

Análisis sedimentológico de una capa de areniscas (Triásico del borde SE de la Meseta Ibérica)

Por J. FERNÁNDEZ (*) y C. J. DABRIO (*)

RESUMEN

El análisis de la estructura interna de una capa de areniscas, así como de las secuencias de estructuras y sus variaciones laterales, nos llevan a considerar que, en su conjunto, el cuerpo sedimentario representa el relleno de una zona deprimida de la llanura de inundación de un gran sistema fluvial. Dicho relleno lo produjo una corriente discontinua de dirección cambiante, con régimen de flujo bajo y elevada carga en suspensión.

ABSTRACT

The analysis of the inner structure of a sandy body as well as the sequences of sedimentary structures and their lateral evolution, leads us to consider it as representing the infilling of a depressed area placed on the flood plain of a major fluvial system. This infilling was carried out by a discontinuous flow with changing flow direction. Sedimentation took place under lower flow regime conditions with much suspended load available.

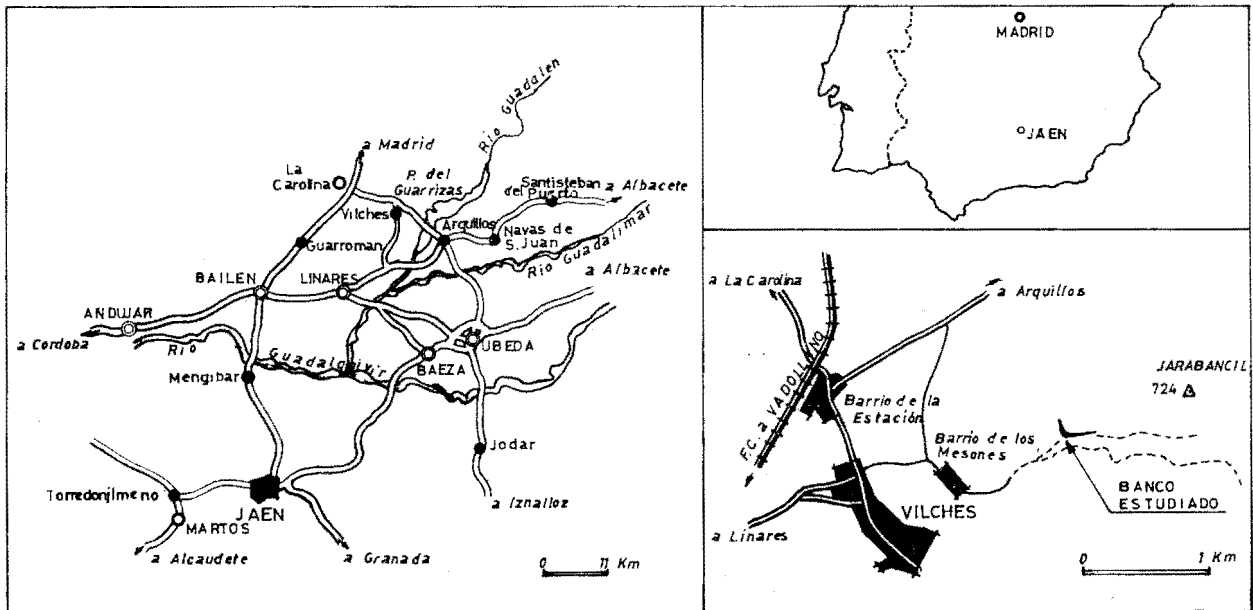


Fig. 1.—Localización geográfica del banco de areniscas estudiado. Se incluye, también, la cartografía del mismo.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del borde SE de la Meseta Ibérica afloran extensamente capas rojas de edad triásica y origen fluvial.

En las proximidades del pueblo de Vilches (fig. 1), una serie estratigráfica idealizada comprendería unos paquetes potentes de areniscas, en número de siete, intercalados entre arcillas. Las areniscas representan, casi siempre, episodios

(*) Departamento de Estratigrafía, Universidad de Granada.

de canal, y las arcillas con algunos niveles delgados de areniscas y también niveles carbonatados, depósitos de llanura de inundación.

FERNÁNDEZ (1977) ha indicado, para la zona de Vilches, que el modelo de ríos correspondería a sistemas fluviales inestables, de cauces amplios, cuya relación anchura/profundidad es elevada y fluyendo esencialmente de oeste a este, aunque los datos de paleocorrientes muestran variaciones importantes, en relación con este sentido dominante. El mismo autor, y para toda la región, indicó que con toda probabilidad los ríos debían de ser de tipo estacional.

Los bancos de areniscas más potentes se han depositado en canales fluviales, por transporte y sedimentación en el sentido de la corriente.

Este trabajo se refiere al paquete de areniscas más superior estratigráficamente. Trata de la descripción e interpretación de su estructura interna, como vía para reconstruir su historia sedimentaria. También se presta atención al análisis de algunas secuencias de estructuras sedimentarias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfología

Las observaciones de campo ponen de manifiesto la existencia de una capa de areniscas con un espesor máximo de, aproximadamente, 4 m., que se acuña hacia los extremos. El afloramiento es continuo (aunque en algunos puntos las condiciones de observación son muy deficientes) y ofrece dos cortes principales, con distinta orientación (fig. 2). Uno, de dirección N 80 E, relativamente bien conservado, en el que hemos realizado casi todas nuestras observaciones. Según este corte, la capa presenta techo plano y muro erosivo y ligeramente cóncavo hacia arriba hasta su acuñamiento. El otro, dirección aproximada perpendicular, está muy mal expuesto, y es imposible efectuar observaciones de detalle. No obstante, se puede apreciar que desde el punto de vista morfológico sus características son análogas a las observadas en el corte anterior.

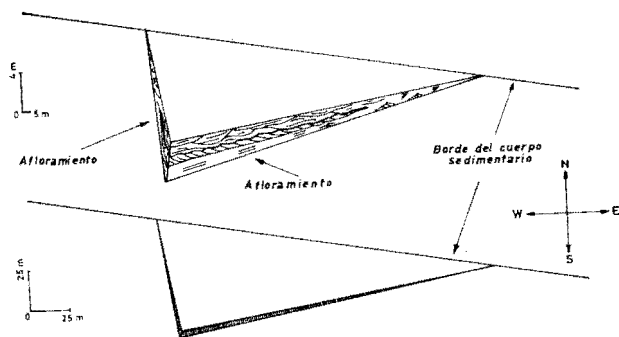


Fig. 2.—Reconstrucción parcial de la morfología del cuerpo sedimentario. Compárese con la figura 1.

La cartografía detallada de la capa permitiría marcar sobre un mapa al menos dos puntos, unidos por una línea imaginaria de dirección N 100 E, donde la capa se acuña y desaparece (fig. 2).

Los rasgos morfológicos que se recogen en las figuras 2 y 3, y un análisis superficial de la estructura interna, podrían llevar a pensar que el banco representa el relleno de un canal fluvial. Sin embargo, después de estudiarlo detalladamente, nosotros no compartimos esa idea, y en las páginas siguientes trataremos de demostrar el porqué.

Análisis de la capa

De muro a techo se diferencian tres unidades (A, B y C) caracterizadas por: a) estructuras sedimentarias, y b) contactos netos. Cada una de ellas representa unas condiciones sedimentarias diferentes en la historia deposicional del cuerpo sedimentario.

Unidad A (inferior). Ver fig. 3; fig. 5, 1 y 2 y fig. 6, 1.

Morfología.—Muro ligeramente irregular y, a grandes rasgos, cóncavo hacia arriba. Localmente es erosivo, incorporando cantos blandos del material infrayacente.

Estructura interna.—Está constituida por un conjunto de estructuras de energía relativamente baja, tales como: laminación horizontal, laminación ondulada, estratificación cruzada de ángulo bajo; localmente también hay *cross-lamination* y *climbing-ripple lamination*. En la parte más occidental del afloramiento se puede ver estratificación cruzada de ángulo alto, que pasa lateralmente a estratificación cruzada de bajo ángulo, y ésta a laminación horizontal; en conjunto, representa una barra (fig. 3).

Un rasgo relativamente frecuente en la unidad es la existencia de cicatrices erosivas, algunas de las cuales son morfológicamente verdaderos canales, en cuyo relleno se pueden apreciar secuencias *fining-upward* (fig. 5, 2), que van desde arena fina, en la base, a arena muy fina y limo, en el techo. Localmente se puede observar (fig. 6, 5) el paso de laminación horizontal a *climbing ripple lamination*.

Significado sedimentológico.—No hay criterios de estructura interna, ni criterios morfológicos que señalen la existencia de un canal. Por ello, pensamos que podría tratarse de una depresión en la llanura de inundación de un sistema fluvial más importante.

Se puede visualizar la génesis del conjunto de estructuras observadas, si a una región con las características aludidas llega agua cargada con gran cantidad de sedimento en suspensión en épocas de crecida del sistema fluvial. En estas condiciones el agua tiende a quedar, al menos parcialmente, estancada.

El hecho de que el material infrayacente sea impermeable permite imaginar que, al no poderse infiltrar el agua rápidamente, el mecanismo de depósito sería lento y principalmente desde la suspensión, de acuerdo con el tamaño de grano del sedimento (arena fina y limo). Así, pues, la estructura interna sería laminación horizontal finamente desarrollada o laminación ondulada. La disminución de la cantidad de sedimento en suspensión se traduce en un ligero aumento de energía, pudiendo aparecer *ripples* pequeños que crecen simultáneamente a su migración, originando *climbing ripple lamination* (fig. 6, 5).

En condiciones de energía relativamente mayor, se puede desarrollar alguna barra y migrar. El hecho de que el relieve creado por la barra fuera relleno por sedimento fino (limo), indica que tras unos primeros momentos con transporte y depósito por medio de *megaripples* alimentados por la carga de tracción, el depósito tiene lugar, principalmente, desde la suspensión.

Teniendo en cuenta las superficies erosivas más ampliamente desarrolladas y los ciclos *fining-upward*, la unidad A se ha construido, al menos, en tres episodios de sedimentación en algunos puntos.

Unidad B (intermedia). Ver fig. 3; fig. 5, 1 y 2 y fig. 6, 1.

Morfología.—El contacto inferior es, a grandes rasgos, plano y no erosivo. El espesor de la unidad varía de unos puntos a otros, en función de la importancia de la erosión. Hacia el borde de la depresión (norte) disminuye de espesor, siendo la primera en desaparecer.

— Sección "II": figura 3-II y fig. 5, 3 y 4.

Sección en uno de los márgenes de un canal. El canal se ha rellenado primero por sedimentación lateral, en un ambiente de poca energía y con poco sedimento disponible; así se han depositado láminas débilmente desarrolladas, con frecuencia onduladas y con pequeños deslizamientos (fig. 5, 3 y 4a).

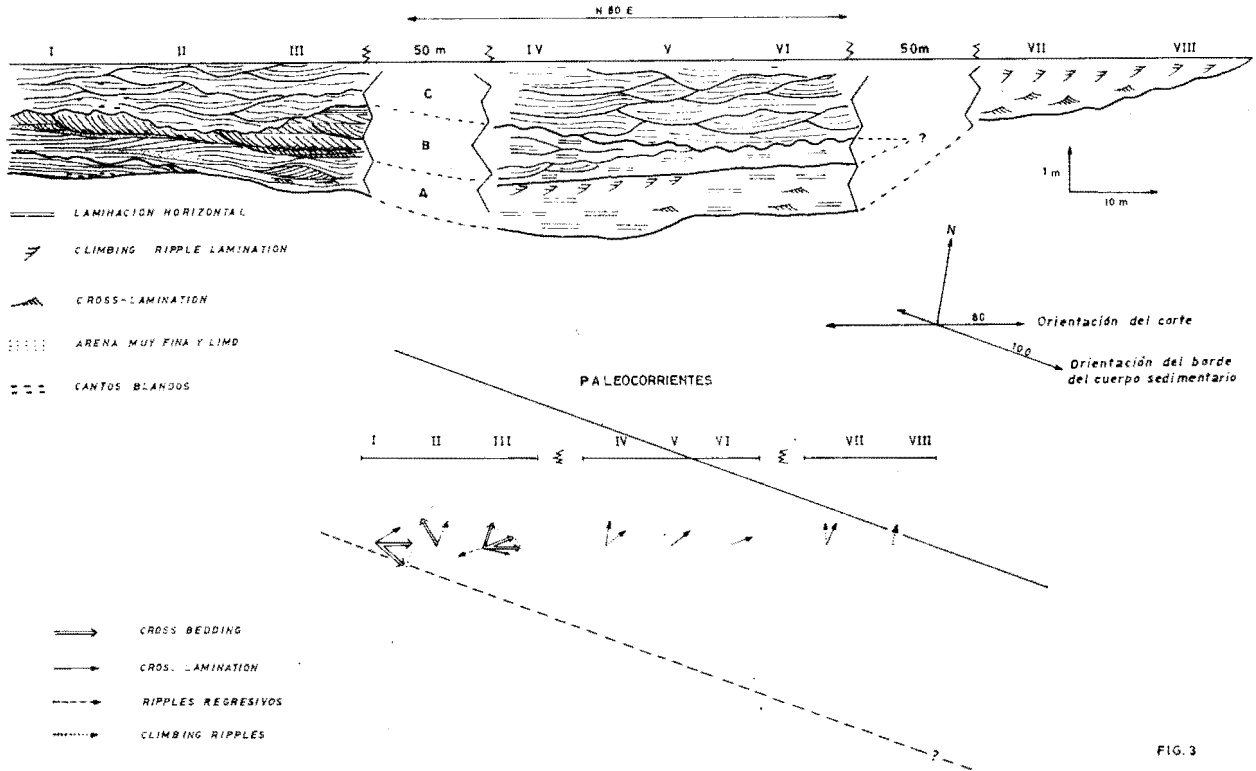


FIG. 3

Fig. 3.—Análisis de la estructura interna de la capa. Las secciones "I", "II" y "III", referidas en el texto, coinciden con la vertical de los puntos I, II y III, pero sólo se refieren a la unidad B (intermedia). En la parte inferior de la figura se recogen los datos de paleocorrientes obtenidos en cada punto.

Estructura interna.—Está representada por uno o varios trenes de *megaripples*, según los puntos. Asociados con los *megaripples* existen, localmente, *small ripples* que han migrado delante de los *ripples* mayores, pero en el mismo sentido (*ripples* progresivos) y *ripples* regresivos.

Comentaremos con mayor detalle algunas secciones:

— Sección "I": Coincidiendo con la vertical del punto I (fig. 3), se observan dos *sets* de estratificación cruzada, ligada a migración de *megaripples* con desarrollo de *ripples* progresivos de pequeña escala en la base de las láminas del *foreset*. Ambos *sets* han sido erosionados por una corriente que fluía oblicua o perpendicularmente a la dirección de migración de los *megaripples*. En el canal así originado tuvo lugar el asentamiento de sedimento fino procedente de la suspensión (retintado en negro en la fig. 5, 1). En una etapa posterior se desarrolló un nuevo tren de *megaripples*. Las láminas de los *foresets*, a ambos lados de la superficie erosiva, aunque aparentemente concordantes, han sido originadas por corrientes no paralelas, como se refleja en los datos de paleocorrientes.

En una etapa posterior el canal es utilizado por una corriente con mayor energía y mayor cantidad de sedimento. Esta corriente deposita en forma de *megaripples* con *foreset* concordante con las láminas producidas durante el depósito anterior (fig. 5, 3b). Así podemos diferenciar dos etapas en el relleno del canal que, aunque han producido láminas concordantes, su génesis está ligada a dos corrientes perpendiculares o, al menos, oblicuas, siendo más importante la segunda.

— Sección "III": figura 3-III y figura 6, 1 y 2.

En este punto la unidad B está constituida por tres *sets* superpuestos de estratificación cruzada de gran escala y laminación horizontal en el techo: el primer *set* es el de mayor potencia, representa un *megaripple* (con una inclinación de las láminas del *foreset* de 18°) en cuya migración ha desarrollado *backflow cross-stratification* y *coflow cross-stratification*.

Los *sets* superiores son menos potentes y la inclinación de las láminas se va haciendo progresivamente menor, hasta

terminar en laminación horizontal o cruzada de ángulo muy bajo en el techo.

Las direcciones de corrientes quedan recogidas en la figura 3, punto III. Para el primer *set* son N 80 E. El segundo está cortado por una superficie erosiva, en cuyo relleno se observan características análogas a las indicadas en la sección "II" —estratificación cruzada débilmente desarrollada con pequeños deslizamientos—. Las direcciones de corriente a ambos lados de la superficie erosiva (N 60 E y N 10 E) revela que se trata de dos episodios distintos de sedimentación efectuados por corrientes que fluían en direcciones diferentes.

Significado sedimentológico

La unidad B representa una época de mayor energía que la unidad anterior (A). Estas condiciones, de relativa mayor energía, podían estar favorecidas por la existencia de la unidad A, pues ello, por una parte, implica una disminución en la profundidad (la depresión está parcialmente rellena) y, por otra, el sustrato permeable (unidad A) impide la acumulación de agua estancada; en consecuencia, el depósito podía ser más rápido y de mayor energía, tal como se refleja en la estructura interna.

Comentaremos con mayor detalle algunos aspectos:

— Superficies erosivas frecuentes. Así las hemos citado en las secciones "I", "II" y "III".

Sus características —no remoción, no arranque de bloques— indican que su génesis está ligada a épocas de poca energía. El relleno se ha efectuado en una primera fase por sedimentación lateral, en condiciones de muy poca energía y con poco sedimento disponible (secciones "II" y "III"). Y en la sección "I", por caída desde la suspensión. En una segunda fase se han depositado láminas concordantes con las anteriores, pero en un régimen de mayor energía y a favor de corrientes con distinta dirección.

En suma: poca constancia en las direcciones de corriente y superficies erosivas con una historia postdeposicional variable. Ello apunta hacia un flujo poco canalizado y probablemente discontinuo (quizá de tipo estacional).

— Disminución progresiva en la pendiente de las láminas de la estratificación cruzada, en sentido ascendente, en la sección "III" fig. 6, 2). Ello significa un cambio en el mecanismo de transporte. El transporte que se inicia por medio de *megaripples* es sustituido por un mecanismo de transporte y depósito de tipo *sheet flood*. Ello podría estar ligado a una disminución de la profundidad y, en consecuencia, aumento de la velocidad, tendencia a sustituir la estratificación cruzada "planar" por tangencial, primero, y, en último caso, por laminación horizontal (JOPLING, 1960).

— Secuencia constituida por estratificación cruzada de gran escala (*megaripples*) con *backflow cross-stratification* y *coflow cross-stratification* genéticamente relacionados.

Comentaremos algunos aspectos relativos a este tipo de secuencias, según ideas de BOERSMA (1967) y BOERSMA *et al.* (1968). En la figura 4 se incluye un esquema interpretativo y la figura 6, 3 y 4 recoge aspectos de campo.

La secuencia consta de un intervalo superior de gran escala y uno inferior de pequeña escala. Cuando la granulometría disponible es heterométrica, la fracción gruesa forma el *foreset* de gran escala, mientras la fracción fina constituye el intervalo inferior de estratificación cruzada de pequeña escala (*backflow* y *coflow cross-stratification*).

La separación entre ambos intervalos es transicional, denominándose "zona *interweaving*" a la zona de transición. En ella se puede observar cómo las láminas del *foreset* se convierten gradualmente en *sets* de pequeña escala del intervalo inferior. Esta relación implica que los dos tipos de estructuras se han originado simultáneamente.

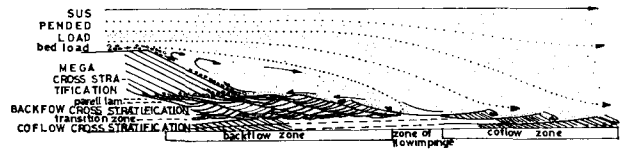


Fig. 4.—Modelo esquemático de sedimentación bidimensional que ilustra la generación sincrónica de una capa con *foreset* y *bottomset* diferentemente estructurados. El *bottomset*, en condiciones óptimas de desarrollo, consta de tres subzonas estructurales. Nótese el entrelazamiento de material grueso y fino en el *toe* del *megaripple* (tomado de BOERSMA *et al.*, 1968).

Ambos tipos de estructuras migran en sentidos opuestos, aunque las líneas de crestas pueden ser paralelas u oblicuas. En nuestro ejemplo son, aproximadamente, paralelas (ver análisis de paleocorrientes incluido en la figura 3, punto III).

La secuencia es el resultado de la migración de un tren de *megaripples* durante la cual la carga de tracción desciende por el *lee-side* en forma de avalanchas, depositando las láminas del *foreset* o cuerpo del *megaripple*, mientras la carga en suspensión es recogida por la corriente de retorno y se deposita en la base del *foreset* en forma de *ripples* regresivos. A cierta distancia del frente del *megaripple*, la acción de la corriente de retorno es nula (zona de *coflow*) y el material fino se deposita en forma de *small ripples* que migran en el mismo sentido que el *megaripple*. En la zona de transición entre *backflow* y *coflow* aparecen unidades de tipo *trough*, poco desarrolladas y generalmente difíciles de distinguir.

La generación de *ripples* regresivos requiere que la relación entre la velocidad de la corriente que alimenta el sistema y la de la corriente de retorno sea, aproximadamente, de 1:4 (JOPLING, 1961). El mismo autor indica que la aparición de *ripples* regresivos en una unidad con estratificación cruzada sugiere una velocidad de corriente de no menos de 60 cm/sg. Valores frecuentes en la velocidad de retorno son de 20-30 cm/sg., y de la corriente principal, de 80-100 cm/sg.

El aporte desde la suspensión debe ser suficiente para que se formen *ripples* regresivos, pero no demasiado grande como para frenar la corriente de retorno.

Otro aspecto que conviene resaltar, por su carácter excepcional, es la presencia de la zona de *coflow*. En general, no suele aparecer, pues la fuerza de la corriente en la zona de choque (*impinge*) contra el fondo es lo bastante grande como para erosionar los *ripples* de *coflow*. Ello impone, pues, un límite a la velocidad de la corriente que formó las estructuras que nos ocupan.

Unidad C (superior). Ver fig. 3; fig. 5, 1 y fig. 6, 1.

Morfología.—El muro representa una superficie de erosión que es, probablemente, la de mayor amplitud y relieve más acentuado de todas las encontradas en el banco. El techo es el del banco, y es, a *grosso modo*, plano.

Estructura interna.—Laminación horizontal y ondulada, afectadas por superficies erosivas, de relieve generalmente suave.

Significado sedimentológico.—Sedimentación en régimen de baja energía, con poco material disponible y depósito con mucho aporte de la suspensión. El agua con abundante sedimento en suspensión se movería por una superficie prácticamente plana, y la circulación podría tener lugar en canales pequeños con abundantes bifurcaciones y cambiando de posición con gran rapidez.

El material infrayacente es poroso y, por tanto, el agua tendería a infiltrarse. Al mismo tiempo, se produce el asentamiento del material en suspensión, que es moldeado por el movimiento del agua en forma de laminación horizontal y ondulada.

Localmente se encuentran embebidos pequeños cantos blandos de lutitas, que debieron de ser arrancadas por la corriente antes de su entrada en esta zona.

Evolución lateral de la estructura interna

Recordemos que el corte que recoge la figura 3 es oblicuo a uno de los márgenes del cuerpo sedimentario (el que hemos determinado por cartografía). Así, al movernos desde el punto I hacia el VIII (E), lo hacemos desde una posición más o menos "central" del cuerpo sedimentario hacia uno de sus márgenes.

La estructura interna de la unidad A varía desde el punto I al VIII (W a E).

En I, está constituida por laminación horizontal, estratificación cruzada de ángulo bajo (y localmente alto), afectado el conjunto por superficies erosivas. En IV, V y VI consiste en laminación horizontal con algunos episodios de cruzada de pequeña escala y *climbing ripple*, y, por último, en VII

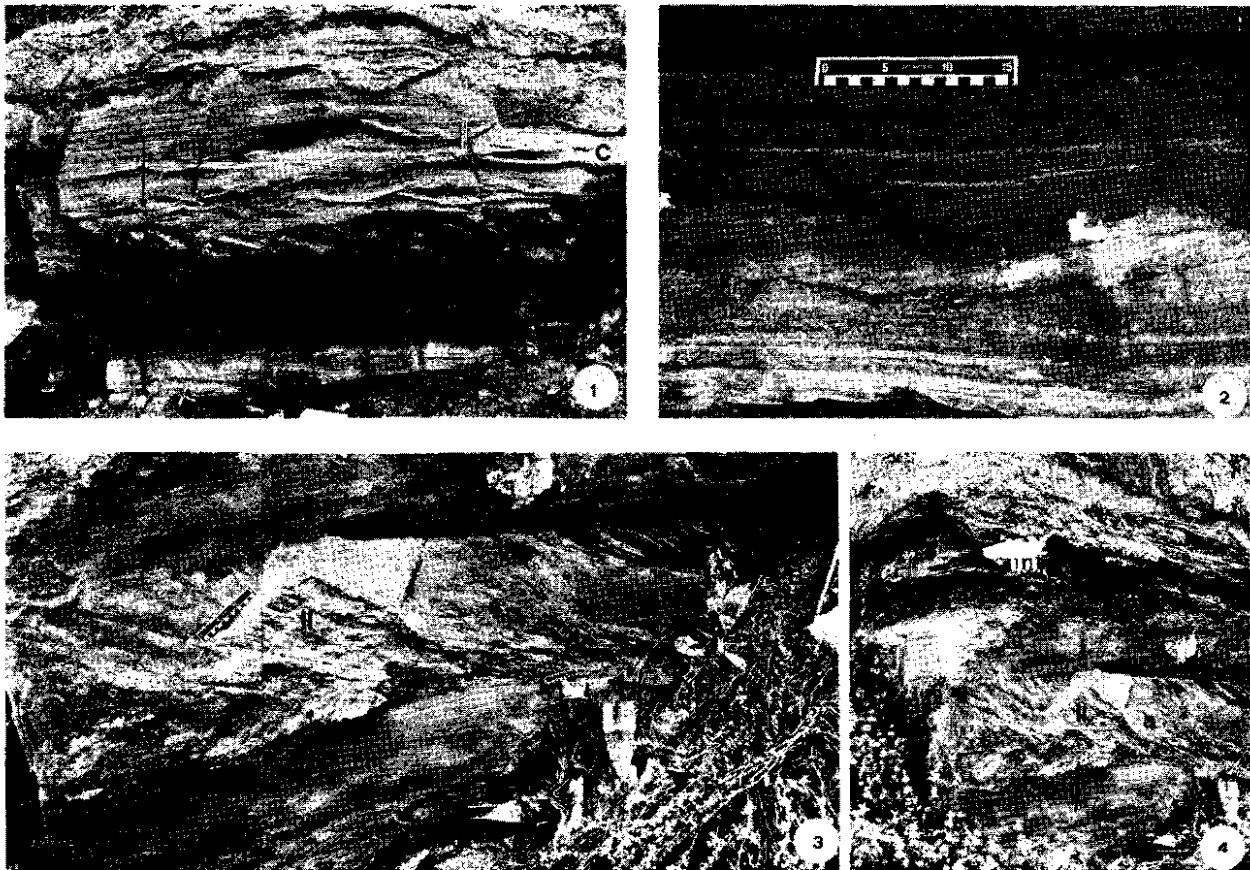


Fig. 5.—1) Aspecto general del banco en el punto "I" de la figura 3. Se observa la existencia de tres unidades (A, B y C), y sus características generales, así como la localización de la sección "I" 2). Es un detalle de la figura 5, 1. Corresponde a parte de la unidad A (hacia la base). Su estructura interna en este punto está constituida por estratificación cruzada de ángulo bajo y laminación horizontal, afectadas por superficies de erosión. Hacia el techo hay una secuencia granodecreciente que termina en limo (a). 3 y 4) Aspecto de parte del banco, con especial atención a la unidad B (intermedia). La unidad B en este punto representa el relleno de un canal (sección "II"), uno de cuyos márgenes es visible, sobre todo, en la lámina I, fig. 5, 4. Se pueden diferenciar dos etapas de relleno del canal: la primera, de sedimentación lateral, en régimen de baja energía y con poco sedimento disponible; esta ha quedado reflejada por estratificación cruzada débilmente desarrollada con pequeños deslizamientos (a). En una segunda etapa el canal ha sido utilizado por una corriente "perpendicular" a la anterior y de mayor energía, la cual ha depositado láminas concordantes con las anteriores (b). Punto II de la figura 3.

Significado sedimentológico.—Sedimentación en régimen de baja energía, con poco material disponible y depósito con mucho aporte de la suspensión. El agua con abundante sedimento en suspensión se movería por una superficie prácticamente plana, y la circulación podría tener lugar en canales pequeños con abundantes bifurcaciones y cambiando de posición con gran rapidez.

El material infrayacente es poroso y, por tanto, el agua tendería a infiltrarse. Al mismo tiempo, se produce el asentamiento del material en suspensión, que es moldeado por el movimiento del agua en forma de laminación horizontal y ondulada.

Localmente se encuentran embebidos pequeños cantos blandos de lutitas, que debieron de ser arrancadas por la corriente antes de su entrada en esta zona.

Evolución lateral de la estructura interna

Recordemos que el corte que recoge la figura 3 es oblicuo a uno de los márgenes del cuerpo sedimentario (el que hemos determinado por cartografía). Así, al movernos desde el punto I hacia el VIII (E), lo hacemos desde una posición más o menos "central" del cuerpo sedimentario hacia uno de sus márgenes.

La estructura interna de la unidad A varía desde el punto I al VIII (W a E).

En I, está constituida por laminación horizontal, estratificación cruzada de ángulo bajo (y localmente alto), afectado el conjunto por superficies erosivas. En IV, V y VI consiste en laminación horizontal con algunos episodios de cruzada de pequeña escala y *climbing ripple*, y, por último, en VII

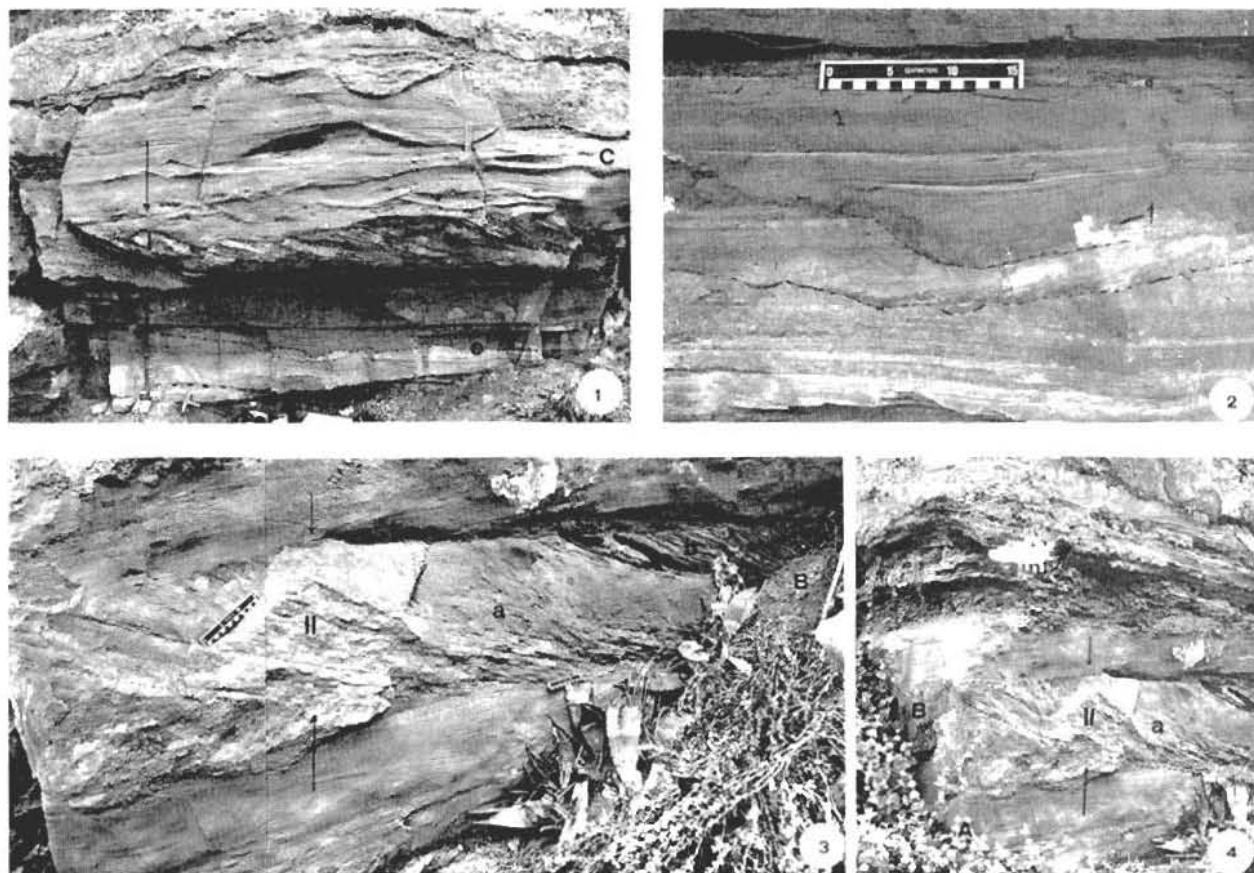


Fig. 5.—1) Aspecto general del banco en el punto "I" de la figura 3. Se observa la existencia de tres unidades (A, B y C), y sus características generales, así como la localización de la sección "I" 2). Es un detalle de la figura 5. 1. Corresponde a parte de la unidad A (hacia la base). Su estructura interna en este punto está constituida por estratificación cruzada de ángulo bajo y laminación horizontal, afectadas por superficies de erosión. Hacia el techo hay una secuencia granodecreciente que termina en limo (a). 3 y 4) Aspecto de parte del banco, con especial atención a la unidad B (intermedia). La unidad B en este punto representa el relleno de un canal (sección "II"), uno de cuyos márgenes es visible, sobre todo, en la lámina I, fig. 5. 4. Se pueden diferenciar dos etapas de relleno del canal: la primera, de sedimentación lateral, en régimen de baja energía y con poco sedimento disponible; esta ha quedado reflejada por estratificación cruzada débilmente desarrollada con pequeños deslizamientos (a). En una segunda etapa el canal ha sido utilizado por una corriente "perpendicular" a la anterior y de mayor energía, la cual ha depositado láminas concordantes con las anteriores (b). Punto II de la figura 3.

y VIII, en cruzada de pequeña escala y *climbing ripples* de modo generalizado en todo el banco. En conjunto, es una evolución a condiciones de energía progresivamente menor hacia el borde. También existen en el extremo occidental algunos episodios sedimentarios bien definidos —p. ej., se-

sólo hacia el borde evoluciona a *climbing ripple-lamination*.

En suma, para el conjunto del cuerpo sedimentario, se observa desde el "centro" al margen conservado una disminución de espesor, junto con una evolución a condiciones de menor energía y de sedimentación más homogénea.

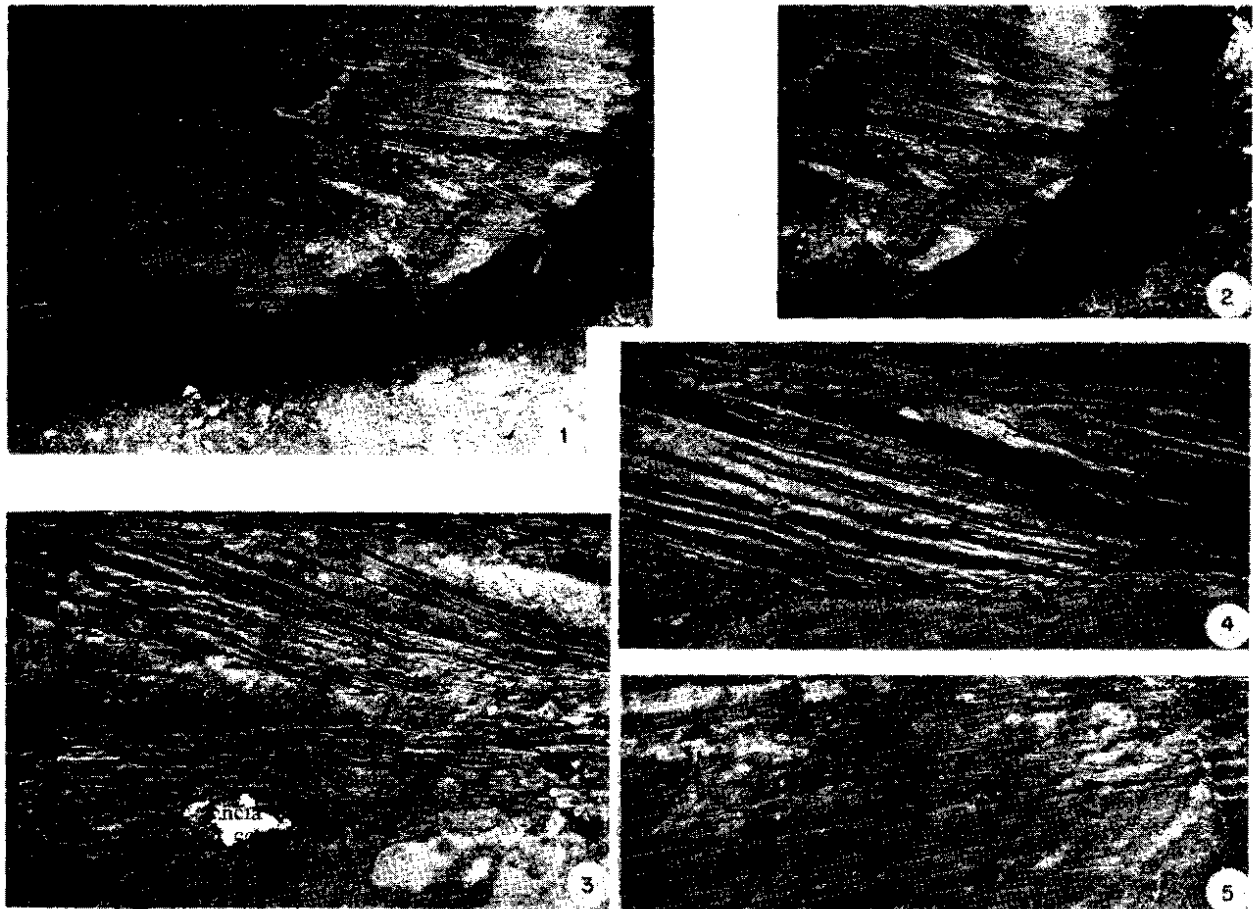


Fig. 6.—1 y 2) Aspectos más o menos parciales del banco en el punto III de la figura 3. Se pueden observar algunas características generales de las tres unidades (A, B y C). En la unidad B (sección "III") se observa la disminución hacia el techo de la inclinación de las láminas de la estratificación cruzada, pasando desde 18° en el primer *set* (base) a laminación horizontal en el techo. 3) Secuencia constituida por estratificación cruzada de gran escala debida a migración de un tren de *megaripples*, durante la cual ha desarrollado *backflow cross-stratification* (a) y *coflow cross-estratificación* (b). Unidad B, sección "III". 4) Detalle de la estratificación cruzada de gran escala con *backflow cross-stratification* (a) en la base de las láminas del *foreset*. 5) Laminación horizontal que pasa a *climbing ripple-lamination* Punto IV de la figura 3.

cuencias *fining-upward*, delimitadas, a veces, por superficies erosivas— que hacia el borde desaparecen. Se pasa, pues, a condiciones de sedimentación más uniformes.

La evolución de la estructura interna en la unidad B queda recogida en la figura 3. Aunque el tipo de estructura es distinto al de la unidad A, su significado es aproximadamente el mismo. Esto es, disminución progresiva de la energía hacia el borde y paso en el mismo sentido a condiciones de depósito más uniformes. De acuerdo con la observación de campo, es, probablemente, la primera unidad en acuñarse, quedando restringida a la parte más "interna" conservada de la depresión.

La estructura interna de la unidad C es más uniforme:

INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS

Unidad A

Dado que no hay forma de canal y que la erosión en el fondo, aunque existe, es escasa y muy localizada, parece más probable que se tratase de una zona deprimida a la que, coincidiendo con épocas de crecida y desbordamiento de los canales principales, llegaban avenidas con gran cantidad de sedimento en

y VIII, en cruzada de pequeña escala y *climbing ripples* de modo generalizado en todo el banco. En conjunto, es una evolución a condiciones de energía progresivamente menor hacia el borde. También existen en el extremo occidental algunos episodios sedimentarios bien definidos —p. ej., se-

sólo hacia el borde evoluciona a *climbing ripple-lamination*.

En suma, para el conjunto del cuerpo sedimentario, se observa desde el "centro" al margen conservado una disminución de espesor, junto con una evolución a condiciones de menor energía y de sedimentación más homogénea.

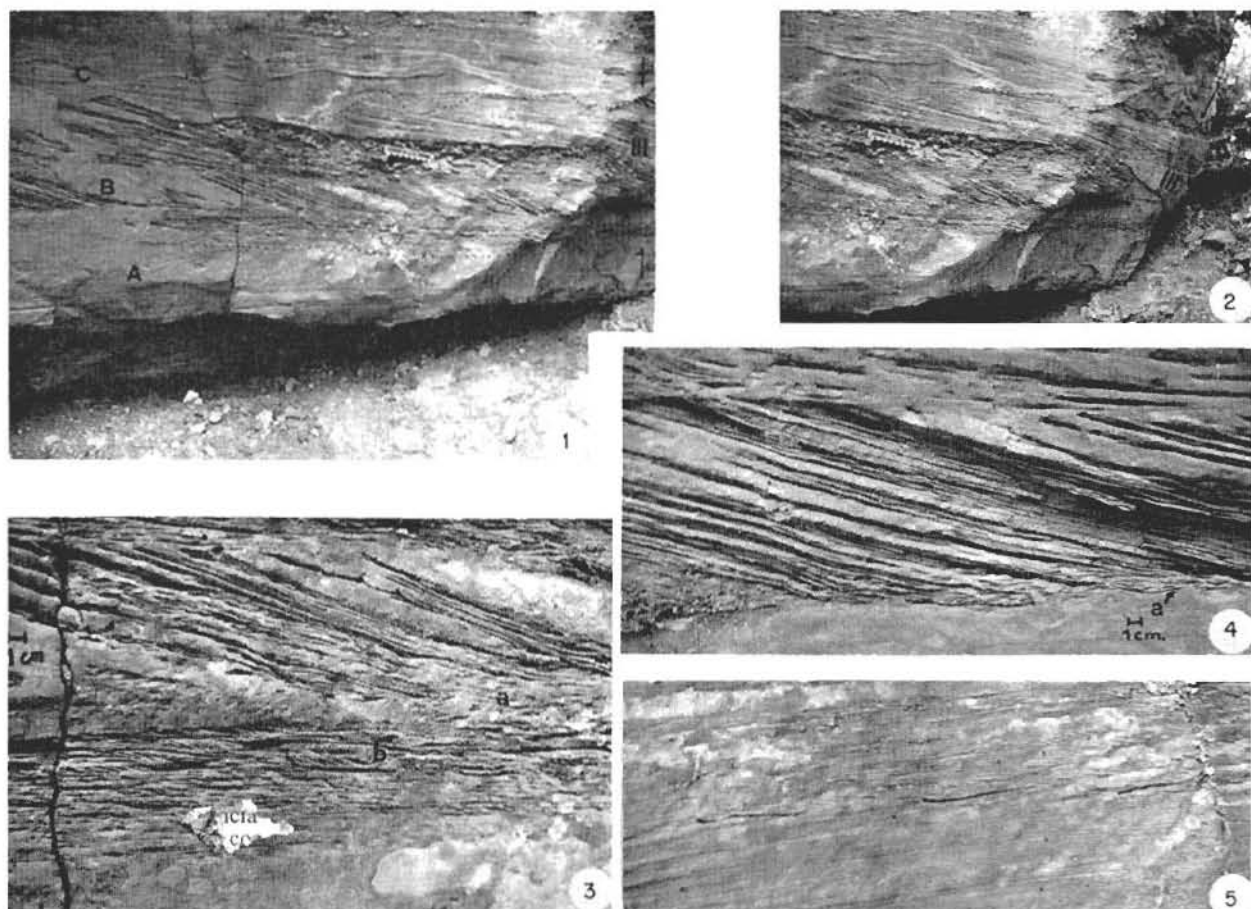


Fig. 6.—1 y 2) Aspectos más o menos parciales del banco en el punto III de la figura 3. Se pueden observar algunas características generales de las tres unidades (A, B y C). En la unidad B (sección "III") se observa la disminución hacia el techo de la inclinación de las láminas de la estratificación cruzada, pasando desde 18° en el primer *set* (base) a laminación horizontal en el techo. 3) Secuencia constituida por estratificación cruzada de gran escala debida a migración de un tren de *megaripples*, durante la cual ha desarrollado *backflow cross-stratification* (a) y *coflow cross-estratificación* (b). Unidad B, sección "III". 4) Detalle de la estratificación cruzada de gran escala con *backflow cross-stratification* (a) en la base de las láminas del *foreset*. 5) Laminación horizontal que pasa a *climbing ripple-lamination* Punto IV de la figura 3.

cuencias *fining-upward*, delimitadas, a veces, por superficies erosivas— que hacia el borde desaparecen. Se pasa, pues, a condiciones de sedimentación más uniformes.

La evolución de la estructura interna en la unidad B queda recogida en la figura 3. Aunque el tipo de estructura es distinto al de la unidad A, su significado es aproximadamente el mismo. Esto es, disminución progresiva de la energía hacia el borde y paso en el mismo sentido a condiciones de depósito más uniformes. De acuerdo con la observación de campo, es, probablemente, la primera unidad en acuñarse, quedando restringida a la parte más "interna" conservada de la depresión.

La estructura interna de la unidad C es más uniforme:

INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS

Unidad A

Dado que no hay forma de canal y que la erosión en el fondo, aunque existe, es escasa y muy localizada, parece más probable que se tratase de una zona deprimida a la que, coincidiendo con épocas de crecida y desbordamiento de los canales principales, llegaban avenidas con gran cantidad de sedimento en

suspensión que quedaban parcialmente estancadas, produciéndose entonces una disminución de velocidad (frenazo) y sedimentación desde la suspensión en forma de laminación horizontal y cruzada de ángulo bajo. Localmente, en condiciones de energía relativamente más alta, se puede desarrollar alguna barra. Las secuencias de energía decreciente (*fining-upward*) reflejan claramente esta disminución en la velocidad de la corriente, con asentamiento progresivo de la fracción más fina.

Existieron episodios en los que la circulación de agua debió de ser prácticamente nula, y que quedaron registrados por una laminación muy fina en sedimento fino (fig. 5, 2a).

Esto es válido, esencialmente, para una posición más o menos central de la depresión y del cuerpo sedimentario que se formó en ella (fig. 3-I, II, III); pero la sedimentación coetánea en las proximidades de los bordes era mucho más uniforme (fig. 3-IV, V, VI) y sin erosiones, pues quizá el agua circulaba menos canalizada.

Unidad B

La depresión estaba parcialmente rellena por la unidad A y, por consiguiente, la profundidad era menor. La energía del medio fue, en general, mayor que en la unidad A. La velocidad de la corriente, tal como hemos indicado en la sección "III", sería al principio (base de la unidad) del orden de 60 cm/sg., como mínimo, pues se formaban *ripples* regresivos. Después (techo) los *megaripples* son sustituidos por estratificación cruzada de ángulo bajo y laminación horizontal, y esta evolución puede estar relacionada con una disminución de la profundidad del ambiente y un aumento de la velocidad. JOPLING (1960) interpretó así la génesis de este tipo de secuencias a partir de experimentos de laboratorio.

En otros puntos, la energía debió de ser muy pequeña (sedimentación lateral en el borde de un canal, figura 3 y fig. 5, 3 y 4) o prácticamente nula con asentamiento desde la suspensión de material de tamaño limo (fig. 5, 1, sección "I").

Los datos de paleocorrientes (fig. 3) muestran bastante dispersión; ello se debe, en parte, a la existencia de episodios de sedimentación lateral, además de los normales en el sentido de la corriente; pero, sobre todo, a que los *megaripples* han migrado distancias muy cortas bajo la acción de corrientes diferentes con distintas direcciones.

Hacia el borde de la depresión los *megaripples* desaparecen y las unidades A y B se hacen indiferenciables.

En cualquier caso, la unidad B es la que muestra características sedimentarias más parecidas a un depósito de un canal fluvial "típico". Sin embargo: a) la pequeña distancia de migración de los *megarip-*

ples apunta hacia una alimentación poco continuada, y b) la dispersión en las paleocorrientes indica que el sistema estaba poco canalizado.

Unidad C

El rasgo topográfico negativo estaba en vías de desaparición. El agua procedente del desbordamiento de los canales principales en periodos de crecida podía llegar a la región a modo de mantas de agua (*sheet flood*), depositando en forma de laminación horizontal, y casi inmediatamente se bifurcaba para circular por pequeños canalillos (debido posiblemente a la pérdida de agua por infiltración). La característica fundamental de estos canalillos es precisamente la inestabilidad, lo cual explica la irregularidad de las superficies erosivas que producen.

Los cantos blandos incluidos en esta unidad podían haber sido arrancados durante el desbordamiento o en las primeras etapas del recorrido de la corriente.

Hasta aquí hemos tratado de justificar la estructura interna de cada unidad, e, incluso, la propia existencia de las tres unidades, invocando causas que afectaban exclusivamente el área donde se realizaba el depósito, es decir, el relleno de una depresión, pues manejamos sólo los datos que nos proporciona el afloramiento. Ahora bien, eso no excluye la actuación de procesos de mayor alcance fuera de los límites del área deprimida que hemos estudiado; por ejemplo, ¿cambios en la posición de los canales principales?, ¿factores climáticos? No estamos en condiciones de responder esta pregunta.

CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta la morfología y la historia sedimentaria, pensamos que el banco de areniscas, objeto de este trabajo, representa el relleno de una depresión en la llanura de inundación de un sistema fluvial más importante.
- El flujo en la depresión era discontinuo. Ello se deduce del modelo de ríos propuesto por uno de nosotros (J. FERNÁNDEZ) para toda la región, y también de algunos rasgos observados en esta capa, tales como las superficies de erosión.
- No existieron episodios de alta energía en la construcción del banco. Este representa en su conjunto un depósito de baja energía, en el que pequeñas variaciones en la intensidad de flujo o en las condiciones a la escala del microambiente serían suficientes para explicar

la estructura interna que caracteriza a cada unidad. La cantidad de sedimento en suspensión fue siempre elevada.

La unidad A se depositó en condiciones de baja energía, con mucho sedimento en suspensión y probablemente en presencia de agua estancada en la depresión.

La unidad B representa condiciones de energía ligeramente mayores, con velocidades de flujo de 60 cm/sg. o mayores.

La unidad C debe representar condiciones similares a la A. La diferencia en estructura interna hemos de justificarla por la disminución de profundidad (el rasgo topográfico negativo está en vías de desaparición) y por la ausencia de agua estancada en C. Hecho este que viene condicionado por diferencias en el grado de permeabilidad del infrayacente en cada caso (arcillas y arenas).

- Los datos de paleocorrientes recogidos en la figura 3 apoyan la idea de un flujo poco canalizado.
- Las diferencias de estructura interna, desde una posición más o menos central del banco al borde, reflejan diferencias en las condiciones del medio. Así:
 - a) El paso de estructuras de gran escala a pequeña escala implica una disminución gradual en la energía del medio.
 - b) La sustitución de huellas de erosión y los

pequeños canales con los que localmente se relaciona la estratificación cruzada, por laminación paralela sin huellas de erosión, significa que, hacia el borde, el transporte y depósito está relacionado con corrientes laminares.

Esto en lo que se refiere a las unidades A y B, pues la unidad C refleja condiciones de depósito más uniformes.

BIBLIOGRAFÍA

- BOERSMA, J. R.
1967. Remarkable types of megacross-stratification in the fluvial sequence of a subrecent distributary of the Rhine. Amerongen; The Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 46, 217-235.
- BOERSMA, J. R. *et al.*
1968. Intricated cross-stratification due to interaction of a megaripple with its lee-side system of back-flow ripples (upper-point bar deposit, lower Rhine). *Sedimentology*, 11, 147-162.
- FERNÁNDEZ, J.
1977. *Sedimentación triásica en el borde sureste de la meseta*. Tesis. Publicaciones Univ. Granada, 173 págs.
- JOPLING, A. V.
1961. Origin of regressive ripples explained in terms of fluid-mechanic processes. In short Papers in Geol. and Hidrol. sci. *U. S. Geol. Surv. Profess. Papers*, 424-D, 15-17.
1960. *An experimental study on the Mechanics of Bedding*. Ph. D. thesis, Harvard Univ., Cambridge, Mass.

Recibido el 14 de noviembre de 1978.

Análisis sedimentológico de una capa de areniscas (Triásico del borde SE de la Meseta Ibérica)

Por J. FERNÁNDEZ (*) y C. J. DABRIO (*)

RESUMEN

El análisis de la estructura interna de una capa de areniscas, así como de las secuencias de estructuras y sus variaciones laterales, nos llevan a considerar que, en su conjunto, el cuerpo sedimentario representa el relleno de una zona deprimida de la llanura de inundación de un gran sistema fluvial. Dicho relleno lo produjo una corriente discontinua de dirección cambiante, con régimen de flujo bajo y elevada carga en suspensión.

ABSTRACT

The analysis of the inner structure of a sandy body as well as the sequences of sedimentary structures and their lateral evolution, leads us to consider it as representing the infilling of a depressed area placed on the flood plain of a major fluvial system. This infilling was carried out by a discontinuous flow with changing flow direction. Sedimentation took place under lower flow regime conditions with much suspended load available.

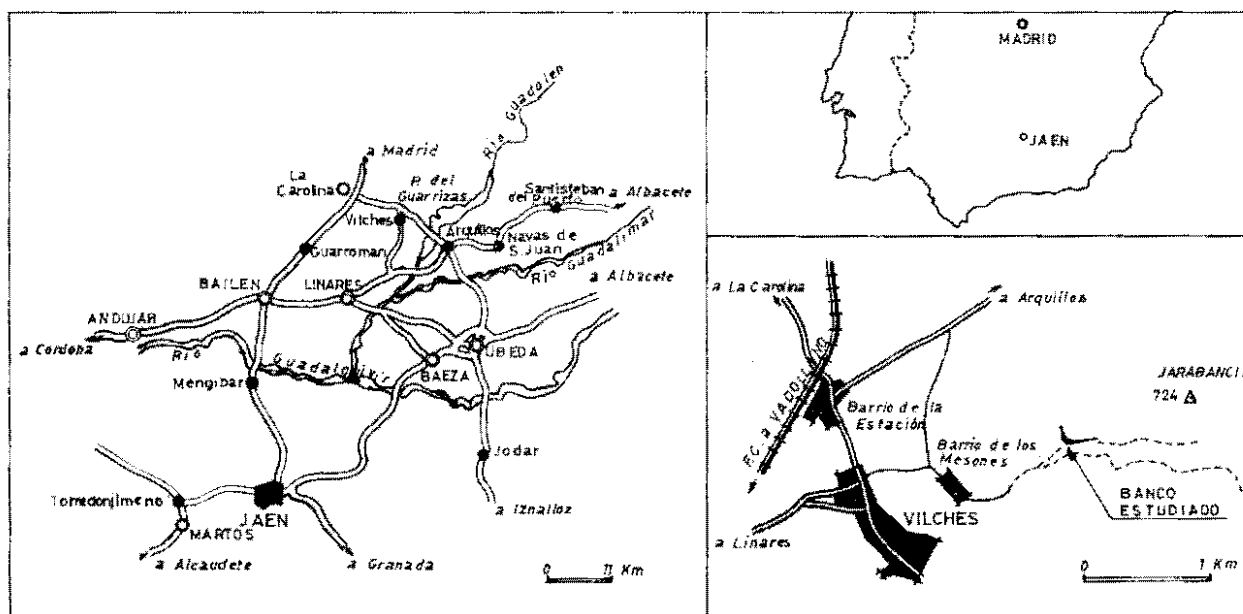


Fig. 1.—Localización geográfica del banco de areniscas estudiado. Se incluye, también, la cartografía del mismo.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del borde SE de la Meseta Ibérica afloran extensamente capas rojas de edad triásica y origen fluvial.

En las proximidades del pueblo de Vilches (fig. 1), una serie estratigráfica idealizada comprendería unos paquetes potentes de areniscas, en número de siete, intercalados entre arcillas. Las areniscas representan, casi siempre, episodios

(*) Departamento de Estratigrafía, Universidad de Granada.

Unidad B (intermedia). Ver fig. 3; fig. 5, 1 y 2 y fig. 6, 1.

Morfología.—El contacto inferior es, a grandes rasgos, plano y no erosivo. El espesor de la unidad varía de unos puntos a otros, en función de la importancia de la erosión. Hacia el borde de la depresión (norte) disminuye de espesor, siendo la primera en desaparecer.

— Sección "II": figura 3-II y fig. 5, 3 y 4.

Sección en uno de los márgenes de un canal. El canal se ha rellenado primero por sedimentación lateral, en un ambiente de poca energía y con poco sedimento disponible; así se han depositado láminas débilmente desarrolladas, con frecuencia onduladas y con pequeños deslizamientos (fig. 5, 3 y 4a).

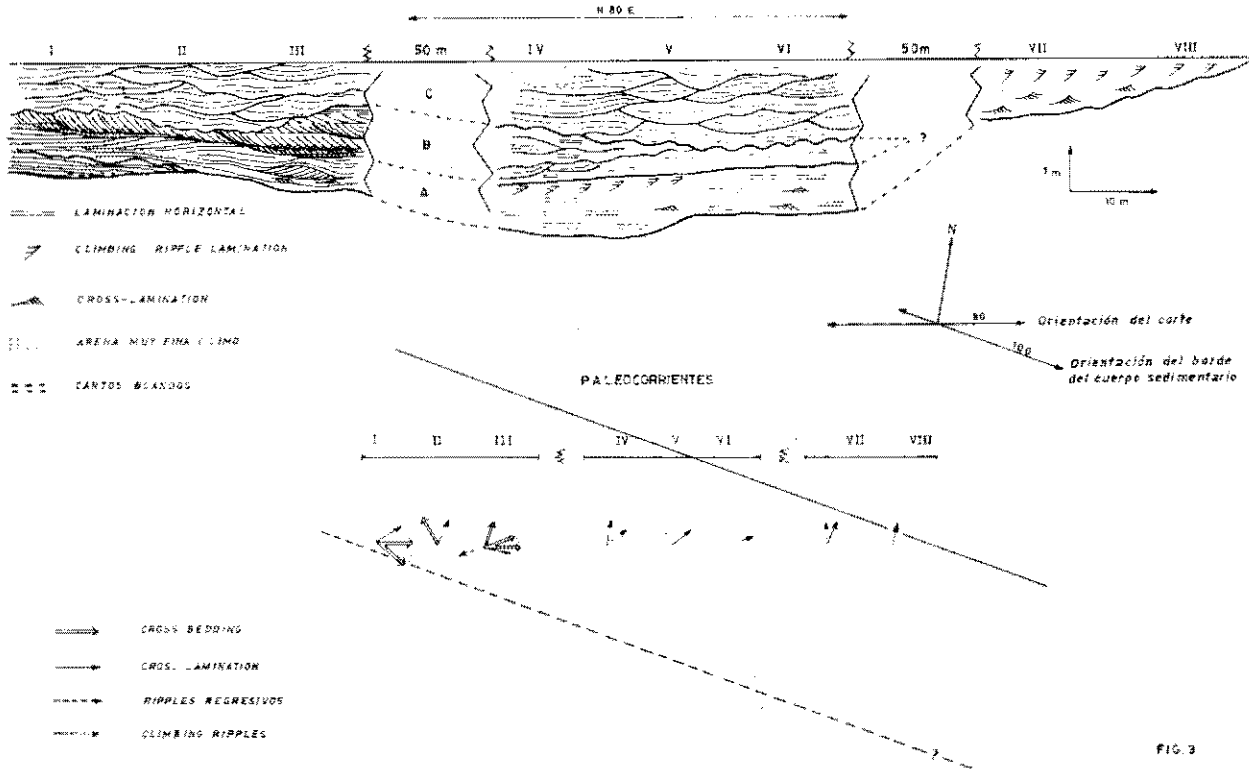


FIG. 3

Fig. 3.—Análisis de la estructura interna de la capa. Las secciones "I", "II" y "III", referidas en el texto, coinciden con la vertical de los puntos I, II y III, pero sólo se refieren a la unidad B (intermedia). En la parte inferior de la figura se recogen los datos de paleocorrientes obtenidos en cada punto.

Estructura interna.—Está representada por uno o varios trenes de *megaripples*, según los puntos. Asociados con los *megaripples* existen, localmente, *small ripples* que han migrado delante de los *ripples* mayores, pero en el mismo sentido (*ripples* progresivos) y *ripples* regresivos.

Comentaremos con mayor detalle algunas secciones:

— Sección "I": Coincidiendo con la vertical del punto I (fig. 3), se observan dos *sets* de estratificación cruzada, ligada a migración de *megaripples* con desarrollo de *ripples* progresivos de pequeña escala en la base de las láminas del *foreset*. Ambos *sets* han sido erosionados por una corriente que fluía oblicua o perpendicularmente a la dirección de migración de los *megaripples*. En el canal así originado tuvo lugar el asentamiento de sedimento fino procedente de la suspensión (retintado en negro en la fig. 5, 1). En una etapa posterior se desarrolló un nuevo tren de *megaripples*. Las láminas de los *foresets*, a ambos lados de la superficie erosiva, aunque aparentemente concordantes, han sido originadas por corrientes no paralelas, como se refleja en los datos de paleocorrientes.

En una etapa posterior el canal es utilizado por una corriente con mayor energía y mayor cantidad de sedimento. Esta corriente deposita en forma de *megaripples* con *foreset* concordante con las láminas producidas durante el depósito anterior (fig. 5, 3b). Así podemos diferenciar dos etapas en el relleno del canal que, aunque han producido láminas concordantes, su génesis está ligada a dos corrientes perpendiculares o, al menos, oblicuas, siendo más importante la segunda.

— Sección "III": figura 3-III y figura 6, 1 y 2.

En este punto la unidad B está constituida por tres *sets* superpuestos de estratificación cruzada de gran escala y laminación horizontal en el techo: el primer *set* es el de mayor potencia, representa un *megaripple* (con una inclinación de las láminas del *foreset* de 18°) en cuya migración ha desarrollado *backflow cross-stratification* y *colflow cross-stratification*.

Los *sets* superiores son menos potentes y la inclinación de las láminas se va haciendo progresivamente menor, hasta

la estructura interna que caracteriza a cada unidad. La cantidad de sedimento en suspensión fue siempre elevada.

La unidad A se depositó en condiciones de baja energía, con mucho sedimento en suspensión y probablemente en presencia de agua estancada en la depresión.

La unidad B representa condiciones de energía ligeramente mayores, con velocidades de flujo de 60 cm/sg. o mayores.

La unidad C debe representar condiciones similares a la A. La diferencia en estructura interna hemos de justificarla por la disminución de profundidad (el rasgo topográfico negativo está en vías de desaparición) y por la ausencia de agua estancada en C. Hecho este que viene condicionado por diferencias en el grado de permeabilidad del infrayacente en cada caso (arcillas y arenas).

-- Los datos de paleocorrientes recogidos en la figura 3 apoyan la idea de un flujo poco canalizado.

— Las diferencias de estructura interna, desde una posición más o menos central del banco al borde, reflejan diferencias en las condiciones del medio. Así:

- a) El paso de estructuras de gran escala a pequeña escala implica una disminución gradual en la energía del medio.
- b) La sustitución de huellas de erosión y los

pequeños canales con los que localmente se relaciona la estratificación cruzada, por laminación paralela sin huellas de erosión, significa que, hacia el borde, el transporte y depósito está relacionado con corrientes laminares.

Esto en lo que se refiere a las unidades A y B, pues la unidad C refleja condiciones de depósito más uniformes.

BIBLIOGRAFÍA

- BOERSMA, J. R.
1967. Remarkable types of megacross-stratification in the fluvial sequence of a subrecent distributary of the Rhine. Amerongen; The Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 46, 217-235.
- BOERSMA, J. R. *et al.*
1968. Intricated cross-stratification due to interaction of a megaripple with its lee-side system of back-flow ripples (upper-point bar deposit, lower Rhine). *Sedimentology*, 11, 147-162.
- FERNÁNDEZ, J.
1977. *Sedimentación triásica en el borde sureste de la meseta*. Tesis. Publicaciones Univ. Granada, 173 págs.
- JOPLING, A. V.
1961. Origin of regressive ripples explained in terms of fluid-mechanic processes. In short Papers in Geol. and Hidrol. sci. *U. S. Geol. Surv. Profess. Papers*, 424-D, 15-17.
1960. *An experimental study on the Mechanics of Bedding*. Ph. D. thesis, Harvard Univ., Cambridge, Mass.

Recibido el 14 de noviembre de 1978.