

PALEOGEOGRAFIA DE LA
MESETA NORTE DURANTE EL
TERCIARIO

EDITOR:

C. J. DABRIO (Madrid)

EDICIONES UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

1989

PROCESOS SEDIMENTARIOS Y DESARROLLO DE
SAND FLATS EN RIOS ARENOSOS DEL EOCENO
DEL SUROESTE DE LA DEPRESION DEL DUERO

G. Alonso Gavilán¹, C. J. Dabrio², R. M. Mediavilla³ e I. Armenteros¹

RESUMEN.- La Formación Areniscas de Cabrerizos (Eoceno Medio-Superior) está formada por depósitos siliciolásticos correspondientes a sistemas fluviales arenosos trenzados que drenaban áreas fundamentalmente metamórficas y granitoides ubicadas al sur y suroeste de la actual cuenca del Duero. La sedimentación estuvo controlada por variables autocíclicas (el endurecimiento precoz de los sedimentos superficiales que actuaron más tarde como sustratos de los canales y la presencia de obstáculos en el lecho de los canales) y alocíclicas (la estacionalidad de un clima semiárido aunque se mantenían los cursos de agua más o menos constantes). Los cauces, de elevadas relaciones de anchura/profundidad, tenían una elevada capacidad erosiva pero como el sustrato era resistente a ella, la erosión se concentró preferentemente sus propias márgenes. En algunos momentos de la historia de los canales se depositaron grandes bancos de arena (*sand flats*) que propiciaron la aparición de áreas elevadas topográficamente que quedaban total o parcialmente emergidas en los estadios de aguas bajas (estiaje).

PALABRAS CLAVE: Sedimentología, ríos trenzados, *sand flats*, Eoceno, Cuenca del Duero, España.

ABSTRACT.- The Cabrerizos Sandstone Formation (Middle-Upper Eocene) was deposited by braided fluvial systems with broad, shallow channels (high values of the width/depth ratio), flowing towards the NE, N and NW after draining metamorphic and granitic source areas. Sedimentation occurred under autocyclic (the early hardening of the surficial sediments due to processes of calcrete formation, and the existence of obstacles in the course of the channels) and allocyclic (the seasonality of a semi-arid climate although the water courses lasted over the whole year) factors. Channels were able to erode the substratum but, as far as it was resistant, most of the erosion concentrated along the margins. In some moments of the history of the channels sand flats developed which underwent partial subaerial exposure during low-water stages.

KEY WORDS: Sedimentology, braided rivers, sand flats, Eocene, Duero Basin, Spain.

INTRODUCCION

Los materiales paleógenos de los alrededores de Salamanca (SO de la Cuenca del Duero) pueden dividirse en tres Formaciones discordantes entre sí cuya repartición areal actual está condicionada por el sistema de fracturas de Alba-Villoria de dirección NE-SO afectando al zócalo paleozoico metasedimentario (Fig. 1).

La unidad inferior (Fm Detrítica de Salamanca), atribuida al Paleoceno (sin que pueda descartarse que sea más antigua), es terrígena y se caracteriza por la presencia de cemento silíceo (ALONSO GAVILAN, 1981). La unidad intermedia es la Fm Areniscas

Trabajo realizado dentro del Proyecto CICYT PR 84-1113.

1.- Departamento de Geología (Estratigrafía), Facultad de Ciencias, Universidad. 37008-Salamanca

2.- Departamento de Estratigrafía, Facultad de Geología, Universidad Complutense. 28040-Madrid.

3.- I.T.G.E., Rios Rosas 23. 28003-Madrid

de Cabrerizos (ALONSO GAVILAN, 1981) atribuida al Eoceno Medio (Rhenaniense) es de naturaleza detrítica, de color amarillento y a ella pertenecen los materiales objeto de este trabajo. La unidad superior, atribuida al Eoceno Superior-Oligoceno (Headoniense-Sueviense), se denomina Fm Areniscas de Aldearrubia (ALONSO GAVILAN, 1981) y es detrítica con un intenso color rojizo.

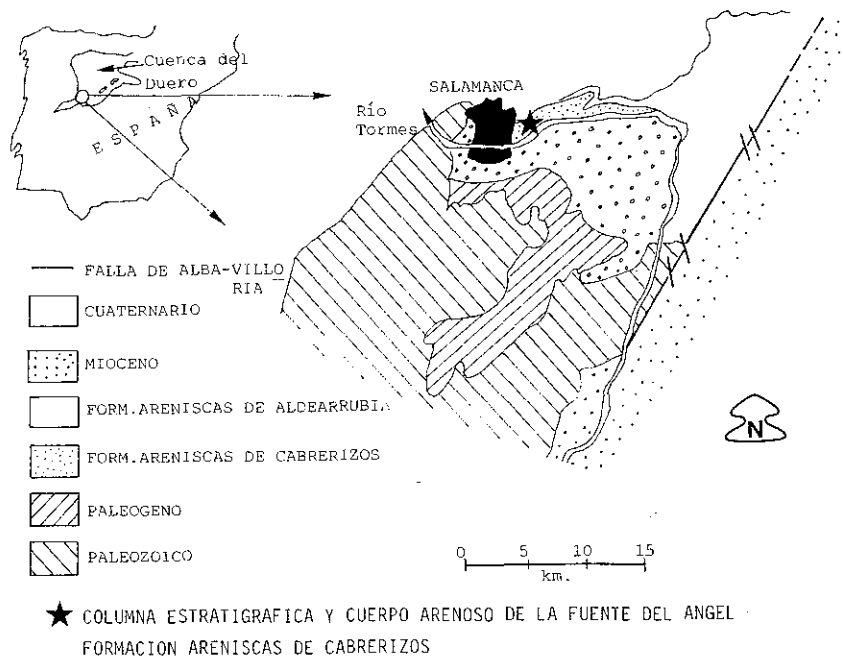


Figura 1.- Situación geográfica y geológica de la Fm. Areniscas de Cabrerizos y localización del cuerpo arenoso objeto de estudio.
Figure 1.- Location and geological map of the Cabrerizos Sandstone Fm and the studied sandstone body.

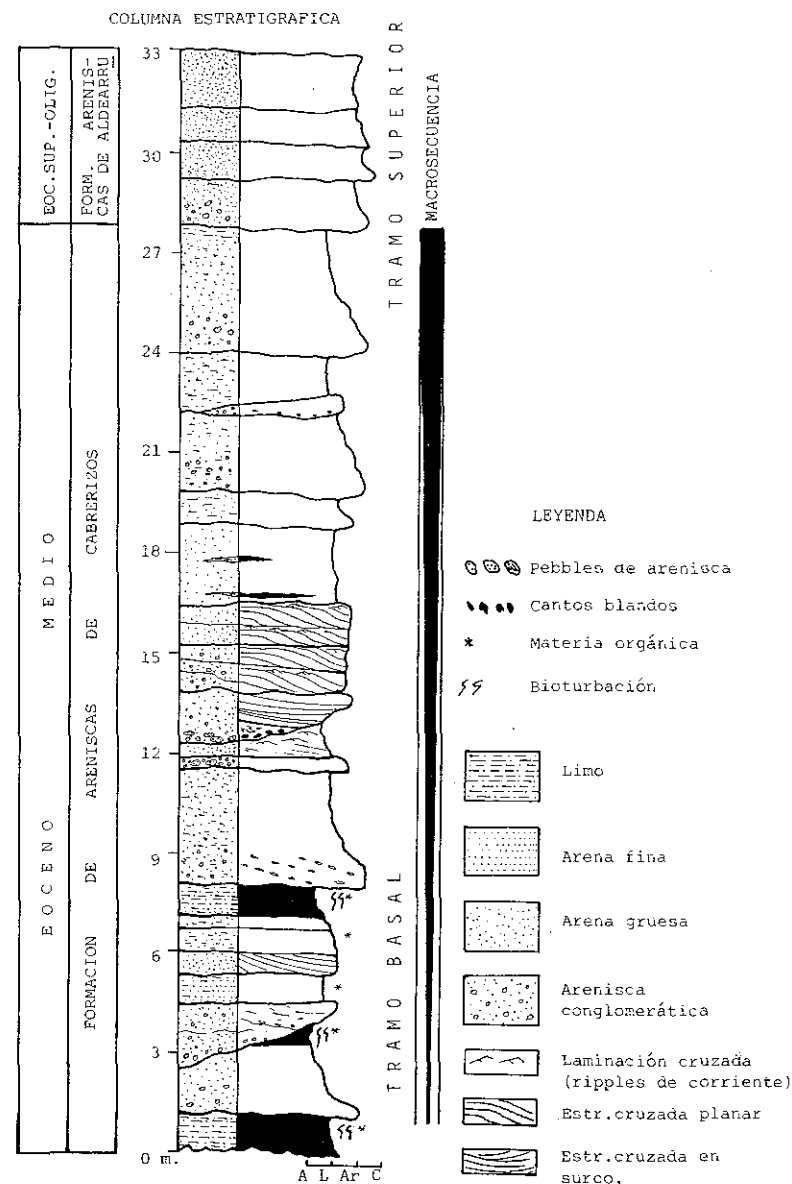


Figura 2.- Columna estratigráfica de la Fuente del Angel y localización del cuerpo arenoso en su contexto sedimentario.
Figure 2.- Stratigraphic section of the Fuente del Angel with the studied sandstone body.

La Fm Areniscas de Cabrerizos está integrada por grandes bancos de arenisca intercalados entre limos arenosos y arcillas (Fig. 2). Representa depósitos de sistemas fluviales de sinuosidad moderada y con llanuras de inundación bien desarrolladas. La existencia de paleosuelos y de costras carbonatadas intercaladas en la sucesión y los restos de reptiles que contiene, han llevado a proponer un clima estacional con tendencia a la aridez durante su depósito (JIMENEZ, 1974) y semiárido ALONSO GAVILAN *et al.* (1989, en este volumen). ALONSO GAVILAN (1981) concluyó, a partir del análisis detallado de la sucesión, que la red fluvial evolucionó de trenzada proximal a distal para retornar, más tarde, a proximal. Atribuyó este cambio a un levantamiento gradual de las áreas fuente metamórficas y granitoides que, de acuerdo con las medidas de paleocorrientes, estarían situadas hacia el sur.

Los bancos de arenisca de la Formación Areniscas de Cabrerizos presentan un espesor relativamente constante y cierta extensión lateral que les confiere una apariencia tabular. Ello, unido a la suave inclinación de las superficies internas de estratificación y a la abundancia de arcillas con niveles de edafización, puede hacer pensar, en primera instancia, en depósitos de barras de meandro (*point bar*) o barras laterales que migraban hacia el centro del canal o, incluso, en barras diagonales que crecían en el interior del cauce. Sin embargo, un análisis más cuidadoso revela rasgos que apuntan en una dirección diferente y permite interpretarlos como depósitos de canales de sistemas trenzados (*braided*) de cierta envergadura, en los que se construyeron plataformas de arena (*sand flats*). Pero la historia es algo más compleja pues, en detalle, se observa que la migración de esas macroformas fue condicionada por la presencia de obstáculos que en realidad son los vestigios morfológicos de etapas anteriores de la historia del canal. Esta rugosidad del fondo modificó sensiblemente la organización de los cuerpos arenosos.

El objeto de este trabajo es describir los rasgos generales de los depósitos de canal, prestando atención a las distintas fases que han generado esos grandes cuerpos sedimentarios y ofrecer una interpretación sedimentaria que permita discutir las distintas posibilidades. Para ello se ha seleccionado el cuerpo sedimentario mejor expuesto cuya descripción e interpretación sirven de base al modelo sedimentario que se propone.

ANALISIS DEL CUERPO ARENOSO DE LA FUENTE DEL ANGEL

El cuerpo arenoso estudiado se sigue a lo largo de unos 200 m en las cercanías de la carretera Salamanca-Cabrerizos y su potencia varía de 2 a 4 m (Fig. 3). De acuerdo con las características texturales, secuencias de estructuras sedimentarias y geometrías de los cuerpos sedimentarios, se ha dividido en dos partes: basal y superior separadas por una superficie suavemente erosiva tapizada por un conglomerado de cantos de arenisca con matriz arenosa y cementados por carbonato cálcico.

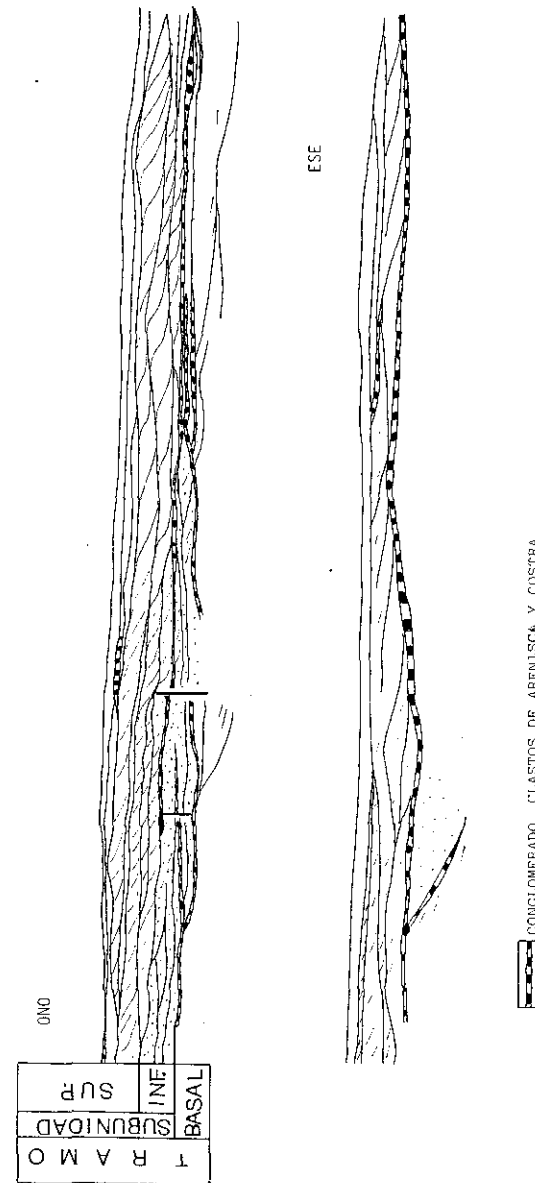


Figura 3.- Esquema general del afloramiento. Presenta una orientación ONO-ESE y muestra una geometría más o menos tabular. Se lee de izquierda a derecha y de abajo arriba.
 Figure 3.- panoramic sketch of the outcrop of the tabular sandstone body. Orientation: WNW-ESE. It is read from left to right and from bottom to top.

Tramo basal : sustrato (Fig. 3)

Constituye el sustrato visible del cuerpo arenoso estudiado y su estructura interna merece un breve comentario. En efecto, hacia el suroeste del afloramiento (Fig. 3) se observan tres cuerpos lenticulares cuyas litologías, organización sedimentaria y orden de acontecimientos, deducidos de ellos, son muy similares (Fig. 4).

Interpretación

Cada uno de ellos corresponde al relleno de un canal fluvial y presenta una secuencia granodecreciente compleja (Fig. 4, A₁, B₁ y C₁) cuya evolución sedimentaria incluye:

- 1.- Creación de la depresión erosiva alargada (*channel-fill cross bedding*).
- 2.- Fase de progradación de las unidades arenosas hacia el centro del canal.
- 3.- Fase de carácter cíclico durante la que se sucede una etapa tractiva con migración de *ripples* que generan laminación cruzada y otra etapa de decantación con formación de laminación paralela (Figs. 4, A₂, B₂, C₂ y 10).
- 4.- Fase de desarrollo local de costras carbonatadas a favor de oscilaciones del nivel freático y colonización temporal del canal por vegetación cuyas raíces propiciaron la formación de las rizocreaciones.

El tramo basal representa una secuencia de agradación lateral con encajamiento sucesivo de, al menos, tres canales o surcos. Se supone que esto debió ocurrir en las cercanías de un canal mayor, no expuesto en el área estudiada, cuyos desbordamientos suministraban el agua cargada de sedimento que excavaba y, posteriormente, rellenaba los surcos (Fig. 4-D).

Las costras carbonatadas que coronan este sustrato forman un nivel resistente que condicionó la evolución lateral posterior del banco de areniscas objeto de este estudio pues favoreció los procesos de ampliación lateral del canal en lugar de los de excavación y profundización del cauce.

Conglomerado de clastos de arenisca (Fig.3)

Está constituido por clastos de areniscas de grano grueso con matriz arenosa y cementados por carbonato cálcico. Es frecuente que los clastos aparezcan recubiertos por una lámina de hidróxidos de hierro de color ocre o de óxidos de manganeso de color más negrozco.

Forma un nivel continuo de espesor variable entre 5 y 40 cm y se extiende a lo largo del afloramiento lo cual permite emplearlo como nivel de referencia para separar el tramo basal del superior. Su morfología y potencia son irregulares pues se adapta a la topografía del sustrato y en las acanaladuras presenta estratificaciones cruzadas en surco. En las partes elevadas puede reducirse hasta una mera hilada de clastos o un depósito residual (*lag basal*).

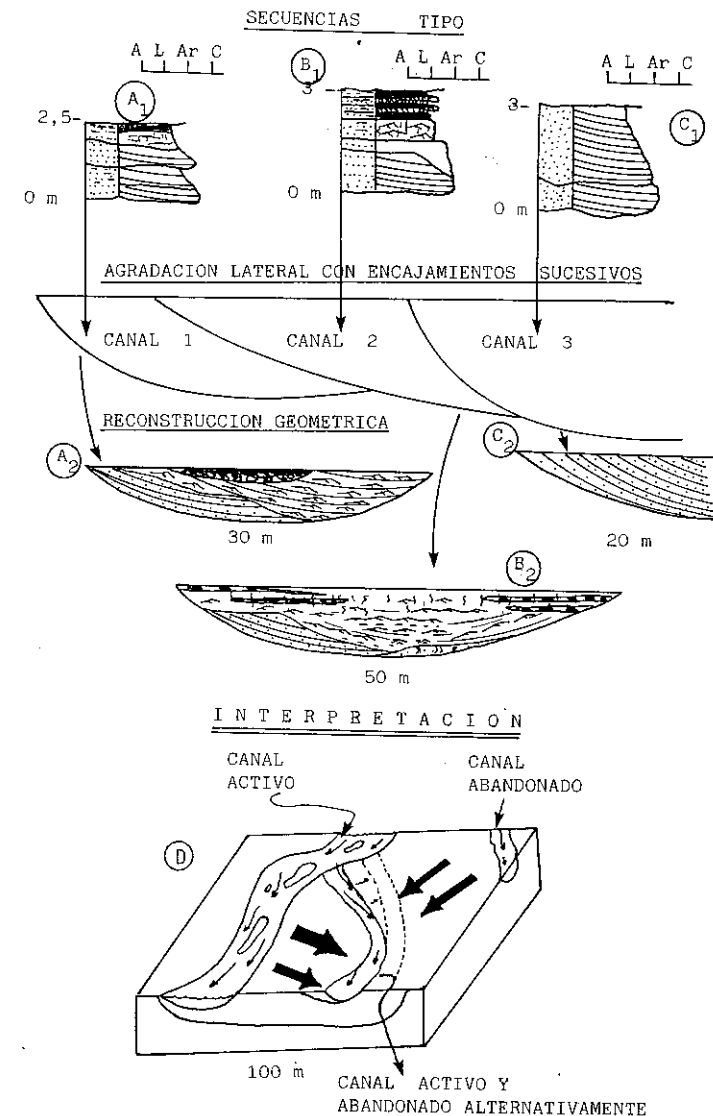


Figura 4.- (A) Secuencias, geometrías y forma de relleno de los tres cuerpos diferenciadas en el sustrato. B: Modelo conceptual de la génesis del Tramo Basal (Sustrato). Se refleja una etapa activa coincidiendo con los periodos de erosión y acreción de un surco y los sucesivos rellenos durante los desbordamientos. Figure 4.- (A) Sequences, geometries and filling of the three sedimentary bodies in the Substratum. (B) Conceptual model of the genesis of the Basal Member (Substratum). An active stage with erosion and accretion in a trough and the successive fillings during overbanking has been pictured.

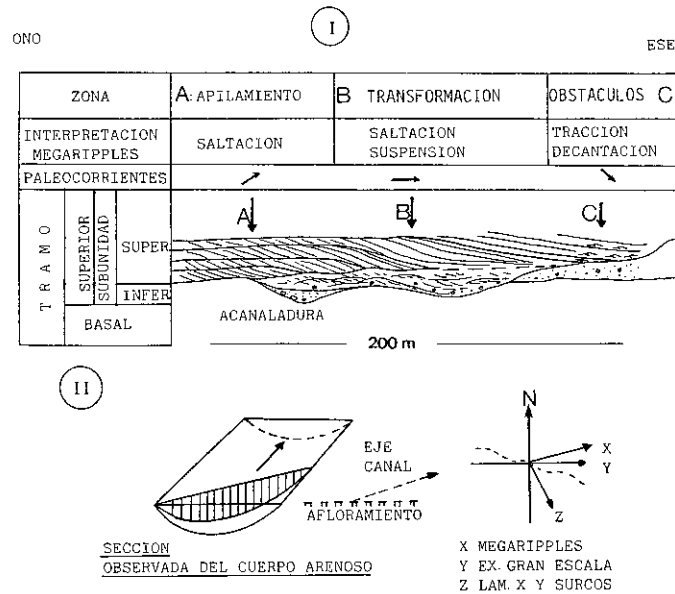


Figura 5.- I.- Esquema general del afloramiento obtenido a partir de la Figura 3 en el que se diferencian las etapas de actividad: 1.- Conglomerado de clastos de areniscas. 2.- Primera etapa de relleno de la depresión. 3.- Acreción vertical (A) y transformación (B) de los megaripples y (C) zona de obstáculos. II.- D: Relación entre las paleodirecciones dadas por los los megaripples, estratificaciones curvas en surco y laminaciones cruzadas con el corte del afloramiento estudiado. La sección observada es ligeramente oblicua a la dirección general de la corriente

Figure 5.- I. General sketch of the studied outcrop obtained from Figure 3 and stages of activity: 1, conglomerate with sandstone pebbles; 2. First stage of filling of depression; 3. Vertical accretion (A) and transformation (B) of megaripples and (C) zone of obstacles. II.- D, relationship between paleocurrent directions measured from megaripples, trough cross bedding and cross laminations and orientation of the studied outcrop. The observed section is slightly oblique to the general direction of paleoflow.

(En la página siguiente:)

Figura 6.- Apilamiento de megaripples. (a) secuencias de estructuras más representativas y (b) contacto irregular casi plano entre la fracción arena media y fina.

Figure 6.- Piling of megaripples. (a) representative sequence of structures; (b) quasi-plane, irregular boundary between fine and medium sand grainsizes.

Figura 7.- Geometría de los megaripples en la zona de acumulación.

Figure 7.- Geometry of megaripples in the accumulation zone.

Figura 8.- A: Subcuerpo inferior. B: Zona de transformación de los megaripples.

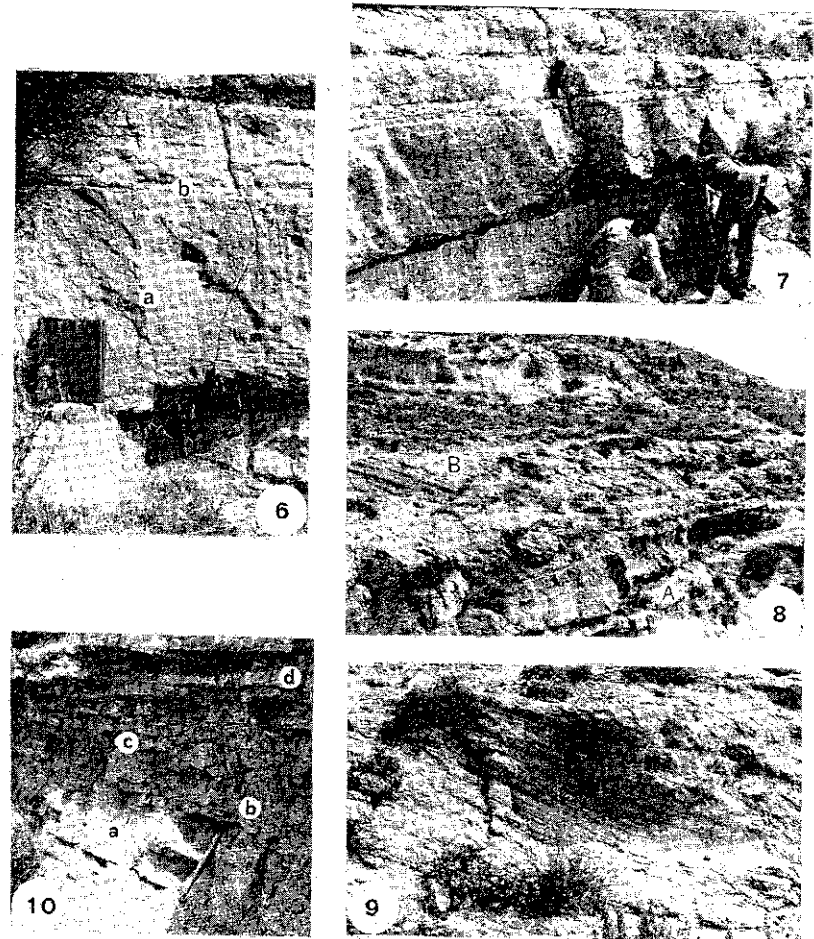
Figure 8.- A. Lower sub-body; B. Zone of transformation of megaripples.

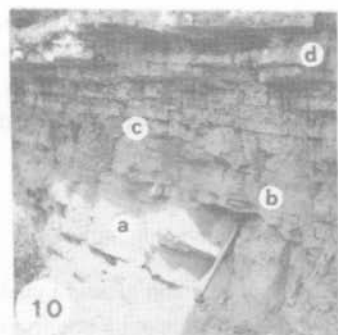
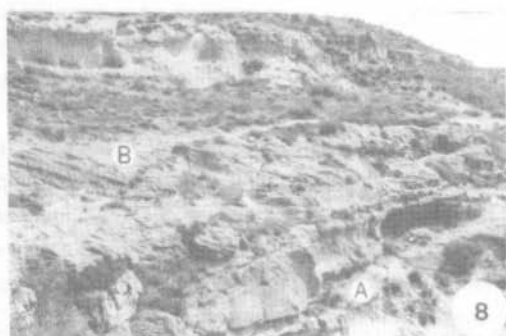
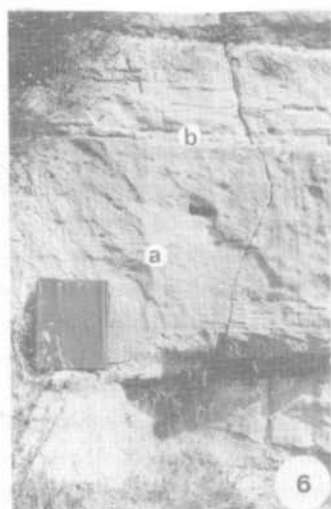
Figura 9.- Detalle de las láminas en uno de los megaripples en la zona de transformación.

Figure 9.- Detail of laminae of megaripples in the transformation zone.

Figura 10.- Cuerpo B, relleno de la depresión: (a) areniscas grano medio con estratificación cruzada; alternancia de areniscas de grano fino con laminación cruzada (b) y finos arenosos con laminación paralela (c) y (d) niveles de costra carbonatada.

Figure 10.- Sub-body B, filling of the depression: (a) cross-bedded, medium-sized sandstones; alternance of (b) cross-laminated, fine-grained sandstones and (c) parallel-laminated, sandy siltstones and (d) layers of carbonate crust.





Tramo superior (Figs. 3 y 5)

Forma un cuerpo lenticular de areniscas de base erosiva con dos depresiones más marcadas, aunque la gran relación anchura profundidad (200/4 m) le confiere un aspecto tabular (Figs. 3 y 5). Teniendo en cuenta la organización de los depósitos y su geometría pueden distinguirse dos subunidades: una inferior relacionada con el relleno de las irregularidades del fondo y otra superior asociada a una etapa de fondo relativamente horizontal, que coincidió con el momento de máxima anchura del canal.

Subunidad inferior (Figs. 5 y 8)

Consiste en cuerpos convexos, constituidos por microconglomerados y areniscas de grano grueso dispuestos en secuencias granodecrecientes, cuya estructura interna muestra *sets* de estratificación cruzada planar debida a la migración de *megaripples* aguas abajo (hacia el este-sureste) con muy poca continuidad lateral, paralela o casi paralela a la elongación de los surcos erosivos de la base del banco estudiado. El espesor de los *sets* de estratificación cruzada aumenta hacia el techo. Encima de los *sets* de arenisca y separados de ellos por límites netos, aparecen niveles discontinuos de limos arenosos afectados por procesos de hidromorfismo.

El carácter granodecreciente de la fracción arena en cada *set* indica una disminución progresiva de la energía de la corriente durante el episodio tractivo pero el límite neto con la fracción limo indica una clara diferencia entre las características del flujo para ambos depósitos. La presencia de rasgos edáficos en los sedimentos finos que separan los *sets* de laminación cruzada indican fuertes fluctuaciones del flujo registrando etapas en las que no existe circulación de agua.

A partir de estos datos se interpreta que esta subunidad inferior representa una etapa de activación progresiva de un canal fluvial con migración activa de *megaripples* en una dirección muy uniforme (hacia el sur-sureste) aunque se encuentran características indicativas de la adaptación de algunas de las formas del lecho a las irregularidades del cauce tendiéndose, en consecuencia, a la creación de un lecho con topografía plana.

Subunidad superior (Figs. 5 y 8)

Es una unidad casi tabular (Figs. 6, 7 y 8) de areniscas de grano grueso a medio con escasa matriz arcillosa y débilmente cementadas por carbonato cálcico. La geometría, la organización de los depósitos y la asociación de estructuras sedimentarias primarias varían a lo largo de la unidad y permiten distinguir tres zonas adyacentes que se suceden de suroeste a noreste (Fig. 5-I):

A).- Es la que aparece más hacia el suroeste e incluye varias secuencias litológicas granodecrecientes (completas, incompletas, truncadas y compuestas) superpuestas y separadas por superficies erosivas de escaso relieve (Figs. 6, 7 y 11E).

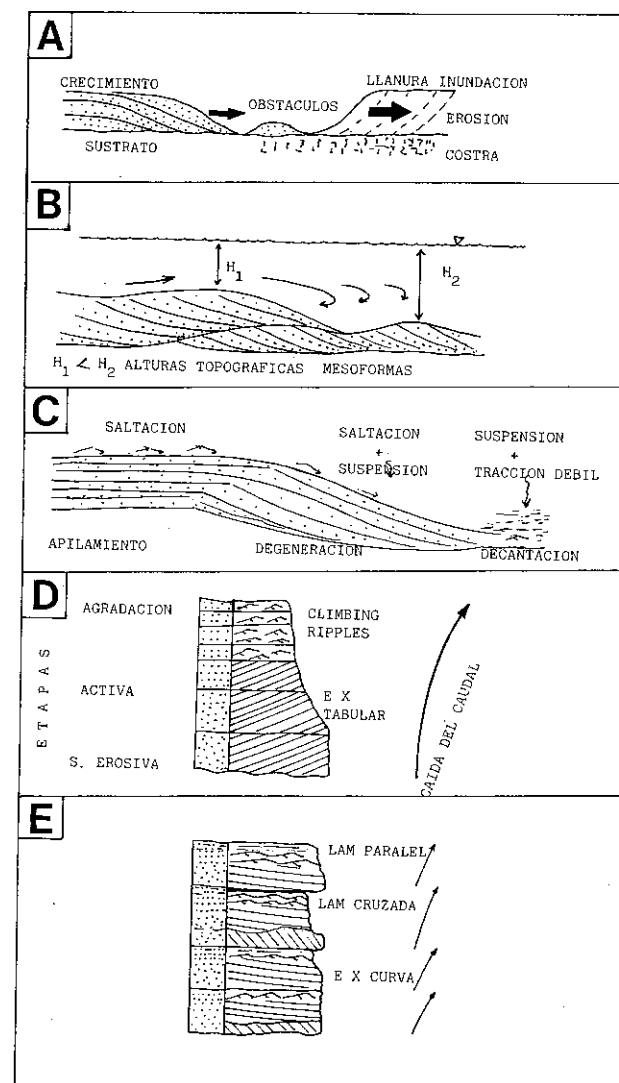


Figura 11.- A: Efecto del sustrato endurecido. B: Efecto de los obstáculos en el fondo del canal condicionando la profundidad. C: Procesos de transporte y sedimentación. D: Secuencia ideal de una *sand flat* según CANT y WALKER (1978) y E: Secuencias sedimentarias en el cuerpo arenoso de la Fuente del Angel (Fm Areniscas de Cabrerizos).

Figure 11.- A, Effects of the hardened substratum; B, Effects of obstacles in the bottom of the channel affecting depth; C, Processes of transport and sedimentation; D, Ideal sequence of sand flat (after CANT & WALKER, 1978); E, Sedimentary sequences in the sandy body of Fuente del Angel (Cabrerizos Sandstones Formation).

La secuencia de estructuras sedimentarias está constituida por estratificación cruzada (dunas) --> laminación cruzada (*ripples*) --> laminación paralela (en las areniscas de grano fino) y, localmente, pequeñas costras carbonatadas (Fig. 6). Es frecuente encontrar cantos blandos y clastos de cuarzo y cuarcita formando hiladas que separan los *sets* o entre las láminas de avalancha en algunas *barras*. Las direcciones de paleocorrientes indican flujos hacia el noreste.

Se interpreta como un apilamiento de *megaripples* que, de acuerdo con los diagramas de HARMS y FAHNESTOCK (1965) y de ALLEN (1968), se formaron en un medio turbulento con ruptura de la subcapa viscosa y en condiciones de régimen de flujo bajo, con velocidades de la corriente entre 40 y 120 cm.s⁻¹. Las secuencias de tamaño de grano y velocidad decrecientes revelan el carácter fluctuante del caudal, y los rasgos pedogénicos (costras carbonatadas) indican que la barra formada por los *megaripples* apilados llegaba, incluso, a emerger localmente para ser cubierta de nuevo durante los periodos de avenida.

B).- Se dispone en continuidad lateral con la anterior y más hacia el noreste, es decir, aguas abajo respecto a la dirección estimada del paleoflujo. Consiste en una arenisca de grano medio a fino con estratificación cruzada de bajo ángulo dispuesta en *sets* más potentes que los descritos en la zona anterior (Fig. 8-B). En ellos el número de láminas por unidad de superficie aumenta aguas abajo a medida que lo hace la escala del *set*. La dirección del paleoflujo es hacia el este. Al final de esta acreción, y antes de ser enterrados por el grupo de láminas de la secuencia siguiente (Fig. 9), se depositan areniscas de grano muy fino con laminación cruzada y limos con laminación paralela de decantación.

Se interpreta como el depósito en una zona en la que los *megaripples* se transforman y pasan a constituir una barra con una única cara de avalancha (*foreset*). Este cambio pudo estar condicionado por un aumento brusco de la profundidad del cauce o por una expansión del flujo hacia la margen del canal.

C).- Se sitúa en el extremo sureste, es decir al extremo distal de los *sets* con respecto a la dirección del paleoflujo. Se caracteriza porque el sedimento es de grano más fino que en A y B; está retocado por corrientes de tracción que fluyeron hacia el sureste (oblicuas a las anteriores) produciendo estratificación y laminación cruzada en surco.

Corresponde a la zona distal de la barra, más baja topográficamente, en la que el flujo experimenta fuertes desviaciones por causa de las irregularidades producidas por las megaformas del lecho. Esta influencia es aún mayor en periodos de estiaje, cuando el flujo residual del canal se ve forzado a sortear las barras emergidas. El resultado es la aparición de formas del lecho menores (*megaripples* y *ripples*) que migran en direcciones oblicuas o transversales a la dirección media del flujo.

En el campo se observa que, aparentemente, las barras progradan transversalmente al canal pero un estudio cuidadoso de las paleocorrientes revela que sólo es un efecto de la orientación del corte (Fig. 5-II) y, en conjunto, son barras compuestas constituidas por acumulaciones de *megaripples* dentro del canal que aguas abajo pasaban a una cara de

avalancha única a la vez que las colas eran retocadas por corrientes residuales.

INTERPRETACION

El registro actual de la subunidad superior refleja tres estadios de actividad claramente diferenciados:

1.- Etapa de incisión y encajamiento del canal sobre los depósitos de la llanura de inundación creándose la superficie basal del tramo superior. En esta etapa, el fluido, aunque con cierta capacidad erosiva, no fue capaz de profundizar más que hasta el nivel de encostramiento del sustrato. Sin embargo, en el proceso de erosión se crearon dos surcos (*scours*) de escaso relieve que, a escala de afloramiento dan una superficie de erosión irregular, tapizada por un conglomerado de clastos de areniscas y de la propia costra carbonatada.

2.- Etapa de actividad y abandono. En ella se observa un proceso de reactivación de una arteria del sistema y el tamaño de los *megaripples* formados no supera aún los bordes de las irregularidades de la superficie erosiva basal (tramo superior, subunidad inferior). Los limos arenosos con encostramientos reflejan una actividad fluctuante del canal. Durante esta etapa los *megaripples* se van superponiendo hasta crear una superficie más o menos uniforme, la cual se endurecerá cuando deje de funcionar el canal. Este nuevo encostramiento condicionará el desarrollo de la etapa siguiente.

3.- Etapa de actividad total del canal (tramo superior, subunidad superior). En ella se dan dos fenómenos simultáneos:

a).- Fase de erosión del borde del canal: La sedimentación reduce la sección del canal y el flujo aumenta su velocidad y su capacidad erosiva. Esta alta capacidad erosiva está limitada en el muro por la existencia de un nivel de encostramiento heredado de la etapa anterior. Este hecho condiciona que el canal amplíe su anchura a costa de la llanura de inundación (Fig. 11-A). Esta barra crece hacia una de los márgenes del canal ya que al observar el corte del canal en el afloramiento éste es oblicuo a la dirección de movimiento de los fluidos y los cuerpos sedimentarios migran aguas abajo aproximándose al borde del canal. Fenómenos semejante son descritos en el río Platte por SMITH (1971).

b).- Fase de formación de barras. Las acumulaciones de arena movida bajo la forma de *megaripples* generan una barra compuesta (Fig. 11-B).

El análisis granulométrico de las muestras tomadas en estos depósitos tanto vertical como lateralmente, revela que el sedimento, constituido por arena gruesa, media y fina, es transportado en saltación y suspensión existiendo una separación selectiva de las diferentes poblaciones aunque en el proceso de sedimentación lo hiciesen juntas condicionada por los puntos de expansión y reunión de las líneas de flujo y la profundidad del canal. Los frentes de avalancha largos, casi sigmoidales, implican la existencia de remolinos con ejes subverticales y una tasa de sedimentación muy alta al sumarse la saltación y la suspensión. Ello permite deducir una capacidad de preservación relativamente elevada de las estructuras sedimentarias formadas. Por otro lado, las

continuas variaciones de la dirección se deben más al movimiento migratorio de los *megaripples* que a cambios regionales de la dirección de aportes.

Sin embargo, al estudiar el cuerpo arenoso en toda su extensión (Figs. 3 y 5) se observa que, en líneas generales, los depósitos ubicados al oeste son más gruesos que los del este y que en el canal representarían la progradación del cuerpo arenoso del SO al NE. Así mismo, se observa que mientras al oeste domina más la etapa de acumulación vertical de *megaripples* hacia el este tal efecto se aprecia a menor escala probablemente, por preservación de la morfología de las formas del lecho.

Añadiendo a esta distribución de las formas del lecho en el cuerpo arenoso los resultados de los datos granulométricos (Fig. 11 C) se tiene que:

- 1º.- En la etapa de apilamiento domina la saltación,
- 2º.- En la transformación se da la saltación más la suspensión, y
- 3º.- En la parte final sólo existe decantación y movimientos tractivos esporádicos.

Este esquema se desarrolla siempre aguas abajo. Estos resultados son la respuesta del tamaño de grano a las características de los flujos que forman las estructuras. Todo ello implica que el tamaño de grano no es un condicionante en la formación de los *megaripples* sino que tan sólo reflejan la capacidad selectiva del agente de transporte.

Sedimentología del cuerpo arenoso de la Fuente del Angel

Las características que presenta son:

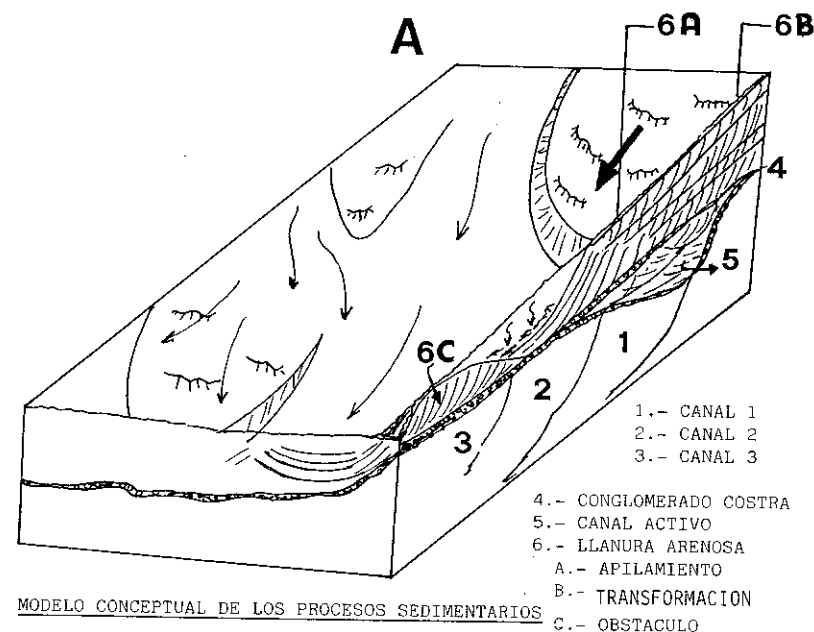
A).- La morfología del cuerpo (Fig. 3) es aparentemente tabular con base erosiva de escaso relieve mientras que el techo es irregular.

B).- La estructura interna se compone de grandes unidades de geometría cóncava o convexa con estratificación cruzada, que se van superponiendo lateral y verticalmente (Figs. 7 y 8). Sin embargo, la sucesión de estructuras observada al oeste del afloramiento (Fig. 6) difiere de la que aparece al este (Figs. 8-B y 9). En el primer caso, sobre una superficie erosiva o irregular se suceden: estratificación cruzada de alto o bajo ángulo, laminación cruzada y, a veces, laminación paralela de decantación; mientras que en el segundo, sobre una superficie erosiva se dispone la sucesión de estratificación cruzada tendida, pasando lateralmente a laminación cruzada que indica direcciones ortogonales a las primeras, sobre la estratificación cruzada aparece una superficie erosiva y sobre la laminación cruzada se sitúa la laminación paralela de decantación.

C).- Los procesos sedimentarios, ya explicados en los apartados anteriores, invocados para la génesis de este cuerpo arenoso son influidos por la conjunción de variables del propio sistema (autocíclicas: tamaño de grano, mesoformas desarrolladas, profundidad, anchura, caudal, fluctuaciones del flujo, etc.) y de las alocíclicas (clima) en cuanto que genera grandes diferencias de caudal, probablemente, estacionales.

Si se relacionan las características de las subunidades Inferior y Superior del tramo superior se aprecia que existe una reactivación constante pero intermitente del canal para ser abandonado nuevamente. En esta primera etapa se crea la depresión y se va uniformizando el fondo. Ello crea un aumento de anchura y una disminución de la

profundidad. En la siguiente etapa se da una acumulación de arena y se forman las barras que pueden llegar a emerger en algunos momentos.



MODELO CONCEPTUAL DE LOS PROCESOS SEDIMENTARIOS

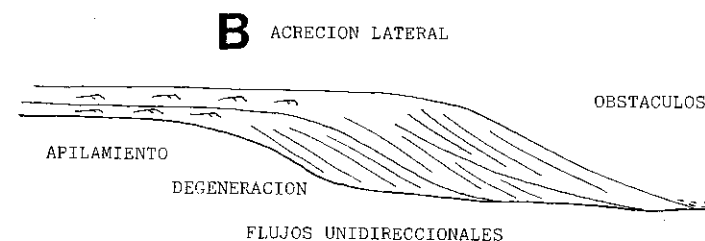


Figura 12.- A: Modelo sedimentológico de la llanura arenosa (*sand flat*) en relación con su crecimiento y márgenes del canal. B: modelo de génesis y desarrollo de los procesos sedimentarios en las llanuras arenosas.

Figure 12.- A: Sedimentary model of a growing sand flat related to the margins of the channel. B: Conceptual model of genesis and development of sedimentary processes in sand flats.

Modelo sedimentario

Todos estos hechos nos llevan a proponer un modelo sedimentológico basado en gran parte en el propuesto por CANT Y WALKER (1978) para la formación de *sand flats* en el río Saskatchewan (Fig. 12 A y B). Las barras compuestas son cortadas por pequeños canales en los cuales la velocidad del flujo y, en consecuencia, la capacidad erosiva, son mayores y por ellos migran pequeños *megaripples* que constituyen obstáculos topográficos al avance de las formas mayores que vienen detrás llegando, a veces, a ser erosionados. Tanto por su morfología como por su organización interna estos depósitos se atribuyen a llanuras de arena (*sand flats*).

Características del sistema fluvial

Comparando este cuerpo arenoso con los de la parte basal y superior de la columna estratigráfica (Fig. 2) de la Formación Areniscas de Cabrerizos, se aprecian diferencias en cuanto a la organización de los depósitos. Los primeros indican una dinámica de ríos trenzados de arena proximales (ALONSO GAVILAN, 1981) mientras que los segundos manifiestan un tipo de red trenzada mucho más proximal. Todo ello induce a pensar que el sistema fluvial que generó la Formación Areniscas de Cabrerizos experimentó una evolución en el tiempo, pasando de trenzado proximal a distal para retornar a proximal. Este cambio podría manifestar una pequeña actividad tectónica en el área madre (ALONSO GAVILAN, op. cit.) o bien reflejar la tendencia evolutiva de un clima caliente tropical tendiendo a hacerse más árido (JIMENEZ, 1974 y ALONSO GAVILAN, 1989).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Dada la proliferación de términos semánticos para designar los depósitos formados dentro de canales fluviales (ver SMITH, 1978, MIALL, 1977, DABRIO y FERNANDEZ, 1983, etc.), es necesario, en primer lugar, indicar la acepción de los términos empleados en este trabajo. En líneas generales, se sigue la nomenclatura de CANT y WALKER (1978), definiendo la *sand flat* como un área de acumulación de arena que está emergida en los estadios de aguas bajas, mientras que las barras son depósitos de arena controladas por las variaciones topográficas preexistentes.

El paso siguiente consiste en hacer un breve repaso bibliográfico sobre las características de los modelos de *sand flat* descritos por los diferentes autores, tanto en medios actuales como antiguos. En todos ellos es omnipresente la existencia de una etapa erosiva, registrada por una superficie erosiva, seguida de una etapa tractiva con sedimentación contruyéndose una mesoforma y organizado el sedimento en estratificación cruzada tabular y terminando con una etapa de agradación vertical generada por la acumulación de *climbing ripples* entre las mesoformas más características de los modelos propuestos por los autores SMITH, 1978; LEVEY, 1978; CANT y WALKER, 1978 y DIAZ MOLINA, 1983) (Fig. 11-D).

Comparando las características obtenidas a partir de los diferentes autores con el propuesto en este trabajo se observa que presentan analogías y diferencias. Las primeras se manifiestan por la forma, tamaño de grano y procesos sedimentarios, mientras que las segundas se establecen por a): no aparece registrado el episodio de acreción vertical de la barra y b): existen varias etapas y fases de crecimiento del cuerpo arenoso. (según la idea propuesta por Mc CABE y JONES, 1977).

Estas diferencias podrían explicarse si se tiene en cuenta el carácter estacional del clima y en consecuencia la lámina de agua experimenta fluctuaciones lo suficientemente rápidas como para que no se desarrolle la agradación vertical aunque la laminación cruzada del techo de la secuencia de estructuras podría representar el inicio del proceso que no llegó a desarrollarse plenamente. Por otro lado, las continuas superficies erosivas reflejan los momentos de máxima erosión al inicio de las grandes descargas. Todo conduce a pensar que se forman núcleos de acumulaciones de arena como los descritos por CANT y WALKER (1978) en el río Saskatchewan aunque en el caso de las Areniscas de Cabrerizos, las agradaciones no se dan o bien no se han preservado.

En resumen, no llegan a desarrollarse auténticas *sand flat* ya que en ellas no se aprecia ni las secuencias de estructuras típicas ni las migraciones características de este tipo de depósitos, siendo sólo observable su morfología lenticular. Todo ello lleva a interpretar este cuerpo arenoso como una acumulación de arena progradando aguas abajo dentro de un cauce y constituyendo una plataforma de arena con el techo más o menos plano sobre el que migran formas más pequeñas. Este cuerpo así definido es asimilable a las *sand flat* descritas en la bibliografía.

REFERENCIAS

- ALLEN, J. R. L., (1968). *Current ripples their relation to patterns of water and sediment motion*. North-Holland. Publ. Comp., Amsterdam, 433 págs.
- ALONSO GAVILAN, G., (1981). *Estratigrafía y sedimentología del Paleogeno en el borde suroccidental de la Cuenca del Duero (Provincia de Salamanca)*. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias, Univ. Salamanca. Inédita. 435 págs.
- ALONSO GAVILAN, G., BLANCO, J. A., FERNANDEZ MACARRO, B., SANCHEZ MACIAS, S. y SANTISTEBAN, J. A., (1989). Alteraciones asociadas a los paleosuelos de las Areniscas de Villamayor. *Stvd. Geol. Salmanticensia, Vol. Esp.*, 5 (en prensa).
- BLODGETT, R. H. y STANLEY, K. O., (1980). Stratification, bedforms, and discharge relations of the Platte braided river systems, Nebraska. *J. Sediment. Petrol.*, 50: 139- 148.
- CANT, D. J., (1973). Devonian braided stream deposits in the Battery Point Formation, Gaspé Est., Quebec. *Maritime Sediments*, 9: 13-20.
- CANT, D. J., (1978 a). Bedforms and bar types in the South Saskatchewan River. *J. Sediment. Petrol.*, 48: 1321-1330.
- CANT, D. J., (1978 b). Development of a facies model for sandy braided river sedimentation: Comparison of the South Saskatchewan River and the Battery Point Formation. *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 5: 627-639.
- CANT, D. J. y WALKER, R. G., (1976). Development of a braided-fluvial facies

- model for the Devonian Battery Point Sandstone, Québec. *Can. J. Sci.*, **13**: 102-119.
- CANT, D. J. y WALKER, R. G., (1978). Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada. *Sedimentology*, **25**: 625-698.
- DABRIO, C. J. y FERNANDEZ, J., (1983). Génesis y evolución de barras conglomeráticas en un río de baja sinuosidad (Depresión de Granada, España). *Mediterranea Ser. Geol.*, **2**: 3-8.
- DIAZ MOLINA, M., (1983). Un ejemplo de sistema fluvial "braided" con preservación de "sand flat". Unidad Detrítica Superior, Terciario de la provincia de Cuenca. *Estud. Geol.*, **39**: 345-357.
- JIMENEZ, 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.* **LXXXV** (V): 518-524.
- HARMS, J. C. y FAHNESTOCK, R. K., (1965). Stratification, bed forms, and flow phenomena (With an example from Rio Grande. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ.*, **12**: 84-115.
- LEVEY, R. A., (1978). Bed-form distribution and internal stratification of coarse-grained point bars upper Congaree, S.C. *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, **5**: 105-125.
- MCCABE, P. J. y JONES, C.M. (1977). Formation of reactivation surfaces within superimposed deltas and bed forms. *J. Sediment. Petrol.*, **47**: 707-715.
- MIALL, A. D., (1977). A review of the braided river depositional environment. *Earth Sci. Rev.*, **13**: 1-62.
- RUST, B.R., (1978). Depositional models for braided alluvium. *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, **5**: 605-623.
- SMITH, D. G., (1987). Meandering river point bar lithofacies models: modern and ancient examples compared. *S.E.P.M., Spec. Pub.*, **39**: 83-91.
- SMITH, N.D., (1978). Some comments on terminology for bars in shallow rivers. *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, **5**: 85-88.
- SMITH, N. S. (1971). Transverse bars and braiding in the Lower Platte River, Nebraska. *Geol. Soc. Am. Bull.* **82**, 340-342.

Recibido: 16 de enero de 1989. Aceptado: 8 de febrero de 1989.