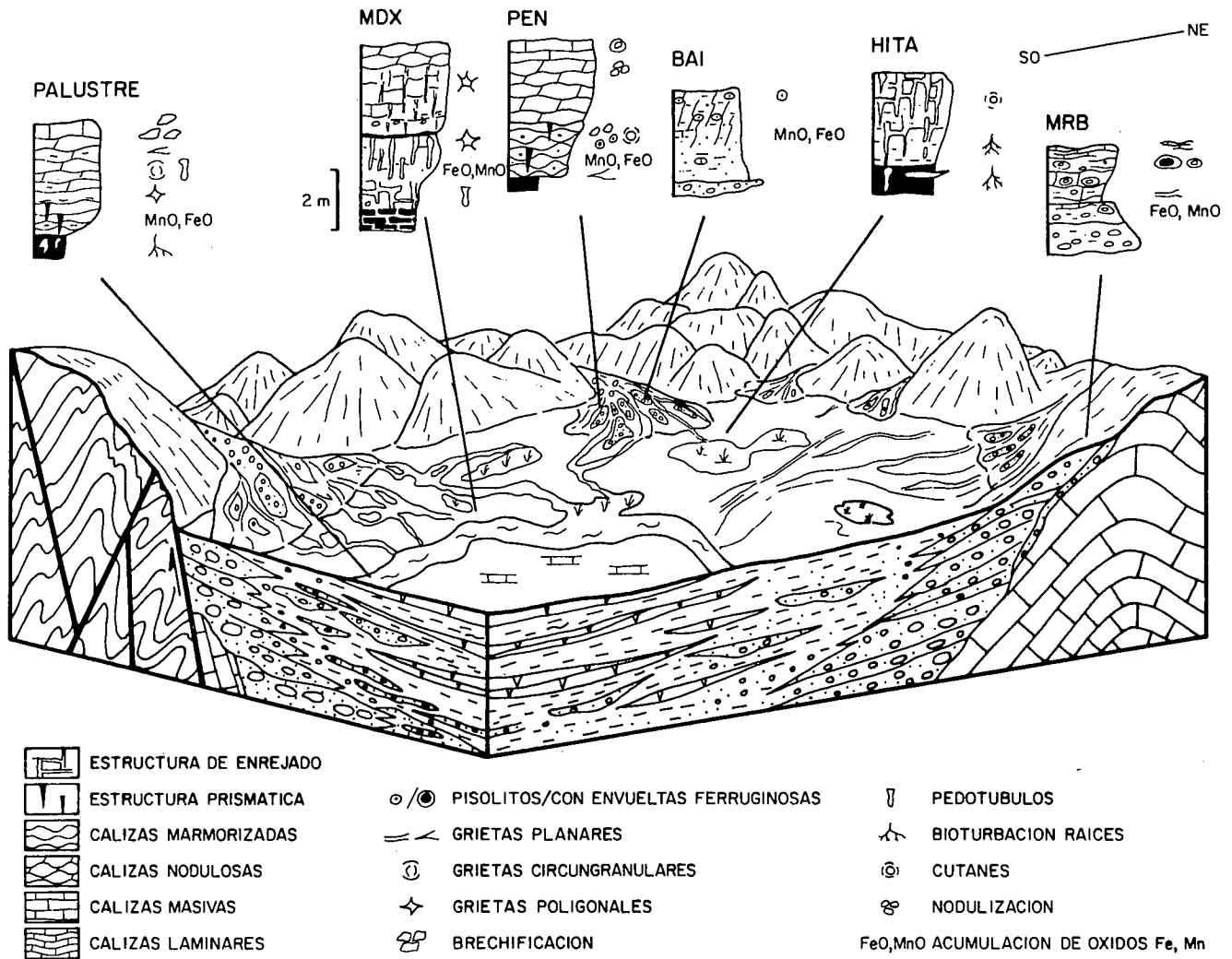


Fig. 2.—Esquema de los sistemas deposicionales del borde NE de la Cuenca de Madrid y situación relativa de los perfiles estudiados.

formadas corresponden a costras laminares y pisolíticas. Sobre los granos de arena y sobre los cantos se desarrollan envueltas pisolíticas múltiples y onduladas (fig. 3A). Estas envueltas contienen, a su vez, pisolitos y/u ooides. Los ooides se encuentran también diseminados en la roca, y ocasionalmente presentan envueltas ferruginosas (fig. 3B). El techo de la secuencia (fig. 2, MRB) suele ser una costra laminar más continua.

El segundo de los perfiles estudiados (fig. 2, BAI) se desarrolla sobre un sustrato detrítico más fino (arenas gruesas a finas, o incluso lutitas). A techo de estos niveles es frecuente encontrar disyunción oblicua. Las texturas de los carbonatos en el perfil corresponden a costras perlíticas; sobre los granos de arena se desarrollan envueltas micríticas en un número más bajo que en el caso anterior. Estas perlas quedan diseminadas en

un sedimento micrítico arenoso en el que son frecuentes los rasgos de desecación (fig. 3C) y las removilizaciones de óxidos/hidróxidos de hierro y manganeso.

B) Perfiles desarrollados en áreas distales de abanicos aluviales y llanuras de inundación

Estas áreas son las más extensas dentro de la zona estudiada. En ellas se depositaron fundamentalmente materiales lutíticos, más o menos arenosos dependiendo de su posición. Describimos en esta situación tres tipos de perfiles, que, por supuesto, no son los únicos. Estos se presentan sobre sustratos algo diferenciados:

a) El perfil MDX (fig. 2) se sitúa sobre materiales lutíticos, aunque engloban tongadas más gruesas de arenas e incluso de gravas. El grado de carbo-

natación aumenta gradualmente de base a techo; en el mismo sentido existe una gradación neta de las estructuras y texturas: en la base las lutitas están algo carbonatadas y se presentan formando agregados subesféricos cuyo tamaño varía entre 6 y 8 cm; en tránsito gradual se sitúan margas muy marmorizadas con abundancia de rizotúbulos que tienen su mayor desarrollo en vertical. Estos rizotúbulos son claros tanto macro como microscópicamente (fig. 3D) y presentan un relleno complejo de lutitas, agujas de silicatos (según EDAX) y esparita. Son frecuentes las grietas de desecación y/o raíces y las acumulaciones de óxidos/hidróxidos de Fe y Mn. A continuación y sobre un sedimento algo más grueso se desarrollan facies de micritas nodulosas con estructura poliédrica, menos marmorizadas y con abundantes grietas de desecación. El techo del perfil lo

constituyen micritas blanquecinas nodulizadas y con rasgos de disturbación, ya escasamente marmorizadas.

b) El perfil HITA (fig. 2) se sitúa sobre lutitas y arenas. El rasgo más distintivo es la presencia de un enrejado ortogonal de rizolitos que se sitúan sobre un sedimento muy oxidado. La red principal es la que se extiende verticalmente; de ella parten perpendicularmente finos conductos que pueden o no conectar los distintos sistemas radiculares. Hay un aumento gradual del tamaño de los rizolitos hacia techo; en este mismo sentido aumentan las conexiones horizontales entre ellos. A favor de los rizolitos se introducen glaébulas arcillosas (fig. 3E) de tonos más verdosos y mineralogía algo diferenciada (con un aumento en la proporción de esmectitas respecto al sustrato).

c) El último de los perfiles (PEN, fig. 2) se desarrolla sobre un sustrato muy enrojado. La evolución es, como en el caso a) a términos palustres representados por micritas escasamente marmorizadas. La parte del perfil netamente edáfica es el tercio inferior y corresponde a micritas arenosas nodulares que presentan rasgos netos de desecación y cutanes de arcillas. Hay clara removilización de óxidos/hidróxidos de Fe y Mn, así como formación de nódulos más rojizos que incluyen una alta proporción de terrígenos; también se ha observado la formación de microcarsts, asociados a rizolitos, en el sentido de los descritos por Plaziat y Freytet (1978). En estos rizolitos se han observado rellenos estriados (fig. 3F).

C) Zonas palustres

La extensión de estas áreas es muy variada, ya que dentro de este término incluimos tanto las zonas de encharcamiento situadas al pie de sistemas de abanico y en los interfluvios así como la orla marginal de los sistemas lacustres mayores. Así, mientras que en el primer caso los niveles son poco continuos lateralmente, en el segundo la extensión de estos depósitos supera varios kilómetros. Estos materiales afloran en bancos potentes de 1 a 3 m., bien como niveles aislados o como sucesivos niveles superpuestos. Su estructura es generalmente nodulosa y suele terminar en lajeado más fino. Localmente se observa estructura prismática vertical (fig. 2, palus-

tre). La tonalidad de estos carbonatos varía entre blanquecina-rosada y/o verdosa. Las mesofacias consisten en micritas con glaébulas de arcillas, generalmente bastante arenosas y presentando frecuentes grietas de desecación y/o disturbación; estas grietas son irregulares, presentan un primer relleno microesparítico y un relleno final esparítico. Son frecuentes los rizotúbulos rellenos por un material verdoso. La formación de nódulos «in situ», los cutanes de arcilla alrededor de los poros, la presencia de halos difusos de Fe y Mn, así como las

texturas alveolares y los rasgos de disturbación pueden relacionarse con removilizaciones en medios palustres muy someros.

Discusión y conclusiones

En el área estudiada la distribución de los perfiles edáficos analizados aparece controlada por la posición paleogeográfica donde éstos se desarrollan. En los sistemas de abanico estas acumulaciones calcáreas reflejan episodios de descenso en la tasa de

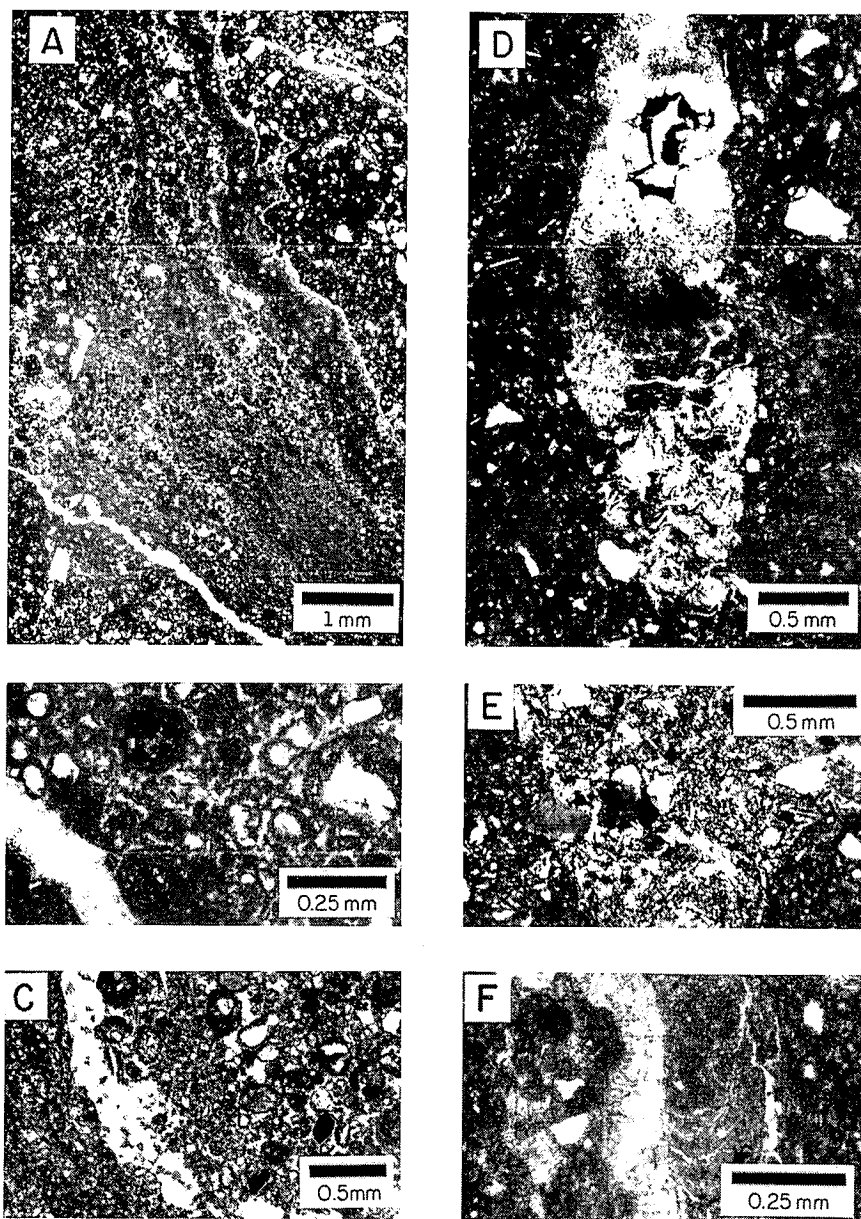


Fig. 3.—A) Costra laminar (las láminas están constituidas alternativamente por micrita y pisolitos/ooides. B) Pisoides con envueltas micríticas y ferruginosas. C) Costra perlítica. D) Rizotúbulo con relleno complejo (ver texto). E) Detalle de rizotúbulo en materiales carbonáticos, el relleno es de material detritico. F) Rizotúbulo con relleno estriado y microcarst asociado.

sedimentación, o incluso de no deposición, en las zonas donde se desarrolla el perfil (segmentos inactivos del abanico), lo que coincide con lo observado por Nickel (1985). En zonas distales de abanicos y llanuras de inundación la evolución de los perfiles está generalmente controlada tanto por la tasa de sedimentación como por el material sobre el que se desarrolla el perfil, de forma que bajas tasas de sedimentación favorecen la evolución de los mismos. A su vez, la madurez de estos perfiles está en relación directa con el período de exposición de los mismos. Por otra parte, las áreas de encharcamiento con sedimentación casi exclusivamente micrítica están sometidas a oscilaciones en el nivel de agua. Durante los momentos de retracción el sedimento sufre modificaciones que en la mayor parte de los casos son similares a las observadas en zonas distales y llanuras de inundación.

Tanto los sistemas de abanicos aluviales como las áreas de llanura de inundación que no evolucionan posteriormente a zonas encharcadas, presentan perfiles edáficos que se interrumpen bruscamente por una nueva etapa de reactivación del abanico, o bien por la migración lateral de los canales. Por su parte, en las áreas de llanura de inundación y sistemas distales que evolucionan a zonas encharcadas, así como en los márgenes lacustres, los perfiles edáficos muestran una transición gradual a sedimentos palustres.

Los rasgos descritos indican que en los depósitos estudiados los procesos más generalizables son las removilizaciones de óxidos/hidróxidos de Fe y Mn y, fundamentalmente, de carbonatos. En el caso de los óxidos/hidróxidos las removilizaciones se presentan de dos formas diferenciadas. La más general es la acumulación de estos minerales en forma de halos difusos. Este proceso es característico de suelos hidromórficos tipo pseudogley (Buurman, 1980), implicando sustratos mal drenados con estancamiento estacional del nivel freático (situación típica de llanuras de inundación) en los que la vegetación profundizaría según una red radicular predominantemente vertical, aunque en la parte más alta se desarrollarían enrejados ortogonales de rizotúbulos.

El relleno de estos rizotúbulos por un material lutítico edáficamente ordenado (argilans) está relacionado con las etapas de mayor madurez de estos perfiles, tal rasgo sólo se observa localmente. El otro tipo de acumulación de óxidos/hidróxidos consiste en láminas rojizas que aparecen entre las envueltas de las facies pisolíticas, reconocidas en los perfiles ligados a zonas proximales de abanicos. La laminación concéntrica está causada por la movilización del Fe y Mn en períodos húmedos y, por tanto, reductores y posterior precipitación en momentos más secos (Molenaar, 1984). La presencia de envueltas carbonáticas posteriores puede relacionarse con etapas de rejuvenecimiento del perfil.

La concentración diferencial de carbonatos está ligada a procesos de disolución y precipitación en ambiente vadoso, preferentemente asociados a los derivados de la génesis y evolución de suelos. Esta concentración de carbonatos en las zonas aluviales distales y en las áreas de interfluvios está ayudada por el aumento en el contenido de carbonatos en sentido proximal-distal dentro de un modelo de abanico (Nickel, *op. cit.*). Los datos obtenidos permiten atribuir un papel importante a los sistemas radiculares en la formación de estas acumulaciones calcáreas. Estos sistemas favorecen la creación de microambientes en los que la actividad de la propia raíz y de los microorganismos asociados, así como los procesos de evapo-transpiración (Calvet, 1975) contribuyen a la acumulación de carbonato en una orla más o menos concéntrica. Otras formas de concentración de carbonatos tales como nodulizaciones o grietas de desecación con diferentes fases de relleno son características, pero no exclusivas, de los perfiles asociados a zonas de encharcamiento, en general medios palustres.

En resumen se han descrito en este trabajo un total de seis perfiles con rasgos de modificación subaérea. Los rasgos son diferentes dependiendo no sólo de la posición paleogeográfica, sino también del tipo de sustrato, implicando en todos los casos condiciones climáticas homogéneas en todo el área estudiada (climas semiáridos con estaciones contrastadas).

El tiempo de exposición (períodos

de no sedimentación) no fue muy alto en ninguno de los casos, de ahí que los perfiles sean bastante inmaduros. Rasgos de mayor madurez (argilans) se encuentran sólo ocasionalmente en los perfiles ligados a interfluvios amplios y desarrollados sobre sustratos más finos (esencialmente lutíticos), respondiendo posiblemente a etapas más largas de no sedimentación en estas zonas.

La alternancia de láminas carbonáticas/ferruginosas responde a etapas de rejuvenecimiento/madurez ligadas a la presencia o ausencia de nuevos aportes en las zonas más proximales de abanico.

En las zonas distales de abanico y llanuras de inundación la morfología de los perfiles está controlada esencialmente por los sistemas radiculares desarrollados por la cobertera vegetal instalada en estos ambientes.

Este trabajo forma parte del proyecto: «Evolución geológica de la Cuenca Media del Tajo: aspectos sedimentológicos, geoquímicos y recursos» (PR-84-0078-CO2-02), financiado por CAYCIT-CSIC).

Referencias

- Alonso-Zarza, A. M.: Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid (en preparación).
- Alonso-Zarza, A. M.; Calvo, J. P.; García del Cura, M. A. y Hoyos, M. (1988): *II Congreso Geológico de España*. 1, 15-19.
- Buurman, P. (1980): *Sedimentology*, 27, 593-607.
- Calvet, F.; Pomar, L. t Esteban, M. (1975): *Rev. Inst. Invest. Geol.*, XXX, 35-60.
- Calvo, J. P.; Alonso-Zarza, A. M. y García del Cura (en prensa): *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*
- Freytet, P. (1984): *Bull. Centr. Rech. Explor. Elf. Aquitaine*, 8, 223-247.
- Junco, F. y Calvo, J. P. (1983): En: *Geología de España*. II, IGME, 534-543.
- Molenaar, N. (1984): *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 46, 325-344.
- Nickel, E. (1985): *Sedimentary Geology*, 42, 83-104.
- Plaziat, J. C. y Freytet, P. (1978): *C. R. Acad. Sci. Paris*, 286, 1.661-1.664.
- Verrechia, E. (1987): *Geomorph. N. F.*, 31, 179-193.

Recibido el 29 de septiembre de 1988
Aceptado el 10 de octubre de 1988