

LA SEDIMENTACIÓN CONTINENTAL DEL NEÓGENO EN EL SECTOR CENTRO-SEPTENTRIONAL DE LA DEPRESIÓN DEL DUERO (PROVINCIA DE PALENCIA)**

MEDIAVILLA, R. M.* y DABRIO, C. J.*

RESUMEN.— Alrededor de Palencia (Depresión del Duero) afloran materiales de edad Neógeno (Fig. 1). Del estudio de diez series estratigráficas se han establecido cuatro unidades litoestratigráficas informales (Fig. 2, 3) que incluyen sedimentos siliciclásticos, carbonatados y yesíferos en los que se han diferenciado e interpretado facies sedimentarias (Fig. 4).

La UNIDAD BASAL (Astaraciense) consiste en arcillas rojizas o pardas con cuerpos de arenisca, calizas y margas y fue depositada por sistemas fluviales de canales sinuosos y llanuras de inundación complejas incluyendo zonas pantanosas y lagunares (Fig. 5).

La UNIDAD INFERIOR (Astaraciense Medio) está formada por arcillas y carbonatos con niveles edáficos tanto en forma de horizontes de calizas de grandes raíces como de arcillas negras (Fig. 6). Pueden distinguirse dos miembros informales: el inferior corresponde a depósitos fluviales, palustres y lacustres, mientras que el superior se depositó en lagos con aportes siliciclásticos localizados fluvio-lacustres en el margen norte, donde llegan a encontrarse facies de llanura de inundación (Fig. 9).

La UNIDAD MEDIA (Astaraciense superior a Vallesiense superior) consiste en sedimentos margosos con cristales de yeso e intercalaciones de yesoarenitas de tipo turbidítico y carbonatos (calizas y dolomías) hacia el este y de alternancias de arcillas verdes y carbonatos en el oeste. Todos ellos se depositaron en ambientes lacustres en clima árido. En el sector central, se encuentra una sucesión mixta terrígena y yesífera, con unidades lenticulares que muestran megasecuencias granocrecientes, interpretadas como deltas lacustres (Fig. 7). El área fuente del yeso removilizado debía situarse al noreste y la de los siliciclásticos al N/NW (Fig. 8 y 9).

Los materiales de la UNIDAD SUPERIOR (Vallesiense superior-Turoliense-Plioceno ?) están mal conservados por el carácter erosivo de la superficie limitante. Consiste en calizas y lutitas lacustres similares a las descritas en la Unidad Inferior: serían sedimentos de lagos someros de nivel fluctuante. La ausencia de yeso y la calci-

* Departamento de Estratigrafía. Facultad de Ciencias. Universidad, 37008-Salamanca.

** Trabajo realizado dentro del Proyecto nº 1785/82 «Bioestratigrafía del Terciario de la Cuenca del Duero» subvencionado por la CAICYT.

ficación de los materiales infrayacentes se suponen signos de que la salinidad de las aguas era relativamente baja.

La evolución paleogeográfica de conjunto puede expresarse gráficamente para su mejor comprensión (Fig. 9).

ABSTRACT.— Neogene deposits are well exposed around Palencia (Duero Basin, Spain, Fig. 1). From the study of ten sections, up to four informal lithostratigraphic units were recognized (Fig. 2, 3) including siliciclastic, carbonate and gypsiferous facies that were recorded and interpreted (Fig. 4).

The **BASAL UNIT** (Astaracian) is made up of red to brownish mudstone with interlayered bodies of sandstone, limestone and marl. It was laid down by fluvial systems of high-sinuosity channel pattern and complex flood plain including backswamp and lacustrine realms (Fig. 5).

The **LOWER UNIT** (Middle Astaracian) consists of mudstone and carbonate deposits with pedogenic layers both as rooted carbonate and black shale horizons (Fig. 6). Two informal members can be separated: the lower one corresponds to palustral, fluvial and lacustrine sediments, whereas the upper one was laid down in lakes with fluctuating water level and localized fluviolacustrine influx from the northern edge where flood plain facies are found (Fig. 9).

The **MIDDLE UNIT** (Upper Astaracian to Upper Vallesian) consists of marly sediments with large crystal of gypsum and interlayered turbidite-like clastic gypsum, limestone and dolostone in the eastern sector, and interbedded green mudstone and carbonates in the western sector (Fig. 7). All them are the result of deposition in arid lacustrine environments. In the central part, a mixed terrigenous/gypsiferous assemblage is found: units of lenticular shape displaying coarsening upwards sequences are interpreted as lacustrine deltas (Fig. 7, 8). The source area of the remobilized gypsum should be placed towards the NE and that of siliciclastics, towards the N/NW.

The badly-preserved sediments of the **UPPER UNIT** (Upper Vallesian-Turolian-Pliocene?) consist of lacustrine limestone and mudstone, very much alike those of the lower unit: shallow lakes of fluctuating water level are assumed as well. The lack of gypsum and the common calcification of the underlying sediments of the Middle Unit, suggest that the salinity of the waters was not too high.

The schematic palaeogeographical evolution has been expressed graphically for better understanding (Fig. 9).

Palabras clave: Litoestratigrafía, sedimentología, Paleogeografía, Neógeno, Cuenca del Duero, sedimentación continental.

Key Words: Lithostratigraphy, sedimentology, palaeogeography, Neogene, Duero Basin, continental sedimentation.

INTRODUCCIÓN

En la región de Palencia, entre Ampudia y Monzón de Campos (Fig. 1), afloran materiales neógenos y cuaternarios cuya base no llega a verse en superficie.

Ya desde primeros de siglo, HERNÁNDEZ PACHECO y DANTIN (1915) distinguieron tres horizontes atribuidos al Mioceno medio y superior: el más bajo, detrítico (Tierra de Campos), de origen fluvial, el intermedio, de margas yesíferas, de origen lacustre y el superior, calizo (caliza del Páramo) de origen pantanoso o de áreas encharcadas. Trabajos posteriores han ido precisando aspectos paleontológicos (CRUSAFONT y VILLALTA, 1954; LÓPEZ et al. 1982), sedimentarios (MABESOONE, 1961), morfológicos (PLANS, 1970) y regionales (NÚÑEZ et al., 1975; PORTERO et al., 1982, MEDIAVILLA, 1985).

El objeto de este trabajo es la revisión de la estratigrafía regional y el estudio sedimentológico, en primera aproximación, realizando la interpretación de las facies sedimentarias presentes y de su contenido fosilífero o de huellas orgánicas, todo ello tendente a la reconstrucción de ambientes sedimentarios y al establecimiento de su evolución espacio-temporal.

ESTRATIGRAFÍA

A partir del levantamiento de 10 series estratigráficas (Fig. 1) se han establecido cuatro unidades litoestratigráficas informales (Fig. 2) separadas por límites que se pueden seguir sobre el terreno y cartografiar.

Al correlacionar las columnas, se pone de manifiesto que las unidades diferenciadas presentan distintas litologías y espesores de unas áreas a otras (Fig. 3). En general se detecta una zonación de facies según bandas paralelas alargadas en dirección SW-NE dentro de las cuales las potencias sufren suaves variaciones. En la dirección transversal (NW-SE) se experimentan cambios apreciables de facies y de espesores dentro de las cuatro unidades. Estas diferencias de espesor debieron jugar un papel preponderante durante la historia sedimentaria. El alcance de estas afirmaciones y su sentido sedimentario y ambiental se irá exponiendo al tratar de cada unidad por separado.

En el estudio sedimentológico se pueden diferenciar facies detríticas, carbonatadas y yesíferas (Fig. 4) que se han denominado mediante siglas (en el sentido de MIALL, 1978) y a las que se les adjudicó un valor ambiental a partir, entre otros, de los datos de ARMENTEROS (1985), FREYTET (1984), MEDIAVILLA (1985), POLLARD et al. (1982) y TRUC (1978). La sedimentación de estos materiales tuvo lugar en ambientes lacustres, palustres y fluviales cuya posición y relaciones laterales cambió a lo largo del tiempo.

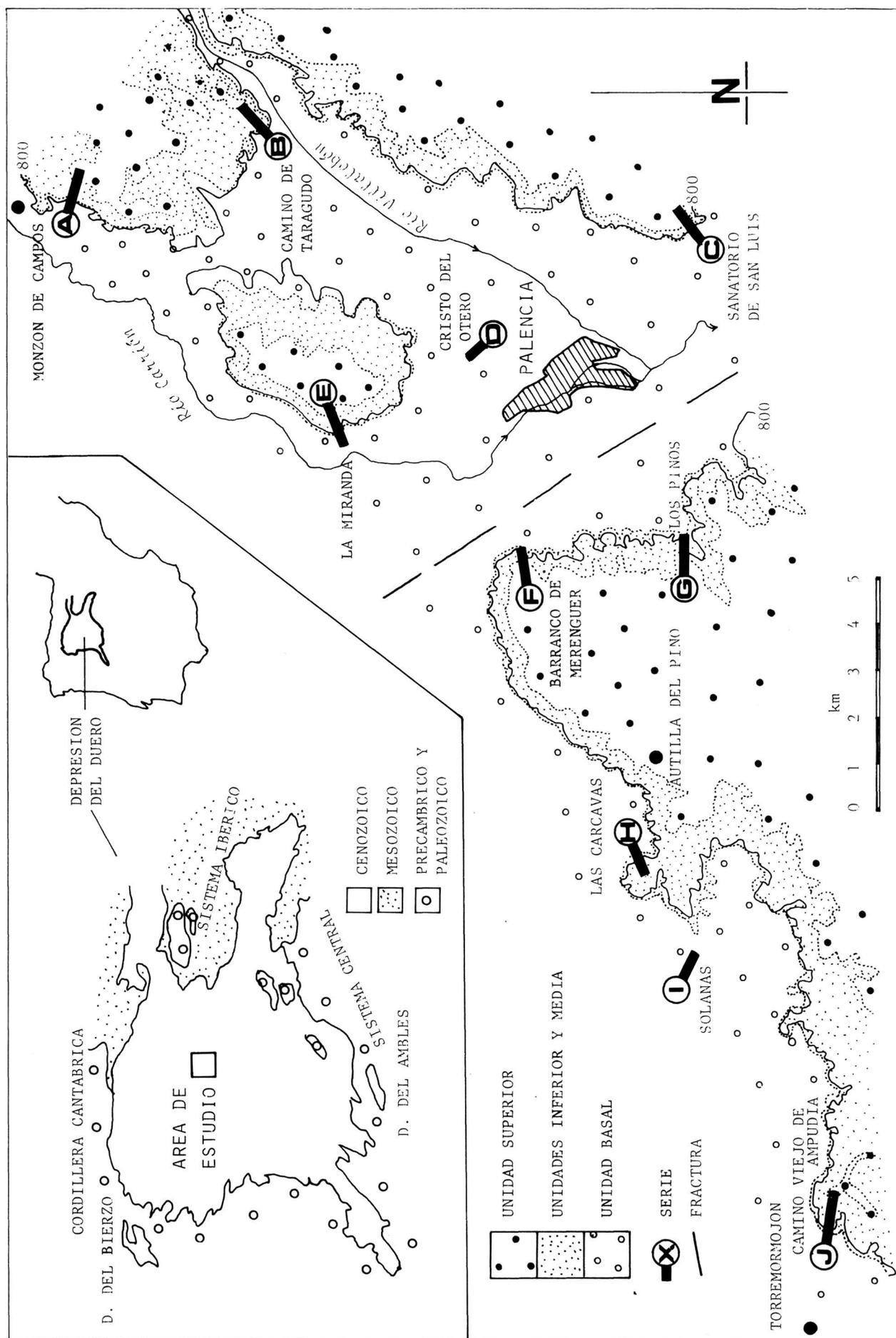


Figura 1. Mapa de situación y cartografía esquemática (simplificada de Mediavilla, 1985). Se utiliza como referencia topográfica la curva de nivel de 800 m.

unidad		características	límite	
F. PARAMO	SUPERIOR	CALIZAS Y LUTITAS	→ SUPERFICIE EROSIVA	PLIOCENO
F. CUESTA	MEDIA	MARGAS YESIFERAS (E), LUTITAS (W) Y MIXTAS	→ DESAPARICION DE CARBONATOS SECUNDARIOS	VALLESIENSE SUP.
	INFERIOR	LUTITAS Y CARBONATOS CON PALEOSUELOS	→ APARICION DE MARGAS CON YESO Y C. TUBERCULATA	AST. SUP.
F. TIERRA DE CAMPOS	BASAL	LUTITAS CON CANALES ARENOSOS Y NIVELES CARBONATADOS	→ PALEOSUELO (PSUEDOGLEY) INTERRUPCION SEDIMENTARIA	ASTARACIENSE
(F. DUEÑAS)			→ NO VISIBLE	

Figura 2. Unidades litoestratigráficas informales, límites y edades relativas de los materiales neógenos de Palencia.

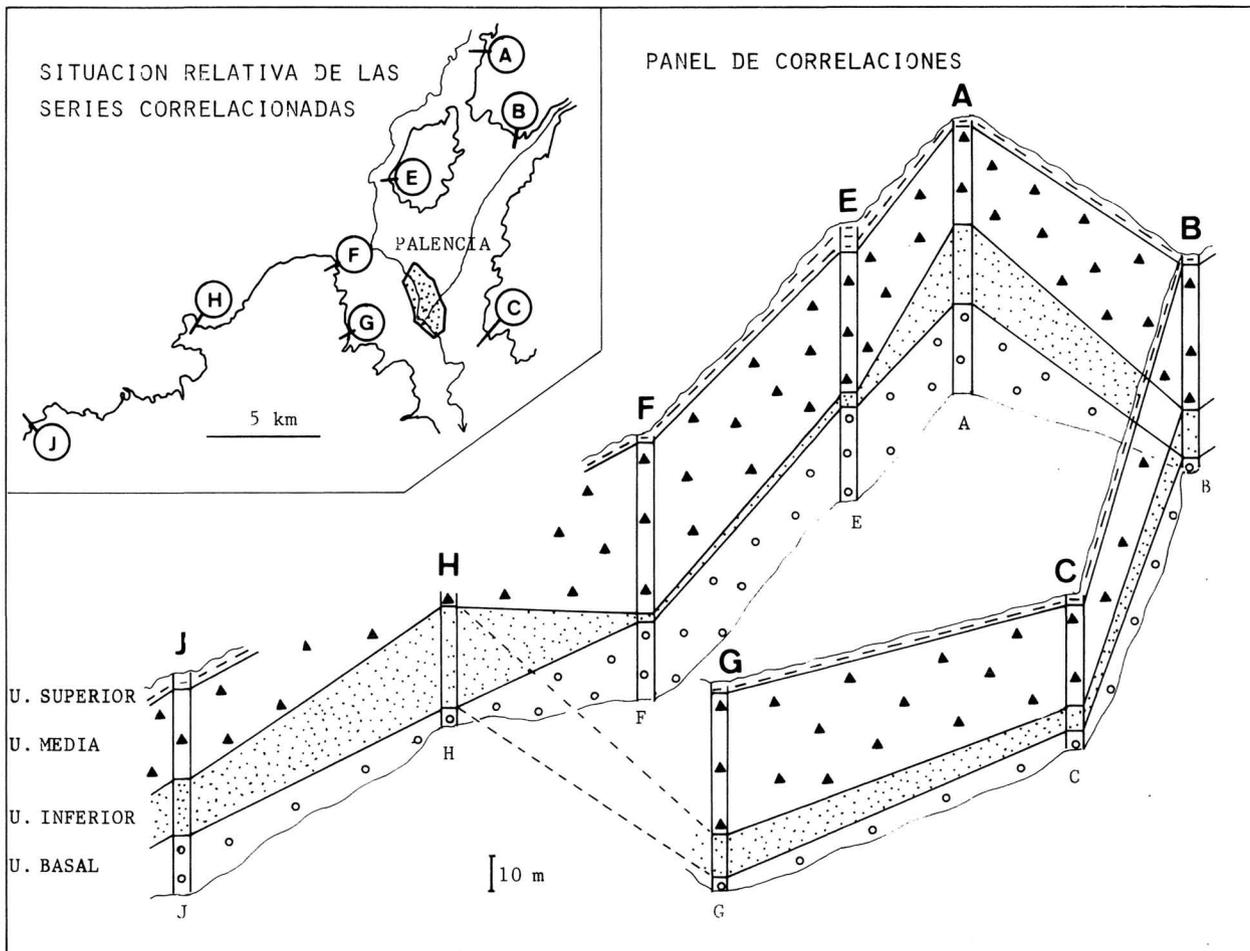


Figura 3. Gráfico de correlación. Nótese la variación de espesor de la Unidad Inferior, que se acuña hacia el sureste, y la adaptación de los materiales de la Unidad Media a la paleotopografía resultante.

FACIES	DESCRIPCION	INTERPRETACION	
DETRITICAS	Ss Arenas, estratificación cruzada de gran escala	acreción lateral y vertical de márgenes de canales (barras de meandros)	
	St Arenas, estratificación cruzada en surco	migración de megaripples (dunas)	
	Sr Arenas, laminación paralela	migración de ripples	
	Sl Arenas, estratificación cruzada de bajo ángulo	lecho plano, régimen de flujo alto	
	Sm Arenas masivas, bioturbadas	desbordamiento y vegetación	
	Fmp Lutitas masivas rojas, en: unidades tabulares -1 unidades lenticulares -2 disyunción prismática -3 moteado por bioturbación -4	llanura de inundación, desbordamiento relleno de canales abandonados suelo marmorizado (pseudogley) fluviolacustre	
	Fmg Lutitas masivas negras: 1- muy fosilíferas 2- muchos restos vegetales 3- moteado, nódulos carbonato	lacustre palustre (pantanos, backswamp) edafizado (paleosuelo)	
	Fmv Lutitas masivas verdes, con: 1- ostrácodos y gasterópodos 2- vegetales carbonizados 3- estructura prismática	lacustre desde la suspensión palustre (pantanos) edafizado (paleosuelo)	
	CARBONATADAS	Ci Intrabiomicrorrudita, peces	lacustre
		Cm Caliza homogénea	micritas, biomicritas lacustres
Cn Calizas nodulosas		barro lacustre emergido/brecha vadosa	
Cr Calizas con grandes raíces		edafización de Ci/Cm (pseudomicrocarst)	
Cc Calizas, moldes pequeñas raíces rellenos de yeso		lacustre/palustre, vegetación en el fondo	
Cs Calizas secundarias		calcificación de materiales yesíferos	
Ck Calizas carstificadas			
M Margas, con 1- pseudomorfos calcita/yeso 2- estructura lajosa 3- macrocristales de yeso		diagénesis freática por reemplazamiento lacustre sulfato intersticial por litificación	
D Dolomicrita (junto a Cs/yeso)		simultánea de yeso intersticial	
YESIFERAS		G1 Yesoarenitas, laminación lenticular	acumulación de yeso detrítico
	Gr Yesoarenita, lam. cruzada, granoselección positiva	turbiditas lacustres someras con oleaje	
	Gm Yeso masivo	lacustre, precipitación en el fondo	
	Y Yeso selenítico (Fmv 1/M-3)	cristalización en el fondo del lago	
	Yeso intersticial	precipitación de yeso secundario	

Figura 4. Cuadro resumen de las facies sedimentarias y su interpretación.

UNIDAD BASAL

Sólo se puede estudiar la parte alta de la serie pues el muro no se observa en superficie: el espesor máximo visible es de más de 30 m en el sector oriental y consiste esencialmente en sedimentos detríticos aunque, localmente, puede contener margas.

Se han diferenciado varias facies sedimentarias (cuya denominación abreviada y significado ambiental se recogen en la figura 4), que se ordenan en secuen-

cias, a veces truncadas, repetidas en el espacio y en el tiempo. Sin embargo, el tipo de secuencia y la frecuencia con que aparecen son variables de unos puntos a otros, en respuesta a los ambientes sedimentarios dominantes en cada uno de ellos.

En los SECTORES ORIENTAL y CENTRAL (Fig. 1), se encuentran sobre todo secuencias: Ss · Sm · Fmp-1, Sm · Fmp-1, y m · Fmg-2, que registran diversos procesos en un contexto de sistema fluvial meandriforme con llanura de inundación vegetada y parcialmente encharcada (Fig. 4).

La secuencia Ss · Sm · Fmp-1, visible en las series de Monzón de Campos, Cristo del Otero y Barranco de Merenguer (Fig. 1), incluye bancos tabulares mayores (Ss) de arenisca con estratificación cruzada de gran escala (que afecta a todo el banco) de tipo epsilon (ALLEN, 1970), simple o complejas separadas por superficies erosivas, y pasan hacia arriba a arenas masivas bioturbadas (Sm) y lutitas pardas (Fmp-1).

Cada banco (Ss) se caracteriza por tener la superficie basal neta y erosiva seguida por una pequeña acumulación de material algo más grosero (*lag*). El resto del banco presenta una secuencia de energía decreciente a techo registrada en la disminución del tamaño de grano (de arena y microconglomerado a arena fina) y en la escala y tipo de estructuras sedimentarias primarias, con estratificación cruzada en surco de mediana escala (St) debida a la migración de *megaripples* (dunas) en dirección SE/SW, es decir, aproximadamente perpendicular a la de la estratificación cruzada epsilon, que pasa hacia arriba a laminación cruzada (Sr) debida a la migración de *ripples* que ascendían por las láminas de acreción lateral (epsilon). Las capas inclinadas de areniscas que se han descrito están separadas por intercalaciones arcillosas.

De acuerdo con estos datos, se interpreta como depósitos de barras de meandro (*point bar*) en sistemas con canales de elevada sinuosidad que transportaban mucha carga en suspensión (derivada en gran parte hacia la llanura de inundación) e importantes fluctuaciones de caudal y descarga responsables de la gran continuidad de las superficies de acreción lateral (que sería indicativa, además, de la escasa profundidad de los canales, DÍAZ, 1984) y de las intercalaciones arcillosas entre ellas.

La aparición de estratificación cruzada epsilon simple o compleja estaría relacionada con barras de meandro simples formadas durante un episodio simple de migración lateral o con una yuxtaposición de unidades generadas por sucesivos meandros que barriesen el mismo punto con direcciones de acreción lateral diferentes.

Las arenas masivas bioturbadas (Sm) corresponden a depósitos arenosos vegetados en el arco interno del meandro, que se disponen lateralmente a los anteriores de modo que, al progresar la migración del meandro (responsable de la es-

tructura de acreción lateral), llegan a apoyarse sobre las facies de canal. Ambas quedan cubiertas posteriormente, por los depósitos arcillosos bioturbados (Fmp) de la llanura de inundación. Así pues, la secuencia general ilustra la superposición de facies debida a la migración lateral de arcos de meandro en una llanura de inundación vegetada (Fig. 5).

Como casos particulares, se encuentran secuencias $St \rightarrow Sm \rightarrow Fmp$, que son análogas a las anteriores pero en secciones donde no se aprecia bien la estructura de acreción lateral y sólo destacan St/Sr (Fig. 5).

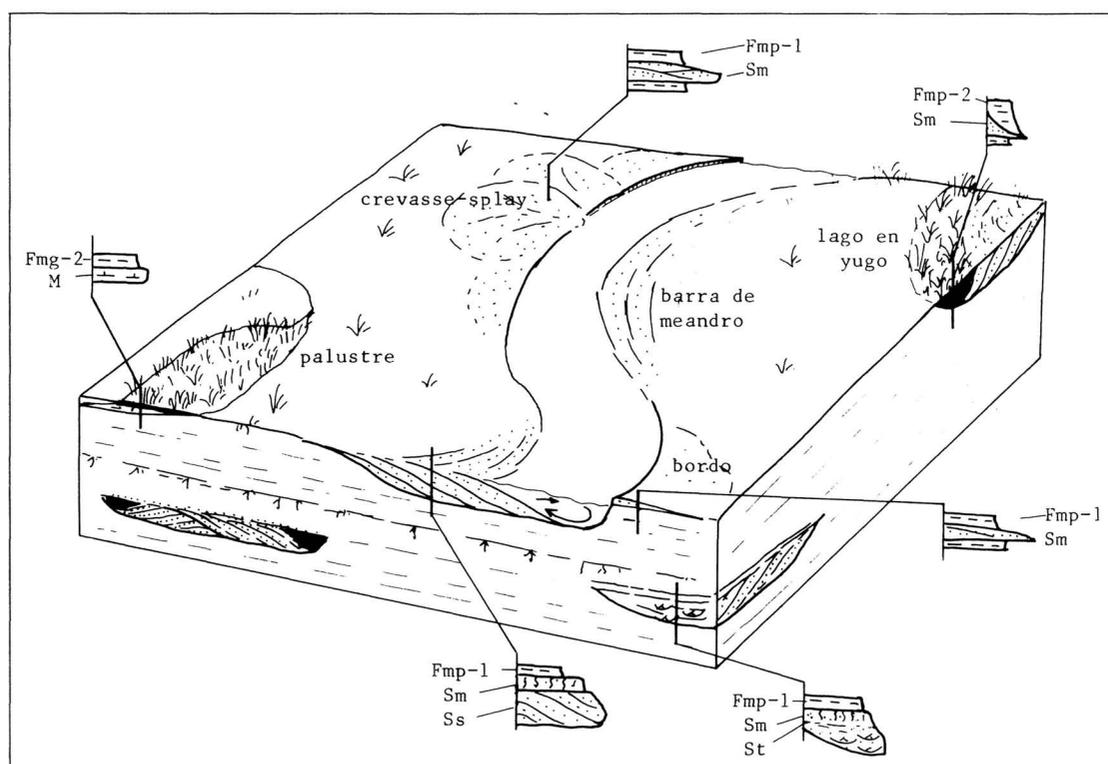


Figura 5. Modelo conceptual interpretativo que integra las secuencias sedimentarias descritas en la Unidad Basal. La nomenclatura de facies se refiere a la Fig. 4.

La secuencia $Sm \rightarrow Fmp-1$, bien visible en la serie de Monzón de Campos, tiene un doble significado según la geometría de las capas.

(a) Cuando Sm y Fmp aparecen alternando en capas tabulares de gran extensión lateral (Fig. 4), se asimilan a depósitos de llanura de inundación a la que llegan sedimentos arenosos y arcillosos durante los desbordamientos y son después colonizados por la vegetación y, en consecuencia, bioturbados. El color pardo sugiere unas condiciones esencialmente subaéreas en la llanura de inundación.

(b) Cuando aparecen alternando en unidades curvas de morfología canalizada (Fig. 4), que se relacionan con facies Ss/Sm , se interpretan como depósitos

de relleno de canal abandonado, por acreción lateral y vertical. Se supone una elevada velocidad de sedimentación que no permitió el desarrollo de condiciones de aguas estancadas con ambiente reductor y un emplazamiento cercano a la banda de meandros activos, ya que llegaba bastante fracción arenosa procedente de ellos.

La secuencia M → Fmg-2 (Fig. 5), cuyo espesor no suele superar el metro, es de grano más fino y contiene más fracción carbonatada que las anteriores. Puede observarse en las cercanías de la sucesión de La Miranda (Fig. 1).

Las margas, que se apoyan sobre sedimentos de tipo Fmp, suelen ser de aspecto lajoso y, localmente, contienen cristales lenticulares de yeso. Las arcillas negras suministran restos de gasterópodos y caráceas y pueden ser localmente carbonatadas. Se atribuye esta secuencia a episodios lacustres con aportes carbonatados, en la llanura de inundación, que son invadidos progresivamente por cuñas de arcillas procedentes de los desbordamientos y colonizados por vegetales, de modo que pasan a condiciones palustres (*backswamp*). La baja velocidad de sedimentación y la abundancia de restos vegetales (materia orgánica) serían responsables de una cierta acidificación de las aguas y de la sustitución de las margas por arcillas negras.

En el SECTOR OCCIDENTAL los depósitos volumétricamente más importantes (visibles en superficie) son asimilables a ambientes de llanura de inundación, pero a causa de la mala exposición, pueden haber pasado desapercibidos los episodios de canal, de modo que cualquier conclusión en este sentido debe estar sujeta a cierta prevención.

Las secuencias observables son de tipo Sm → Fmp (serie del Camino Viejo de Ampudia en las cercanías de Torremormojón) dispuestas en unidades de gran extensión lateral y morfología tabular. Consisten en arenas homogéneas que pasan a limos y arcillas rojas organizándose en secuencias granodecrescentes, cuyo espesor no suele superar los dos metros. El límite inferior de las secuencias es neto y erosivo, incorporando cantos del material infrayacente y de arcillas carbonatadas.

Las arenas son de grano fino, rojas o grises y están compuestas por granos de cuarzo con matriz limo-arcillosa y, en algunos puntos, cemento de carbonato. La estructura interna, que no suele verse, consiste en laminación o estratificación cruzada de pequeña escala, en surco y difusa. Uno de los bancos suministró valvas de *Ilyocypris gibba* (RAMDOHR) y de *Cyprinotus salinus* (BRADY), así como talos y girogonitos de caráceas.

Se interpreta la secuencia como un depósito de desbordamiento fluvial (*overbank*) con características tractivas sólo hacia la base del miembro arenoso y depósito mayoritario a partir de la suspensión. Los bancos con fauna sin evidencia de transporte y retrabajado, registran la invasión de charcas temporales de aguas meso u oligohalinas donde vivían *I. gibba* y *C. salinus*.

En resumen, se postula un ambiente fluvial con canales meandriformes poco profundos que transportaban mucha carga en suspensión y una llanura de inundación arcillosa vegetada y sometida a procesos edáficos, con áreas encharcadas de carácter temporal palustre o lacustre. Los depósitos de llanura de inundación incluyen cuñas arenosas bioturbadas que corresponden a las facies de desbordamiento proximal respecto de los canales. Esta conclusión es válida para la parte alta de la Unidad Basal que es la que aflora y se ha estudiado.

Las buenas condiciones de observación permiten deducir la existencia de una faja de meandros de dirección general N-S entre Monzón de Campos y Palencia, limitada por áreas con predominio de llanura de inundación. En el sector occidental la observación no es tan buena y, en apariencia, predominan las facies de llanura de inundación, con algunos canales sinuosos aislados. Es muy sugestivo imaginar un área más deprimida relacionada con fracturas de dirección NNW-SSE (Fig. 1), a la que se circunscriben la mayoría de los canales y otras áreas extensas de inundación con algunos canales. Probablemente otras líneas subsidentes controlaban la posición de otros cinturones de meandros hacia el oeste (columnas de Cárcavas y del Camino Viejo de Ampudia), pero la calidad de observación no es lo bastante buena como para dictaminar por el momento.

UNIDAD INFERIOR

Se apoya sobre la Unidad Basal y está constituida por sedimentos detríticos, sobre todo de grano fino, y carbonatados. Las rocas detríticas pueden contener yeso en forma de cemento y las carbonatadas como relleno de raíces o como cristales lenticulares formando niveles. Un rasgo característico de esta unidad es la frecuencia con que aparecen niveles edafizados en distintas litologías (Fmp-1, Fmg-2, Fmv-3, Cc o, incluso, Cn) que responden a distintos ambientes, desde subaéreo a palustre.

La potencia de la unidad es variable en las columnas alineadas en dirección NE-SW. Sin embargo, al comparar las columnas situadas en dirección NW-SE, se observa una clara disminución de potencia hacia el sureste.

No existe una secuencia específica que pueda considerarse como característica de esta unidad, sino que pueden encontrarse hasta diez situaciones distintas que ilustran procesos en varios subambientes y que pueden encontrarse en cualquier columna y a cualquier altura estratigráfica dentro de la Unidad. Se describen a continuación de modo somero significándolas con un número que hace referencia a la posición de la Fig. 6.

La secuencia (1) Ss + Fmp-4 (serie de Monzón de Campos) registra el desarrollo de una barra de meandro y su posterior cobertura por arcillas bioturbadas

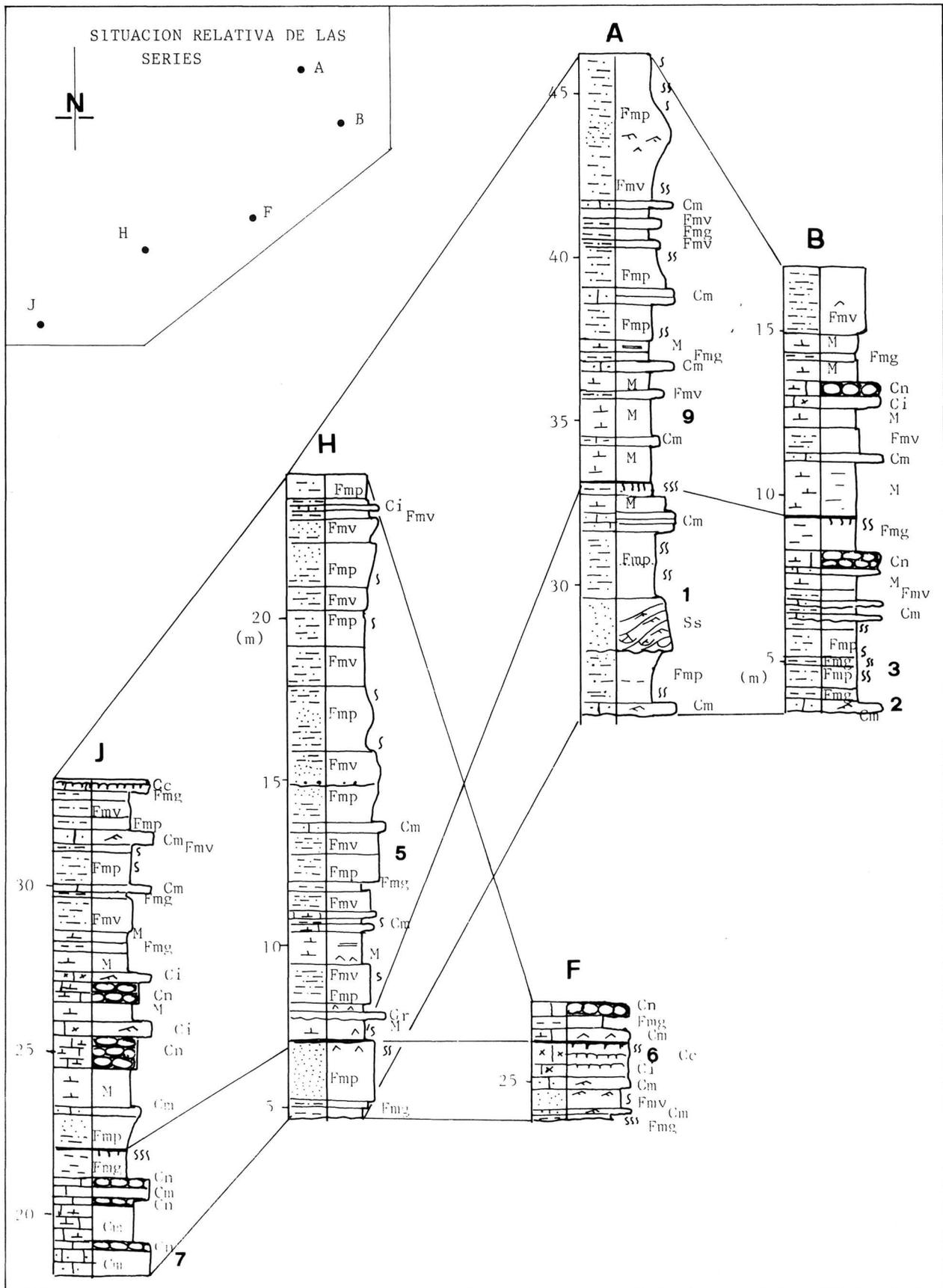


Figura 6. Columnas representativas de las sucesiones de la Unidad inferior, con espesores en metros referidos a las columnas de Mediavilla (1985). Obsérvese que las potencias son similares en dirección NE-SW, pero que disminuyen bruscamente hacia el sureste. Los números indican las secuencias descritas en el texto, pero las de las series de Los Pinos (8, 10) y del Sanatorio de San Luis (4) no quedan registradas pues esas columnas no se han incluido. Véase la Fig. 1 para su localización.

de llanura de inundación subaérea. Otras secuencias lutíticas serían: (2) Sm Fmv-1 → Fmg-2 (serie del Camino de Taragudo) que registraría la colmatación de lagunas someras de aguas salinas (puesto que se ha encontrado *Cyprideis tuberculata* (MEHES) en las facies Sm) y su paso progresivo a ambientes pantanosos vegetados (*backswamp*) a causa de la llegada de arcilla en suspensión. La secuencia (3) Fmp-1 → Fmg-2 (serie del Camino de Taragudo) registra el paso de llanura de inundación (lutitas rojas bioturbadas con restos vegetales) a zonas pantanosas. Como caso particular, la secuencia Fmp-1 → Fmp-4 se atribuye a llanura de inundación (serie de Los Pinos). La secuencia (4) Gr → Fmv-1 es una secuencia lacustre somera con registro de la llegada de yeso detrítico que es posteriormente retrabajado por las olas. En la serie del Sanatorio de San Luis esta secuencia se sitúa sobre facies de llanura de inundación (Fmv-3).

Otras secuencias tienen una componente carbonatada, a veces exclusiva. La secuencia (5) consiste en Fmp-4 → Fmv-2 → Cm, aunque en muchos casos aparece sólo como Fmp 1 (o 4) → Fmv-2 (serie de las Cárcavas) y registra el progresivo encharcamiento de la llanura de inundación subaérea que pasa a lagunar o lacustre.

Varias de estas secuencias reflejan condiciones inversas, es decir, la desecación y edafización de lagunas o charcas y su posterior paso a llanura de inundación. Así, (6) Cm → Cc (serie del Barranco de Merenguer) sugiere condiciones lagunares que se convierten en palustres. La secuencia (7) Cm → Cn (serie del Camino Viejo de Ampudia) contiene restos de ostrácodos en Cm y estructuras prismáticas verticales en las calizas nodulosas (Cn) debidas a edafización: se asume el paso de ambientes lacustres a subaéreos, probablemente, por desecación total o parcial del lago y la consiguiente retirada de la lámina de agua. El mismo significado tiene (8) M → Ci → Cn (Los Pinos) con fauna dulceacuícola de gasterópodos y fragmentos de caráceas en las facies Ci (intramirobiorruditas) que presentan, a veces, laminación cruzada, mientras que las calizas nodulosas presentan moldes de gasterópodos. En la misma línea se sitúan (9) M → Fmv-3 (serie de Monzón de Campos) y (10) Ci → Fmg-2 (serie de Los Pinos): la primera registra el paso de ambientes lacustres de aguas ricas en carbonato y tranquilas a ambientes edáficos a causa de la somerización de esa área y la segunda parte de condiciones lacustres de aguas más agitadas y pasa a régimen palustre con opérculos de gasterópodos y algunos restos vegetales carbonizados.

Interpretación

El depósito de los sedimentos que integran la Unidad tuvo lugar en contextos fluviales, lacustres y palustres en los que es frecuente encontrar rasgos indica-

tivos de edafización y, según los puntos, los paleosuelos están representados por arcillas negras con nódulos de carbonato (Fmg-3) en los sectores oriental y occidental y por calizas con grandes moldes de raíces (Cr) en el central. Atendiendo a la presencia de estos paleosuelos, que suponen periodos importantes de interrupción sedimentaria, se han distinguido dos tramos en esta unidad, separados por una interrupción sedimentaria marcada por un paleosuelo.

El TRAMO BASAL se sitúa inmediatamente por encima del paleosuelo que limita la Unidad de la infrayacente y al cual se supone mas o menos horizontal (?). Se caracteriza porque la potencia de los materiales aumenta algo hacia el sureste y por la distribución de facies, dispuestas en bandas alargadas en dirección NNE-SSW.

En el *sector occidental* se encuentran lagos y llanuras de inundación con cárcavas y ostrácodos, hacia el oeste y el este respectivamente. Los lagos eran someros y de nivel fluctuante, quizá relacionado con su carácter estacional, lo cual favorecía el desarrollo de procesos edáficos. Una secuencia característica de esta situación sería 1a (7) Cm → Cn.

Hacia el noreste dominan las facies de llanura de inundación arcillosas de tipo (3) Fmp-1 → Fmg-2 y Fmp-1 → Fmp-4.

En el *sector central* se encuentran facies palustres con secuencias como la (6) Cm → Cc.

El *sector oriental*, por su parte, está caracterizado por asociaciones de facies propias de llanura de inundación a menudo encharcada, con secuencias de tipo (1) Ss → Fmp-4, (2) Sm → Fmv-1 → Fmg-2, (3) Fmp-1 → Fmg-2, y (4) Gr → Fmv-1. El estudio de la fauna de ostrácodos revela la existencia de *Ilyocypris gibba* (RAMDOHR) propio de aguas no salinas en las series de Monzón de Campos, La Miranda y Barranco de Merenguer (A, E, F, Fig. 1) y de *C. tuberculata* (MEHES) que habita en aguas salinas en la del Camino de Taragudo (B, Fig. 1). La serie del Sanatorio de San Luis (C, Fig. 1) presenta yesoarenitas (secuencia 4). De ello se desprende un aumento progresivo de la salinidad en las charcas según bandas alineadas NE-SW, relacionado con la notable evaporación (clima estacional), pero no está claro el origen del sulfato cálcico, aunque parece existir una relación con la presencia de yeso intersticial en los sedimentos infrayacentes a las masas de agua estancada.

Los materiales del TRAMO SUPERIOR se apoyan sobre el paleosuelo a techo del anterior y con cierta inclinación hacia el sureste a causa de las diferencias de espesor de los materiales del tramo inferior. Esta inclinación se agudizó aún más durante el depósito del tramo superior, pues el espesor de materiales de las series A y H (Monzón de Campos y Cárcavas) situadas hacia el noroeste es sensiblemente mayor que las del resto; esto coincide con un notable cambio de las condiciones ambientales.

El depósito dominante en este periodo fue lacustre de aguas someras carbonatadas y nivel fluctuante debido al funcionamiento estacional, con sucesivas inundaciones, y a la invasión por cuñas de sedimento arcilloso ejemplificado por la secuencia (9) M - Fmv-3. En los lagos vivían ostrácodos, caráceas y peces. En las áreas tranquilas se depositaban margas (M) y en las de aguas agitadas por el oleaje, intrabiomicrorruditas (Ci). Las fluctuaciones del nivel daban lugar al desarrollo de calizas nodulosas (secuencias 7 y 8) por desecación parcial o a calizas con grandes moldes de raíces en las áreas marginales o bancos carbonatados con exposición subaérea repetida (secuencia 6). Otras áreas periféricas evolucionaban a condiciones pantanosas con restos de vegetales y aguas algo aciduladas que impedían el depósito carbonatado (secuencia 10).

Hacia el noroeste (series A y H) las condiciones lacustres duraron poco y la mayor parte de los materiales del tramo superior consisten en depósitos de llanura de inundación más o menos encharcada que, además, alcanzan mayor potencia, es decir, forman cuñas de sedimentos fluviales o fluvio-lacustres (pantanosos) que penetran en los ambientes lacustres o lagunares disminuyendo de espesor en ese sentido, de modo que se comportan como unidades deltaicas marginales cuyos canales no afloran en el área estudiada, pero que debieron fluir por la región situada al norte.

UNIDAD MEDIA

Se apoya sobre la inferior con espesores máximos en el sector central. Los tres sectores se diferencian de nuevo por las litologías predominantes: en el oriental se encuentran margas con megacrystales de yeso (M-3), abundantes intercalaciones de yeso (Gr, Gl, Y) y algunas capas de calizas (Cm, Cn, Cr), dolomías (D) y lutitas (Fmv-1). En el occidental domina la asociación lutitas verdes (Fmv-1) y calizas masivas (Cm) con algunos niveles edafizados (Cr) o nodulosos (Cn). El sector central participa de las características de los dos anteriores que se interdigitan entre sí, y es allí donde se alcanzan los mayores espesores medidos.

Las características sedimentarias de la Unidad en el SECTOR ORIENTAL pueden resumirse en la serie del Camino de Taragudo (Fig. 7-1). La sucesión consiste en margas con cristales de yeso (M-3) que admiten diversas intercalaciones. Las margas se interpretan como depósitos lacustres. Los cristales lenticulares de yeso (cuya sección resulta en la típica estructura en punta de lanza) se formaron en una fase anterior a la litificación del sedimento a partir, presumiblemente, del sulfato cálcico disuelto en las aguas intersticiales o procedente de la destrucción de la materia orgánica que debía existir, lo cual es deducible de la coloración oscura y la suciedad de muchos de los cristales de yeso.

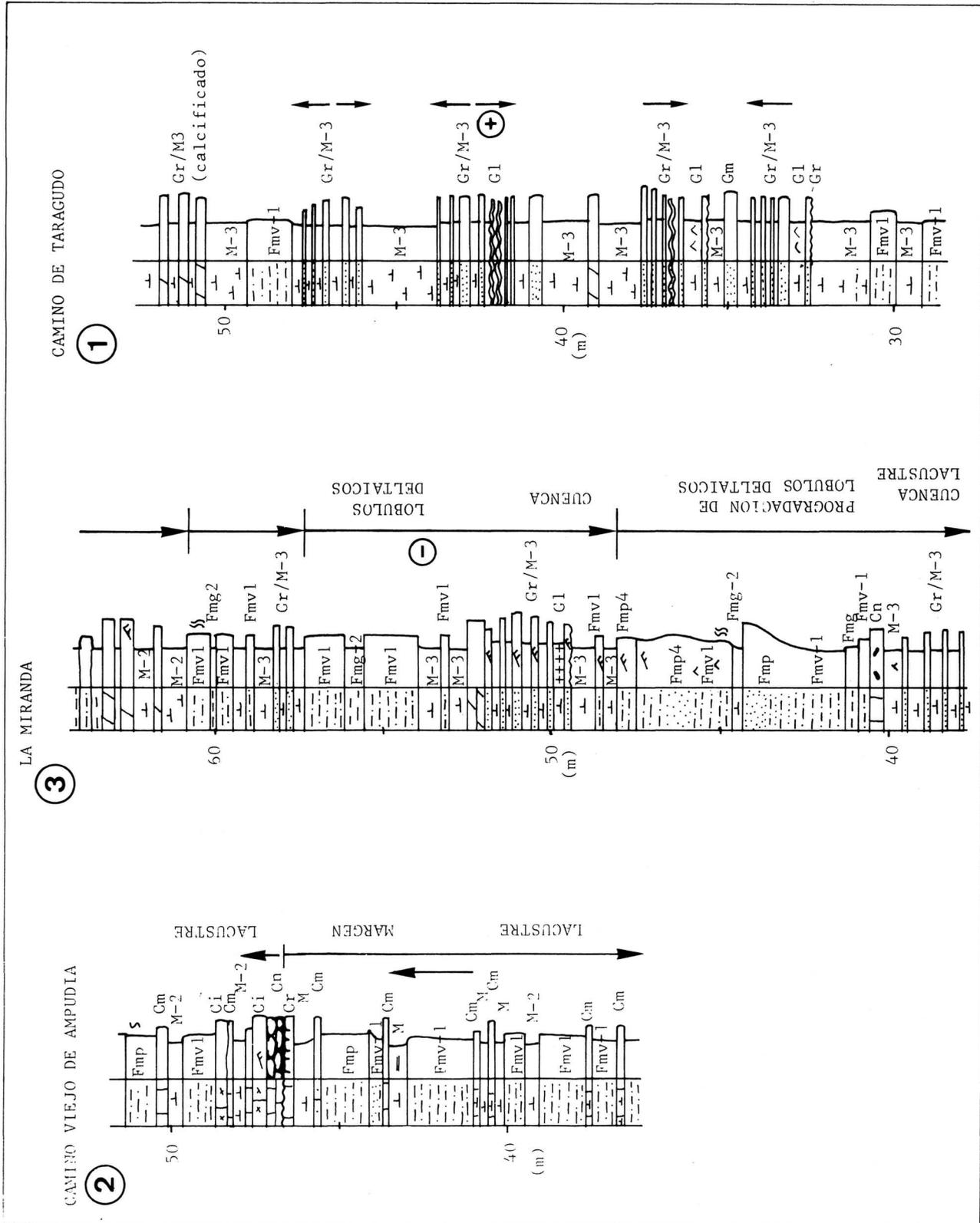


Figura 7. Segmentos de las columnas más representativas de la Unidad Media (adaptado de MEDAVILLA, 1985), que ilustran las asociaciones de facies más características en cada sector.

Las intercalaciones más características en esta sucesión son las de yeso detrítico o yesoarenitas («gypsarenitas») con laminación cruzada y granoselección positiva (facies Gr) y las yesoarenitas con laminación lenticular (facies Gl).

Las capas de Gr aparecen dispuestas en secuencias de espesor de estratos creciente o decreciente a techo (secuencias negativas y positivas respectivamente) a las que suelen asociarse las capas de Gl dispuestas hacia la base, por lo que su génesis está, en apariencia, relacionada.

Las yesoarenitas de facies Gr deben corresponder al depósito rápido de material yesífero detrítico (es decir, procedente de la erosión y transporte de masas de yeso preexistentes y expuestas a los agentes destructores) en una cuenca lacustre de aguas lo suficientemente saturadas en sulfato como para prevenir la disolución de esos aportes. La existencia de laminaciones cruzadas debidas a migración de ripples está en concordancia con la disminución progresiva de la energía del flujo de modo análogo a lo que sucede en las corrientes de turbidez convencionales (WALKER, 1965). No obstante, los mecanismos de detalle son algo diferentes debido a que la densidad del agua de la cuenca receptora es más elevada que la normal del agua lacustre o marina a causa de la elevada salinidad, rebajando el contraste de densidad entre la corriente de turbidez y el agua de la cuenca. El espectro de estructuras debe modificarse, también, por la menor densidad del yeso detrítico frente a los materiales siliciclásticos. En las cuencas de Granada y Madrid afloran facies semejantes que se han interpretado como turbiditas de yeso o depósitos en régimen de flujo gravitacional (DABRIO et al., 1982, MEGÍAS et al. 1983).

La pendiente de depósito y, en consecuencia la profundidad debieron ser bajas como se deduce de la aparición de laminación cruzada debida a *ripples* de oscilación. No obstante, hacia el noreste, pero fuera del área de estudio, se ha encontrado una estructura asimilable a un desplome (*slump*). La dirección general de los aportes parece ser desde el noreste, puesto que en esa dirección aumenta el espesor y la abundancia de las facies yesíferas. No se ha establecido de un modo concluyente el área madre del yeso.

La facies Gl puede atribuirse, en principio, a las etapas iniciales y a las facies marginales del proceso anterior, con remoción de menor cantidad de yeso que se acumula en *ripples* de oscilación aislados por defecto de arena (*starved ripples*).

El desarrollo de megasecuencias positivas o negativas de espesor de estratos responde a diferencias progresivas en los aportes y podría compararse, en principio, a algún tipo de lóbulo turbidítico (no relacionados, por supuesto, con abanicos submarinos o profundos) aplanados, o a una invasión masiva de la cuenca. Este tema es objeto de estudio monográfico por parte de los autores en la actualidad.

El resto de las intercalaciones obedece a distintos procesos que tuvieron lugar en el lago. La aparición de yeso selenítico (Y) supone episodios de cristaliza-

ción de yeso en el fondo, en la interfase agua-sedimento, a partir del sulfato cálcico disuelto en las aguas del lago. Su presencia supone episodios de alta salinidad que superan el punto de saturación en sulfato cálcico. Las intercalaciones Fmv-1 representan cuñas fluvio-lacustres distales a partir de puntos de aporte localizados. Los bancos de dolomía parecen estar relacionados con descensos del nivel del lago y transformación postsedimentaria en las áreas someras o marginales resultantes.

En la serie de Monzón del Campo (y en otros lugares) aparecen, además, intercalaciones carbonatadas con facies de calizas masivas, intraclásticas, nodulosas o con raíces (Cm, Ci, Cn, Cr) dispuestas en secuencias $M \rightarrow Cm \rightarrow Fmv-1 \rightarrow Ci$, y $M \rightarrow Cn \rightarrow Cr$, atribuidas a disminuciones de la profundidad y en el segundo caso, además, en emersión local y edafización.

En el SECTOR OCCIDENTAL, la serie del Camino Viejo de Ampudia, en el Cerro de Torremormojón, muestra un dominio de las alternancias de lutitas masivas verdes (Fmv-1) y de calizas margosas (Cm), interpretadas como sedimentos lacustres con aportes fluviales terrígenos finos y faunas de ostrácodos (Fig. 7-2).

Hacia la parte media se incorporan niveles margosos que forman parte de secuencias reactivas ($Cm \rightarrow M \rightarrow Cr$) con disminución de la profundidad y colonización por la vegetación cuyas raíces se conservan como moldes de grandes dimensiones. La secuencia suprayacente al nivel edafizado Cr, consiste en $Cn \rightarrow Ci \rightarrow M$ y registra el retorno a las condiciones lacustres. El resto de la unidad presenta características similares, con abundantes lutitas verdes.

La presencia de *C. tuberculata* (MEHES) indica unas condiciones lacustres de aguas con elevada salinidad, pero con aportes terrígenos a lo largo de todo el periodo de tiempo que abarcó el depósito de la Unidad Media, y sin que llegase a superarse el punto de saturación del sulfato cálcico.

En el SECTOR CENTRAL coexisten los sedimentos descritos en los dos anteriores. Como serie representativa se puede usar la de La Miranda (Fig. 7-3). En ella destacan cuatro megasecuencias negativas que contienen, hacia la base, sedimentos margocalizos y margosos (M-3) y yesíferos (Gr) con fauna de ostrácodos análogos a los del sector oriental y, hacia arriba, cuñas de lutitas verdes y rojizas (Fmv \rightarrow Fmp-4) fluviolacustres con intercalaciones de arcillas negras (Fmg-4) palustres.

El carácter cuneiforme y la megasecuencia negativa llevan a interpretar las unidades terrígenas como lóbulos deltaicos distales: las margas corresponden a los depósitos lacustres, las arcillas verdes bioturbadas al prodelta y las lutitas y arenas rojizas con laminación cruzada de *ripples*, al frente deltaico distal. A partir de la morfología y las relaciones laterales de facies de asume que los aportes terrígenos procedían del noroeste.

En RESUMEN (Fig. 8), el depósito de la Unidad Media se llevó a cabo en un ambiente lacustre complejo con dominio de la sedimentación margosa y repe-

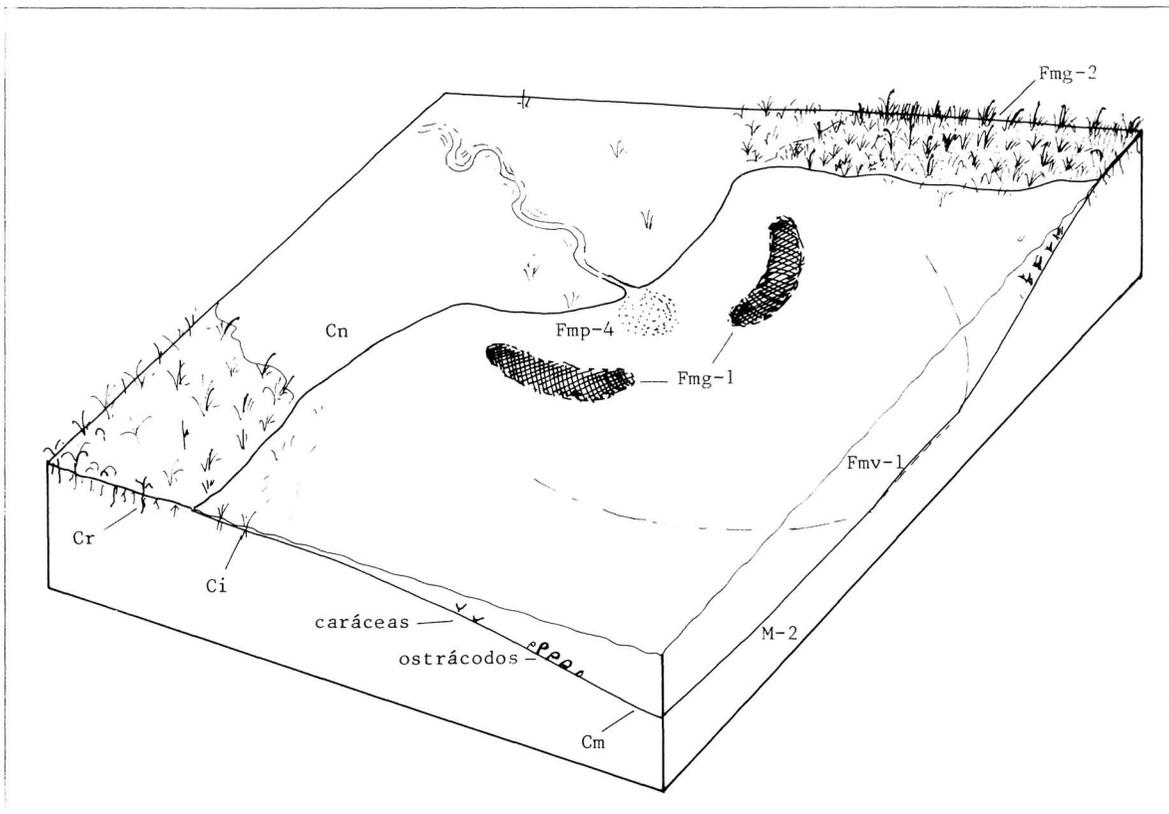


Figura 8. Modelo conceptual de la distribución de ambientes lacustres y palustres no evaporíticos y las facies resultantes en la Unidad Media aplicable también a las otras unidades descritas en el texto.

tidas llegadas de material terrígeno yesífero en forma turbidítica en las partes orientales y de la sedimentación arcillosa hacia el oeste, coexistiendo con depósitos margalizos o calizos. Entre ambas, y a favor de una paleopendiente heredada de la unidad anterior, se desarrollaron sistemas deltaicos progradantes hacia el sureste sobre los depósitos de «cuenca» lacustre salina, generando megasecuencias negativas que incluyen términos palustres caracterizados por arcillas negras (Fmg-2) y calizas con moldes de grandes raíces (Cr).

Como rasgo general se observa una transformación en carbonato de los términos yesíferos de la parte alta de la unidad, que puede estar relacionada con la percolación de aguas freáticas no salinas durante el depósito de los materiales que integran la Unidad Superior.

UNIDAD SUPERIOR

Consiste en calizas que suelen estar carstificadas y los afloramientos están cubiertos por arcillas de descalcificación. La potencia es variable a causa del carácter erosivo de la superficie que las limita a techo (PORTERO et al. 1982).

Los materiales detríticos finos más frecuentes son las lutitas verdes y pardas (facies Fmv-1 y Fmp-4) relacionadas lateral y verticalmente con margas, calizas homogéneas y calizas nodulosas (M-2, Cm, Cn), lo que sugiere un ambiente fluviolacustre semejante al invocado para la Unidad Inferior. No obstante el estudio es aquí más fragmentario y es difícil elaborar un modelo sedimentario detallado.

Un rasgo a destacar es la ausencia de yesos en esta unidad, que se interpreta debida a que las aguas de los lagos durante el depósito de esta unidad eran menos salinas que las de los que produjeron la Unidad Media.

En el extremo occidental del área estudiada se encuentran sedimentos detríticos que son difíciles de distinguir de los de la Unidad Media.

EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA Y CONCLUSIONES

El depósito de los materiales neógenos de Palencia se llevó a cabo en ambientes fluviales, palustres, lacustres y deltaicos, cuya posición y relaciones laterales cambiaban con el tiempo, y puede recogerse de un modo gráfico para facilitar su comparación (Fig. 9).

El depósito de la parte terminal de la UNIDAD BASAL (que es la única expuesta en superficie) corrió a cargo de sistemas fluviales de canales sinuosos (meandriformes) y llanuras de inundación complejas con zonas encharcadas (*backswamp*) y lagunares. Puede determinarse una faja de meandros con depósitos canalizados cuya dirección general de flujo es hacia el sur, y otro con predominio de ambientes de inundación y canales más escasos (Fig. 9-1). No obstante, la mala calidad de los afloramientos y el hecho de que sólo se pueda acceder a la parte terminal de la Unidad, hacen problemático el generalizar estas conclusiones.

A efectos de la reconstrucción de la paleotopografía, se ha supuesto que los episodios edafizados (paleosuelos) que se han tomado como límites de esta Unidad con la suprayacente, eran más o menos horizontales y que representan periodos apreciables de estabilización e interrupción del depósito.

El *tramo basal* de la UNIDAD INFERIOR evidencia un dispositivo paleogeográfico mas complejo (Fig. 9-2) con una banda palustre flanqueada por ambientes de llanura de inundación y, hacia el suroeste, ambientes lacustres. Es de destacar que la salinidad de las charcas del sector oriental aumenta hacia el sureste.

El *tramo superior* de la UNIDAD INFERIOR consiste en un lago con depósitos carbonatados y cuñas fluviolacustres, en forma de llanuras de inundación encharcadas al borde del lago, situadas al noroeste (Fig. 9-3). El mayor espesor de estos depósitos, relacionado, quizá, con la mayor velocidad de sedimentación,

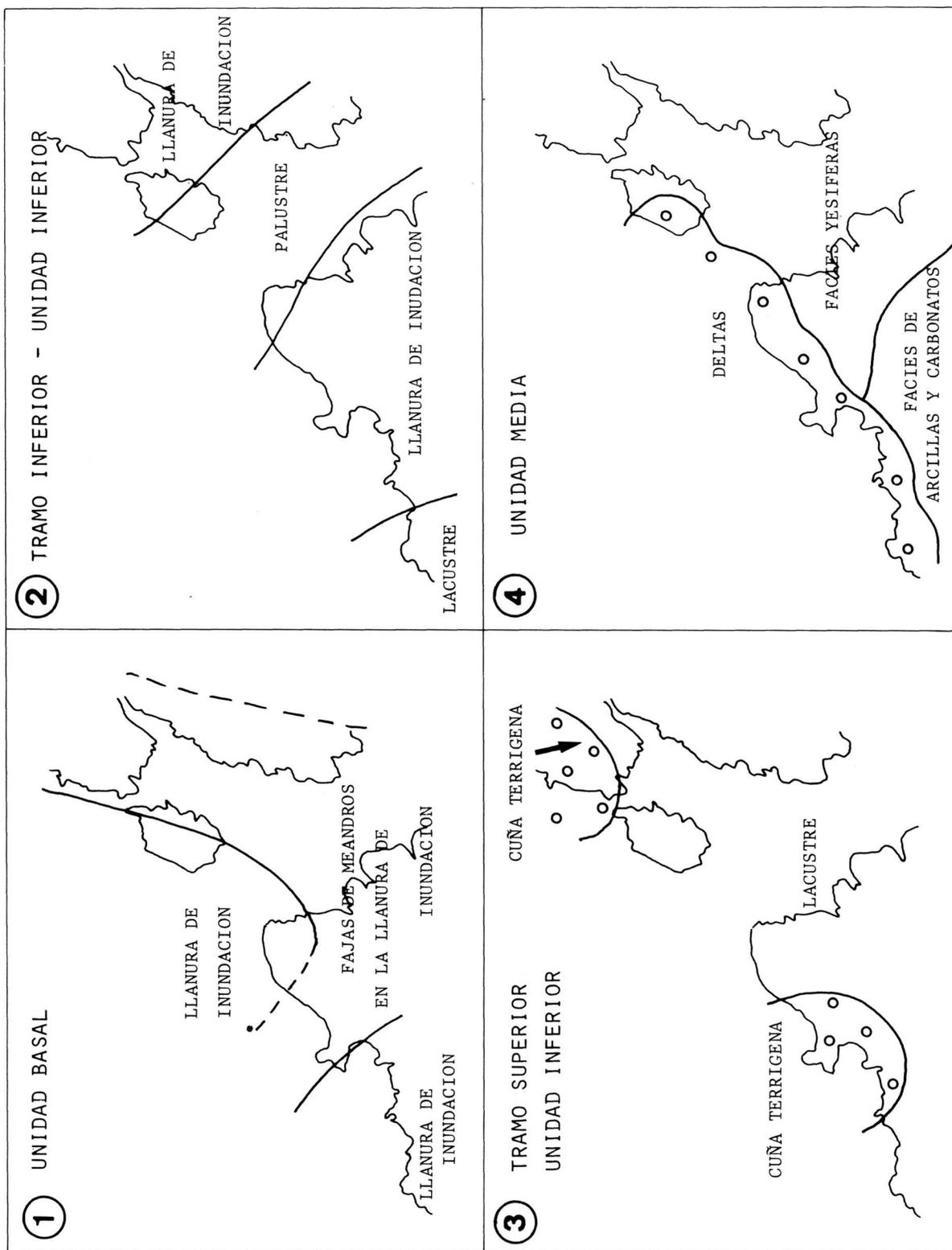


Figura 9. Evolución paleogeográfica esquemática de los alrededores de Palencia durante el Neógeno.

dio lugar al desarrollo de una paleopendiente que fue heredada posteriormente y condicionó en parte el desarrollo sedimentario durante la Unidad Media.

La UNIDAD MEDIA (Fig. 9-4) revela una pelogeografía lacustre con depósitos margosos hacia el este, donde se intercalan niveles de yeso detrítico (yesoarenitas) de tipo turbidítico, y depósitos arcillosos y carbonatados alternantes hacia el oeste. Entre ambas, y a favor de las paleopendientes anteriores, se desarrollaron deltas que progradaban sobre las facies lacustres generando megasecuencias negativas.

La UNIDAD SUPERIOR, mal conservada, presenta características similares a las de la Unidad Inferior, pero no se han podido establecer mapas paleogeográficos de cierto detalle.

Destaca, a lo largo de toda la evolución, el comportamiento subsidente de las zonas del Villalobón y, sobre todo, del Pisuerga, que se mantiene en la actualidad. Ello, unido a la rectitud de sus trazados sugiere un control tectónico.

REFERENCIAS

- ALLEN, J. R. L., 1970. Studies in fluvial sedimentation: A comparison of fining upwards cyclothems with special reference to coarse-member composition and interpretation. *J. Sedim. Petrol.* 40, 298-323.
- ARMENTEROS, I., 1985. Estratigrafía y sedimentología del Neógeno del sector suroriental de la Depresión del Duero (Aranda de Duero-Peñaafiel). *Tesis Doctoral Univ. Salamanca* (inédita). 692 p.
- CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J. F., 1954. Ensayo de síntesis sobre el Mioceno de la Meseta Castellana. *Bol. Real Soc. Española de Hist. Nat.* Tomo Ext. 215-227.
- DABRIO, C. J., MARTÍN, J. M. y MEGÍAS, A. G., 1982. Signification sédimentaire des evaporites de la Dépression de Grenade. *Bull. Soc. Geo. France.* 24, 705-710.
- DÍAZ, M., 1984. Sedimentación fluvial. *Ciclo de Seminarios de Sedimentología. IGME.* Vol. I, 27-92.
- FREYTET, P., 1984. Les sédiments lacustres carbonatés et leurs transformations par émerision et pedogenèse. Importance de leur identification pour les reconstitutions paléogéographiques. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine.* 8.1, 223-247.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. y DANTIN CERECEDA, J., 1915. Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. *Mem. Com. Inv. Pal. y Prehist.* 5, 1-295.
- LÓPEZ, N. y DE BORJA, F., 1982. Los primeros microvertebrados de la Cuenca del Duero: listas funísticas preliminares e implicaciones bioestratigráficas y paleofisiográficas. Síntesis del Terciario continental de la Cuenca del Duero. *Temas Geol. y Min.* 6, 341-353.
- MABESOONE, J. M., 1961. La sedimentación terciaria en una parte de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia). *Est. Geol.* 17, 101-130.

- MEDIAVILLA, R. M., 1985. Estratigrafía y sedimentología del Neógeno de Palencia. *Tesis de Licenciatura, Dpto. Estratigrafía, Univ. Salamanca* (inédita). 135 p.
- MEGÍAS, A. G., ORDÓÑEZ, S., CALCO, J. P. y GARCÍA DEL CURA, M. A., 1982. Sedimentos de flujo gravitacional yesíferos y facies asociadas en la cuenca neógena de Madrid, España. *V Cong. Latinoamericano de Geología, Argentina. Actas. II*, 311-328.
- MIALL, A. D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: A summary. En Miall, A.D. (ed) *Fluvial Sedimentology. Mem. Can. Soc. Petr. Geol.* 5, 597-604.
- NÚÑEZ, A., COLODRÓN, I., ZAZO, C., GOY, J. L., CABAÑAS, I. y URALDE, M. A., 1975. Mapa y memoria explicativa de la Hoja 273 (Torquemada) del MAGNA. *I.G.M.E. Madrid*.
- PLANS, P., 1970. La Tierra de Campos. *Inst. Geogr. Aplicada Patrón Alonso de Herrera CSIC, Madrid*.
- POLLARD, J. E., STELL, R. I. y UNDER-SRUD, E., 1982. Facies sequences and trace fossils in lacustrine and delta deposits, Hornelen Basin (M. Devonian), Western Norway. *Sedim. Geol.* 32, 63-87.
- PORTERO, J. M., DEL OLMO, P., RAMÍREZ, J. y VARGAS, J., 1982. Síntesis del Terciario Continental de la Cuenca del Duero. *Temas Geol. Min. IGME, Madrid.* 6, 11-27.
- TRUC, G., 1978. Lacustrine sedimentation in an evaporitic environment: the Ludian (Palaeogene) of the Mormoiron Basin, southeastern France. *Spec. Publs. int. Ass. Sediment. Amsterdam.* 15 p.
- WALKER, R. G., 1965. The origin and significance of the internal sedimentary structures of turbidites. *Proc. Yorks. geol. Soc.* 35, 1-32.