

# RESPUESTA SEDIMENTARIA A FACTORES ALOCÍCLICOS DURANTE EL EOCENO EN CUBILLOS (ZAMORA, OESTE DE LA CUENCA DEL DUERO)

*[Sedimentary response to alocyclic factors during Eocene in Cubillos, Zamora, west of the Duero Basin]*

J. DELGADO (\*)

(\*): Departamento de Física de la Materia Condensada, Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Valladolid. Plaza de Colmenares, 1. 40001 Segovia

(FECHA DE RECEPCIÓN: 2004-11-17) (FECHA DE ADMISIÓN: 2004-12-14)  
BIBLID [0211-8327 (2005) 41; 11-28]

**RESUMEN:** Al noreste de la ciudad de Zamora se encuentran materiales relacionados con los sedimentos lacustres más antiguos de la cuenca terciaria del Duero. El objeto del trabajo es el estudio estratigráfico y sedimentológico de estos materiales, localizados al oeste de la cuenca del Duero, en el área de Cubillos (Zamora). Se pretende determinar las evidencias de la evolución paleogeográfica como respuesta a los factores alocíclicos (tectónica y clima) a lo largo del Eoceno en el área de estudio.

El estudio de los materiales (denominados Unidad de Cubillos) permite establecer una evolución sedimentaria segmentada en cinco etapas o estadios paleogeográficos, comenzando con sedimentación fluvial procedente de distintas áreas madres, progradación deltaica y un sistema lacustre que parece ubicarse en una zona deprimida originada por conjunción de fallas. Posteriormente, existe una progradación de otro sistema fluvial de moderada sinuosidad procedente del N y NE. Todo parece indicar que el clima y la tectónica tuvieron un papel destacado en la sedimentación de la Unidad de Cubillos, donde el primero controlaba la dinámica de los ríos y la evolución del sistema lacustre y el segundo la subsidencia de éste y la reactivación de áreas madres.

**Palabras clave:** Sedimentación fluvio-lacustre, tectónica y clima, Eoceno, cuenca del Duero, Zamora.

**ABSTRACT:** To the northeast of Zamora's city they are materials related with the oldest lacustrine sediments in the tertiary Duero Basin. The aim of this paper is the sedimentologic and stratigraphic study of these materials, located to the west of the Duero Basin, around Cubillos, Zamora. It is sought to determine the evidences of the paleogeographic evolution through the sedimentary registration of the materials and how these configure the answer to the changes in the alocyclic factors (tectonic and climate) along the Eocene in the study area.

The study of the materials (Cubillos Unit) allows to establish a sedimentary evolution constituted by five stages, which consists of different paleogeographic phases, beginning with fluvial sedimentation coming from different source areas (southwest and northwest), deltaic gradation and a expansive lacustrine system and slight salinity and that it seems to be located in a depressed area originated by flaws conjunction. Later on, it exists a gradation of another fluvial system of moderate sinuosity coming from the N and NE. Everything seems to indicate that the climate and the tectonic have influenced significantly in the sedimentation of the Cubillos Unit, where the climate controlled the dynamics of the rivers and the evolution of the lacustrine system and the tectonic controlled the sinking of the lacustrine system and the source areas reactivation.

**Key words:** Fluvio-lacustrine sedimentation, tectonic and climate, Eoceno, Duero Basin, Zamora.

## INTRODUCCIÓN

Posteriormente al Paleoceno tiene lugar un estado compresivo con esfuerzos de dirección N-S y NO-SE originando, en el oeste de la cuenca del Duero, pequeñas depresiones de dirección NE-SO, NO-SE y NNE-SSO que actúan de forma independiente, comenzando la sedimentación eocena (ALONSO GAVILÁN, 1981). Los sistemas fluviales rellenan las depresiones paralelamente al eje de los graben (ARMENTEROS *et al.*, 2002).

En el área de Zamora el registro sedimentario del Eoceno inferior lo constituye la Unidad Media (Corrochano, 1982) o, al N del río Duero, Unidad de Cubillos (DELGADO & ALONSO GAVILÁN, 2003a) estando compuesta por

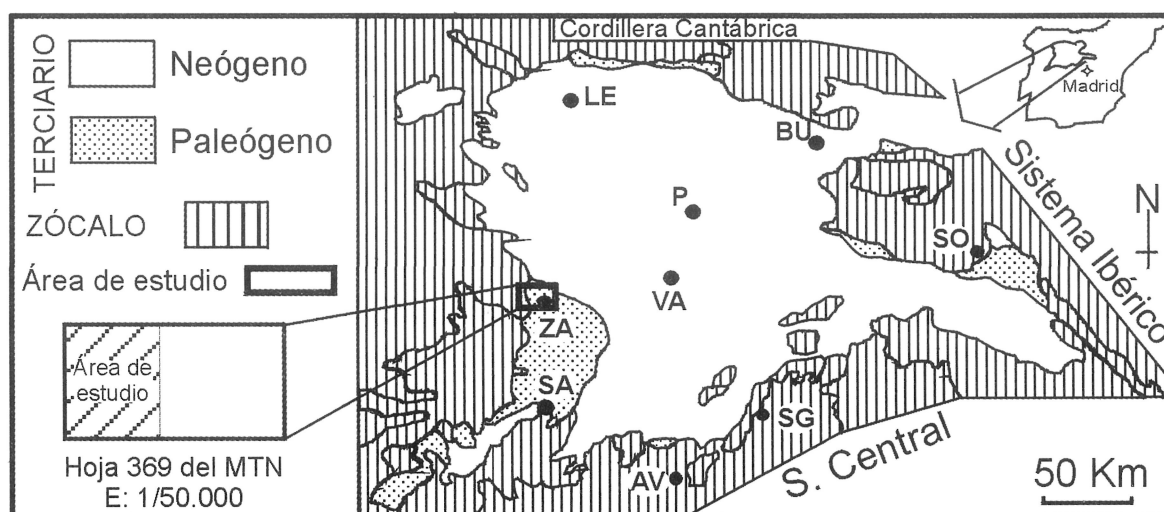


Figura 1: Área de estudio en la cuenca del Duero y en el mapa 369 escala 1:50.000 del M.T.N.

sedimentos arenosos y arcillas que evolucionan a techo a limolitas y margas, acabando en calizas. Según CORROCHANO (*op. cit.*), la sedimentación durante el Eoceno inferior se llevó a cabo por sistemas fluviales que confluyeron en un punto donde dieron lugar a ambientes restringidos de tipo *playa lake* y lacustre. Este sistema lacustre se caracterizaba, según ALONSO GAVILÁN *et al.* (1987) y MULAS & ALONSO GAVILÁN (1987), por tener “márgenes suaves y lámina de agua constante con oxigenación adecuada y desarrollo de pequeños deltas”.

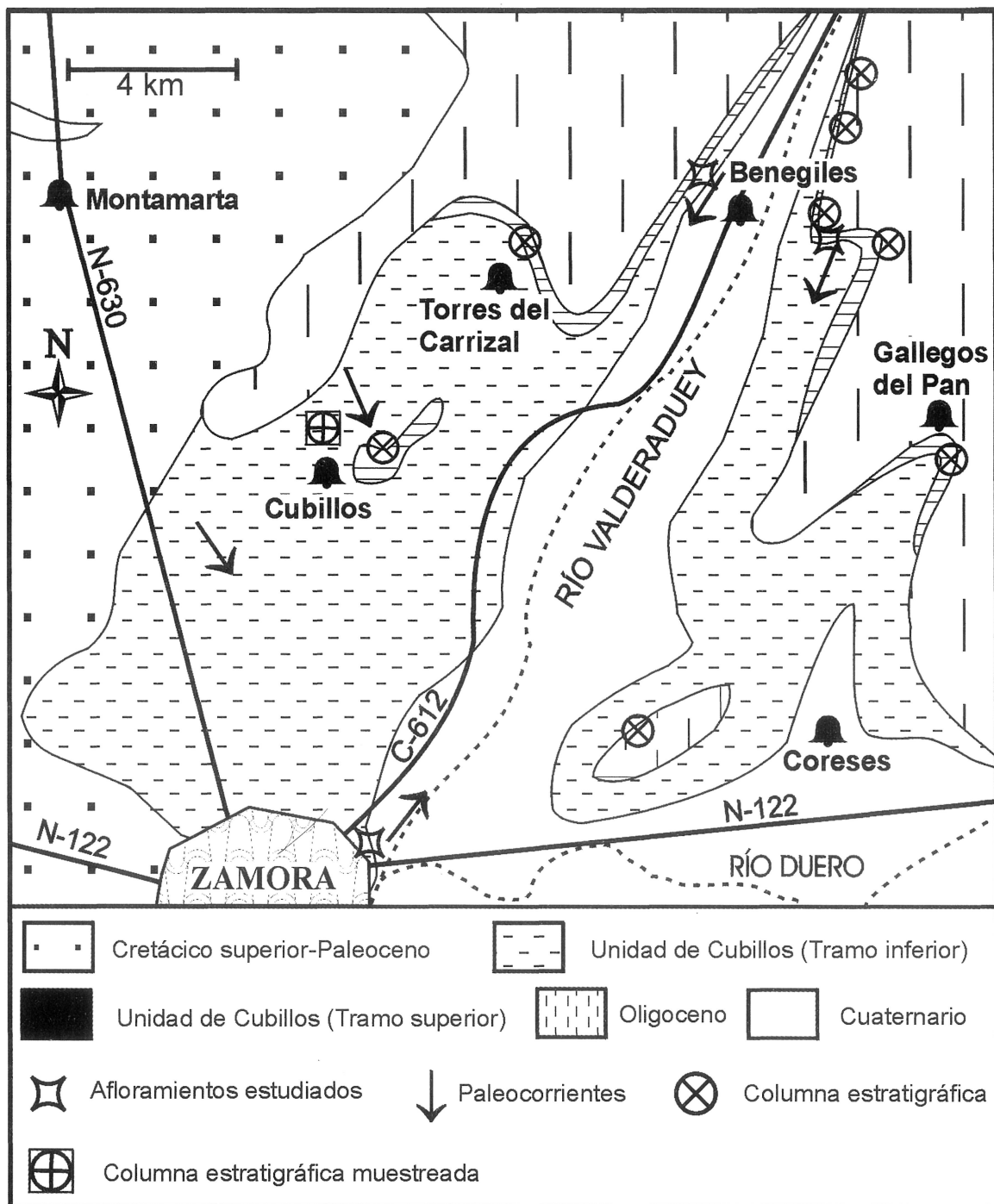


Figura 2. Cartografía geológica de la Unidad de Cubillos, columnas estratigráficas realizadas y afloramientos estudiados.

Un rejuvenecimiento de las áreas madres dio lugar a que en el tránsito del Eoceno medio al superior se instalaran diferentes facies, compuestas por ritmos conglomerático-arenosos y calizas que constituyen la Unidad Superior de CORROCHANO (1982) “cuyos depósitos se formaron por corrientes fluviales anastomosadas y charcas pertenecientes a zonas distales de abanicos aluviales”.

## OBJETIVOS

En este trabajo se revisan e interpretan, en detalle, parte de los materiales del Eoceno inferior-medio del O de la cuenca del Duero (figura 1) localizados a escasos kilómetros al E y NE de la ciudad de Zamora, ocupando un área de aproximadamente 300 km<sup>2</sup> y que engloban los municipios de Zamora, Coreses, Gallegos del Pan, Cubillos, Torres del Carrizal y Benegiles (figura 2). Estos materiales se denominaron Unidad de Cubillos (DELGADO & ALONSO GAVILÁN, 2003a) y se encuentran en el centro-sur de la hoja topográfica de Coreses (nº 369) escala 1:50.000 del M.T.N. presentándose como una franja que bordea los montes y cerros en torno a los ríos Duero y Valderaduey.

El objeto del trabajo es el estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales para establecer la historia geológica durante el Eoceno en el área de estudio.

## METODOLOGÍA

Se llevó a cabo la cartografía geológica a escala 1:50.000 y 1:25.000 del M.T.N. de la hoja nº 369 (Coreses) con el fin de establecer Unidades Litoestratigráficas siguiendo las pautas recogidas en la Guía Estratigráfica Internacional (HEDBERG, 1980). Se levantaron 9 columnas estratigráficas (figura 2) y se siguió una metodología basada en el estudio detallado de los afloramientos y en el análisis de facies, determinando las facies y realizando esquemas sedimentológicos y fotocomposiciones. Para la interpretación tridimensional de los afloramientos se siguieron las técnicas de ALONSO GAVILÁN (1981), ALLEN (1983) y MIAL (2000) identificando contactos, geometrías y relación entre estratos. La descripción e interpretación de las facies simples se basó en las definidas por MIAL (1978) y adaptaciones de PLATT & WRIGHT (1991) (tabla I).

FACIES	DESCRIPCIÓN	INTERPRETACIÓN
<b>Sp</b>	Areniscas con estratificación cruzada planar	<i>Sand waves</i>
<b>St</b>	Areniscas con estratificación cruzada curva	Dunas arenosas
<b>Sr</b>	Areniscas con laminación cruzada curva	Migración de <i>ripples</i>
<b>Sg</b>	Areniscas con estratificación cruzada y geometría sigmoidal	Mesoformas originadas en un flujo helicoidal
<b>Lm</b>	Limolitas	Moderada energía de sedimentación
<b>Fl</b>	Arcillas y limos laminados	Decantación y <i>ripples</i> aislados
<b>Fm</b>	Arcillas masivas y fangos	Decantación
<b>M</b>	Margas	Precipitación química carbonatada y leve influencia terrígena
<b>C</b>	Calizas	Precipitación química carbonatada

Tabla I.

La caracterización mineralógica mediante difracción de rayos X (DRX) se ha llevado a cabo siguiendo las técnicas de BROWN & BRINDLEY (1980).

## RESULTADOS

### ESTRATIGRAFÍA

La Unidad de Cubillos es discordante con la Formación Salamanca y superiormente está limitada con la suprayacente Unidad de Geroma por una disconformidad (DELGADO & ALONSO GAVILÁN, 2003a). La Unidad de Cubillos engloba las Facies de Valcabado, Facies de Cubillos, Facies de Torres del Carrizal y parte de las Facies de Entrala, definidas e incluidas en la Unidad Media de CORROCHANO (1982). Forma parte del *Stage 2* de ARMENTEROS *et al.* (2002) y de la *Unidad eocena-oligocena* de ALONSO GAVILÁN *et al.* (2004). La potencia a la que puede llegar todo el conjunto de sedimentos de la Unidad de Cubillos se estima en 71 m, disminuyendo de potencia hacia el O. Se divide en dos Tramos (figura 3):

El Tramo inferior tiene una potencia de 56 m que comienza con 4 m de areniscas masivas rojas y amarillas y abundantes rasgos de hidromorfismo. Sobre estas areniscas masivas se apoyan 4 m de areniscas finas amarillas con geometría canaliforme, estratificación cruzada y algunos niveles de arcillas y limos micáceos. Las paleocorrientes indican aportes hacia el NE. Los siguientes 12 m son secuencias granodecrecientes constituidas por areniscas amarillentas con laminación cruzada, limos amarillentos, arcillas pardas y, más esporádicamente, margas blancas. Las paleocorrientes indican aportes hacia el SE.

Finalizados los 12 m, hay sobre ellos 26 m ordenados en secuencias estratocrecientes y granocrecientes no sobrepasando cada una los 4 m de potencia. Están constituidas por arcillas pardas que evolucionan a limos amarillentos con bioturbación y acaban en areniscas verdosas con restos de vertebrados y aportes procedentes del N. En los siguientes 10 m las secuencias son métricas, alternando arcillas verdes y margas blancas con calizas blanco-verdosas al final del Tramo.

El Tramo superior está constituido por 16 m formados por secuencias granodecrecientes de areniscas con cantos blandos decimétricos oxidados, limos rojizos con laminación cruzada y arcillas pardo-amarillentas. Los paquetes arenosos más inferiores del Tramo tienen potencia métrica y geometría lenticular y se apoyan erosivamente sobre las litologías arcillosas y margosas del Tramo inferior. A techo, las areniscas se organizan en cuerpos sigmoidales con laminación cruzada cuya dirección es perpendicular a la dirección de estratificación. Presenta laminación de *ripples*. Las paleocorrientes indican aportes hacia el SSO y S.

### CRONOLOGÍA

A partir de los abundantes restos fósiles de vertebrados (quelonios, cocodrilos...) que se encuentran en esta Unidad, la sedimentación

presumiblemente se realizó durante el Eoceno inferior y el Eoceno medio (Neustriense-Rhenaniense para JIMÉNEZ & ALONSO ANDRÉS, 1994).

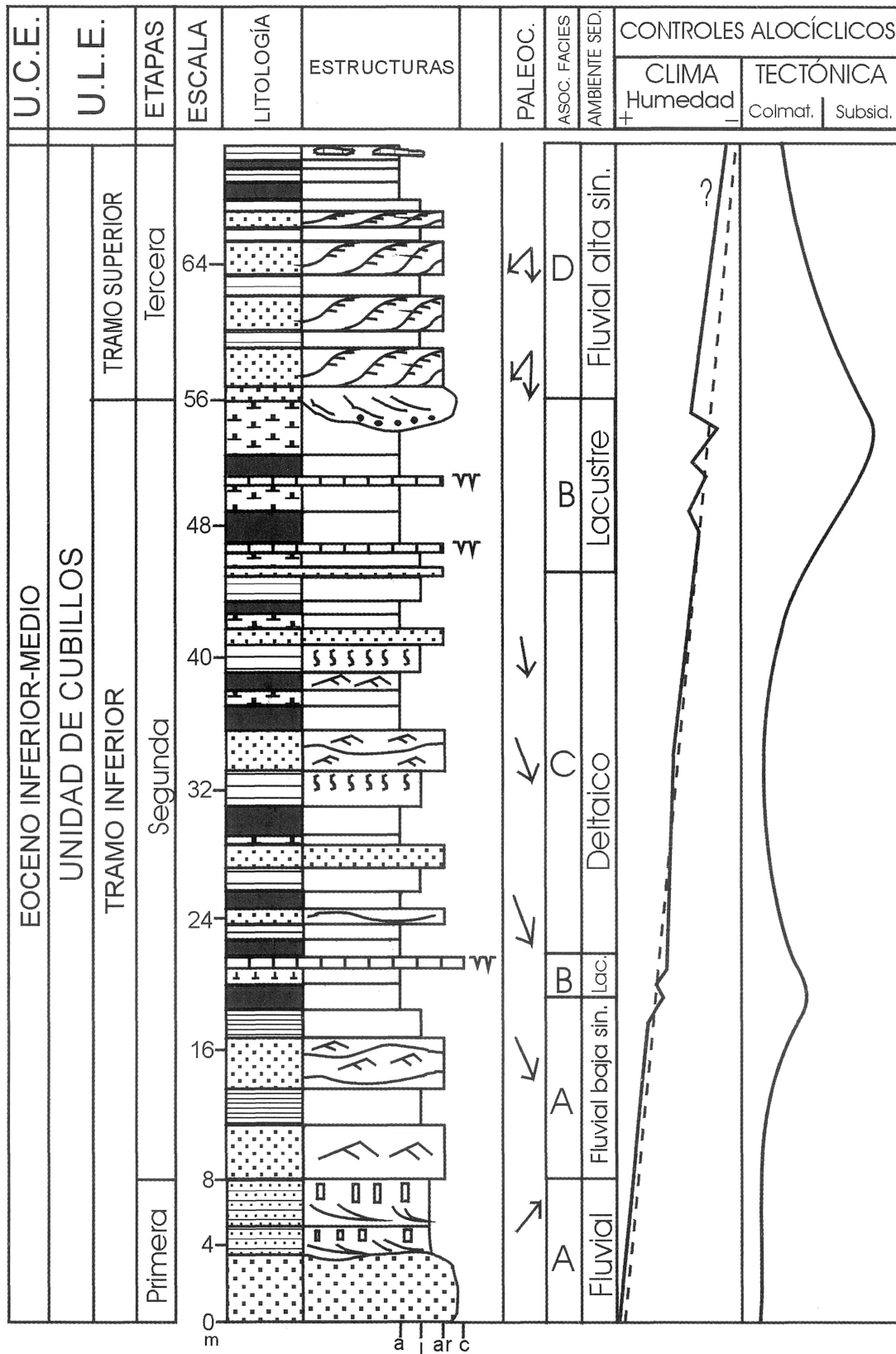


Figura 3. Columna estratigráfica general de la Unidad de Cubillos.

*Análisis de facies*

Considerando las facies descritas e identificadas y la relación entre ellas, se definen cuatro asociaciones de facies características, tres de ellas en el Tramo inferior (asociación A, asociación B y asociación C) y la cuarta en el superior (asociación D) (figura 4):

Asociación A: Formada por 3 m de areniscas, limos y arcillas (St-Sp-Sr-Lm-Fm), geometría tabular y base erosiva (figura 4 A). Es frecuente la presencia de bioturbación y de restos fósiles de vertebrados en las areniscas. La asociación representa el desarrollo de dunas, *sand waves* y *ripples* en un surco fluvial respondiendo a ciclos de avenidas.

Asociación B: Constituida por 2 m (figura 4 B) de arcillas verdes, margas blancas y niveles calizos con bioturbación y grietas de desecación. Se interpreta como sedimentación carbonatada en grandes masas de agua relacionadas con ambientes lacustres donde existían descensos en la lámina de agua con breves exposiciones subaéreas.

Asociación C: Tiene una potencia máxima de 3 m (figura 4 C) y está formada por arcillas verdes, limos verdes-amarillentos con *ripples* y bioturbación y areniscas con laminación cruzada con restos de vertebrados. La sucesión de facies (Fm-Lm-St), la geometría planoconvexa de los estratos y el carácter granocreciente y estratocreciente de éstos permite interpretar la secuencia como episodios relacionados con la progradación o desarrollo de barras de desembocadura de un sistema deltaico.

Asociación D: Tiene 3 m de potencia (figura 4 D) y está compuesta por areniscas pardas con estratificación cruzada curva, dispuestas en cuerpos sigmoidales, limos masivos o con laminación paralela y arcillas (Sg-Sr-Lm-Fl-

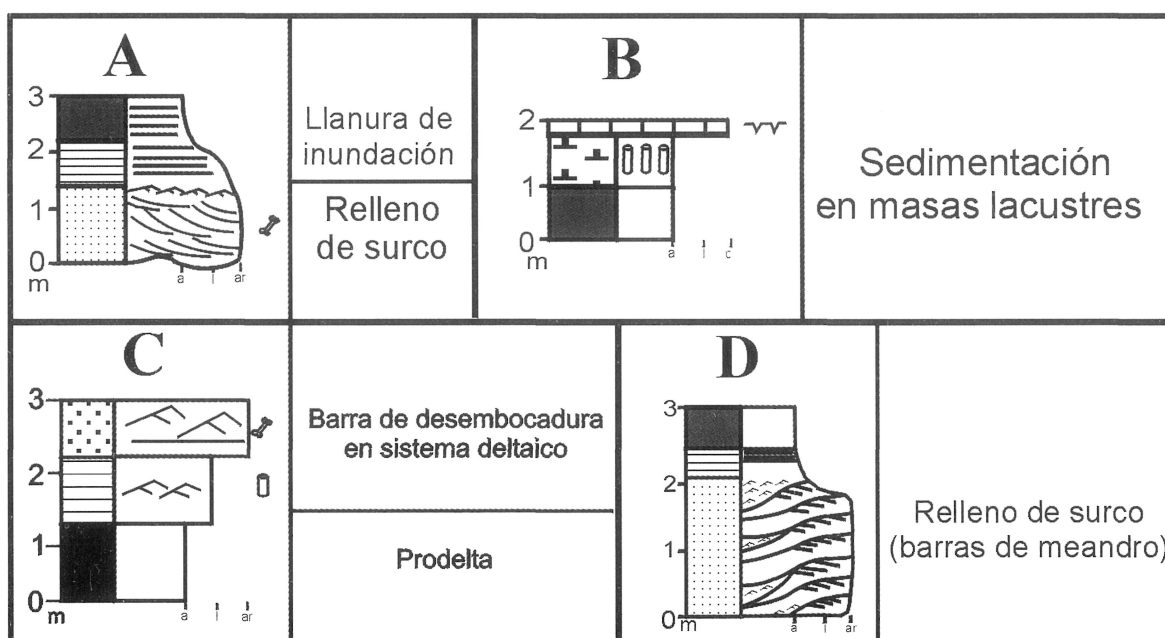


Figura 4. Asociaciones de facies definidas.

Fm). La dirección de la laminación interna es perpendicular a la de la estratificación. Esta asociación de facies representa el relleno de un surco fluvial en el que se desarrollaron mesoformas de flujo helicoidal generando barras de meandro.

### *Estudio de afloramientos*

#### Afloramiento ZA-1

Se localiza en la carretera de Zamora-Valladolid (N-122), junto al punto kilométrico 64, a escasa distancia de la localidad de Zamora (figura 5). El afloramiento constituye un escarpe en dos direcciones (E-O y N-S), 3 m de potencia y una longitud aproximada de 20 m (figura 5) y pertenece al Tramo inferior de la Unidad.

La estratificación está constituida por cuerpos arenosos de geometría alabeada identificando la asociación A de facies. La longitud de lámina de los estratos es de 8 m y las paleocorrientes tienen componente principal hacia el NE, coincidente con la dirección de las superficies mayores que separan los diferentes episodios.

El transporte se llevó a cabo por una corriente fluvial donde el sedimento se ordenaba en *megaripples* y *sand waves*. El crecimiento vertical de las mesoformas dominante frente al crecimiento lateral y las direcciones de las paleocorrientes coincidentes con la dirección de progradación de las mesoformas sugiere que se trate del relleno de surco en un sistema fluvial de moderada sinuosidad.

#### Afloramientos ZA-2 y ZA-3

Los dos afloramientos pertenecen al Tramo superior de la Unidad. Son dos antiguas canteras en Benegiles, localidad cercana a Zamora, separadas 2 km, a ambos lados del río Valderaduey (figura 2).

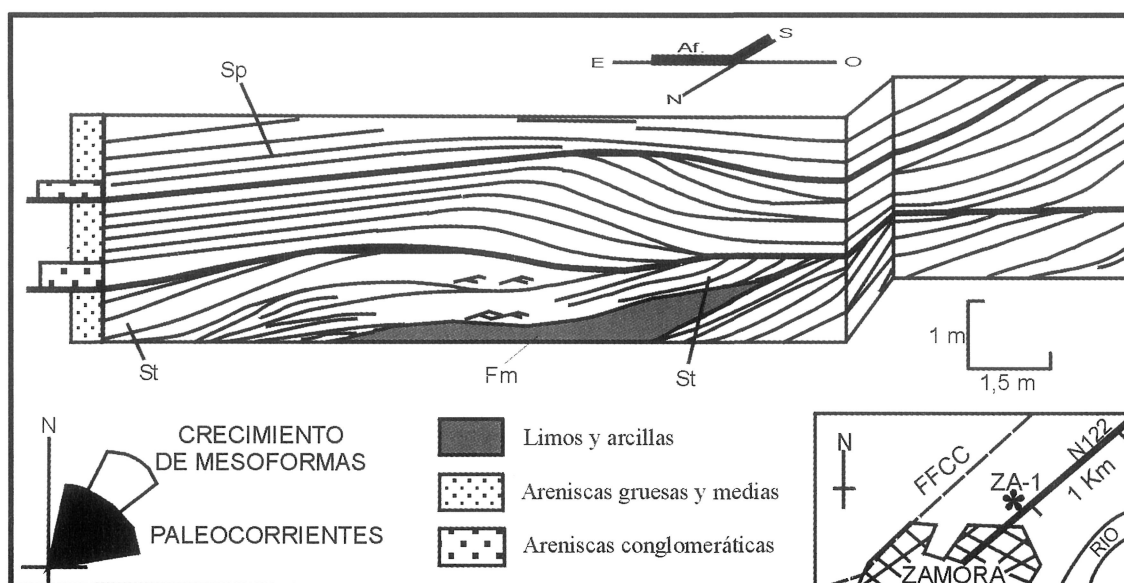


Figura 5. Esquema y situación del Afloramiento ZA-1.



Afloramiento ZA-2

Se localiza a 1 km de Benegiles, en la carretera que une este pueblo con Gallegos del Pan (figura 2). Está formado por dos escarpes contiguos de 22 y

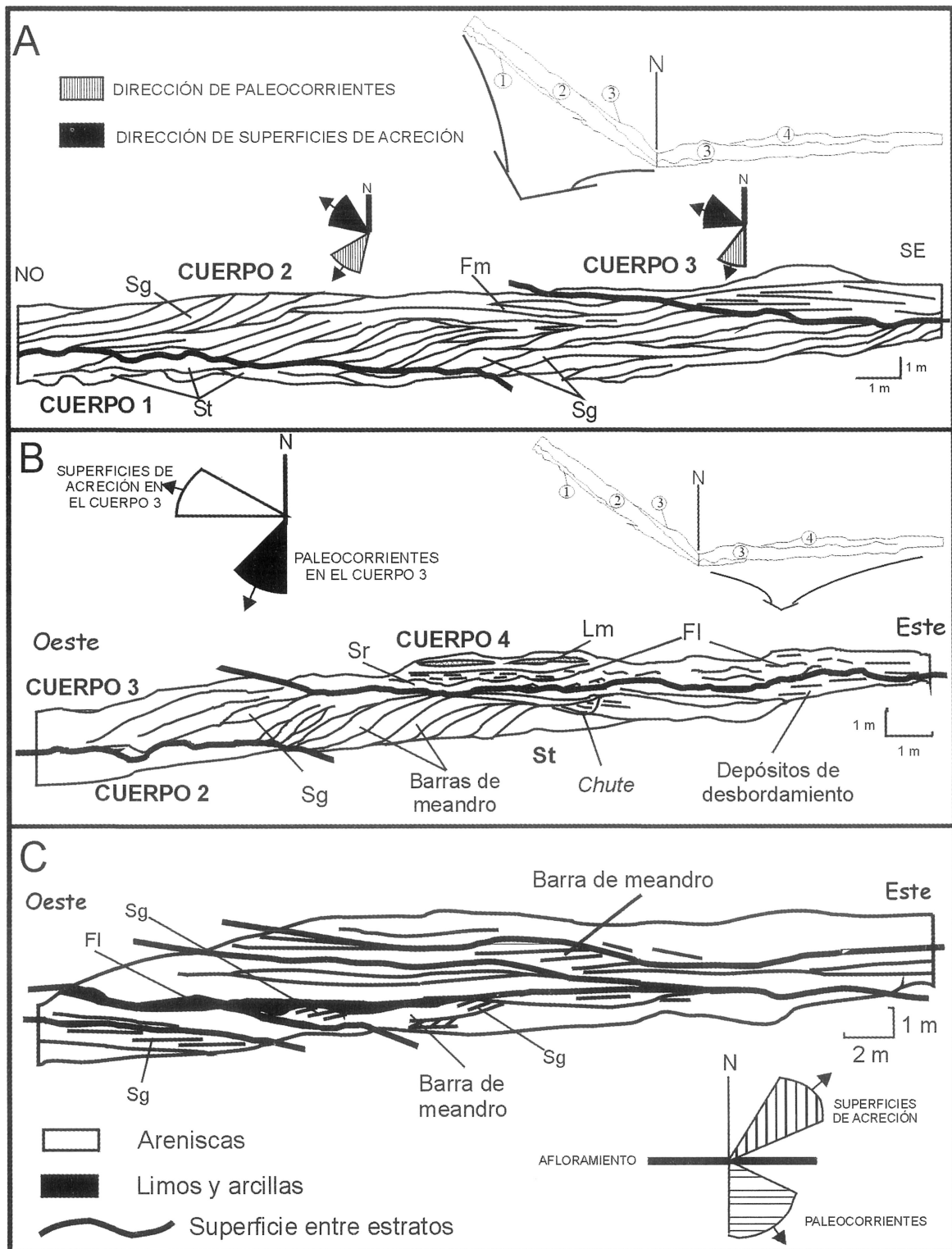


Figura 6. Esquemas de los afloramientos de Benegiles: A: Parte del afloramiento ZA-2 con dirección N135. B: Parte del afloramiento ZA-2 con dirección N90. C: Afloramiento ZA-3.

17 m de diferente orientación (figura 6 A). Se distinguen cuatro cuerpos sedimentarios separados por superficies erosivas. Para acometer mejor el estudio del afloramiento se estudiaron los cuerpos por separado:

Cuerpo 1: Tiene 11 m de longitud y 1 m de potencia (figura 6 A) y está constituido por facies St. Las limitaciones del afloramiento sólo permiten interpretarlo como desarrollo de *megaripples* y *ripples* en una corriente fluvial.

Cuerpo 2: Tiene 22 m de longitud y 4 m de potencia con una dirección de afloramiento N135 (figura 6 A). Está compuesto por facies Sg, St y Sr conformando estratos con geometría sigmoidal. En la parte superior del cuerpo, se encuentran facies Fm y Fl entre las arenas. Las superficies de acreción tienen sentido hacia el NO, mientras que las paleocorrientes dan un sentido al SO. La potencia media de los niveles es 1 m y la longitud en torno a 4 m. La relación anchura/profundidad (A/P) tiene un valor cercano a 4.

A partir de la estratificación, geometría y dispersión de las paleocorrientes, el Cuerpo 2 se interpreta como el desarrollo de mesoformas arenosas que progradaron lateralmente, hacia el NO, mientras que la corriente discurría hacia el SO, pudiéndose hablar entonces del apilamiento de barras de meandro.

Cuerpo 3: Se localiza sobre el Cuerpo 2. Tiene 2 m de potencia y 20 m de longitud, ocupando parcialmente los dos escarpes con orientación N135 (figura 6 A) y N90 (figura 6 B), respectivamente. Está compuesto por sucesión de estratos sigmoidales con la dirección de la laminación interna (SSO) perpendicular a la dirección de la estratificación (ONO). Los estratos están separados por superficies de reactivación no erosivas (en el sentido de DÍAZ MOLINA, 1993). Se manifiesta un dominio de acreción lateral y la relación A/P tiene un valor cercano a 2.

Considerando las direcciones de corriente, acreción, relación A/P y morfología de los estratos arenosos, el Cuerpo 3 se interpreta como mesoformas que se apilan lateralmente, configurando barras de meandro (DELGADO & ALONSO GAVILÁN, 2003b) con elevada carga en saltación y suspensión, presentando gran similitud con afloramientos atribuidos a depósitos de *point-bar* por WILLIS (1993), por BLODGETT & STANLEY (1980) y por BLUCK (1971). Se aprecian pequeños surcos con laminación cruzada curva que cortan el techo de las barras de meandro que se interpretan como *chutes*. Los materiales más modernos del cuerpo se localizan en la parte derecha del gráfico (figura 6 B) tratándose, posiblemente, de depósitos de desbordamiento.

Cuerpo 4: Tiene una longitud de 16,4 m, potencia de 2 m y está constituido por facies Sr, Lm y Fl. La dirección de afloramiento es N90 (figura 6 B). Forma un tableado con superficies internas de escaso relieve. Teniendo en cuenta las litologías y la relación con el cuerpo infrayacente, el Cuerpo 4 es el registro del relleno de un surco abandonado (DELGADO & ALONSO GAVILÁN, 2003b). La secuencia generada, con sedimentos finos relacionados con tapón de arcillas (*clay-plug*), se asemeja en mayor medida a la secuencia definida por WALKER (1979) en la migración de cursos fluviales por acortamiento de trayectoria (*chute cut-off*), lo que indica que el cambio de dirección se realizó progresivamente.

Afloramiento ZA-3

Está situado a 2 km del afloramiento ZA-2 (figura 2). Es un escarpe de 39 m de longitud y 5 m de potencia con una orientación N90 (figura 6 C). Está compuesto por areniscas y limos dispuestos en sigmoides de 8 m de longitud y 1 m de potencia, acreción hacia el NE y laminación hacia el SSE, separados

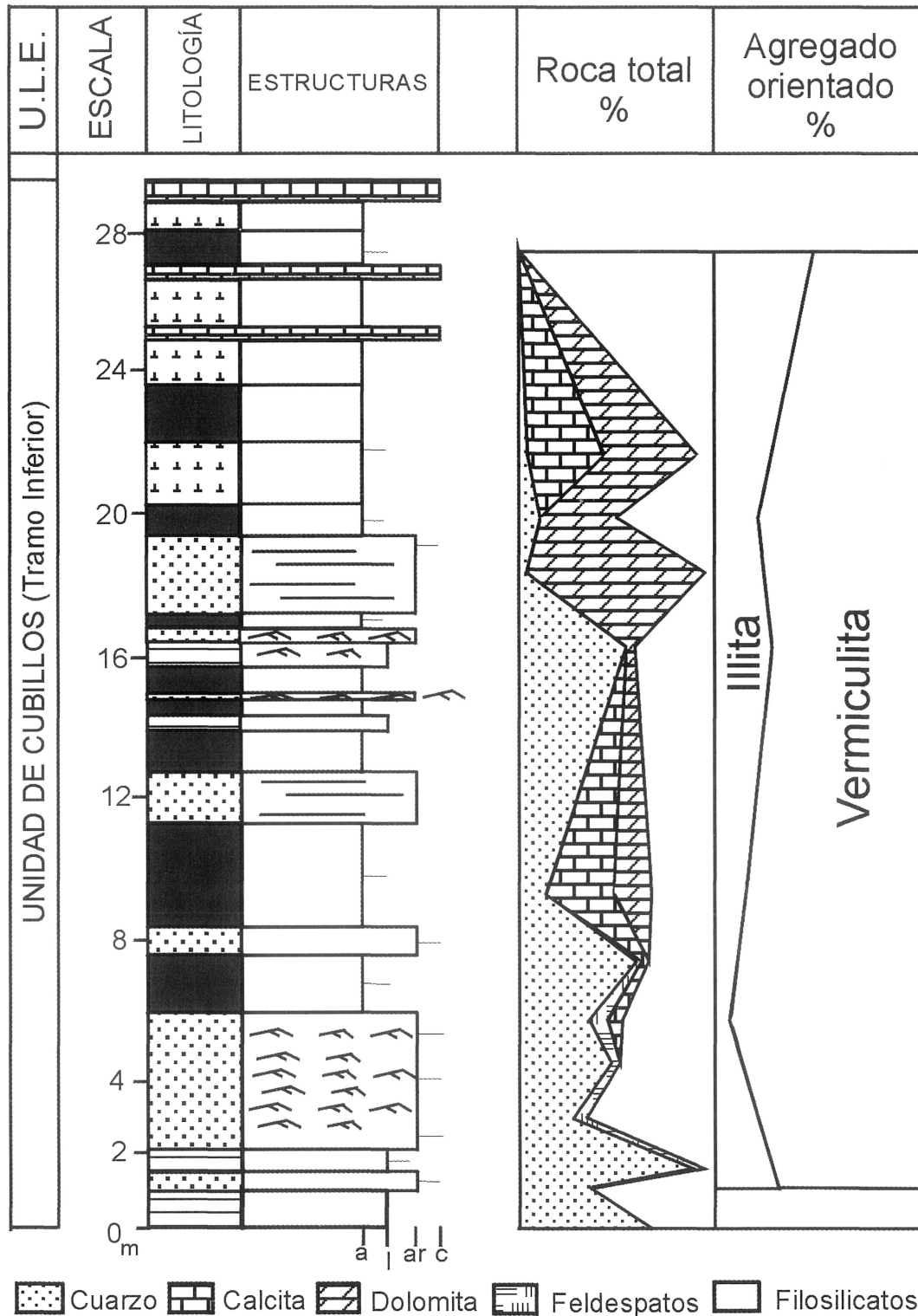


Figura 7. Columna estratigráfica de Atalaya.

por superficies remarcadas por facies Fl. A techo, los sigmoides están menos definidos, aunque aumentan de tamaño. La relación A/P está cercana a 8.

Teniendo en cuenta las direcciones de acreción y de corriente, morfología de los cuerpos, relación A/P, relación lateral y ordenación interna, el afloramiento se interpreta como la superposición de mesoformas con crecimiento lateral dominante generadas en un flujo helicoidal, pudiendo hablar de barras de meandro.

### *Análisis mineralógico*

Se muestreó la columna estratigráfica de Atalaya (figura 2) de cuyo resultado obtenido por difracción de rayos X se aprecia un aumento hacia el techo de los sedimentos carbonatados y de los filosilicatos, coincidiendo con una disminución del cuarzo (figura 7). Respecto a los minerales de la arcilla, se han identificado illita (contenido máximo 35%) y minerales del grupo de la vermiculita (contenido máximo 94%).

El origen del mineral de illita se considera heredado, mientras que el origen de los minerales del grupo de la vermiculita se relaciona con diagénesis temprana, atribuido a la alteración de micas o de cloritas, según BAILEY (1980), muy posiblemente vinculado a un clima de regiones templadas (ROBERT, 1975) o a un clima moderadamente húmedo, de acuerdo con las ideas de MOLINA (1999) y VICENTE *et al.* (1991).

## **INTERPRETACIÓN**

En los materiales estudiados se pueden diferenciar tres etapas de sedimentación que se agrupan en los dos Tramos de la Unidad de Cubillos (figura 3): las dos primeras etapas en el Tramo inferior y la tercera en el Tramo superior.

### **ETAPA PRIMERA**

La base del Tramo inferior la constituyen materiales detríticos cuyas características sedimentarias inducen a pensar que se trata del registro sedimentario de canales pertenecientes a un sistema fluvial de moderada sinuosidad muy cercano al nivel de base que discurría hacia el noreste.

### **ETAPA SEGUNDA**

Por otro lado, en el norte, se puede definir otro sistema fluvial procedente del noroeste en el que la superposición de asociaciones A permite clasificarlo como de moderada sinuosidad con canales que surcaban extensas llanuras de inundación (figura 8 A-1).

La intercalación de asociaciones B indica que los sistemas fluviales desembocaban en un sistema lacustre o en unas áreas lagunares que ya comenzaban a hacerse patentes.

La secuencialidad estratocreciente y granocreciente observada en algunos perfiles y las barras de desembocadura identificadas (asociaciones C), permiten comparar parte de los materiales con secuencias deltaicas ya reconocidas por MULAS & ALONSO GAVILÁN (1987) y con las descritas en el Terciario de Utah por RYDER *et al.* (1976), reconociendo en la Unidad de Cubillos una evolución desde una sedimentación fluvial dominante descrita anteriormente hacia una sedimentación de tipo fluviolacustre o deltaica (figura 3). Esta evolución marca la interacción entre el sistema lacustre, que ya comenzaba a ponerse de manifiesto, y los sistemas fluviales que lo alimentaban dando lugar a la formación de barras de desembocadura

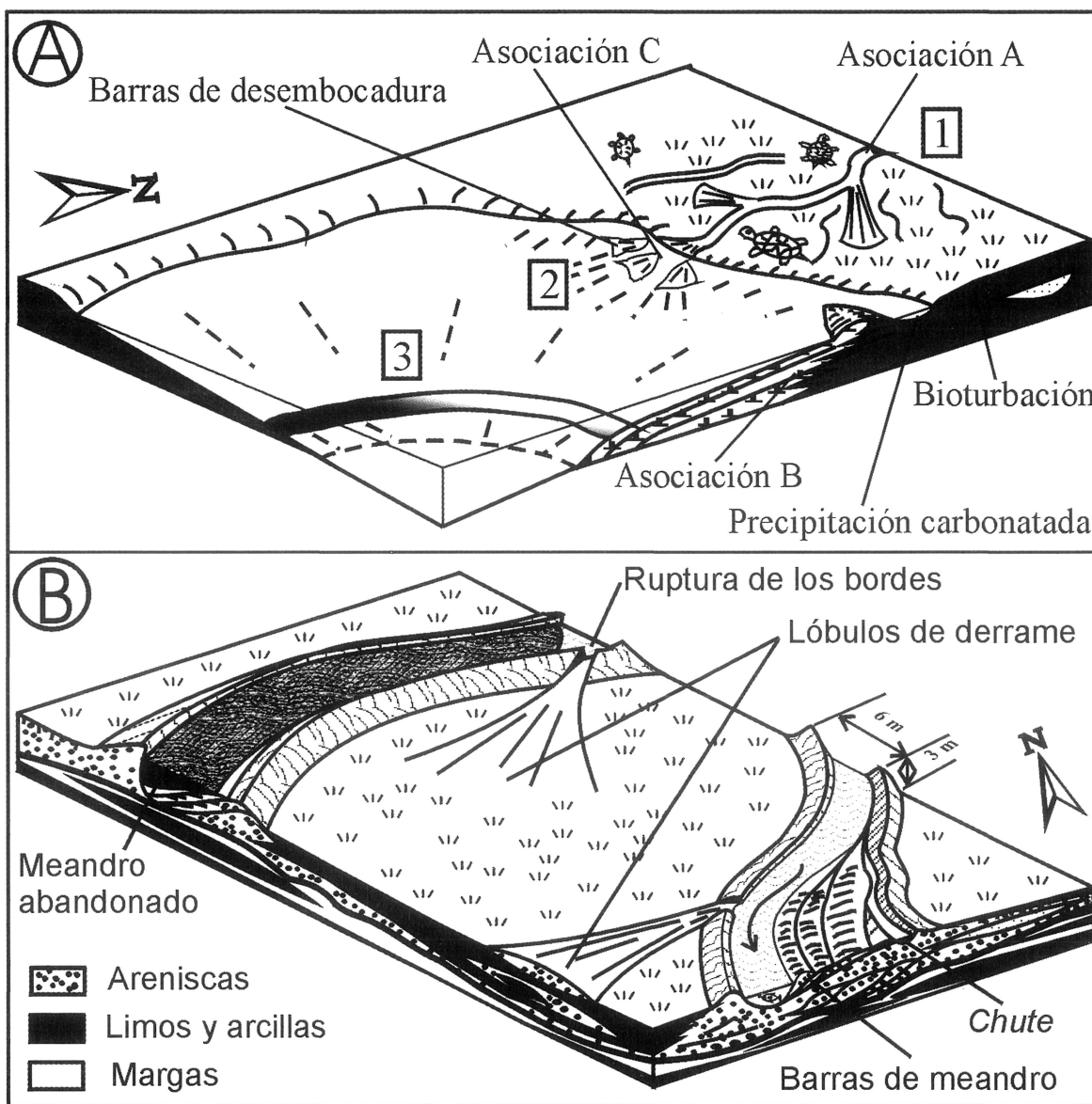


Figura 8. Modelos sedimentológicos deducidos: A: Tramo inferior. B: Tramo superior.

correspondientes a deltas de escasa envergadura (figura 8 A-2). Los restos de la fauna de vertebrados que habitaba el entorno del sistema lacustre eran arrastrados por los ríos al lago.

El aumento a techo de asociaciones de facies lacustres (asociación B) indica un carácter expansivo del sistema lacustre. Las secuencias somerizantes identificadas, con niveles centimétricos calizos, bioturbación y grietas de desecación, hacen pensar en periodos reactivos del sistema lacustre.

Teniendo en cuenta la organización, naturaleza, secuencialidad de los sedimentos y correlación entre afloramientos, se podría pensar que se trata de sedimentos formados en un sistema lacustre de tipo “rampa” de alta energía, atendiendo a los modelos de facies que para esta clase de materiales describen PLATT & WRIGHT (1991). Sin embargo, la posibilidad de que corresponda íntegramente a este tipo es descartada, ya que los materiales están bien estratificados, existe poca brechificación y tiene demasiada influencia detrítica, características todas ellas más propias del tipo “banco” de baja energía (PLATT & WRIGHT, 1991), aunque la inexistencia de buzamiento en la mayor parte de los afloramientos no permite tampoco encuadrarlo en su totalidad en este último tipo. Por tanto, sería más oportuno pensar que se trata de un modelo intermedio entre ambos (figura 8 A-3).

La lámina de agua mantenía, en general (salvo breves periodos de somerización), un nivel constante, pudiéndose considerar un lago abierto, en el sentido de WRIGHT (1990), en el que el aporte hídrico superaba o, al menos contrarrestaba, la evaporación. El color verdoso dominante de los sedimentos indica que la oxigenación de las aguas del sistema lacustre no era excesiva, teniendo condiciones relativamente reductoras. Sin embargo, la existencia de algunos niveles rojizos intercalados en las arcillas verdes y la inexistencia de materiales sapropélicos u organógenos (lignito) hace pensar que en algún momento debía de haber una completa oxigenación de todo el área del lago, teniendo parcialmente características de lagos oligotróficos.

La coexistencia de todos estos rasgos permite afirmar que tenía lugar una ciclicidad constituida por periodos largos de estratificación estable de las aguas (termal?), lo que daba lugar a poca productividad orgánica por mala redistribución de nutrientes (lo que explica la escasa presencia de materia orgánica), y periodos cortos en los que había un movimiento general de las aguas con buena oxigenación. Se trataba de un lago poco profundo y de aguas poco salinas, análogo al definido por VALERO GARCÉS *et al.* (1994) en los Apalaches, Estados Unidos.

### ETAPA TERCERA

En el Tramo superior, la superposición de asociaciones D permite afirmar que en esta etapa se desarrolló un sistema fluvial de sinuosidad relativamente alta que progradó hacia el SSO sobre el sistema lacustre anterior. La sedimentación característica se desarrolló en un cinturón de meandros de reducidas dimensiones (figura 8 B).

Prestando atención a los afloramientos ZA-2 y ZA-3, se observa que era frecuente la ruptura de los bordes generando lóbulos de derrame que invadían la llanura de inundación. Los desbordamientos podían provocar cambio de dirección de los canales, ocasionando el abandono de los meandros (figura 8 B).

## SÍNTESIS DEL MODELO SEDIMENTOLÓGICO

Sintetizando las características de cada tramo y las diferentes etapas paleogeográficas que incluyen, se pueden resumir los acontecimientos sedimentarios de la Unidad de Cubillos.

Inicialmente, la sedimentación dominante era de tipo fluvial cuyos aportes procedían del suroeste (etapa primera). Se registra otro sistema fluvial procedente del noroeste en la segunda etapa que posiblemente fuera sincrónico con el de la primera etapa. La evolución de la sedimentación en la etapa segunda dio paso al desarrollo de un sistema deltaico que supone la interacción entre los sistemas fluviales noroccidentales y un sistema lacustre con marcado carácter expansivo, finalizando la etapa con la definitiva implantación de éste.

Por último, sobre los sedimentos lacustres progresa un sistema fluvial de alta sinuosidad procedente del N-NE (etapa tercera o Tramo superior) que rompe la evolución secuencial que tenía hasta el momento la Unidad de Cubillos.

No se tiene certeza de que la alimentación del sistema lacustre fuese simultánea por parte de los sistemas fluviales del Tramo inferior y los del Tramo superior. Si fuera así, el sistema lacustre habría jugado el papel de cuenca receptora de los materiales aportados por los ríos que confluían en un área deprimida. Sin embargo, en el área de estudio sólo se puede afirmar que los aportes eran realizados inicialmente por sistemas fluviales procedentes del SO y NO, sin poder confirmar la existencia de otros aportes del N o NE, y con posterioridad, en el Tramo superior, se da la circunstancia inversa: los aportes provenían del N, sin poder confirmar la existencia de aportes procedentes del SO y NO.

Por otra parte, teniendo en cuenta la familia de fallas en el zócalo a las que se ajusta la red fluvial actual, destacando la falla de dirección N10 coincidente con el río Salado, fallas de dirección N30 que coinciden con el río Valderaduey y arroyo Algodre, la de dirección E-O coincidente con el río Duero y la N310 con el arroyo de Cubillos (figura 9) confluyendo todas ellas en un punto imaginario al SE de Zamora, y la situación de sedimentos lacustres relacionados con mayor batimetría, se puede asumir que ésta se localizaba en un área entre Torres del Carrizal, Cubillos y Coreses (figura 9). El sistema lacustre estuvo, según esto, enclavado en una pequeña cuenca tectónica configurada por la confluencia de las fallas citadas.

Considerando los datos aportados por el estudio mineralógico y las ideas de JIMÉNEZ (1974), quien, teniendo en cuenta los restos paleontológicos, opina que “el clima en el Eoceno inferior-medio debió de ser intertropical con variaciones oscilantes de humedad y tendencia a la aridez en el tiempo”,

se estima que durante la sedimentación de la Unidad de Cubillos existía un clima húmedo que facultaba que los ríos fueran perennes, con máximos de descarga, pero que presentaba una estación moderadamente seca de escasa duración. De esta manera, las precipitaciones proporcionaron el suficiente caudal para mantener un balance hídrico en el que el aporte de agua superara la evaporación y no cesara la alimentación del lago, pero con episodios, cada vez más frecuentes hacia el final de la sedimentación del Tramo inferior, que apuntan a periodos ligeramente secos o de estiaje generando somerizaciones en el sistema lacustre.

En este sentido, los factores alocíclicos que, en mayor medida, controlaron la sedimentación de la Unidad de Cubillos fueron el clima y la tectónica (figura 3). El clima sería el responsable de las condiciones de sedimentación reflejadas en los estadios o etapas menores de los Tramos controlando la dinámica de los ríos (crecidas, desbordamientos y estiaje) y la dinámica del lago (variaciones de la lámina de agua, aporte de agua, interacción río-lago).

La tectónica sería la responsable de la evolución y del cambio de sedimentación entre los Tramos inferior y superior (figura 3). Fue la responsable de la reactivación de los relieves, de la morfología del sistema lacustre y de la subsidencia necesaria para evitar la colmatación del lago durante la sedimentación del Tramo inferior. Por otra parte, la progradación del sistema fluvial del Tramo superior sobre el Tramo inferior también sería la respuesta a la reactivación tectónica de relieves septentrionales.

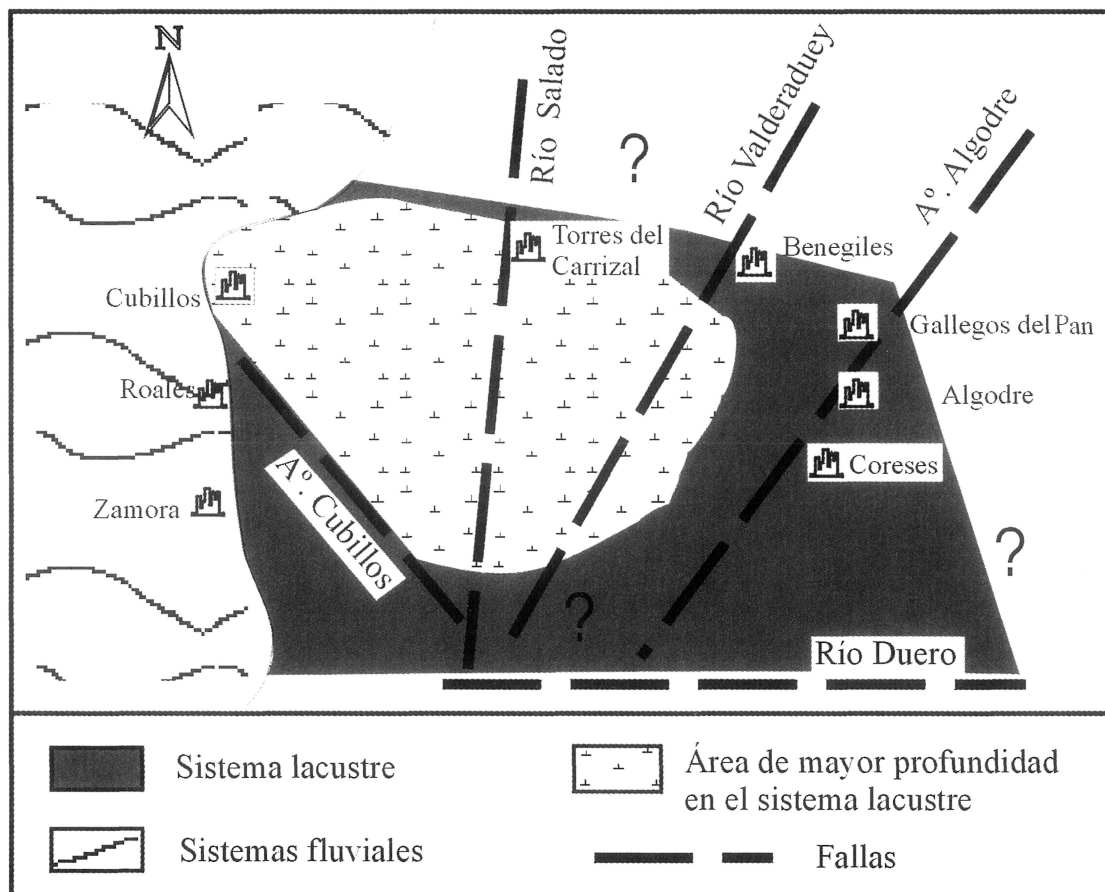


Figura 9. Paleogeografía de la Unidad de Cubillos durante el Tramo inferior.



## CONCLUSIONES

El estudio de los materiales pertenecientes a la Unidad de Cubillos permite establecer una evolución sedimentaria constituida por tres etapas paleogeográficas en el Eoceno en el área de Cubillos, provincia de Zamora, oeste de la cuenca del Duero.

La historia sedimentaria consta de diferentes estadios paleogeográficos, comenzando con sedimentación fluvial procedente de distintas áreas madres (suroccidental en la etapa primera y noroccidental en la etapa segunda), progradación deltaica y un sistema lacustre (ambos dentro de la evolución sedimentaria en la etapa segunda) de carácter expansivo y escasa salinidad y que parece ubicarse en una zona deprimida originada por conjunción de fallas. Posteriormente, existe una progradación de otro sistema lacustre de moderada sinuosidad (etapa tercera) procedente del N y NE. La relación entre las etapas permite dividir el registro sedimentario de la Unidad en dos Tramos: Tramo inferior, que agrupa las dos primeras etapas, y el Tramo superior, que constituye la tercera etapa.

Los factores alocíclicos que condicionaron la sedimentación de la Unidad de Cubillos fueron el clima y la tectónica. El primero controló la dinámica de los ríos (avenidas y estiaje) y la evolución del sistema lacustre (aporte y variación de la lámina de agua). El segundo controló la subsidencia del sistema lacustre para evitar su colmatación y la reactivación de áreas madres traducido en progradación fluvial.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, J. R. L. (1983): Studies in fluvial sedimentation: bars, bar-complexes and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the Brownstones (Lower Devonian), Welsh Borders. *Sedim. Geol.*, **33**: 237-293.
- ALONSO GAVILÁN, G. (1981): *Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno en el Borde Suroccidental de la cuenca del Duero (provincia de Salamanca)*. Tesis Doctoral. Univ. Salamanca, 435 pp.
- ALONSO GAVILÁN, G.; ARMENTEROS, I.; DABRIO, C. J. & MEDIAVILLA, R. M. (1987): Depósitos lacustres terciarios de la cuenca del Duero (España). *Stud. Geol. Salmant.*, **24** (supl. 1): 47 pp.
- ALONSO GAVILÁN, G. (coord.); ARMENTEROS, I. (coord.); CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A.; HUERTA, P. & RODRÍGUEZ, J. M. (2004): Cuenca del Duero. In: *Geología de España* (edit. VERA, J. A.). SGE-IGME, Madrid, pp. 550-556.
- ARMENTEROS, I.; ALONSO GAVILÁN, G.; CARBALLEIRA, J.; CORROCHANO, A. & RODRÍGUEZ, J. M. (2002): Tertiary (Duero basin). In: *The geology of Spain* (edits. GIBBONS, W. & MORENO, T.). *Geol. Soc. London*, pp. 309-334.
- BAILEY, S. W. (1980): Structures of layer silicates. In: *Crystal structures of clay minerals and their X-Ray identification* (edits. BRINDLEY, G. & BROWN, G.). *Miner. Soc. London*, pp. 51-124.
- BLODGETT, R. H. & STANLEY, K. O. (1980): Comparison of bed form variance spectra within a meander bend during flood and average discharge. *Jour. Sed. Petrol.*, **50**: 149-155.

- BLUCK, B. J. (1971): Sedimentation in the meandering river Endrick. *Scott. Jour. Geol.*, **7**: 93-138.
- BROWN, G. & BRINDLEY, G. W. (1980): X-Ray Difracción procedures for clay mineral identification. In: *Crystal structures of clay minerals and their X-Ray identification* (edits. BRINDLEY, G. W. & BROWN, G.). *Miner. Soc. London*, pp. 305-360.
- CORROCHANO, Á. (1982): El paleógeno del Borde Occidental de la cuenca del Duero, provincia de Zamora. *Temas Geol. Min., Inst. Geol. Min. España*, **6 (2)**: 687-697.
- DELGADO, J. & ALONSO GAVILÁN, G. (2003a): Estratigrafía y aproximación a la historia geológica del Terciario de la cuenca del Duero entre Zamora y Tordesillas (Valladolid). *Stud. Geol. Salmant.*, **39**: 137-167.
- DELGADO, J. & ALONSO GAVILÁN, G. (2003b): Los sistemas fluviales eocenos en Benegiles (Zamora), borde oeste de la cuenca del Duero. *Geotemas*, **5**: 57-60.
- DÍAZ MOLINA, M. (1993): Geometry and lateral accretion patterns in meander loops: examples from the Upper Oligocene-Lower Miocene, Loranca Basin, Spain. *Int. Ass. Sediment., Spec. Publ.*, **17**: 115-131.
- HEDBERG, H. D. (ed.) (1980): *Guía Estratigráfica Internacional* (traduct. Salvador, A.; Reguant, S. & Longoria, J. P.). Ed. Reverté, 205 pp.
- JIMÉNEZ, E. (1974): Iniciación al estudio de la climatología del Paleógeno de la cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica. *Bol. Geol. Min.*, **85 (5)**: 518-524.
- JIMÉNEZ, E. & ALONSO ANDRÉS, L. (1994): Nuevos hallazgos de Trionychidae en el Eoceno de Salamanca y Zamora. Consideraciones sobre los ecosistemas fluviales durante el Eoceno de la cuenca del Duero. *Stud. Geol. Salmant.*, **29**: 95-113.
- MIALL, A. D. (1978): Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: *Fluvial Sedimentology* (edit. MIALL, A. D.). *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**: 597-623.
- MIALL, A. D. (2000): *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Ed. Springer Verlag, London, 582 pp., 2ª ed.
- MOLINA, E. (1999): Las paleoalteraciones en el zócalo hercínico ibérico: fundamentos metodológicos y perfiles tipo. *Stud. Geol. Salmant.*, **Vol. esp. 7**: 87-100.
- MULAS, M. E. & ALONSO GAVILÁN, G. (1987): Facies lacustres paleógenas de Cubillos (Zamora). *Stud. Geol. Salmant.*, **24 (supl. 1)**: 10-14.
- PLATT, N. H. & WRIGHT, P. H. (1991): Lacustrine carbonates: facies models, facies distribution and hidrocarbon aspects. *Inter. Assoc. Sediment., Spec. Publ.*, **13**: 57-74.
- ROBERT, M. (1975): Principes de détermination qualitative des Minéraux argileux a l'aide des Rayons X. *Ann. Agron.*, **26 (4)**: 363-399.
- RYDER, R. T.; FOUCH, T. D. & ELLISON, J. H. (1976): Early Tertiary sedimentation in the western Uinta Basin, Utah. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **87 (4)**: 496-512.
- VALERO GARCÉS, B. L.; GIERLOWSKI-KORDESCH, E. & BRAGONIER, W. A. (1994): Lacustrine facies model for nonmarine limestone within cyclotherms in the Pennsylvanian Upper Freeport Formation, Appalachian Basin and its implications. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Core Workshop*, **12**: 321-381.
- VICENTE, M. A.; MOLINA, E. & ESPEJO, R. (1991): Clays in paleoweathering process: study of typical weathering profile in the Hercynian basement in the Montes de Toledo (Spain). *Clay Miner.*, **26**: 81-90.
- WALKER, R. G. (ed.) (1979): *Facies models*. Ed. Geoscience Canada, Toronto, 211 pp.
- WILLIS, B. J. (1993): Interpretation of bedding geometry within ancient point-bar deposits. *Inter. Assoc. Sediment., Spec. Publ.*, **17**: 101-114.
- WRIGHT, P. (1990): Lacustrine Carbonates. In: *Carbonate Sedimentology* (edits. TUCKER, R. E. & WRIGHT, V. P.). Blackwell Scientific Publ., London, pp. 164-190.