

## LITOESTRATIGRAFIA Y EVOLUCION PALEOGEOGRAFICA DEL MIOCENO DEL BORDE NE DE LA CUENCA DE MADRID (PROV. GUADALAJARA)

A. M. Alonso Zarza \*, J. P. Calvo \*\* y M. A. García del Cura \*

### RESUMEN

En el presente trabajo se aborda el análisis del registro neógeno de la zona NE de la Cuenca de Madrid. En primer lugar se definen y analizan en detalle las distintas unidades litoestratigráficas presentes. Posteriormente se propone un modelo de evolución paleogeográfica de esta zona NE de la Cuenca de Madrid durante el Mioceno.

Las tres unidades mayores del relleno mioceno de la Cuenca de Madrid aparecen representadas en este área. Estas unidades, que quedan limitadas por rupturas sedimentarias, son las denominadas Unidad Inferior, Unidad Intermedia y Unidad Superior. La edad atribuida a cada una de estas unidades es: Ageniense superior-Aragoniense medio para la Unidad Inferior, Aragoniense medio-Vallesiense inferior (al menos) para la Intermedia y Vallesiense superior-Turolense para la Unidad Superior.

La evolución vertical de cada unidad muestra una tendencia en general positiva, que refleja la retrogradación de los sistemas clásticos y la instalación de sistemas lacustres carbonatados hacia techo de las unidades. En la Unidad Intermedia se han definido dos secuencias, separadas por una discontinuidad de orden menor de edad Aragoniense superior, que corresponden a dos secuencias de progradación-retrogradación de los sistemas clásticos.

El depósito de las Unidades Inferior e Intermedia, las más ampliamente desarrolladas en esta zona, tuvo lugar en condiciones de cuenca cerrada (endorreica), en la que los momentos de máxima actividad tectónica de sus márgenes se reflejan en la progradación de los sistemas aluviales marginales, con retracción de los sistemas lacustres, siempre de carácter somero, que se instalaban en áreas algo más alejadas de los márgenes de la cuenca.

La posición de los sistemas aluviales marginales, tanto de la Unidad Inferior como Intermedia, aparece controlada por la paleomorfología y las lineaciones estructurales de los márgenes de la Cuenca. Los sistemas aluviales evolucionan lateralmente a amplias llanuras de inundación sobre las que se sitúan, de forma gradual, los sistemas lacustres someros. Estos tienen su máxima expansión en la parte más alta de la Unidad Intermedia.

**Palabras clave:** *Mioceno, Cuenca de Madrid, sedimentación continental, abanicos aluviales, sistemas lacustres.*

### ABSTRACT

Miocene deposits of the NE area of the Madrid Basin are studied in this paper. Different stratigraphic units are defined and a model of paleogeographic evolution of the NE area of the Madrid Basin is proposed.

The three Units previously defined in the Neogene deposits of the Madrid Basin are recognized in this area. These Units, which are bounded by sedimentary discontinuities, have been called: Lower, Intermediate and Upper Miocene Units. Age of these units can be assessed to upper Agenian to middle Aragonian for the Lower Unit; middle Aragonian to lower Vallesian for the Intermediate one and lower Aragonian to Turolian for the Upper Unit.

Vertical successions into each of the Units are formed by one single fining-thinning sequence in the Lower and Upper Units and by two fining-thinning sequences in the Intermediate one. Each of the sequences show the progressive retreat of the alluvial systems and later development of shallow lacustrine environments.

Sedimentation of Lower and Intermediate Units took place in a closed basin in which tectonic activity events in the margins of the basin resulted in the progradation of the allu-

\* Instituto de Geología Económica. CSIC Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

\*\* Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

vial fan systems and in the retreat of the shallow lacustrine environments. Two different progradation events have been detected. The first corresponds to the bottom of the Intermediate Unit and the other corresponds to the middle part of this Unit. Both events can be recognized in the marginal deposits (sudden increase in grain size) as well as in the more distal ones (detrital deposits are overlying carbonate facies).

Location of the different alluvial fan systems is controlled by the paleomorphology and structural lineations of the margin of the basin (Central System and Iberian Range). These alluvial fan systems evolved laterally to wide flood plains in which shallow lacustrine environments were developed. These lacustrine environments had their greater development in the top of the Intermediate Unit.

**Key words:** *Continental sedimentation, Alluvial fans, Lake systems, Miocene, Madrid Basin.*

## Introducción

La Cuenca de Madrid forma una parte sustancial de la Cuenca del Tajo. Esta constituye junto con las del Duero y Ebro una de las tres grandes cuencas terciarias continentales de la Península Ibérica. Desde un punto de vista estructural es caracterizable como una cuenca intraplaca generada por la deformación alpina. Su evolución está condicionada por los accidentes o fracturas de los márgenes que la limitan (Alvaro, 1979; Portero y Aznar, 1984, y Vegas *et al.*, 1986), así como por las características estructurales de su basamento (Alia, 1960; Martín Escorza, 1976; Cadavid, 1977, y Racero, 1988). En el margen norte y noroeste (Sistema Central) los sistemas de fracturas que limitan la cuenca, en este caso fallas inversas de gran ángulo, fueron muy activas al menos hasta el Mioceno medio. Por el contrario, los márgenes NE (Cordillera Ibérica) y S (Montes de Toledo) aparecen limitados por fracturas normales, bastante menos activas. El emplazamiento de la Sierra de Altomira, durante el Oligoceno superior-Mioceno inferior, compartimentó de N a S la Cuenca del Tajo, pudiéndose distinguir de esta forma entre la Cuenca de Madrid al oeste de Altomira y la Depresión Intermedia o Loranca hacia el este.

La sucesión terciaria que constituye el relleno fundamental de la Cuenca de Madrid presenta un espesor máximo próximo a los 3.500 m. El registro neógeno presenta un espesor que oscila entre 600 y 1.000 m.

A grandes rasgos, se puede señalar que dentro del relleno mioceno de la Cuenca de Madrid se diferencian unas facies marginales clásticas que gradan, hacia el interior de la misma, a facies carbonáticas y/o evaporíticas (Riba, 1957, y Junco y Calvo, 1983). En términos de sistemas deposicionales, las facies marginales se depositaron esencialmente en sistemas de abanicos aluviales cuya evolución lateral y vertical, así como sus características intrínsecas, estuvieron condicionadas por: a) la actividad de los sistemas de fractura que limitan los márgenes de la cuenca, b) la litología del área fuente, y c) la paleomorfología de

dichos márgenes (Alonso Zarza *et al.*, 1990a). Por el contrario, la sedimentación en las zonas más centrales tuvo lugar en sistemas lacustres, esencialmente someros, cuyas características reflejan, además de las condiciones climáticas en que dichos sistemas se instalaron, los movimientos diferenciales de los márgenes de la Cuenca, la distinta litología de éstos y las características de los sistemas deposicionales que unieron los márgenes de la cuenca con estas áreas lacustres (Calvo *et al.*, 1989).

La evolución vertical de las sucesiones miocenas no presenta una única tendencia, sino que se reconocen saltos y rupturas sedimentarias que permiten definir, siguiendo los criterios de Megías *et al.* (1980) y Megías (1982), distintas unidades dentro del relleno mioceno de esta cuenca. Estas unidades son las denominadas Inferior, Intermedia y Superior (Junco y Calvo, 1983; Alberdi *et al.*, 1983; Hoyos *et al.*, 1985, y Antunes *et al.*, 1987) y son reconocibles en toda la Cuenca de Madrid.

De los párrafos anteriores se deduce que, en el momento actual, las pautas generales de la distribución de los depósitos miocenos de la Cuenca de Madrid están bastante bien establecidas. Sin embargo, faltan por establecer modelos detallados de evolución, sobre todo de las zonas marginales de la cuenca y de la relación de éstas con áreas más centrales. La escasez de datos es especialmente notoria en la zona NE de la Cuenca en la que tan sólo se cuenta con los trabajos de Cutanda (1969) y Pérez Azuara (1971) quienes, respectivamente, definen las discordancias, reconocibles en este área de la Cuenca, de los materiales miocenos con los paleógenos y con los mesozoicos y analizan en mayor o menor detalle la sucesión terciaria. Además de estos trabajos, se debe hacer referencia a las Hojas Geológicas de la 1.ª serie de Jadraque (486) (De la Concha, 1963) y Ledanca (487) (Moya y Kindelán, 1962), en las que el estudio de los materiales miocenos es de una gran simplicidad, y las Hojas Geológicas de la nueva serie de Jadraque, Brihuega, Guadalajara, Ledanca y Cifuentes (IGME, 1983, 1985a y b, 1989, y 1990, respectivamente), todas ellas en prensa. No se deben, sin em-

bargo, olvidar los trabajos de Prado (1864) y Castel (1881), quienes ofrecen una visión bastante global de grandes áreas de la Cuenca y, en concreto Castel de todo el terciario de la provincia de Guadalajara. Trabajos más modernos se han centrado de forma detallada en el estudio de los materiales paleógenos (Arribas, 1985, 1986a y b).

El estudio del Mioceno de la zona NE de la Cuenca de Madrid, que se aborda en este trabajo, presenta gran interés en cuanto que constituye una zona de la cuenca situada entre dos márgenes bien diferenciados: 1. al norte, el Sistema Central, constituido en este área por materiales metamórficos de bajo grado sobre los que se apoyan materiales mesozoicos y paleógenos, y 2. al este, la Cordillera Ibérica, constituida exclusivamente en este área por formaciones sedimentarias especialmente carbonáticas. Este hecho, zona marginal entre dos bordes de cuenca distintos, confiere a la zona estudiada (fig. 1) características diferenciadas con respecto a las de cualquier otro área de la Cuenca de Madrid. Por ello, los objetivos del presente trabajo son: a) el análisis de la evolución vertical de las series sedimentarias, lo que posibilita el establecimiento de las distintas unidades estratigráficas; b) el estudio de la influencia relativa de los diferentes márgenes de la cuenca en la estructuración de los distintos sistemas sedimentarios marginales y en el tránsito de éstos a sistemas fluviales y lacustres, y c) como objetivo final, el establecimiento de un modelo de evolución paleogeográfica de esta zona de la Cuenca de Madrid durante el Mioceno.

El estudio llevado a cabo en estos materiales miocenos toma como base el levantamiento de un total de 32 secciones estratigráficas (fig. 2). A ello se unen

las observaciones realizadas en posiciones intermedias entre las mismas, así como el análisis detallado de algunos aspectos específicos, como son el estudio de a) las áreas marginales de la cuenca (sistemas aluviales), b) el episodio terminal carbonatado de la Unidad Intermedia, y c) la procedencia de los materiales arenosos. Análisis fundamentales a la hora de abordar este trabajo han sido entre otros: 1. el estudio sedimentológico detallado de las secciones estratigráficas y de otros puntos de interés, 2. el estudio petrográfico de un total de 492 láminas delgadas, 3. el establecimiento de la mineralogía de los materiales estudiados, tanto mineralogía total como específicamente de los minerales de la arcilla (se han analizado un total de 153 muestras, mediante difracción de rayos X), y por último, 4. el análisis de la procedencia de los materiales arenosos tanto mediante minerales ligeros como pesados.

#### El Mioceno de la zona NE de la Cuenca de Madrid

Los materiales miocenos de esta zona de la Cuenca se sitúan discordantes sobre los materiales paleozoicos y mesozoicos que constituyen el margen de la misma, así como sobre los paleógenos que aparecen adosados a dicho margen (fig. 3). La potencia de los depósitos miocenos reconocible mediante sondeos es de unos 800 m (Sondeo Santa Bárbara, Shell, 1981). Sin embargo, en afloramiento superficial la máxima potencia reconocible es de 300 m (series de Ciruelas, CIR, y La Alarilla, ALAR) (fig. 2).

El estudio conjunto de las sucesiones descritas y las observaciones en otros muchos puntos de la zona constituyen la base a partir de la que se establecen las pautas de evolución vertical de relleno neógeno en este área de la Cuenca de Madrid. Esta evolución no es continua sino que presenta, al igual que en el resto de la Cuenca de Madrid, saltos y rupturas sedimentarias de distinto grado. Estas rupturas y/o saltos mayores en las sucesiones sedimentarias de cuencas continentales cerradas permiten diferenciar las unidades sedimentarias que la integran (Unidades Tectosedimentarias) (Megías *et al.*, 1980, Megías, 1982; González *et al.*, 1988, y Pardo *et al.*, 1989). En el caso de la Cuenca de Madrid estas unidades son, como ya hemos señalado, las denominadas Inferior, Intermedia y Superior (Junco y Calvo, 1983, Alberdi *et al.*, 1983, y Hoyos *et al.*, 1985), claramente reconocibles en el área NE. Los criterios que nos permiten diferenciar y limitar en nuestra zona dichas unidades son (fig. 4):

a) El límite entre las Unidades Inferior e Intermedia queda marcado en las zonas marginales de la Cuenca (áreas de Jadraque-Castilblanco) por una dis-

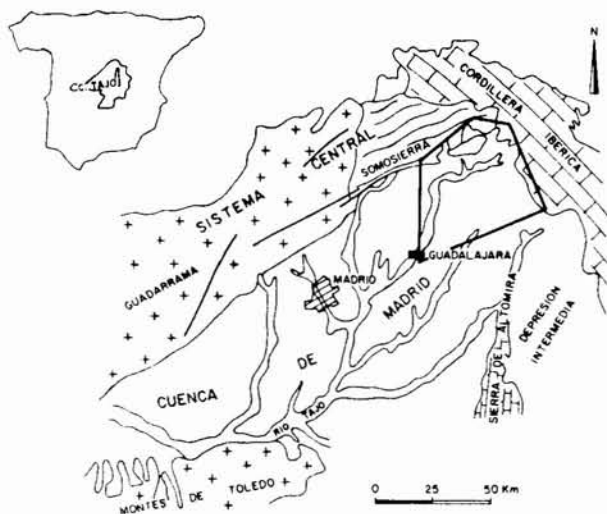


Fig. 1.—Situación geográfica del área estudiada y su posición dentro de la Cuenca de Madrid.

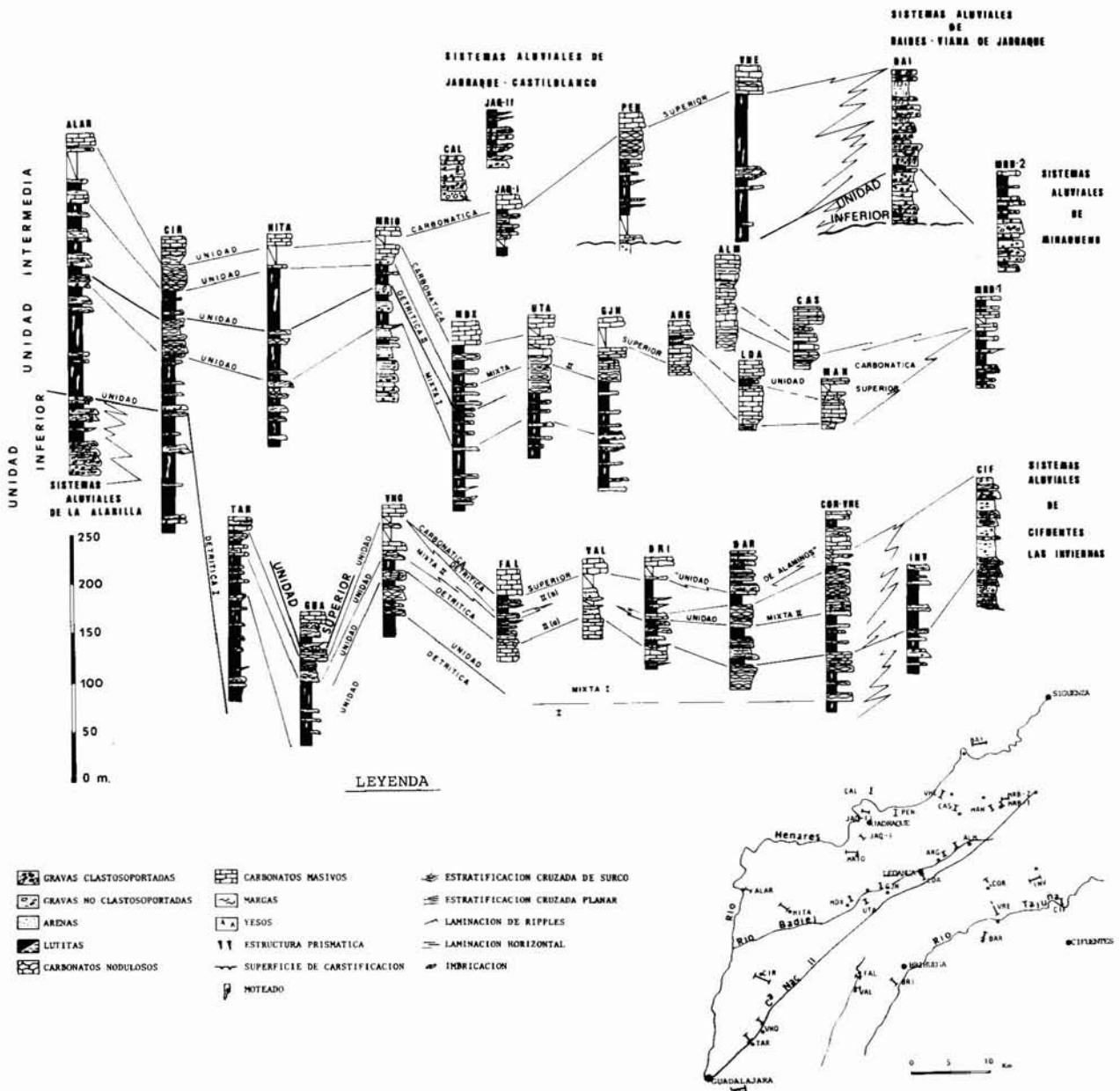


Fig. 2.—Columnas estratigráficas. Gráfico de correlación de las unidades presentes en el área NE de la Cuenca de Madrid. Esquema de localización de dichas columnas.

cordancia angular, mientras que en áreas más distales (Alarilla, Ciruelas) está definido por un salto en la evolución secuencial representado por la entrada de materiales detríticos sobre los niveles carbonáticos de la Unidad Inferior.

b) La separación entre las Unidades Intermedia y Superior es neta y queda marcada por el desarrollo de una superficie de carstificación sobre las calizas de la parte alta de la Unidad Intermedia. Sobre esta

superficie se dispone un conjunto detrítico que corresponde a la base de la Unidad Superior, escasamente desarrollada en esta zona.

c) Además de esta definición de unidades mayores en la zona NE se reconoce claramente una discontinuidad de orden menor dentro de la Unidad Intermedia, ya que en ella se reconocen dos secuencias con clara evolución positiva. El límite entre dichas secuencias es neto y está marcado por la presencia de





Fig. 3.—Discordancia angular entre la sucesión paleógena y la miocena. Villaseca de Henares.

materiales detríticos sobre los carbonáticos que culminan la secuencia infrayacente. Esta diferenciación de dos secuencias dentro de la Unidad Intermedia ha sido también identificada en otras áreas de la Cuenca, como es el caso de Paracuellos del Jarama (Alonso *et al.*, 1986).

En lo que se refiere a la distribución lateral de los materiales miocenos presentes la zona NE de la Cuenca, éstos aparecen formados por una amplia variedad de facies que permiten diferenciar: a) áreas marginales de la Cuenca en las que la sedimentación tiene lugar esencialmente en sistemas de abanicos aluviales, y b) áreas algo más centrales en las que la sedimentación se realiza tanto en sistemas fluviales como lacustres. Esta compartimentación queda especialmente bien definida en los depósitos de la Unidad Intermedia, pero también se reconoce en los de la Unidad Inferior.

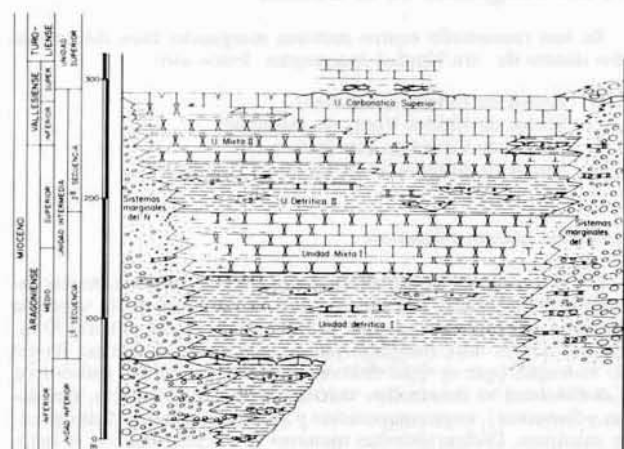


Fig. 4.—Columna litoestratigráfica sintética del Mioceno del área NE de la Cuenca de Madrid.

## Las unidades miocenas en el NE de la Cuenca de Madrid

### Unidad Inferior

Aflora de forma casi exclusiva a lo largo del valle del río Henares (fig. 2, series de CAL, ALAR, CIR, BAI), donde se sitúa discordante sobre los niveles yesíferos del Paleógeno. El techo de esta Unidad Inferior es neto y queda definido en el área de Jadraque por una discordancia angular sobre la que se sitúan los materiales de la Unidad Intermedia. En cambio, en el área de La Alarilla-Ciruelas la ruptura sedimentaria aparece marcada por un salto en la evolución secuencial de los depósitos neógenos. La presencia de Unidad Inferior en la zona de Baidés es difícil de precisar, si bien creemos que los depósitos más basales del abanico de Baidés pueden adjudicarse a la misma.

La estructura y morfología de los márgenes de la Cuenca parecen condicionar la posición de los depósitos de esta Unidad. Así, las facies más marginales se pueden encontrar en dos situaciones: 1. al pie de suaves paleorreliques desarrollados sobre materiales paleógenos, como es el caso de los sectores de La Alarilla-Ciruelas y Castilblanco-Jadraque, y 2. al pie de importantes paleorreliques relacionados con zonas estructuralmente más complejas, como es el caso del sector de Baidés.

La edad de esta unidad queda indefinida en la zona estudiada por falta de yacimientos de micro y macrovertebrados. No obstante, por correlación con otras áreas de la Cuenca se puede atribuir al Ageniense superior-Aragoniense medio (Junco y Calvo, 1983; López-Martínez *et al.*, 1987).

Es en el sector de *La Alarilla-Ciruelas* en el que la Unidad Inferior aflora con mayor continuidad y potencia (60-100 m), observándose de N a S un claro y progresivo cambio lateral de facies (fig. 2 ALAR y CIR). Hacia el norte la unidad es esencialmente conglomerática, apareciendo constituida por el apilamiento de niveles de gravas cuya potencia individual se aproxima a los 2 m (Serie de La Alarilla) (fig. 5). Hacia el sur, zonas más alejadas del margen de la Cuenca, comienzan a ser más frecuentes los niveles arenosos, lutíticos e incluso carbonatados (parte inferior de la serie de Ciruelas). Las asociaciones de facies son bastante distintas en las áreas proximales y las distales, habiendo sido ya descritas e interpretadas en detalle (Alonso Zarza *et al.*, 1990a). Dentro de las primeras las facies más características las constituyen:

- Cuerpos conglomeráticos tabulares con granoselección positiva (potencia comprendida entre 0,4 y 6 m) en los que las facies dominantes son gravas masivas.

- Cuerpos conglomeráticos con techo convexo, con potencias próximas a 3 m. La facies más característica es la de gravas masivas (Facies Gm de Miall, 1978), aunque localmente y a techo se reconocen también gravas y arenas con estratificación cruzada planar y de surco.

- Cuerpos conglomeráticos, caracterizables como «ribbons» (Friend *et al.*, 1979), muy erosivos sobre lutitas, cuya amplitud no supera 10 m y cuya potencia se aproxima a 2 m.

- Arenas y gravas finas que aparecen tanto a techo de los cuerpos descritos como intercaladas entre lutitas.

- Lutitas rojas bioturbadas y con moteado verdoso, en niveles cuya potencia puede superar los 10 m. Se localizan en la parte alta de la Unidad.

En lo que se refiere a las áreas distales (CIR, fig. 2) la asociación de facies aparece constituida por:

- Lutitas rojas con moteado verdoso, bioturbación, nódulos de carbonato. Se presentan en niveles cuya potencia varía entre 0,9 y 17 m.

- Arenas de grano fino a medio en bancos de espesor inferior al metro. Localmente se reconoce laminación paralela y estratificación cruzada.

- Canales de gravas y arenas de potencia superior a 2 m. Las



Fig. 5.—Aspecto que presenta la Unidad Inferior en el área de La Alarilla. Se puede observar que ésta aparece constituida esencialmente por niveles de gravas gruesas.

facies dominantes dentro de estos cuerpos corresponden a gravas masivas y gravas con estratificación cruzada planar. A techo se sitúan arenas en facies St, Sp (Miall, 1978).

— Carbonatos tanto en niveles de carbonatos nodulares discontinuos, como en un nivel muy continuo y que se sitúa a techo de la Unidad. Este nivel presenta rasgos típicos de exposición subaérea (nodulización, desecación, marmorización, bioturbación...)

La mineralogía de las facies lutíticas es muy homogénea y éstas aparecen constituidas por illita, con proporciones menores (20 %) de esmectitas y clorita. En cuanto a las arenas, se definen como litoarenitas, cuya asociación de minerales pesados está caracterizada por la presencia de estaurólita, granate, epidota y turmalina. Los cantos que forman los niveles conglomeráticos son fundamentalmente fragmentos de rocas metamórficas y, en menor proporción, aunque corresponden a los cantos de mayor tamaño, se reconocen fragmentos de rocas sedimentarias paleógenas y, de forma puntual, fragmentos de rocas ígneas.

Las asociaciones de facies descritas caracterizan, a nuestro entender un sistema aluvial de tipo «braided» (fig. 6). En las partes más proximales de este sistema aluvial la anchura del cinturón de canales es bastante elevada en relación con la anchura de la llanura de inundación. A su vez, se reconoce un alto grado de interconexión entre los canales de dicho complejo. Hacia las partes más distales, a la vez que disminuyen las interconexiones entre los canales, las zonas de inundación adquieren mayor importancia. Este tránsito en sentido N-S refleja el cambio entre la llanura aluvial superior («Upper alluvial plain») (Vos, 1975) a la inferior. Dentro de estas dos zonas la sedimentación en la superior se realiza tanto en barras longitudinales (Bluck, 1976, y Hein y Walker, 1977), como en canales, siendo escasos los depósitos de desbordamiento. Por el contrario, en las partes más inferiores los sistemas de canales aparecen más encajados en los depósitos de inundación. Estas áreas son además propicias para la instalación en ellas de pequeños sistemas de charcas donde se depositaron carbonatos.

En el área de *Jadraque-Castilblanco* (CAL, fig. 2), los afloramientos de esta Unidad presentan mucha menor continuidad y espesor (hasta 40 m). Las facies que se reconocen son exclusivamente facies proximales formadas por el apilamiento de bancos conglomeráticos masivos. En estos cuerpos se reconocen facies tanto de gravas clastosoportadas (Gm) como soportadas por matriz (Gms). Estos depósitos son característicos, a nuestro entender, de depósitos de flujos de alta viscosidad, en contraposición con los descritos en el área de La Alarilla-Ciruelas. En estas zonas la Unidad Inferior se presenta suavemente plegada y fracturada.

En lo que se refiere al área de *Baides* (BAI, figs. 2 y 6), los materiales que atribuimos a esta Unidad son unos 40 m de materiales conglomeráticos, estructurados en «sheets» (Friend *et al.*, 1979, y Friend, 1983) tabulares con facies dominantes de gravas masivas, en parte muy similares a los que corresponden a la Unidad Intermedia, de ahí que en este epígrafe no nos extendamos más en su descripción.

Las características descritas para la Unidad Inferior en este borde de la Cuenca de Madrid son netamente diferentes de las presentadas por esta Unidad en partes más centrales, donde las litofacies que la componen tienen un carácter marcadamente evaporítico (Unidad Salina en la terminología utilizada por García del Cura *et al.*, 1979, y García del Cura *et al.*, 1986). La evolución lateral entre secciones de esta Unidad en puntos paleogeográficamente tan distintos no es observable en afloramiento, existiendo además escasa información procedente de sondeos.

### La Unidad Intermedia

En el área NE de la Cuenca de Madrid esta Unidad es la más extensa de las unidades aflorantes. La potencia máxima reconocida se ha medido en el Cerro de La Alarilla (213,6 m). En algunos puntos, como por ejemplo en las proximidades de Guadalajara, se observa a techo de la Unidad una superficie de carstificación, con desarrollo de formas cársticas constructivas. Sobre dicha superficie se sitúa una entrada de terrígenos finos en los que se desarrollan niveles de encostramiento calcáreo (Calvo *et al.*, 1980). Se define así de forma precisa la ruptura sedimentaria que separa las Unidades Intermedia y Superior. El desarrollo de formas cársticas no siempre es evidente, pudiendo observarse un salto similar, entre términos carbonáticos y terrígenos, en otros puntos donde la superficie de carstificación no aparece representada.

La edad de esta Unidad abarcaría desde el Aragoniense medio, al menos, hasta el Vallesiense inferior. Estos datos se pueden extraer a partir de la correlación con otras áreas de la cuenca (Junco y Calvo, 1983; Antunes *et al.*, 1987, y López-Martínez *et al.*, 1987) y quedan corroborados por el estudio del yacimiento de macromamíferos de Brihuega (E. Cerdeño, com. pers) y de varios yacimientos de micromamíferos (Sese *et al.*, 1990).

La descripción y análisis de esta Unidad se hace separando las áreas marginales de las áreas más centrales de la Cuenca debido a la gran variación en las asociaciones de facies reconocibles en unas y otras áreas.

### Áreas marginales de la Cuenca

Se han reconocido cuatro sectores marginales bien diferenciados dentro de esta Unidad Intermedia. Estos son:

1. Sector de Jadraque-Santiuste.
2. Sector de Baides-Viana de Jadraque.
3. Sector de Cifuentes-Las Inviernas.
4. Sector de Mirabueno-Aragosa-La Cabrera.

#### Sector de Jadraque-Santiuste

Es, de los cuatro sectores señalados, el que presenta mayor extensión longitudinal (fig. 6), aunque la potencia de la sucesión miocena aflorante no es muy grande, pues no supera los 70 m. Este sector es muy complejo puesto que junto al sistema fluvial de Jadraque (que se sitúa discordante sobre la Unidad Inferior en Castilblanco) se desarrollan sistemas menores (Negredo, Cendejas y Santiuste), cuya composición y área fuente son exclusivamente calcáreas. Dichos sistemas menores se interdigitan con el sistema mayor de Jadraque y se sitúan discordantes sobre materiales paleógenos o mesozoicos según los casos.

En el sistema mayor (Jadraque) se pueden separar dos secuen-

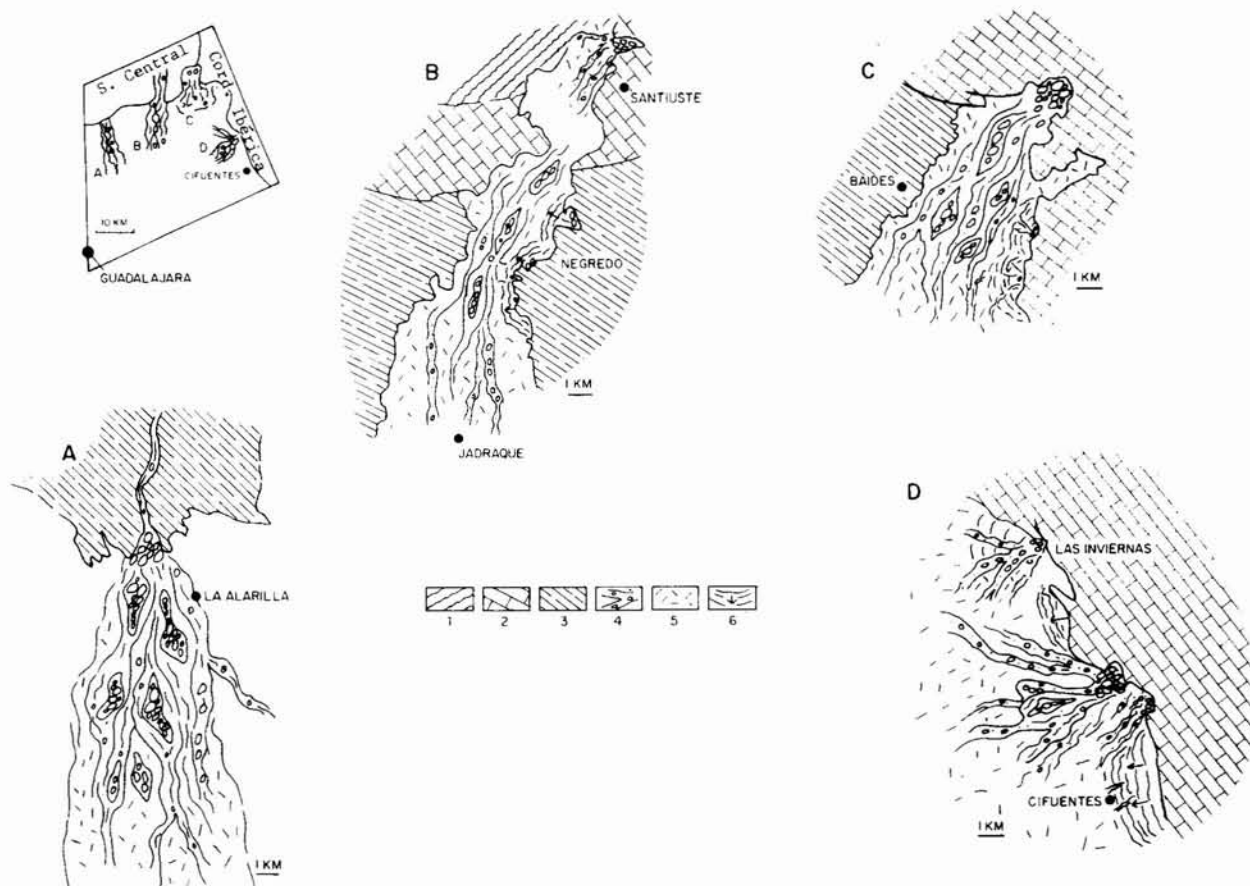


Fig. 6.—Localización y esquema deposicional idealizado de los sistemas aluviales presentes en el área estudiada (su funcionamiento no fue coetáneo). A: Sistema de La Alarilla (Unidad Inferior); B: Sistema de Jadraque-Santiuste (Unidad Intermedia); C: Sistema de Baidés-Viana de Jadraque (Unidades Inferior e Intermedia) y de Mirabueno (Unidad Intermedia), y D: Sistema de Cifuentes-Las Inviernas (Unidad Intermedia). 1. Rocas metamórficas; 2. Mesozoico (fundamentalmente carbonatos); 3. Paleógeno (detríticos, carbonatos y yesos); 4. Facies proximales y medias de abanicos; 5. Facies distales de abanicos, y 6. Depósitos de ladera y sistemas de abanicos menores.

cias, ambas positivas, que en conjunto representan una macrosecuencia también positiva (Jaq-II, fig. 2). La secuencia inferior está constituida al menos por 39 m en los que alternan términos lutíticos más o menos arenosos y niveles de gravas y arenas. Los niveles de granulometría mayor presentan potencias métricas y generalmente se ordenan en secuencias positivas; las bases son erosivas y en cuanto a su geometría se pueden definir como cuerpos acanalados y cuerpos tabulares, en los que la relación anchura/espesor permite caracterizarlos como «ribbons» (Friend *et al.*, 1979). La composición de los cantos es variada: cuarcita, carbonato, yeso (abastecimiento a partir de yesos paleógenos aflorantes al N de Jadraque), esquisto... Las paleocorrientes medidas indican direcciones N-30° W a N-40° E. Las arenas son poco frecuentes y su composición permite clasificarlas como litoarenitas. Las lutitas son de tonos muy rojizos y se presentan en niveles de potencia equivalente a la de los conglomerados (2-3 m).

La secuencia superior es esencialmente lutítica aunque presenta algunas intercalaciones más finas de arenas y gravas. La potencia de esta última secuencia nunca supera los 25 m.

El sistema de Jadraque está, en su conjunto, discordante sobre las muy diferentes formaciones sobre las que se apoya (precámbricas, paleozoicas, mesozoicas y paleógenas e incluso sobre las miocenas de la Unidad Inferior).

En cuanto a los sistemas menores su potencia aflorante es ge-

neralmente más reducida, oscilando alrededor de los 40 m, si bien en el sistema de Santiuste se han medido hasta 51,8 m. Estos sistemas (tanto el de Santiuste como los de Negredo-Cendejas) constituyen cuerpos reducidos cuya longitud en sentido axial no supera los cientos de metros. Se sitúan flanqueando los relieves mesozoicos y paleógenos del margen E de este sector. Están formados por cuerpos esencialmente conglomeráticos, generalmente masivos y soportados por matriz, cuya potencia varía alrededor de los 2 m. El equivalente lateral de estos cuerpos corresponde a lutitas rojas que se interdigitan con el sistema principal de Jadraque.

#### Sector de Baidés-Viana de Jadraque

Este sector es el más complejo de todo el área estudiada pues comprende todo un sistema aluvial que se sitúa en el punto de entronque entre la Cordillera Ibérica y el Sistema Central (fig. 6). El borde de la Cuenca, en este caso, constituye una zona tectónicamente más activa en la que juegan de forma simultánea direcciones estructurales diferentes. El elemento estructural mayor es el denominado Cabalgamiento de Huérmeces del Cerro. En las proximidades de éste, la parte más baja del Mioceno aparece plegada por una reactivación de la falla inversa de Huérmeces (Alonso Zarza, 1989).



El Neógeno de este sector aparece discordante sobre el ciclo paleógeno. Dentro de la sucesión neógena es difícil separar, de una forma segura, las Unidades Inferior e Intermedia descritas en otras áreas. Esta dificultad radica en el cambio progresivo de buzamiento de la serie miocena (desde 20° a 0°), pero sobre todo en la homogeneidad de facies que presentan los cuerpos conglomeráticos en las series de Baidés.

El Mioceno en este sector aparece constituido, como ya se ha señalado, por una sucesión de 137,6 m, de los que los 49,2 m inferiores pudieran corresponder a la Unidad Inferior, los restantes corresponden, con toda seguridad, a la Unidad Intermedia (BAI, fig. 2).

Los depósitos de la Unidad Intermedia, dentro de la serie neógena de Baidés, se ordenan en dos secuencias positivas de 50 y 35 m (potencias medias), respectivamente, que constituyen conjuntamente una secuencia de orden mayor también positiva. Todo este ciclo está constituido por conglomerados y arenas fuertemente encostradas, siendo las arenas dominantes en las partes más altas de la sucesión. La potencia de los niveles varía entre 1,4 y 8 m. Los conglomerados están constituidos por clastos carbonáticos cuyo tamaño medio es de 10-12 cm y centiles de hasta 80 cm. Son niveles generalmente erosivos en los que tanto los surcos basales como las imbricaciones de los cantos indican direcciones de paleocorriente próximas a N-40° E. Los cuerpos de gravas de este sector presentan característicamente geometría de «sheets». Las arenas se presentan en niveles tabulares que ocasionalmente presentan estructura prismática y nodular. Sobre estas arenas se desarrollan encostramientos carbonáticos con texturas de costras perlíticas (Alonso Zarza *et al.*, 1988).

#### Sector de Cifuentes-Las Inviernas

Este sector marginal de la Cuenca está constituido por tres sistemas de abanicos aluviales (Tajuña, Inviernas y Tajera) (fig. 6), no coalescentes entre sí salvo en las partes más distales. Estos sistemas se desarrollan simultáneamente con depósitos de ladera que aparecen recubriendo los frentes mesozoicos. La potencia máxima de los depósitos miocenos que constituyen este sector se ha medido en las áreas más proximales del abanico del Tajuña (112 m) (fig. 2). Este abanico, al igual que los otros dos, está constituido por dos macrosecuencias, en sentido de Colombo (1989). La inferior más gruesa y potente (65 m), de carácter negativo, está constituida en las facies proximales del abanico por el apilamiento de bancos conglomeráticos tabulares. En estos bancos se pueden encontrar centiles de hasta 1 m. Esta secuencia tiene su equivalente en la secuencia inferior del abanico de las Inviernas (y también en el de la Tajera), donde está constituida por 40 m de conglomerados tabulares que incluyen intercalaciones de arenas y lutitas.

La macrosecuencia superior es en todos los casos de granulometría media más fina. En los abanicos de Las Inviernas y La Tajera está constituida por lutitas y conglomerados, éstos con facies algo diferentes de las que se presentan en la macrosecuencia inferior, hasta completar un total de 25 m. En el caso del abanico del Tajuña la secuencia es más potente y está formada por niveles lutíticos con intercalaciones erosivas de conglomerados.

En este sector de Cifuentes-Las Inviernas las variaciones de facies son muy numerosas. Hemos descrito muy someramente en este apartado las zonas más proximales de este sistema. La distribución y zonación de cada uno de estos sistemas aluviales es bastante compleja (Alonso Zarza *et al.*, 1990b), por lo que no vamos a incidir más en su descripción. No obstante, hemos de hacer referencia a las partes medias del abanico del Tajuña el que se reconoce una clara diversificación en dos subsectores. En el sector norte las facies medias aparecen constituidas por lutitas entre las que se intercalan canales muy erosivos de gravas, mientras que en el sector sur estos canales son sustituidos por amplios «sheets» de canales móviles, también de gravas.

Todos estos sistemas se sitúan discordantes sobre los materiales cretácicos de la Cordillera Ibérica. Estos abanicos se sitúan aprovechando las directrices estructurales del macizo mesozoico. Los ápices entre abanicos aparecen ocupados por depósitos de ladera (Alonso Zarza *et al.*, 1990b) que tapizan a modo de cuña conglomera-

merática el frente mesozoico. Dichos depósitos aparecen frecuentemente encostrados (fig. 7).

#### Sector Mirabueno-Aragosa-La Cabrera

La envergadura de los sistemas marginales que constituyen este sector es mucho menor que la de los ya descritos. Este sector está formado por una serie de sistemas aluviales muy reducidos (Mirabueno, Aragosa, La Cabrera) que aparecen adosados sobre el relieve mesozoico o bien encajados en pequeñas cubetas dentro del mismo. En todos estos sistemas se observa una clara secuencialidad positiva. Aparecen formados por no más de 50 m de conglomerados, lutitas y arenas cuyas frecuencias relativas son variables (MRB-1 y MRB-2, fig. 2) dependiendo de su distancia al margen mesozoico. En general, los cuerpos conglomeráticos son masivos, con potencias entre 1 y 4 m; el tamaño medio de los cantos (de composición esencialmente calcárea) varía entre 3 y 12 cm, dependiendo de las zonas. En cuanto a los centiles, éstos se aproximan a 30 cm. Las lutitas son muy arenosas, su composición es generalmente illítica. Están generalmente muy carbonatadas, pudiendo desarrollarse sobre ellas costras laminares. En cuanto a las arenas, minoritarias en todas las series, se presentan en bancos tabulares de potencia métrica; su composición permite clasificarlas como litoarenitas y subarcosas.

La distribución de los sistemas deposicionales clásticos (fig. 6) aparece, al igual que para la Unidad Inferior, condicionada por la paleomorfología y las directrices estructurales de los márgenes de la Cuenca (Alonso Zarza *et al.*, 1990a y b), siendo frecuente la asociación de los sistemas mayores con depresiones, controladas estructuralmente, de dichos márgenes. En este caso se encuentran los abanicos del Tajuña, Baidés y Jadraque. En zonas en las que el paleorrelieve del margen de la Cuenca es más regular (zonas amplias a lo largo de la Ibérica y escarpes más o menos lineales desarrollados sobre materiales paleógenos) los edificios corresponden a los depósitos de ladera y abanicos menores (sistemas de Mirabueno, Cendejas, Negredo...). Por otra parte, hay que tener en cuenta que el tamaño de dichos abanicos no aparece exclusivamente condicionado por su posición dentro del margen de la Cuenca, sino también por factores como la amplitud de su cuenca de drenaje, litología del área fuente, etc.

En cuanto a la anatomía de estos complejos aluviales se observa una relación bastante directa entre el tamaño del edificio y la mayor o menor presencia de depósitos generados por transporte en masa («debris-flow», y «mud-flow»). Así, en líneas generales se puede afirmar que en los edificios mayores estos depósitos están prácticamente ausentes, mientras que son dominantes en los sistemas menores. Este hecho se puede comprobar en todos los sistemas aluviales mayores (Jadraque, Baidés, Tajuña), en los que

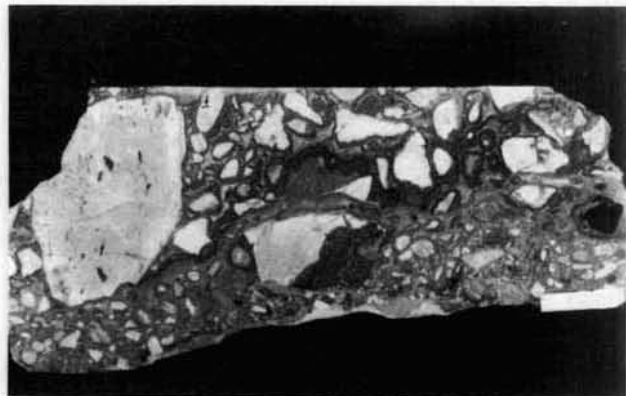


Fig. 7.—Encostramientos pisolíticos reconocibles en los depósitos de ladera del sector Cifuentes-Las Inviernas.



la sedimentación se realiza en complejos de canales y barras de muy distinta envergadura. La amplitud (anchura) de los sistemas viene condicionada por la de la depresión que ocupan. Así, en el sistema de Jadraque los cuerpos conglomeráticos, que aparecen encajados dentro de depósitos lutíticos, presentan anchuras muy inferiores a las que se reconocen en los «sheets» de Baidés (a veces más de 1 km). No obstante, y pese a esas diferencias, las características de las facies de cada uno de los sistemas aluviales mayores permiten considerarlos como de tipo «braided», siendo su amplitud variable dependiendo de la amplitud de la depresión en la que se encajan (Alonso Zarza *et al.*, 1990a y b). Todos los sistemas aluviales mayores descritos corresponden a sistemas fluviales terminales en sentido de Friend (1989).

### La Unidad Intermedia en áreas más centrales

Es en estas áreas no marginales de la Cuenca donde se puede definir de un modo más claro la evolución secuencial de esta Unidad, que es coherente con la evolución observada en los sectores marginales. Los mejores afloramientos se sitúan en los escarpes de los ríos Henares, Badiel y Tajuña, que es donde se han estudiado la mayor parte de las series.

La base de la Unidad en estas áreas, más alejadas de los bordes, sólo es visible en los afloramientos del valle del río Henares (Ciruelas y La Alarilla) (fig. 2). Está marcada por la entrada de terrígenos finos sobre un potente nivel de encostramiento calcáreo que jalona todo el valle del río Henares y constituye el techo de la Unidad Inferior en este área. Dicha entrada de terrígenos supone una ruptura sedimentaria que corresponde en estas áreas más distales a una superficie de conformidad que separa las Unidades Inferior e Intermedia.

La Unidad Intermedia en estas áreas está constituida por dos secuencias (figs. 4 y 8), correlacionables con las macrosecuencias reconocidas en las áreas marginales.

#### Primera secuencia de la Unidad Intermedia

Está constituida a lo largo de toda la zona estudiada por dos sub-unidades a las que hemos denominado *unidad detrítica I* y *unidad mixta I* (fig. 4). Su espesor en la columna de Ciruelas (CIR, fig. 2), uno de los escasos puntos donde se puede controlar tanto la base como el techo, es de 94,5 m. En los valles del Badiel y del Henares esta potencia varía entre aproximadamente 70 y 140 m. Por el contrario, en el Tajuña la potencia aflorante se reduce a 60 m, observándose tan sólo el techo de la secuencia.



Fig. 8.—Aspecto de la Unidad Intermedia en el área de Ciruelas. Se reconocen fácilmente las dos secuencias detrítico-carbonatadas de esta unidad.

#### a) Unidad detrítica I

Está formada esencialmente por niveles lutíticos en los que se intercalan, con mayor frecuencia hacia el N, lechos de arenas y gravas en forma de «sheets» tabulares, o bien como canales aislados (caso de Hita). La potencia máxima de la sucesión así definida es de 60 m. En el caso del Tajuña la potencia observada, dada la falta de afloramientos más completos, se reduce a 11 m.

La base de la unidad se observa netamente en los alrededores de Ciruelas y de la Alarilla, en donde se presenta concordante con la Unidad Inferior. Esta unidad supone un cambio brusco en la evolución secuencial (materiales detríticos sobre carbonáticos). El techo de esta unidad queda marcado por la presencia sobre la misma de niveles calcáreos de potencia métrica, reconocibles en los valles del Henares y Badiel.

La asociación de facies es, en general, muy monótona, pues a los rasgos señalados sólo hay que añadir la presencia de frecuentes niveles de encostramiento calcáreo de origen edáfico. Variaciones locales se observan en Gajanejos, donde la sucesión presenta un mayor contenido en arenas, estructuradas en canales de gravas y arenas, como resultado del funcionamiento de sistemas fluviales desarrollados según una dirección dominante N-S.

Las lutitas constituyen la mayor parte de esta unidad. Afloran en niveles potentes (2-12 m); son lutitas rojas, generalmente algo arenosas que presentan fuerte moteado verdoso vertical, especialmente a techo de los niveles. Mineralógicamente están constituidas por illita con proporciones menores de esmectitas, interstratificados, clorita y/o caolinita. En cuanto a las arenas, se presentan en lechos de potencia métrica, con cierta variabilidad en cuanto a su geometría. Así, se definen por una parte «sheets» tabulares y masivos y, por otra, canales erosivos que presentan una secuencialidad generalmente positiva y estructuras sedimentarias bien definidas. Las paleocorrientes medidas en estos cuerpos canalizados indican dos direcciones preferentes N-NE/S-SW y N-S. Petrográficamente estas arenas se definen como litoarenitas o subarcosas.

La sedimentación de esta unidad está controlada por la actividad de los sistemas fluviales, que presentan, en general, altas tasas de agradación. Tasas que, por otra parte, no son constantes a lo largo de toda la unidad, como indica la presencia diferencial de paleosuelos. Así, en los períodos o áreas de menor tasa de agradación aluvial la presencia y el estadio de madurez de los paleosuelos es mucho menor, que en las zonas de tasa de agradación más elevada, como son las zonas más próximas a los canales (Bown y Kraus, 1987), en este caso el área de Gajanejos (Alonso Zarza y Wright, 1990).

#### b) Unidad mixta I

Esta unidad representa el techo de la primera secuencia. Está constituida, en términos generales, por lechos carbonáticos potentes que se sitúan a techo de niveles lutíticos generalmente bioturbados; ocasionalmente se observan lechos discontinuos de gravas. La potencia de esta unidad es bastante variable aunque sigue unas pautas bien definidas; su máxima potencia (55 m) la adquiere en las proximidades de la desembocadura del río Badiel. Los mejores afloramientos de la unidad se sitúan en el área este del Badiel. En esta zona su base queda definida por el primero de los niveles carbonáticos. Su techo corresponde al último de estos niveles y sobre él se sitúan los términos basales de la unidad detrítica II.

Como ya hemos señalado, el rasgo más claro de esta unidad es la presencia de numerosos lechos de carbonatos los cuales presentan una distribución irregular tanto en lo referente a la frecuencia de aparición, como al tipo de facies.

Las características de estos carbonatos son distintas en los afloramientos del Badiel, del Tajuña y de los valles del Ungría y Matayeguas (afluentes del último). En el Badiel estos niveles se constituyen como bancos tabulares de 2-3 m de potencia desarrollados sobre niveles de lutitas rojas; son carbonatos muy marmorizados que presentan perfiles de carbonatación progresiva y abundantes rasgos de exposición subaérea, y corresponden tanto a niveles de

paleosuelos (fig. 9), como a carbonatos palustres (Freynet, 1984). En el Tajuña y en los valles del Ungría y Matayeguas los carbonatos se presentan en niveles muy continuos: en el primer caso las calizas están bastante marmorizadas y presentan numerosas grietas de desecación; en el segundo, son micritas más homogéneas que contienen abundantes restos de fauna y flora.

En suma, se puede señalar que, en líneas generales, tanto de N a S como de E a W hay un aumento progresivo en la potencia y frecuencia de aparición de los niveles carbonáticos, así como una disminución de los rasgos de exposición subaérea presentes en ellos.

Con todo esto se puede señalar que en esta unidad la distribución de los distintos sistemas sedimentarios es bastante heterogénea (fig. 10A). Así, las zonas más septentrionales se presentan, en general, constituidas por una alternancia de sedimentos aluviales-fluviales y palustres, todos ellos sometidos, en distinto grado, a procesos de modificación pedogénica. Esta dinámica queda interrumpida por la extensión hacia el sur del sistema fluvial de Jadraque, hecho que condiciona la sedimentación terrígena según esa dirección N-S. Por su parte, en las zonas más meridionales tiene lugar un mayor desarrollo de sistemas lacustres más estables aunque su funcionamiento está también influido por la llegada de sedimentos fluviales procedentes, en este caso, del SE, procedencia que se deduce tanto de las direcciones de paleocorrientes como del estudio específico de la tipología de los cuarzos presentes en los niveles arenosos (Alonso Zarza y Fort, en prep.).



Fig. 9.—Potente nivel de paleosuelo reconocible dentro de la unidad mixta I en el área de Muduex. En la base se reconoce estructura prismática que pasa a techo a estructura nodular.

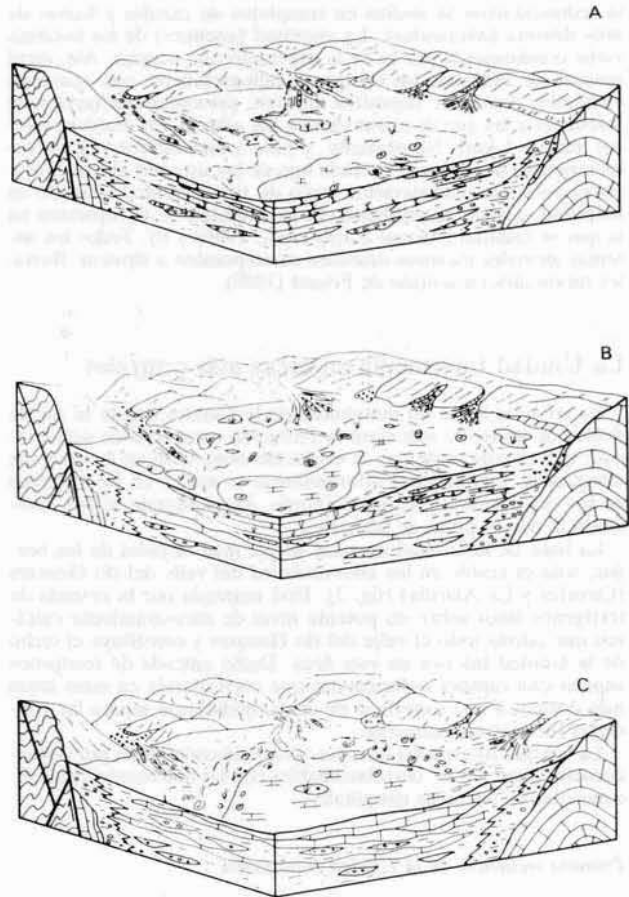


Fig. 10.—Modelo paleogeográfico para los momentos de máxima expansión de los sistemas lacustres. A: unidad mixta I; B: unidad mixta II, y C: unidad carbonática superior.

#### Segunda secuencia de la Unidad Intermedia

Esta secuencia contiene varios conjuntos de litofacies que se articulan de forma compleja en todo el área estudiada, aunque la tendencia evolutiva vertical es siempre positiva (fig. 4). A grandes rasgos se puede definir esta secuencia como constituida por tres subunidades: unidad detrítica II, unidad mixta II y unidad carbonática superior. La relación geométrica de estas unidades es mediante cambio lateral de facies, como unidades superpuestas, o en «onlap» (caso de la unidad carbonática superior).

La potencia máxima de esta secuencia se alcanza en los afloramientos orientales del río Tajuña (137 m) (fig. 2, VRE-COR), pero su potencia media es de 80-100 m. Su base queda definida por la entrada de terrígenos finos (lutitas y arenas finas) sobre el techo de la unidad mixta I. El techo de esta secuencia viene representado por la unidad carbonática superior, sobre la cual se desarrolla el paleocarst que marca la ruptura sedimentaria entre las Unidades Intermedia y Superior (Calvo *et al.*, 1980, y Ordóñez *et al.*, 1985).

#### a) Unidad detrítica II

Su continuidad es muy neta en todo el área estudiada. Está formada por lutitas, como elemento predominante, arenas y gravas, aunque localmente se incluyen niveles de carbonatos. La potencia

de esta unidad es variable, puesto que sobre ella y en cambio lateral de facies se sitúa la unidad mixta II; tanto es así que en algunos puntos, esta unidad no está presente (Utande). En todo caso, los límites para el espesor de esta unidad hay que situarlos entre los 70 m (La Alarilla, ALAR) y 12 m (Muduex, MDX).

Una buena definición del muro y techo de esta unidad se obtiene tanto en los afloramientos situados más al oeste de Badiel (Cerro Picarón), en el Henares (Ciruelas, CIR) y, también en el Tajuña (Valderrebollo-Cogollor, VRE-COR) (fig. 2). En todos los casos la base está marcada por la entrada de terrígenos a techo de la unidad mixta I. Su techo queda definido por la presencia de los niveles carbonáticos de la unidad mixta II.

La constitución de esta unidad es diferente según los puntos. Así, a rasgos generales, podemos señalar que se observa una disminución de detriticos gruesos de N a S y de E a W. En ambos sentidos también es más frecuente la presencia de niveles carbonáticos con rasgos de exposición subaérea. En general, esta unidad detrítica II aparece constituida por lutitas rojas con frecuente moteado verdoso vertical. Su composición mineralógica es asimilable a la de la unidad detrítica I (con predominio de illita). La potencia de estos niveles lutíticos puede superar los 10 m. Entre ellos se intercalan lechos arenosos, cuya potencia puede llegar en algunos casos a 4 m, con morfología de canales y/o «sheets», y que pueden incluir gravas. Petrográficamente, la mayor parte de estas arenas se pueden definir como sublitoarenitas, con fragmentos de rocas metamórficas en el caso del Badiel y Henares y con mayor proporción de fragmentos de rocas carbonáticas en el Tajuña. El estudio de la tipología de los cuarzos presentes en unos y otros canales permite también definir dos grupos de arenas: por una parte, arenas en las que los granos de cuarzo son fundamentalmente policristalinos (áreas de Badiel, Henares), y otras, las de áreas del Tajuña, con granos de cuarzo monocristalinos y con extinción recta. Las direcciones de paleocorriente son también distintas en cada uno de los casos, NNE-SSW y NW-SE, respectivamente.

En cuanto a los carbonatos constituyen los niveles con menor frecuencia de aparición en toda la unidad (< 10 %), apareciendo a techo de algunas secuencias con lutitas basales. Su estructura es nodular o prismática.

La unidad detrítica II constituye, como hemos señalado, un conjunto muy continuo y neto en todo el área estudiada. Sin embargo, este esquema de disposición de litofacies aparece ligeramente modificado en el borde E, área del Tajuña, donde es visible la presencia de una recurrencia terrígena (denominada unidad detrítica IIb en el gráfico de correlación de la figura 2) entre carbonatos alternantes con lutitas (unidad mixta II) y el tramo carbonatado más potente que culmina la Unidad Intermedia del Mioceno en el área.

Esta unidad detrítica IIb aflora con nitidez en los escarpes del río Tajuña y sus afluentes. Su potencia máxima es de 40 m (columna de Brihuega, BRI, fig. 2). Está constituida fundamentalmente por lutitas rojas en las que se intercalan canales de arenas y gravas de potencias próximas a un metro. La composición de las lutitas es asimilable a la del resto de las unidades detríticas.

En esta unidad encontramos una mandíbula de *Dicerorhinus sausaniensis* atribuible al Aragoniense superior (E. Cerdeño, com. pers.).

El depósito de esta unidad tuvo lugar en sistemas sedimentarios distintos que incluyen:

a) Sistemas fluviales que quedan encajados dentro de las series lutíticas de llanura de inundación. Estos sistemas se reconocen en áreas tan distantes como La Alarilla y Gajanejos y su estructuración sugiere altas tasas de agradación aluvial (Atkinson, 1986).

b) Áreas de menor tasa de agradación aluvial como resultado de su mayor distancia a los cauces fluviales. Todo esto favorece la instalación de charcas endorreicas y la presencia más neta de perfiles edáficos.

c) Zonas con sedimentación lacustre y fluvial, corresponden a áreas más meridionales. Los complejos lacustres y fluviales se interdigitan y superponen sucesivamente de tal forma que incluso a

techo de la unidad mixta II se observa una nueva recurrencia terrígena como resultado de la mayor penetración de los sistemas fluviales procedentes del SE en relación con los de la unidad detrítica I.

#### b) Unidad mixta II

Su definición es, a veces, difícil en las proximidades de las áreas marginales, al quedar en ellas reducida tan sólo a uno o dos niveles de carbonáticos, cuya potencia no llega a superar los 5 m. En el resto de las áreas esta unidad está constituida fundamentalmente por bancos carbonáticos entre los que se intercalan lechos de lutitas rojas. Su potencia varía entre 20 y 40 m.

La base de esta unidad está representada por la presencia de niveles carbonáticos de potencia métrica a techo de la unidad detrítica II. Su techo no es tan neto, pues cambia lateralmente a la unidad carbonática superior. Los puntos en que esta unidad aparece mejor representada se sitúan: a) en el Henares en Ciruelas, CIR; b) en el Badiel en la zona de Gajanejos, GJN, y c) en el Tajuña en Cogollor, VRE-COR (fig. 2).

En los afloramientos del río Tajuña y áreas adyacentes la unidad mixta II está constituida por calizas micríticas marmorizadas, con rasgos de exposición subaérea, que se hacen menos patentes hacia el W, incrementándose en este sentido los bancos masivos con facies fosilíferas. En la base de dichos bancos carbonáticos se observan finos niveles de margas grises.

En los afloramientos de los valles de los ríos Badiel y Henares las variaciones de esta unidad son mayores pues hay zonas en las que aparece constituida casi exclusivamente por niveles carbonáticos blanquecinos, caracterizados por presentar estructuras prismáticas y/o nodulares y escasamente marmorizados (JAQ-GJN). En estas áreas es frecuente la presencia de finas láminas lutíticas muy ricas en materia orgánica (cuya mineralogía corresponde a sepiolita y/o paligorskita). En el resto de las áreas (MDX, MRIO, CIR, etc.) la unidad mixta II aparece constituida por lechos de lutitas rojas con fuerte moteado sobre las que se sitúan perfiles de carbonatización progresiva. Dichos perfiles dan lugar a extensos lechos carbonáticos, cuya potencia media es de 2 m. Estos niveles son generalmente algo arenosos, estando fuertemente marmorizados y siendo frecuentes en ellos los rasgos de exposición subaérea (rizotúbulos, grietas de desecación, etc.). Un aspecto de estos rizotúbulos se observa en la figura 11.

La sedimentación de esta unidad se realiza en áreas marginales lacustres con influencias locales de los sistemas fluviales. En ningún caso se han reconocido depósitos correspondientes a lagos profundos en los que pudieran desarrollarse procesos de estratifi-

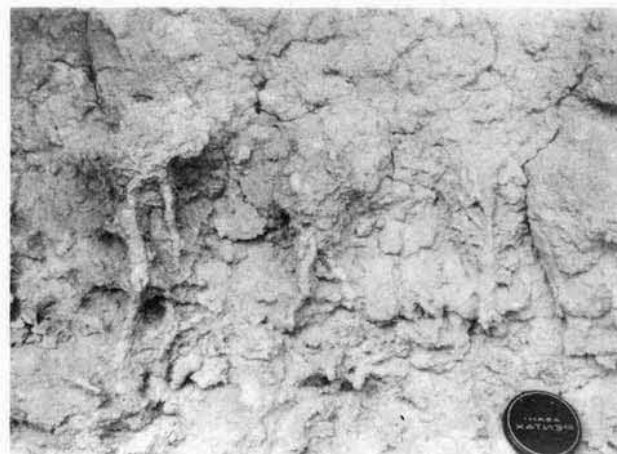


Fig. 11.—Rizotúbulos reconocibles en materiales margosos de la unidad mixta II. Ciruelas.



cación de las aguas, ni siquiera estacionalmente, entre los que cabe citar como ejemplo el descrito por Murphy y Wilkinson (1980) para el lago Michigan. Por el contrario, el modelo planteado (fig. 10B) corresponde a lagos someros carbonatados con plataformas marginales extensas y muy tendidas («low energy ramp lake margin» en sentido de Platt y Wright, 1990), muy asimilables a los sistemas lacustres terciarios del Languedoc (Freytey y Plaziat, 1982).

### c) Unidad carbonática superior

Constituye, en la mayor parte del área estudiada, el techo de la serie miocena. Está constituida en más del 90 % por niveles de caliza de potencia métrica; son, generalmente, calizas micríticas con o sin fauna (gasterópodos, ostrácodos, etc.), que se disponen en sucesiones bastante monótonas. Entre los niveles de calizas se intercalan comúnmente finas láminas de lutitas rojas y verdes, de composición diferente a la de las unidades terrígenas, pues están constituidas fundamentalmente por esmectitas dioctaédricas con menores proporciones de illita (30 %). Hacia los bordes de la Cuenca, por ejemplo en Mirabueno (MRB-1, fig. 2), estos niveles de caliza disminuyen progresivamente, tanto en potencia como en continuidad vertical, y la unidad está constituida fundamentalmente por lutitas rojas y margas blanco-amarillentas en las que se intercalan niveles de calizas micríticas, en general amarillentas, frecuentemente marmorizadas y con rasgos de exposición subaérea. Los restos fósiles son relativamente frecuentes en ellas. Las lutitas en estas áreas más marginales están formadas por interestratificadas e illita, aunque ocasionalmente se observa algún nivel con más del 50 % de sepiolita.

En las zonas más occidentales de las estudiadas, valle del río Tajuña, se instala a techo de esos niveles calcáreos micríticos una serie, más o menos potente (20 m), en la que alternan lutitas rojas, canales arenosos bien estructurados y calizas arenosas marmorizadas. Esta serie es la que hemos denominado informalmente como «unidad de Alaminos» (fig. 2), la cual se interdigita con sucesiones carbonáticas más continuas hacia el W y permite diferenciar dentro de ésta dos subunidades, una inferior constituida por términos carbonáticos más homogéneos y una superior en cuya base son frecuentes los términos detríticos (arenas con envueltas algales: fig. 12; lutitas rojas y verdes edafizadas, arenas finas en canales encajados entre lutitas, etc.), y en la que los carbonatos presentan más frecuentemente rasgos palustres (figs. 13 y 14).

Otro rasgo a destacar dentro de esta unidad carbonática es la distribución de sus espesores. En el gráfico de correlación (fig. 2) se observa que, si bien lo más usual es que la potencia de esta unidad no supere los 30 m, hay una zona (MAN, LDA, ARG, CAS,



Fig. 12.—Facies de arenas en las que los granos (cuarzo y carbonato) presentan envueltas algales. Unidad carbonática superior. Alaminos.

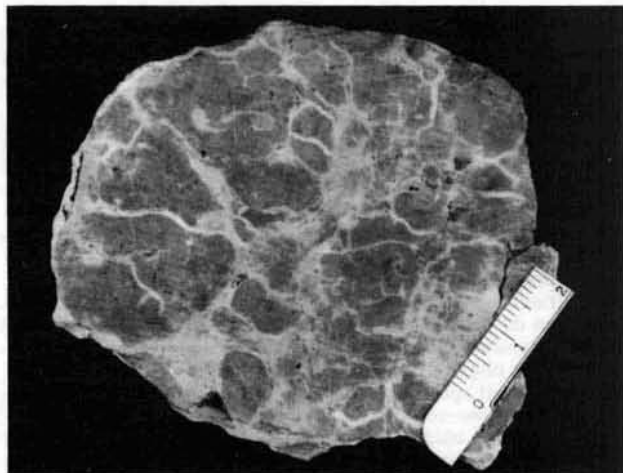


Fig. 13.—Calizas marmorizadas y con grietas de desecación. Unidad carbonática superior. Alaminos.

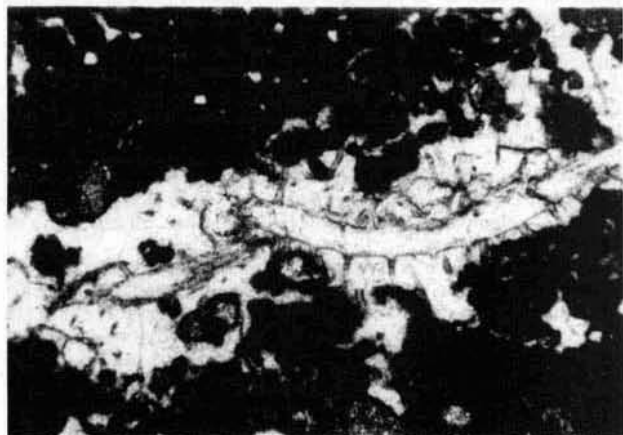


Fig. 14.—Estructura alveolar en sedimentos carbonatados de margen lacustre. Unidad carbonática superior. Mirabueno.

ALM) en la que se pueden medir hasta 75 m de esta unidad (caso de Almadrones, lo cual reflejaría o implicaría el cambio lateral de facies de la unidad mixta II a esta unidad más netamente carbonática. El aspecto de esta unidad en las áreas en las que presenta su máximo espesor se puede observar en la figura 15.

Las facies reconocidas en esta unidad son características de un sistema lacustre carbonatado, no evaporítico en el que la sedimentación tiene lugar bajo condiciones óxicas, y en un lago en el que el escaso espesor de su lámina de agua impide la estratificación del mismo, aun en sus partes más centrales. El modelo propuesto para este sistema lacustre es en todo similar al propuesto para la unidad mixta II. El carácter somero del complejo lacustre está evidenciado por los frecuentes rasgos de desecación y de bioturbación. La presencia de estos rasgos indica el carácter palustre de gran parte de los materiales de esta unidad. Dentro de este sistema, la morfología irregular del margen lacustre, así como las mayores acumulaciones de carbonatos, están relacionadas con zonas marginales en donde los dispositivos terrígenos adyacentes son más o menos efectivos (fig. 10C) (Alonso Zarza *et al.*, 1989).



Fig. 15.—Aspecto de campo de la unidad carbonática superior en el área del Badiel. Se observa la disposición tabular continua de los bancos de caliza.

### La Unidad Superior

Esta Unidad, como ya hemos señalado, aflora muy escasamente en el área estudiada. Los afloramientos mejor representados se sitúan en la margen derecha del río Ungría y se extienden hasta Torija. En las proximidades de Guadalajara y Lupina esta unidad aflora también con gran continuidad. De todas las áreas señaladas es, sin duda alguna, en el área de Guadalajara-Lupiana donde la Unidad Superior del Mioceno está mejor representada. En esta zona aparece formada por dos conjuntos bien diferenciados (fig. 2, GUA):

a) Inferior, constituido por 28 m de depósitos terrígenos en cuya base se disponen algunos niveles de calizas oncolíticas. A éstas sigue una sucesión de niveles lutíticos en los que se observan pasadas arenosas de cierto espesor y niveles de costas calcáreas poco evolucionadas. Este conjunto inferior puede correlacionarse con la denominada «Red Fluvial Intramiocena» (Capote y Carro, 1968).

b) Superior, constituido por 11 m de calizas micríticas, con abundante fauna, organizadas en bancos de potencia métrica, en general muy carstificados.

La base de esta Unidad se sitúa sobre niveles carstificados de la Unidad Intermedia y se adapta a las irregularidades de la superficie de carstificación.

Los últimos afloramientos orientales donde la Unidad Superior presenta las características antes señaladas se sitúan en las inmediaciones de Torija, así como en Valdegrudas. Desde aquí hasta el borde del Sistema Ibérico sólo se observa una sucesión de espesor más bien reducido (18 m en Alaminos), constituida también por un tramo inferior terrígeno, esencialmente lutítico con niveles discontinuos de gravas y arenas, y uno superior carbonatado arenoso de muy escaso desarrollo.

### Evolución paleogeográfica del noreste de la Cuenca de Madrid durante el Mioceno

La amplia distribución de las unidades reconocidas y la fácil correlación entre las pautas evolutivas deducidas en las áreas marginales y en las más centrales, favorecen el establecimiento de un modelo global y coherente de evolución paleogeográfica del área estudiada.

El modelo de evolución que proponemos (fig. 16) abarca una gran parte del registro mioceno, prácticamente todo el Aragoniense y, al menos, el Vallesiense inferior. Los depósitos más antiguos de edad netamente miocena corresponden a la Unidad Inferior. Con el depósito de esta Unidad se inicia el ciclo neógeno, claramente diferenciable del paleógeno en base a la discordancia angular y erosiva que se reconoce entre ambos.

Como ya hemos señalado, los depósitos de esta Unidad se pueden reconocer: 1. al pie de paleorrelieves suaves labrados sobre materiales paleógenos, y 2. al pie de importantes paleorrelieves, en áreas de mayor complejidad estructural.

En el primer caso (Alarilla, Jadraque), los depósitos miocenos se sitúan adosados a materiales paleógenos que en ningún caso pueden ser contemplados como su área fuente principal, tal como se desprende de las litologías de cantos y texturas de los depósitos. Por el contrario, el área de abastecimiento mayor, o cabecera, de estos depósitos debió estar situada en una posición más septentrional, sin duda en los relieves algo distantes del Sistema Central (unos 15 km al norte en la actualidad). Este planteamiento conduce a pensar en un dispositivo de canal(es) encajado(s) en las formaciones paleógenas, los cuales conectaron las áreas fuente con el entorno de margen de cuenca real en cuanto a la sedimentación miocena (fig. 16). Otro hecho a señalar es que la evolución tanto lateral como vertical indica la retrogradación de los sistemas aluviales con instalación de sistemas palustres y lacustres.

En el segundo de los casos se integran sistemas aluviales bastante extensos, como es el abanico de Baidés, el cual se sitúa al pie de paleorrelieves importantes condicionados por la actividad tectónica. Hay que considerar esta zona, dada la continuidad sedimentaria de los depósitos del abanico de Baidés, como una zona marginal en la que los sistemas sedimentarios se mantienen durante gran parte del Mioceno.

Las diferencias reconocidas en las sucesiones de uno y otro caso son debidas al funcionamiento diferencial de los márgenes de la Cuenca. En el primer caso supone un margen de cuenca relativamente poco activo (Sistema Central), mientras que en el segundo, las directrices y elementos estructurales del margen ibérico en su confluencia con el Sistema Central condicionaron una mayor actividad, al menos en la etapa a que hacemos referencia (Aragoniense inferior-medio).

Hacia áreas algo más centrales de la Cuenca, aun dentro de la zona estudiada, los sistemas de abanicos evolucionan a sistemas fluviales con amplias llanuras de inundación. En áreas aún más centrales, fuera del área estudiada, la Unidad Inferior consiste

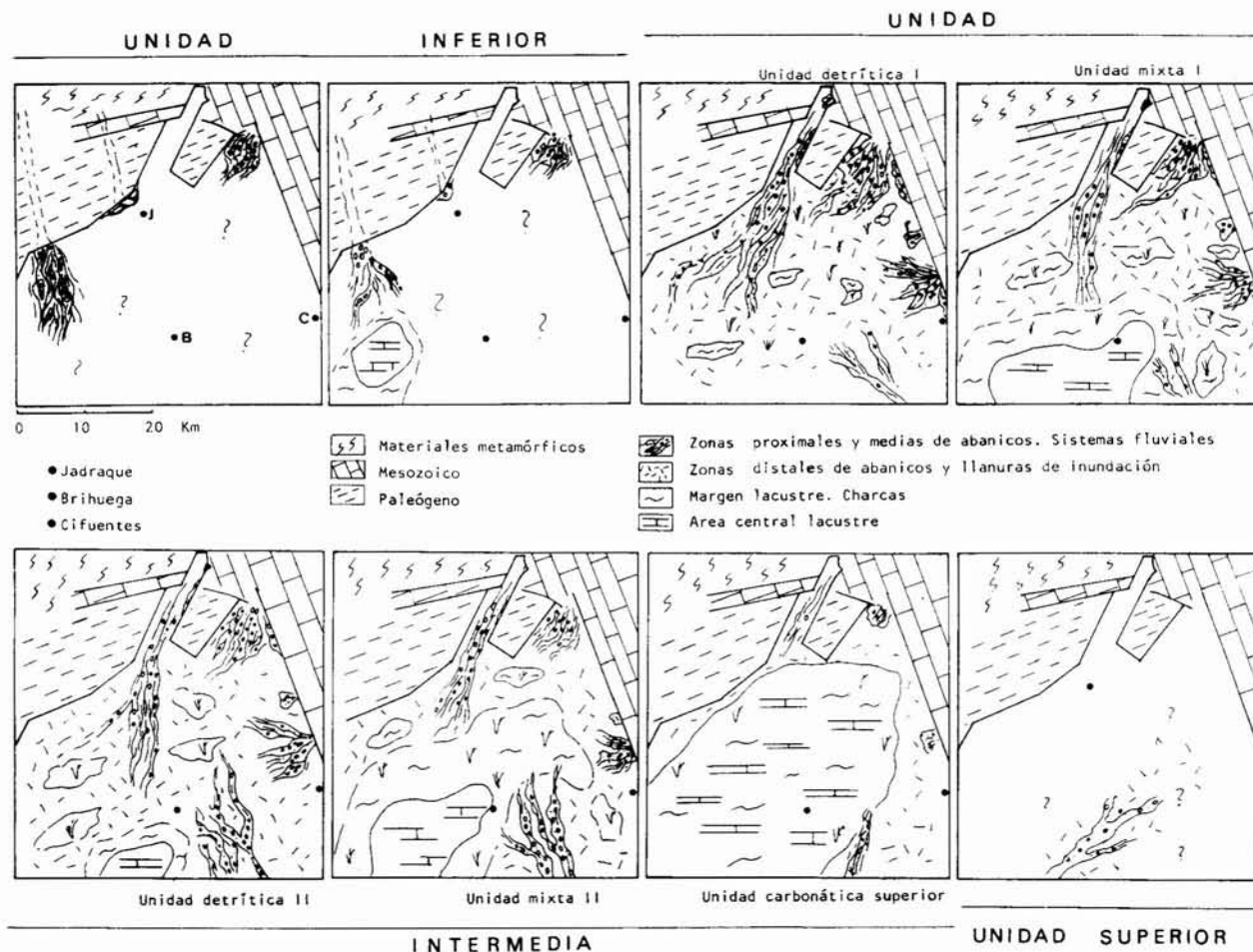


Fig. 16.—Evolución paleogeográfica del área estudiada durante gran parte del Mioceno.

en un apilamiento de depósitos correspondientes a una situación paleogeográfica netamente distinta. La presencia de potentes series evaporíticas indica sistemas lacustres salinos alejados de la influencia de los sistemas clásticos marginales (Ordóñez *et al.*, 1990).

El inicio de la sedimentación correspondiente a la Unidad Intermedia viene acompañado, en todos los casos, de una progradación neta de los sistemas deposicionales clásticos sobre los de la Unidad Inferior. Esta progradación queda patente tanto en las áreas marginales como en las otras más distales y es, además, extensible a toda la Cuenca (Junco y Calvo, 1983, y Hoyos *et al.*, 1985), y es debida a una neta reactivación tectónica de los márgenes de la Cuenca (Fase Guadarrama, De Vicente, 1988).

La evolución vertical de los complejos mayores de abanicos aluviales pone de manifiesto la presencia de dos macrosecuencias. La inferior es siempre más potente y sus depósitos, en general, de granulometría mayor. La progradación que supone la entrada de la

segunda secuencia es correlacionable en las áreas más centrales con la entrada de la unidad detrítica II. Este hecho pone de manifiesto el control sobre la sedimentación de cambios climáticos y/o tectónicos, que afectan a toda la cuenca y que quedan reflejados tanto en los márgenes como hacia el centro. De este modo la segunda secuencia de la Unidad Intermedia indicaría una suave reactivación tectónica en los márgenes de la cuenca acompañada, posiblemente, por la existencia de un clima algo más húmedo.

Los sistemas aluviales quedan reducidos a una franja discontinua adosada a los márgenes. Fuera de esta franja los sistemas gradan a sistemas más típicamente fluviales encajados en llanuras de inundación amplias. En estas condiciones tiene lugar el depósito de las unidades detríticas I y II. Las áreas fuente y direcciones de dichos sistemas son netamente coincidentes. Así, se diferencian sistemas con direcciones hacia el W (tanto las netamente E-W, como otras con tendencia NW), cuyas áreas fuente son, esencial-



mente los materiales mesozoicos de la Cordillera Ibérica y sistemas con direcciones N-S, abastecidos por los materiales metamórficos del Sistema Central. Según las direcciones señaladas tiene lugar la mayor acumulación de materiales detríticos más gruesos. Acumulación que no es homogénea en las dos secuencias definidas, ya que en la primera secuencia los sistemas fluviales más efectivos son los de procedencia N y NE, es decir, los abastecidos por el Sistema Central y el área de entronque entre ésta y la Ibérica. Sin embargo, en la segunda secuencia los sistemas fluviales más efectivos son los de procedencia E y SE, Cordillera Ibérica y su zona de entronque con la Sierra de Altomira, lo que sugiere una mayor actividad de este margen de la Cuenca en relación con el Sistema Central.

En áreas más alejadas de la influencia de dichos sistemas se depositan lutitas en las que la superposición de una cobertura vegetal favorece el desarrollo de perfiles con rasgos de modificación edáfica. La evolución y génesis de dichos perfiles se realiza en áreas algo más alejadas de los cauces fluviales y/o en etapas de menor agradación aluvial.

Las etapas menos activas de los sistemas marginales se correlacionan con momentos en los que hacia el centro de la cuenca se instalan sistemas lacustres más o menos efímeros y más o menos extensos, dependiendo de la menor o mayor actividad de los sistemas fluviales. Las unidades mixtas I y II se depositaron bajo estas condiciones. Los citados sistemas lacustres tienen su máxima expansión en la unidad carbonática superior.

En definitiva, a techo de la segunda de las secuencias definidas, tiene lugar una retrogradación bastante neta de los sistemas terrígenos y la instalación de un sistema lacustre expansivo hacia el techo de dicha secuencia. Indicaremos, no obstante, que también dentro de este sistema son detectables etapas menores de retracción (Alonso Zarza, 1989). Las asociaciones de facies reconocidas dentro de esta unidad, así como los restos de fauna y flora, indican el carácter somero y escasamente salino de estos lagos carbonatados. Los rasgos observados en muchas de estas facies son característicos de ambientes lacustres que, debido al descenso del nivel de la lámina de agua, quedaron parcialmente expuestos.

El depósito de la unidad carbonática superior constituye la última etapa de sedimentación de la Unidad Intermedia. En el área estudiada sólo se han reconocido localmente depósitos atribuibles a la Unidad Superior. En particular, los presentes en las zonas más occidentales se sitúan sobre una superficie de carstificación muy irregular. El desarrollo de dicha superficie supone la emersión de los depósitos lacustres de la Unidad Intermedia y marca así una discontinuidad mayor en el relleno neógeno de la Cuenca de Ma-

drid. Sobre esta superficie de discontinuidad se depositan los materiales detríticos de la Red Fluvial Intramiocena. La evolución secuencial de la Unidad Superior presenta también un carácter netamente positivo, pues sobre los materiales detríticos se sitúan depósitos carbonáticos generados en ambiente lacustre. Dentro de los materiales correspondientes a la Unidad Superior, en áreas más centrales de la Cuenca, se han reconocido sistemas fluviales cuyo drenaje indica que esta cuenca terciaria comienza posiblemente a tener un carácter exorreico (Calvo *et al.*, 1990).

### Conclusiones

El estudio de las sucesiones miocenas del borde NE de la Cuenca de Madrid ha puesto de manifiesto el interés e importancia de esta zona en el relleno neógeno de la Cuenca de Madrid. Dicho interés radica sobre todo en la posición de esta zona entre dos márgenes de Cuenca.

Se ha establecido el cuadro litoestratigráfico para estos materiales miocenos del sector NE de la Cuenca de Madrid. En dicho cuadro quedan reflejadas las unidades tectosedimentarias que son correlacionables con las reconocidas en otras áreas de la Cuenca. Estas Unidades son:

a) *Unidad Inferior*. Se presenta discordante sobre los materiales paleógenos. Sus afloramientos se sitúan, a excepción del sector de La Alarilla-Ciruelas, adosados al margen N de la Cuenca. En las áreas marginales esta Unidad aparece constituida por el apilamiento de niveles conglomeráticos gruesos. Hacia áreas más distales las sucesiones conglomeráticas pasan a sucesiones lutíticas en las que se intercalan canales arenosos y de gravas, así como lechos de carbonatos. A excepción del sector de Baidés la evolución de esta Unidad es netamente positiva. Los distintos sectores reconocidos dentro de esta Unidad aparecen desconectados entre sí.

La edad de esta Unidad comprendería, por correlación con otras áreas de la Cuenca, desde el Ageniense superior al Aragoniense medio.

b) *Unidad Intermedia*. Se dispone, en las áreas marginales, discordante sobre los materiales precámbricos, paleozoicos, mesozoicos y terciarios (paleógenos y miocenos de la Unidad Inferior). En las áreas más distales la base de la Unidad Intermedia queda definida por la progradación de materiales terrígenos sobre los carbonáticos del techo de la Unidad Inferior. El techo de la Unidad Intermedia queda definido por una superficie de paleocarstificación desarrollada sobre los términos carbonáticos situados a su techo. Esta Unidad, que presenta una potencia

media de 200 m, es la más extensa en el área estudiada. En ella se diferencian:

1. *Los sectores marginales de la Cuenca:*

- Jadraque-Santiuste.
- Baidés-Viana de Jadraque.
- Cifuentes-Las Inviernas.
- Mirabueno-Aragosa-La Cabrera.

En todos estos sectores se han reconocido dos secuencias, correlacionables con las secuencias presentes en áreas más centrales.

2. *Las áreas más centrales.* En estas áreas se han definido dos secuencias, ambas con clara tendencia positiva, constituidas en su base por términos lutíticos haciéndose hacia su techo dominantes los materiales carbonáticos. Dentro de cada secuencia se han definido las siguientes unidades: a) En la *primera secuencia*: Unidad detrítica I y Unidad mixta I. b) En la *segunda secuencia*: Unidad detrítica II, Unidad mixta II, y Unidad carbonática superior.

Las unidades definidas dentro de cada secuencia aparecen superpuestas, relacionadas mediante cambios laterales de facies o en «onlap». Estas relaciones, así como sus espesores medios, han quedado esquematizadas en la columna litoestratigráfica propuesta para esta zona.

La edad de esta Unidad puede atribuirse al período comprendido entre el Aragoniense medio y el Vallesiense inferior.

c) La *Unidad Superior* se apoya sobre la superficie de paleocartificación desarrollada a techo de la unidad carbonática superior. Esta Unidad presenta potencias (máximo 40 m) y afloramientos reducidos (limitados a las zonas más meridionales del área estudiada). En esta Unidad se ha reconocido:

- a) Un conjunto inferior detrítico equivalente a la «Red Fluvial Intramiocena».
- b) Un conjunto superior carbonático que corresponde a las denominadas «Calizas del Páramo».

El depósito de esta Unidad tendría lugar durante todo o parte del Vallesiense superior y el Turolense.

Se ha elaborado el modelo de distribución y de evolución espacial y temporal de los sistemas sedimentarios mayores en los que se depositaron los materiales miocenos de esta zona NE de la Cuenca de Madrid.

La evolución vertical de cada unidad muestra una tendencia, en general positiva, marcada por la retrogradación de los sistemas marginales con instalación de sistemas lacustres hacia techo de las unidades. En la Unidad Intermedia las dos secuencias reconocidas corresponden a dos secuencias progradación-retrogradación de los sistemas terrígenos.

En cuanto a la posición y evolución de los sistemas sedimentarios señalaremos que la disposición de los sistemas marginales aparece condicionada por la paleomorfología y las lineaciones estructurales de los márgenes de la Cuenca. Así, los sistemas mayores se sitúan en paleovalles, condicionados o no estructuralmente; los sistemas menores se sitúan en escarpes más regulares. Este hecho se observa de forma clara en la Unidad Intermedia. En la Unidad Inferior los sistemas marginales se disponen al pie de su área fuente principal (abanico de Baidés, y zonas tectónicamente más activas) o algo alejadas de ésta, al pie del paleorrelieve paleógeno (y posiblemente asociados a zonas tectónicamente menos activas, aunque con directrices estructurales bien marcadas).

Hacia las áreas más centrales de la Cuenca las etapas de máxima actividad de los sistemas marginales quedan reflejadas en momentos de máxima penetración de los sistemas fluviales (unidades detríticas I y II). La retrogradación gradual de dichos sistemas marginales queda marcada por la menor actividad de dichos complejos fluviales e instalación progresiva de sistemas lacustres. El momento de máxima expansión de las áreas lacustres tiene lugar a techo de la Unidad Intermedia con el depósito de las unidades mixta II y carbonática superior.

El depósito de las unidades que aparecen en esta zona NE de la Cuenca más ampliamente desarrolladas tiene lugar en condiciones de cuenca cerrada (endorreica), en la que los momentos de máxima actividad tectónica de sus bordes quedan reflejados en la progradación de los sistemas sedimentarios clásticos y la consiguiente retrogradación de los sistemas lacustres. Dichas pautas evolutivas son más difícilmente extrapolables a la Unidad Superior (especialmente en este área debido al carácter discontinuo de los afloramientos) ya que su depósito se realiza, al menos localmente, en condiciones exorreicas.

#### AGRADECIMIENTOS

Puesto que este trabajo constituye una síntesis de la Tesis Doctoral de uno de sus autores (A. M. Alonso Zarza), hemos de expresar nuestro más sincero agradecimiento a las personas que de una forma u otra hicieron más fácil dicha labor. En primer lugar, hemos de referirnos a los Dres. S. Ordóñez y M. Hoyos, cuyo conocimiento de la Cuenca de Madrid ha constituido una base sustancial para nuestro trabajo. Los Dres. F. Mingarro y M. C. López Azcona nos apoyaron en todo momento, tanto en las tareas científicas como administrativas. Los Dres. R. Fort y M. Bustillo colaboraron exhaustivamente en los estudios de procedencia de areniscas y en los aspectos geoquímicos. A los Dres. G. de Vicente y R. Vegas agradecemos su colaboración en los aspectos relacionados con la tectónica de la Cuenca de Madrid. La Dra. E. Cerdeño colaboró muy eficazmente en la tarea de datación del yacimiento de macromamíferos de Brihuega. Por último, las tareas de campo se facilitaron con la colaboración de numerosos compañe-

ros, a todos ellos y en especial a I. García Tofiño deseo agradecer su inestimable labor. Este trabajo se realizó en gran parte dentro del proyecto: «Evolución geológica de la Cuenca Media del Tajo: aspectos sedimentológicos, geoquímicos y recursos» (PR-84-0078-C02-02), financiado por CAYCIT-CSIC.

## Referencias

- Alberdi, M. T.; Hoyos, M.; Junco, F.; López Martínez, N.; Morales, J.; Sese, C., y Soria, D. (1983). Bioestratigraphie et evolution sedimentaire de l'aire de Madrid. *Abstract Interin Coll. on Mediterranean Neogene Continental Paleoenvironments and Paleoclimatic Evolution*, Montpellier, abril, 18-23.
- Alia, M. (1960). Sobre la tectónica profunda de la fosa del Tajo. *Notas y Comunicaciones*, 58, 125-162.
- Alonso Zarza, A. M. (1989). *Estudio petrológico y sedimentológico de las facies de abanicos aluviales del Neógeno en el sector NE de la Cuenca de Madrid y su relación con las facies más centrales, provincia de Guadalajara*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 436 págs.
- Alonso, A. M.; Calvo, J. P., y García del Cura, M. A. (1986). Sedimentología y petrología de los abanicos aluviales y facies adyacentes en el Neógeno de Paracuellos del Jarama (Madrid). *Estudios Geol.*, 42, 79-10.
- Alonso Zarza, A. M.; García del Cura, M. A., y Calvo, J. P. (1988). Significado paleográfico de las texturas y acumulaciones de carbonato en perfiles edáficos de la Unidad Intermedia del Mioceno de la Cuenca de Madrid (prov. Guadalajara). *Geogaceta*, 5, 29-32.
- Alonso Zarza, A. M.; Calvo, J. P., y García del Cura, M. A. (1989). La unidad carbonática superior: un episodio lacustre mayor en la Unidad Intermedia del Mioceno de la Cuenca de Madrid (prov. Guadalajara). *XII Congreso Español de Sedimentología. Comunicaciones*, 67-70.
- Alonso Zarza, A. M.; Calvo, J. P., y García del Cura, M. A. (1990a). Paleogeomorphological controls on the distribution and sedimentary styles of alluvial systems, Neogene of the NE of the Madrid Basin (Central Spain). *IAS Spec. Pub.* (en prensa).
- Alonso Zarza, A. M.; Calvo, J. P.; García del Cura, M. A., y Hoyos, M. (1990b). Los Sistemas aluviales miocenos del borde noreste de la Cuenca de Madrid: Sector Cifuentes-Las Inviernas (Guadalajara). *Rev. Soc. Geol. España*, 3, 213-219.
- Alonso Zarza, A. M., y Wright, V. P. (1990). Soil landscape relationships in the Miocene of the Madrid Basin (Central Spain). *Int. Meeting. IAS Nottingham*, Abstracts, papers, 18.
- Alvaro, M.; Capote, R., y Vegas, R. (1979). Un modelo de evolución geotectónica para la cadena Celtibérica. Libro Hom. Prof. Solé Sabaris. *Acta. Geol. Hisp.*, 14, 174-177.
- Antunes, M. T.; Calvo, J. P.; Hoyos, M.; Morales, S.; Ordóñez, S.; Pais, J., y Sese, C. (1987). Ensayo de correlación entre el Neógeno de las áreas de Madrid y Lisboa (Cuevas Alta y Baja del río Tajo). *Trav. Serv. Geol. Portugal*, 73, 85-102.
- Arribas, M. E. (1985). *Sedimentología y diagénesis de las facies carbonáticas del Paleógeno del sector NW de la Cuenca del Tajo*. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid, 444 págs.
- Arribas, M. E. (1986a). Estudio litoestratigráfico de una Unidad de Edad Paleógena. Sector N de la Cuenca Terciaria del Tajo (prov. Guadalajara). *Estudios Geol.*, 42, 103-116.
- Arribas, M. E. (1986b). Petrología y análisis secuencial de los carbonatos lacustres del Paleógeno del sector N de la Cuenca Terciaria del Tajo (prov. de Guadalajara). *Cuad. de Geol. Ibérica*, 10, 295-334.
- Atkinson, C. D. (1986). Tectonic control on alluvial sedimentation as revealed by an ancient catena in the Capella Formation (Eocene) of northern Spain. En: *Paleosols their recognition and interpretation* (P. V. Wright, ed.), Blackwell, 139-179.
- Bluck, B. J. (1976). Sedimentation in some scottish rivers of low sinuosity. *Trans. R. Soc. Edinburgh: Earth Sciences*, 69, 425-456.
- Bown, T. M., y Kraus, M. J. (1987). Integration of channel and flood plain suites, I. Developmental sequence and lateral relations of alluvial paleosols. *Jour. Sed. Petrology*, 57, 587-601.
- Cadavid, C. (1977). Mapa estructural del techo del basamento del borde meridional de la Sierra de Guadarrama. *Bol. Geol. y Min.*, LXXXVIII-VI, 494-496.
- Calvo Sorando, J. P.; García del Cura, M. A., y Ordóñez, S. (1980). Fábricas diagenéticas, retrodiagénesis y karsificación en calizas continentales (Sector NE de la Cuenca de Madrid). *Rev. Inst. Inv. Geológicas*, 34, 135-148.
- Calvo, J. P.; Alonso Zarza, A. M., y García del Cura, M. A. (1989). Models of Miocene marginal lacustrine sedimentation in the Madrid Basin (Central Spain). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 70, 199-214.
- Calvo, J. P.; Ordóñez, S.; García del Cura, M. A.; Hoyos, M.; Alonso Zarza, A. M.; Sanz, E., y Rodríguez Aranda, J. P. (1990). Sedimentología de los complejos lacustres del Mioceno de la Cuenca de Madrid. *Acta Geol. Hisp.*, (en prensa).
- Capote, R., y Carro, S. (1968). Existencia de una red fluvial intramiocena en la depresión del Tajo. *Estudios Geol.*, XXIV, 91-95.
- Castel, C. (1881). Descripción física, geognóstica, agrícola y forestal de la provincia de Guadalajara. *Bol. Com. Map. Geol. de España*, Tomo VII-VIII, 270 págs.
- Colombo, F. (1989). Abanicos fluviales. En: *Sedimentología* (A. Arche, ed.). C.S.I.C. Nuevas tendencias, 1, 143-218.
- Cutanda, J. (1969). El Terciario Continental de Villaseca de Henares. *Cuad. Geol. Ibérica*, 1, 77-119.
- De la Concha, S. (1963). Hoja Geológica 1:50.000, de Jdraque (486). 1.ª serie. *IGME*.
- De Vicente, G. (1988). *Análisis poblacional de fallas. El sector de enlace Sistema Central-Cordillera Ibérica*. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid, 317 págs.
- Freytet, P. (1984). Les sédiments lacustres carbonatés et leur transformation par émerision et pédogénèse. *Bull. Centr. Rech. Explor. Elf Aquitaine*, 8, 223-247.
- Freytet, P., y Plaziat, J. C. (1982). Continental carbonate sedimentation and pedogenesis. Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France. *Contribution to Sedimentology*, 12. Schweizerbart, Stuttgart, 213 págs.
- Friend, P. F. (1983). Towards the field classification of alluvial architecture or sequence. En: *Modern and ancient Fluvial System* (J. D. Collinson y J. Lewin, eds.). *Spec. Pub. Int. Assoc. Sedimentologists*, 6, 345-354.
- Friend, P. F. (1989). Space and time analysis of river systems, illustrated by miocene systems of the Northern



- Ebro Basin in Aragon (Spain). *Rev. Soc. Geol. España*, 2, 55-64.
- Friend, P. F.; Slater, M. J., y Williams, R. C. (1979). Vertical and lateral building of sandstone bodies, Ebro basin. Spain. *Geol. Soc. London, Jour.*, 136, 39-46.
- García del Cura, M. A.; Ordóñez, S., y López-Aguayo, F. (1979). Estudio petrológico de la «Unidad Salina» de la Cuenca del Tajo. *Estudios Geol.*, 35, 325-339.
- García del Cura, M. A.; Ordóñez, S., y Calvo, J. P. (1986). La Unidad Salina (Mioceno) en el área de Madrid, características petrológicas y mineralógicas. *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, 9, 329-338.
- González, A.; Pardo, C., y Villena, J. (1988). El análisis tectosedimentario como instrumento de correlación entre cuencas. *II Congreso Geológico de España*, Simposios, 175-184.
- Hein, F. J., y Walker, R. G. (1977). Bar evolution and development of stratification in the gravelly braided Kicking Horse River, British Columbia. *Canadian Jour. of Earth Sciences*, 14, 562-570.
- Hoyos, M.; Junco, F.; Plaza, J. M.; Ramírez, A., y Ruiz, J. (1985). El Mioceno de Madrid. En: *Geología y Paleontología del Terciario continental de la provincia de Madrid*. C.S.I.C. Madrid (M. T. Alberdi, ed.), 9-16.
- IGME (1983). Hoja Geológica 1:50.000 de Jadraque (486). 2.ª serie, 1.ª ed. MAGNA (en prensa).
- IGME (1985a). Hoja Geológica 1:50.000 de Brihuega (511). 2.ª serie (en prensa).
- IGME (1985b). Hoja Geológica 1:50.000 de Guadalajara (536). 2.ª serie (en prensa).
- IGME (1989). Hoja Geológica 1:50.000 de Ledanca (487). 2.ª serie (en prensa).
- IGME (1990). Hoja Geológica 1:50.000 de Cifuentes (512). 2.ª serie (en prensa).
- Junco, F., y Calvo, J. P. (1983). Cuenca de Madrid. En: *Geología de España*, Tomo II, IGME, 534-543.
- López Martínez et al. (1987). Approach to the Spanish Continental Neogene Synthesis and paleoclimatic interpretation. *Annales Instituti Geologici Publici Hungarici*, LXX, 383-391.
- Martín Escorza, C. (1976). Actividad tectónica, durante el Mioceno, de las fracturas del basamento de la Fosa del Tajo. *Estudios Geol.*, 32, 509-522.
- Megías, A. G. (1982). Introducción al análisis tectosedimentario: aplicación al estudio dinámico de Cuencas. *V Congreso Latinoamericano de Geología*, Argentina, Actas I, 385-402.
- Megías, A. G.; Ordóñez, S., y Calvo, J. P. (1980). Rupturas sedimentarias en series continentales: aplicación a la Cuenca de Madrid. *Actas del IX Congreso Nacional de Sedimentología*, Salamanca, 666-680.
- Miall, A. D. (1978). Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En: *Fluvial Sedimentology* (A. D. Miall, ed.). *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, 5, 597-604.
- Moya, M., y Kindelan, J. A. (1951). Hoja Geológica 1:50.000 de Ledanca (487), 1.ª serie IGME
- Murphy, D. M., y Wilkinson, B. H. (1980). Carbonate deposition and facies distribution in central Michigan Marl Lake. *Sedimentology*, 27, 123-135.
- Ordóñez, S.; García del Cura, M. A.; Hoyos, M., y Calvo, J. P. (1985). Middle Miocene Paleokarst in the Madrid Basin (Spain). A complex Karstic System. *6th European Reg. Meet. IAS*, Lleida, Abstract, 624-627.
- Ordóñez, S.; Calvo, J. P.; García del Cura, M. A.; Alonso, A. M., y Hoyos, M. (1990). Mineral resources in lacustrine sequences from Tertiary Madrid Basin (Spain). *IAS Spec. Publ.* (en prensa).
- Pardo, G.; Villena, J., y González, A. (1989). Contribución a los conceptos y a la aplicación del análisis tectosedimentario. Rupturas y unidades tectosedimentarias como fundamento de correlaciones estratigráficas. *Rev. Soc. Geol. España*, 2, 199-219.
- Pérez Azuara, J. A. (1971). El borde meridional de la Cordillera Ibérica en los alrededores de Algora (prov. Guadalajara). *Boletín IGME*, Tomo LXXXII-V, 401-405.
- Platt, N. H., y Wright, V. P. (1990). Lacustrine carbonates. Facies models. Facies distribution and Hydrocarbon aspects. *IAS Spec. Pub.* (en prensa).
- Portero García, J. M., y Aznar Aguilera, J. M. (1984). Evolución morfotectónica y sedimentación terciarias en el Sistema Central y Cuencas limítrofes (Duero y Tajo). *I Congreso Español de Geología*, Tomo III, 253-263.
- Prado, C. de (1864). Descripción física y geológica de la Provincia de Madrid. *Junta General de Estadística*, 1-219.
- Racero, A. (1988). Consideraciones acerca de la evolución geológica del margen NW de la Cuenca del Tajo durante el Terciario a partir de los datos del subsuelo. *II Congreso Geológico de España*, Granada, Simposio, 213-222.
- Riba, O. (1957). Terrases du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid. I.N.Q.U.A. *V Congress Inter. Livre Guide de l'Excursion*. 5-55.
- Sesé, C.; Alonso Zarza, A. M. y Calvo, J. P. (1990). Nuevas faunas de Micromamíferos del Terciario continental del NE de la Cuenca de Madrid (prov. Guadalajara). *Estudios Geol.*, 46, 433-451.
- Vegas, R.; Vázquez, T., y Marcos, A. (1986). Tectónica alpina y morfogénesis en el Sistema Central español: modelo de deformación intracontinental distribuida. *Geogaceta*, 1, 24-25.
- Vos, R. G. (1975). An alluvial plain and lacustrine model for the Precambrian Witwatersrand deposits of South Africa. *Jour. Sed. Petrology*, 45, 480-493.

Recibido el 18 de mayo de 1990

Aceptado el 25 de noviembre de 1990