

## LOS CONGLOMERADOS DE MORALEDA: UN MODELO DE SISTEMA FLUVIAL DE TIPO BRAIDED (DEPRESION DE GRANADA. ESPAÑA) (\*)

J. Fernández (\*\*) y C. J. Dabrio (\*\*\*)

### RESUMEN

Los materiales aluviales expuestos en los alrededores de Moraleda constituyen un magnífico ejemplo de un sistema fluvial conglomerático de tipo *braided* proximal, con una amplia llanura de inundación.

Los ríos procedían de los relieves béticos del sur y cuando se ha podido reconstruir el trazado de los canales, estos muestran una orientación noroeste hasta llegar a los alrededores de Moraleda y allí se curvan hacia el oeste. Ello es debido a que los afloramientos de Triás situados al norte de dicho pueblo constituían relieves positivos y eran tectónicamente activos durante la sedimentación.

Para los materiales depositados en la llanura de inundación hemos diferenciado dos tipos de asociaciones de facies, en función de la posición que ocupaba el nivel freático durante la sedimentación: *a*) llanura de inundación subaérea en la que los procesos edáficos se han desarrollado ampliamente y que está mejor desarrollada hacia la parte inferior de la serie y sur de la región estudiada, y *b*) llanura de inundación subacuosa (*backswamp*) mejor desarrollada hacia el norte y parte superior de la serie y afectada por proceso de hidromorfismo.

El modelo propuesto consta de un cauce amplio y complejo en el que se diferencia un trazado inactivo a niveles algo más elevados que su trazado activo, y una amplia llanura de inundación. El cauce permanece largos intervalos de tiempo en la misma posición, rellenándose y cambiando con frecuencia la posición del trazado activo respecto del inactivo. Solo unas pocas veces cambia la posición del cauce en la llanura de inundación. Como consecuencia de este mecanismo se desarrolla una secuencia tipo de energía decreciente a techo: Gms-Gm/Sh-Gt-St-Fl, que se repite varias veces durante la fase de relleno del cauce, hasta su abandono definitivo y la aparición de las facies de llanura de inundación.

**PALABRAS CLAVE:** Fluvial, *braided*, conglomerados. Moraleda, Depresión de Granada.

### ABSTRACT

The alluvial materials outcropping in the surroundings of Moraleda constitute an excellent example of a conglomeratic fluvial system, of proximal braided type, with a wide flood plain.

Rivers were coming from the southern Betic reliefs. When the trending of their channels can be reconstructed they show a NW orientation till they reach the Moraleda point, turning towards the west at this point. This is due to the existence of Triassic outcrops, placed to the north of the above mentioned village, which constituted positive reliefs and were tectonically active during sedimentation.

Two types of facies associations have been differentiated in the flood plain deposits according to the position occupied by the ground water level during sedimentation: *a*) a subaerial flood plain in which soil processes developed widely and that is best represented to the south and in the lower part of the sequence, and *b*) subaqueous flood plain (*backswamp*) better developed to the north and in the upper part of the sequences and affected by hydromorphism processes.

The proposed model consists of a wide and complex river bed in which an inactive course at higher levels than an active one and a wide flood plain can be differentiated. The river bed remains for a long time in the same position, filling and changing frequently the position of the active course with respect to the inactive one. The position of the river bed inside the flood plain changed only a few times. As a consequence of this mechanism an upward energy-decreasing sequence is developed: Gms-Gm/Sh-Gt-St-Fl, which repeats for several times during the filling-channel stage, till its final abandon and the appearance of the flood-plain facies.

**KEY WORDS:** Fluvial, *braided*, conglomerates. Moraleda, Granada basin.

(\*) Este trabajo ha sido subvencionado por la C. A. I. C. Y. T. dentro del proyecto "El borde mediterráneo español: Evolución del Orógeno Bético y Geodinámica de las Depresiones Neógenas".

(\*\*) Departamento de Estratigrafía. Universidad de Granada.

(\*\*\*) Departamento de Estratigrafía. Universidad de Salamanca.

## Introducción

Durante el Plioceno y Pleistoceno inferior se desarrollaron grandes sistemas aluviales en la Depresión de Granada que han recibido distintos nombres en función de su situación geográfica y su litología (figura 1). En los alrededores de Granada, la Formación Alhambra es un ejemplo de abanico aluvial con cantos metamórficos procedentes de Sierra Nevada. Al sur, el conglomerado de Játar es una serie fluvial cuyos sedimentos proceden de rocas metamórficas alpujárrides de las Sierras Tejeda y Almijara. Igual

procedencia tienen los conglomerados de Moraleda de Zafayona que forman parte de una serie fluvial cuyo estudio se lleva a cabo en este trabajo. En el resto de la depresión los materiales fluviales y fluvio-lacustres plio-pleistocenos reciben sus materiales de rocas sedimentarias de las zonas externas de las Cordilleras Béticas.

Los depósitos aluviales que nos ocupan se apoyan en discordancia sobre los materiales de la unidad evaporítica superior del Messiniense de la Depresión de Granada (Dabrio *et al.*, 1982), especialmente sobre las calizas lacustres con gasterópodos que la

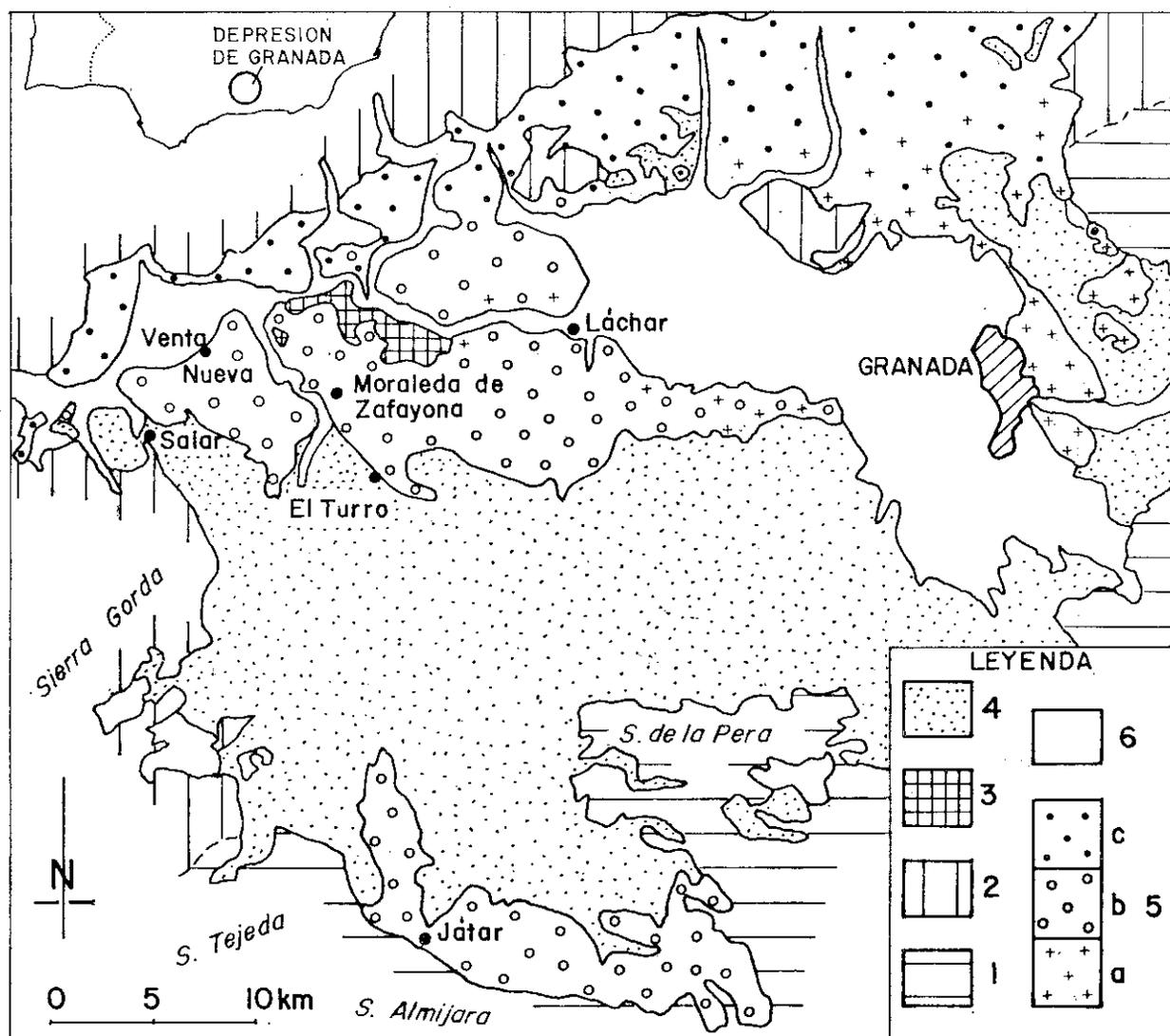


Fig. 1.—Mapa de situación geológica. (1) Paleozoico y Mesozoico de las zonas internas de las Cordilleras Béticas; (2) Mesozoico de la Zona Subbética; (3) Triásico de Moraleda; (4) Neógeno de la Depresión; (5) Depósitos aluviales plio-pleistocénicos con área fuente en rocas nevado-filábrides (5a), alpujárrides (5b) y subbéticas (5c); (6) depósitos fluviales recientes de la Vega de Granada.

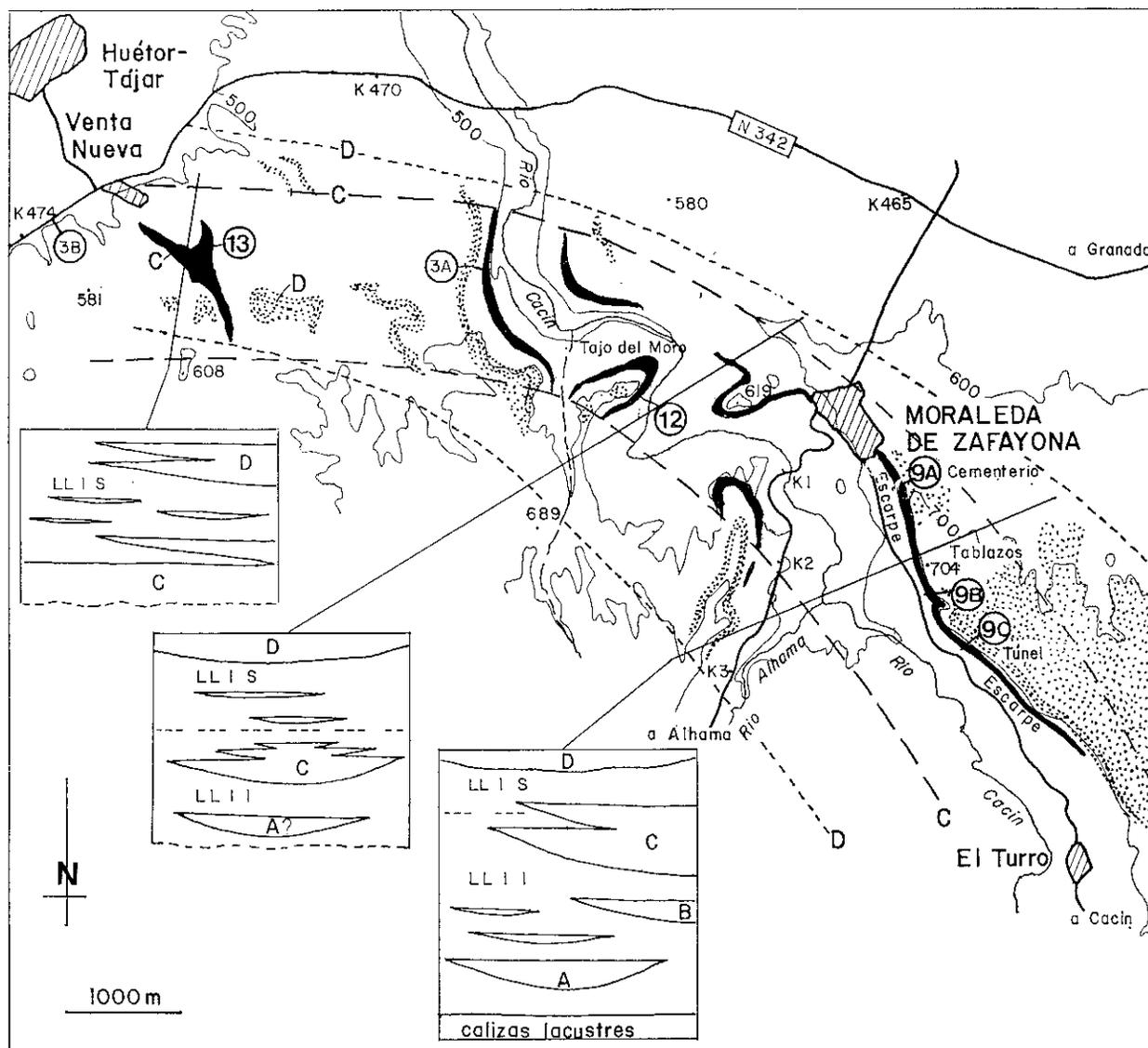


Fig. 2.—Series esquemáticas y afloramientos de los niveles conglomeráticos C (en negro) y D (punteado) y trazas de los canales correspondientes entre el Turro y Venta Nueva. En ambos casos las direcciones principales de flujo son hacia el W-NW. Los números rodeados por círculos indican la situación de las secciones recogidas en las figuras.

coronan. Todos ellos buzcan suavemente hacia el norte y los afloramientos se sitúan en un banda alargada este-oeste hasta que los cubren los sedimentos recientes de la Vega de Granada (fig. 1).

A partir de un reconocimiento detallado sobre el terreno se han distinguido cuatro tramos de conglomerados principales intercalados en arenas y arcillas que constituyen, en conjunto, depósitos de llanura de inundación. Los tramos conglomeráticos más continuos y mejor expuestos son los denominados C y D (fig. 2), y a partir de ellos se han reconstruido los canales fluviales que los originaron.

En el tramo C se diferencian tres paquetes o unidades con características diferentes que hemos denominado C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>. Conviene advertir que aunque hemos utilizado las mismas siglas en todos los sectores y que sus características sedimentarias son similares, no podemos decir, por ejemplo, que el paquete C<sub>2</sub> sea equivalente en el tiempo en toda el área estudiada, pues desafortunadamente no disponemos de niveles guía o dataciones precisas como para poder trazar isocronas y poder reconstruir las características del sistema fluvial desde proximal a distal en un momento dado.

TABLA 1  
*Facies sedimentarias encontradas* (Modificada de Miall, 1978)

FACIES	DESCRIPCIÓN	INTERPRETACIÓN
Gms	Gravas masivas soportadas por la matriz y sin estructura interna.	<i>Debris Flow</i> .
Gm	Gravas <i>clast-supported</i> masivas o con estratificación horizontal o cruzada de bajo ángulo e imbricación.	Barras longitudinales.
Gt	Gravas <i>clast-supported</i> con <i>channel-fill cross-bedding</i> o <i>Trough cross-bedding</i> .	Relleno de paleocauces, canales secundarios o dunas.
Gp	Gravas con estratificación cruzada planar.	Crecimiento longitudinal o lateral de barras.
Sh	Arenas con laminación horizontal.	Régimen de flujo alto.
St	Arenas con <i>channel-fill cross-bedding</i> o <i>trough cross-bedding</i> .	Rellenos de paleocauces, canales secundarios o dunas. Régimen de flujo bajo.
Sp	Arenas con estratificación cruzada planar.	Crecimiento longitudinal o lateral de barras.
Sr	Arenas con <i>ripples</i> .	Régimen de flujo bajo.
Fl	Arena, limo o arcilla con laminación fina o <i>ripples</i> muy pequeños.	Depósito de <i>Overbank</i> o fase de decadencia de inundación.
Fsc	Limo o arcilla, laminado a masivo.	Depósito de <i>backswamp</i> .
P	Carbonatos con rasgos pedogénicos.	

La descripción de las facies se hará siguiendo, con algunas modificaciones, la nomenclatura y clasificación propuestas por Miall (1977 y 1978) y Rust (1978), para ríos de baja sinuosidad, en función de la litología y estructuras sedimentarias (tabla 1). Ambos autores han definido las facies en sedimentos actuales, por lo que cuando se trabaja con sedimentos fósiles es necesario tomar en consideración los cambios postdeposicionales que haya podido sufrir el sedimento.

El objetivo de este trabajo es el estudio detallado de los sedimentos aluviales entre Láchar y Salar, diferenciar las facies que los integran, establecer sus relaciones laterales e interpretar el modelo sedimentario y paleogeográfico.

### Facies de llanura de inundación

Hemos diferenciado dos tipos de facies de llanura de inundación en función de la posición del nivel freático durante la sedimentación (fig. 3).

A) *Llanura de inundación inferior*.—Muestra coloración rojiza, debido a la existencia de frecuentes procesos edáficos en un ambiente subaéreo.

Un perfil levantado para este tipo de facies (fig. 3a) permite observar la existencia de numerosas secuencias positivas caracterizadas por arenas y/o limos en la base que pasan a sedimentos finos (arcillas) (fig. 4) con frecuente bioturbación hacia el techo, donde también son frecuentes los carbonatos de origen pedogénico, unas veces formando nódulos y otras como capas continuas (fig. 5).

Este tipo de facies están mejor desarrolladas hacia la parte inferior de la serie y en las partes situadas más al sur en el área estudiada.

B) *Llanura de inundación superior*.—Muestra una característica coloración blanco-grisácea. El depósito se ha producido permaneciendo el nivel freático por encima de la superficie del suelo, en un ambiente subacuoso, probablemente tipo *backswamp*. En un perfil levantado en el kiló-

metro 474 de la carretera de Málaga se pueden delimitar varias secuencias, de energía decreciente a techo: limos, arenas e incluso pasadas de conglomerados hacia la base y términos finos (arcillas) con incremento de bioturbación y del contenido en carbonatos hacia arriba (fig. 7). Es frecuente que a techo de la secuencia los materiales hayan sufrido procesos de hidromorfismo y muestren acumulaciones de óxidos de hierro, depositados inicialmente como pirita en un ambiente reductor.

sitúa en niveles progresivamente más recientes hacia el sur.

En uno y otro tipo existen canales secundarios, cuya orientación (N 250 E) es oblicua a la deducida para los canales principales (fig. 2). El relleno de dichos canales refleja condiciones de energía decreciente (fig. 8), que se reflejan en secuencias positivas tanto de estructura interna (*cross-bedding* o laminación horizontal a *cross-lamination*) como de litología (gravas finas a arena y/o limos y, a veces, carbonatos tipo caliche hacia el techo).

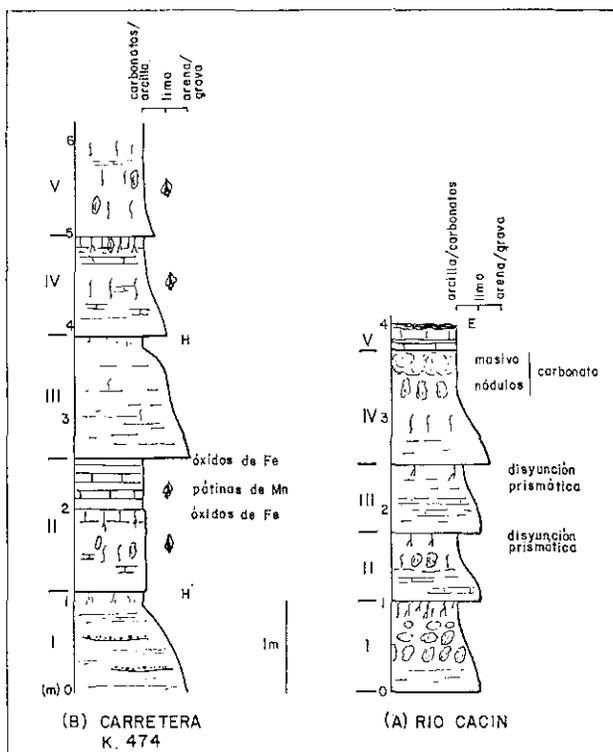


Fig. 3.—Perfiles representativos de facies de llanura de inundación. (A) Unidad inferior rojiza, caracterizada por secuencias granodecrecientes hacia arriba (números romanos) con nódulos de carbonato de origen edáfico y bioturbación por raíces. (B) Unidad superior blanco-grisácea con secuencias granodecrecientes incluyendo calizas con gasterópodos y horizontes bioturbados que han sufrido procesos de hidromorfismo (H). A techo, niveles calcáreos de tipo estromatolítico (E).

Se interpreta como un depósito de *backswamp* con influencia de los canales principales próximos, puesta de manifiesto por las fracciones más groseras de cada secuencia.

Este tipo de facies de llanuras de inundación están mejor desarrolladas hacia la parte superior de la serie y hacia el norte. No obstante el límite entre ambos tipos de llanura de inundación, subaérea y subacuosa, no es un contacto neto, ni constituye una superficie isocrona en el área estudiada, por el contrario se

### Facies de canal

La serie estratigráfica tipo consta de sedimentos finos (facies de llanura de inundación) y tramos de conglomerados. Estos se encuentran principalmente en cuatro niveles estratigráficos (A, B, C y D de la fig. 2) y se han interpretado como canales fluviales en función de su morfología y facies sedimentarias.

Los conglomerados están constituidos por cantos (diámetro medio 2-12 cms.) poligénicos cuya naturaleza (mármoles, esquistos y en mucha menor proporción calizas) evidencia su procedencia de los relieves béticos situados al sur y de las calizas lacustres infrayacentes.

Su distribución cartográfica ha quedado condicionada, probablemente, por la morfología predeposicional (paleovalle) y por los afloramientos triásicos situados al norte de Moraleda y que constituían, con toda probabilidad, un relieve positivo durante el depósito de los conglomerados de Moraleda. Esta barrera natural condicionó el trazado del cauce fluvial (fig. 2), suministró sedimento tamaño arena y permitió una separación neta entre los conglomerados de procedencia sur (Bética) y norte (Subbética).

La descripción de los tramos de conglomerados se hará siguiendo un orden geográfico y estratigráfico.

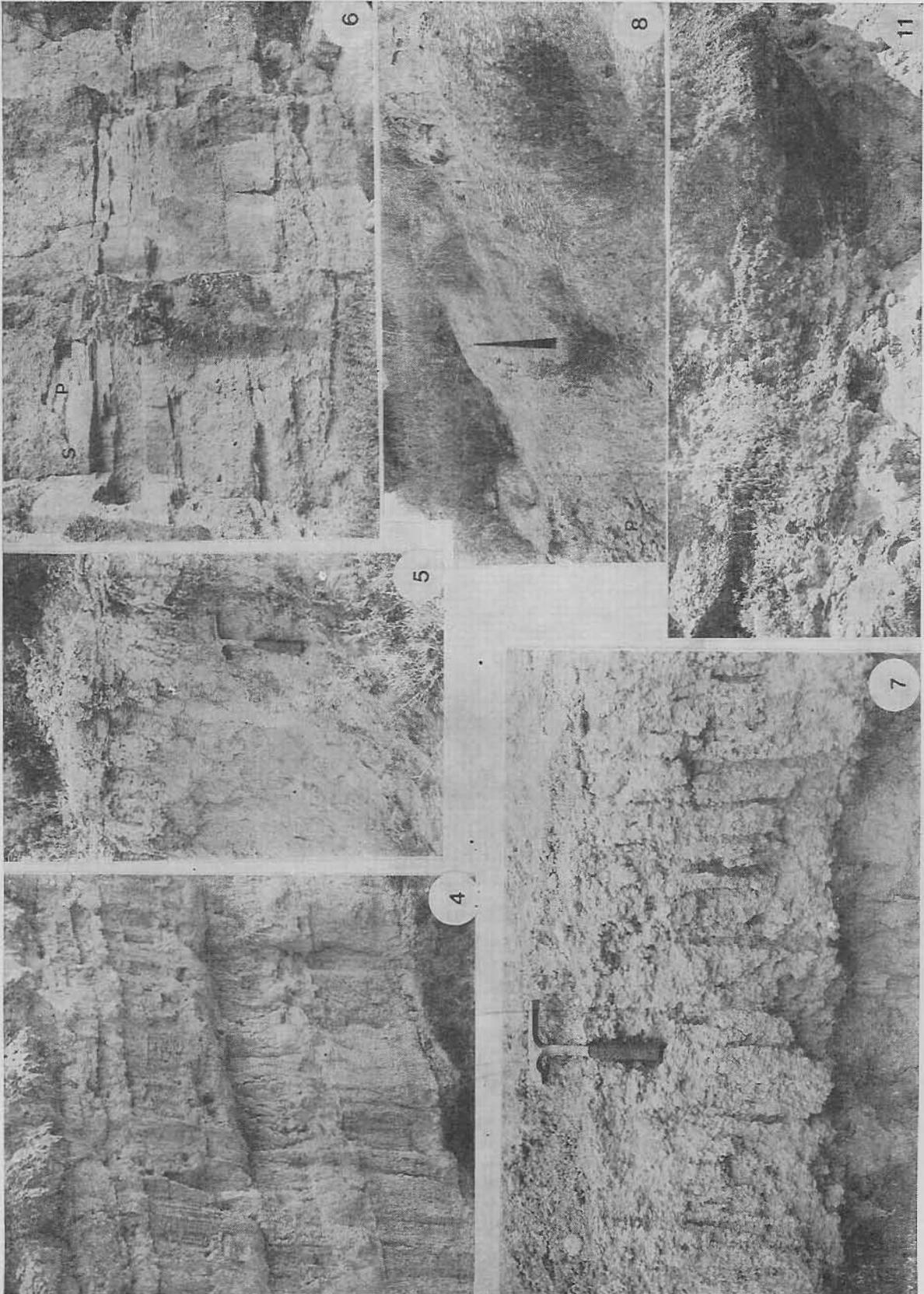
### Sector de MORALEDA

No aflora el tramo inferior de conglomerados que tal vez esté cubierto debido a deslizamientos importantes de la parte superior de la serie. Los tres tramos superiores afloran en el escarpe que se extiende entre Moraleda y el Turro (fig. 9).

El escarpe muestra secciones con distinta orientación en relación con la dirección deducida para el sistema fluvial (N 310 E). La del cementerio es oblicua, la de los Acueductos es perpendicular y la del Túnel es aproximadamente paralela.

Las facies de llanura de inundación son hacia el norte y techo de la serie de tipo *backswamp*, mientras hacia el sur y base de la serie dominan las de tipo subaéreo.

- Fig. 4.—Vista parcial de un perfil en la llanura de inundación inferior (subaérea). Se aprecian varias secuencias positivas y el incremento del contenido de carbonatos hacia el techo.
- Fig. 5.—Capa de carbonatos de origen pedogenético a techo de una secuencia de energía decreciente, en la llanura de inundación inferior.
- Fig. 6.—Vista parcial de la sección oblicua de una barra en el tramo B de conglomerados (sección de los Acueductos). Las parejas de capas grava-arena corresponden a fases de migración y crecimiento de la barra. Hacia el techo nivel de suelo (P), localmente erosionado (S), que marca el abandono temporal del canal y su reimplantación.
- Fig. 7.—Carbonatos de tipo caliche en el techo de una secuencia positiva en la llanura de inundación superior (*backswamp*).
- Fig. 8.—Canal secundario encajado en los materiales finos de llanura de inundación intensamente edafizados (P). La flecha indica la secuencia granodecreciente típica de relleno del canal.
- Fig. 11.—Base canalizada del tramo C, en el escarpe de Moraleda, con depósito inicial de conglomerados desorganizados (facies Gms).



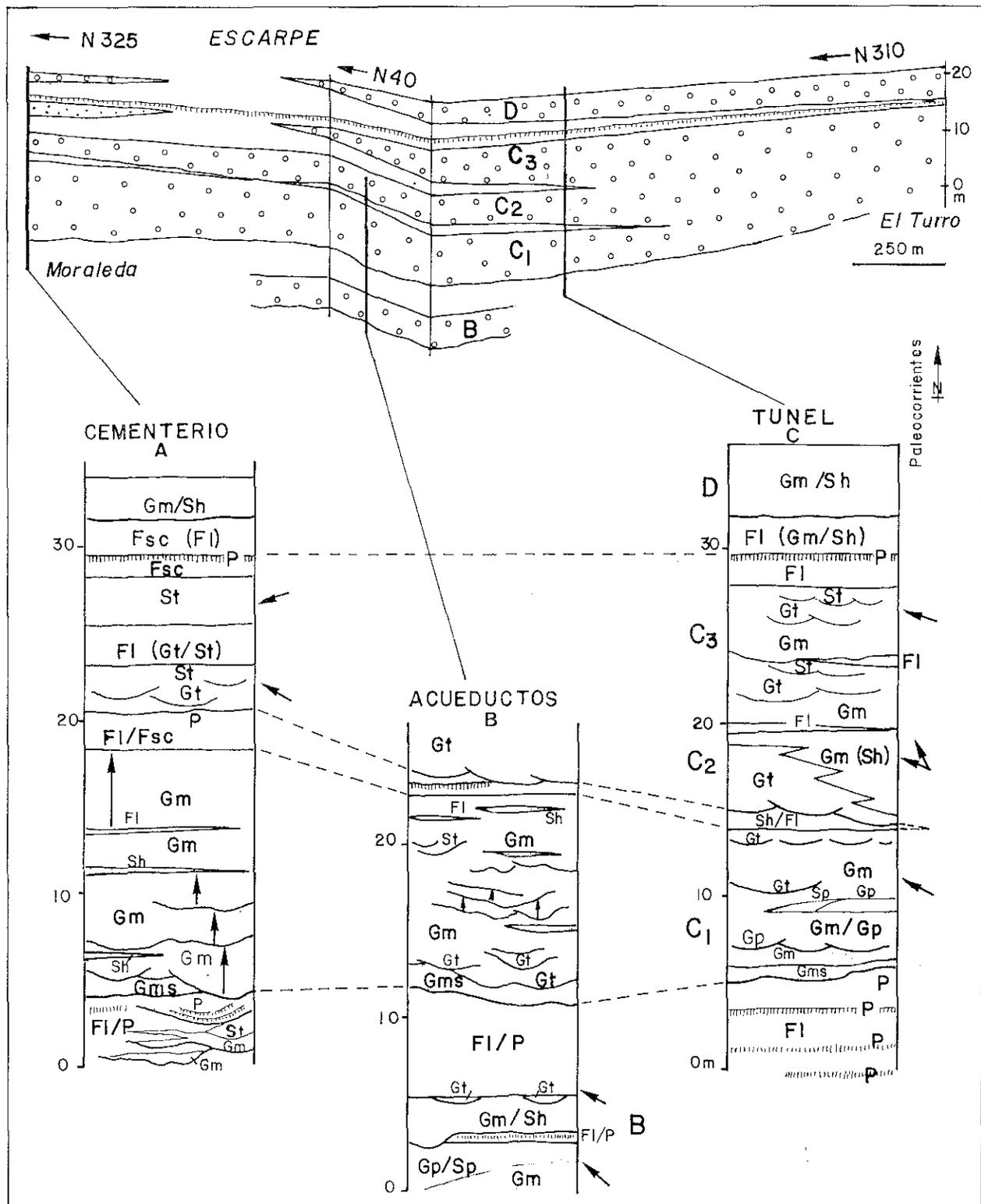


Fig. 9.—Arriba, esquema de las relaciones de facies en el escarpe de Moraleda de Zafayona. Abajo, tres secciones de detalle (véase la fig. 2). Las flechas verticales en el interior de las secciones indican secuencias granoderecientes. El significado de las siglas se explica en la tabla 1.

**Tramo B.**—Se ha encontrado exclusivamente en el perfil de los Acueductos levantado hacia la parte central del escarpe. Su base es erosiva sobre las facies de llanura de inundación infrayacentes y su techo es una superficie aproximadamente plana. Las facies dominantes son Gm y minoritariamente Sh, Gp, Sp y Gt, se organizan en dos unidades fundamentalmente conglomeráticas separadas por una intercalación de facies finas (*topstratum*) intensamente edafizadas. Se trata de dos episodios de formación de barras longitudinales separados por un intervalo de abandono del canal con asentamiento de finos.

La mitad inferior del tramo B representa un magnífico ejemplo de desarrollo y crecimiento de barras en el que sobre un núcleo constituido por facies Gm, se superponen episodios de gravas finas y arenas con estratificación cruzada de bajo y alto ángulo (figuras 6 y 10). Este dispositivo es el resultado de la migración oblicua de la cabeza y núcleo conglomeráticos de la barra sobre la cola materializada por sedimentos finos con estratificación cruzada.

Cada ciclo grava-arena representa un ciclo crecida-decrecida del flujo, de manera que durante la fase de crecida son transportadas todas las fracciones disponibles y sólo se depositan las más groseras (gravas), mientras que en la fase de decrecida se depositan las arenas.

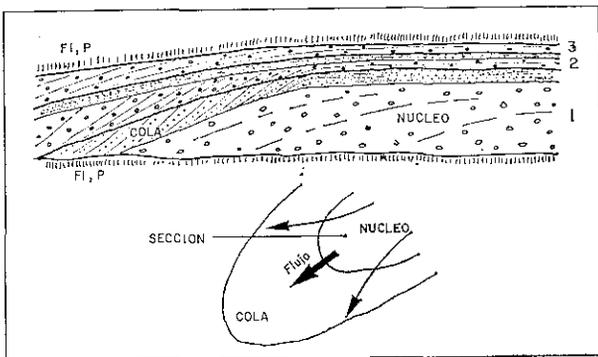


Fig. 10.—Modelo conceptual de crecimiento de una barra en el tramo B de conglomerados (sección de los Acueductos) con tres episodios constructivos (núms. 1, 2 y 3) separados por superficies de erosión.

**Tramo C.**—Muestra base canalizada sobre llanura de inundación infrayacente. Su espesor disminuye ligeramente hacia ambos extremos del escarpe (fig. 9), debido a la posición que ocupa el margen del canal en relación con el afloramiento (fig. 2). Se diferencian tres paquetes de conglomerados separados por intercalaciones de materiales finos de la llanura de inundación, las cuales aumentan de espesor hacia el norte (a la vez que se acuñan los paquetes de conglomerados superiores,  $C_2$  y  $C_3$ ), y disminuyen hasta desaparecer hacia el sur donde se unen los tres paquetes de conglomerados.

**Paquete inferior  $C_1$ .**—La implantación del canal va acompañada con frecuencia por el depósito de facies de conglomerados desorganizados (Gms, figura 11), a los que siguen facies Gm con algunas pasadas de facies Sh. Asociadas con las facies Gm aparecen puntualmente Gp y Sp y hacia el techo y de forma subordinada, facies Gt, St y Fl.

**Paquete intermedio  $C_2$ .**—Se ha denominado de modo informal "tramo de artesas" en razón de su facies sedimentaria dominante, Gt (figs. 9 y 17). Las artesas representan unas veces relleno de verdaderos paleocauces y otras dunas que migran por el fondo. En el techo y márgenes del canal las facies Gt desaparecen y existe una asociación de facies consistentes en gravas con pasadas de arenas (Gm/Sh).

Hacia el norte (cementerio) disminuye el tamaño de grano, la escala de las estructuras y el espesor, y están presentes, además de las facies Gt, las St.

**Paquete superior  $C_3$ .**—En el centro y sur del escarpe el paquete presenta una secuencia característica Gm-Gt-St que se repite varias veces intercalando pasadas de facies Fl. En el norte han desaparecido los conglomerados y en posición equivalente estratigráficamente se encuentran arenas con estratificación cruzada en artesas.

Las paleocorrientes deducidas para el tramo C se sitúan siempre en el cuarto cuadrante, con valores dominantes alrededor de N 300 E, salvo en las facies arenosas del paquete  $C_3$  (perfil del Cementerio) que con valores próximos a N 250 E, son claramente divergentes.

**Tramo D.**—Constituye el techo de la serie en este sector. Las condiciones de observación no son buenas y muestra una asociación de facies (Gm/Sh) propia de migración de barras longitudinales.

#### Sector RÍO CACÍN

Comprende los afloramientos de conglomerados existentes a ambos lados del río Cacán, entre la carretera de Málaga y la de Alhama. Afloran los tramos A, C y D; ya que el B sólo parece existir en las áreas más proximales.

**Tramo A.**—Aflora muy localmente en los alrededores del puente de la carretera de Alhama sobre el río Cacán. Como características generales hay que anotar que el tamaño medio de grano es menor y el contenido de arenas mayor que los tramos de conglomerados descritos en Moraleda. Su potencia es de unos 15 metros y las facies sedimentarias encontradas Gt y St, la asociación Gm/Sh es subordinada, y lo mismo se puede decir de algunas intercalaciones

finas de facies Fl. A veces se pueden observar secuencias completas Gm/Sh-Gt-St-Fl.

Aunque a partir de una observación puntual no se pueden hacer precisiones sobre su interpretación sedimentaria, sus características reflejan un depósito ligeramente más distal que el correspondiente a los tramos de conglomerados de Moraleda y su mayor contenido en arenas puede reflejar el aporte adicional de estos materiales al sistema fluvial procedente de los cercanos relieves triásicos situados al norte.

**Tramo C.**—El Tajo del Moro y la cota 619 (figura 2) ofrecen una panorámica completa del canal y de la facies de llanura de inundación asociadas, en cortes orientados NE-SW, o sea, aproximadamente perpendicular a la dirección del canal en este sector. A partir de ella pueden deducirse: la estructura interna, los procesos de relleno y las dimensiones del

tesa. En suma, el paquete inferior de conglomerados ( $C_1$ ) representa una secuencia positiva de energía decreciente a techo puesta de manifiesto por el tipo de materiales y sus estructuras sedimentarias, la cual está, a su vez, constituida por dos secuencias positivas menores.

**Paquetes intermedio y superior  $C_2$  y  $C_3$ .**—Probablemente tras el depósito del paquete  $C_1$  el canal cambió de posición, pero aún quedaba un cierto relieve negativo en esta zona que le permitía funcionar durante las épocas de crecida como canal, de reducidas dimensiones en el que se depositan facies Gt casi exclusivamente.

**Tramo D.**—Aflora ampliamente en el sector del río Cacín, pero sus condiciones de observación son muy deficientes. La potencia es de 15 metros y se

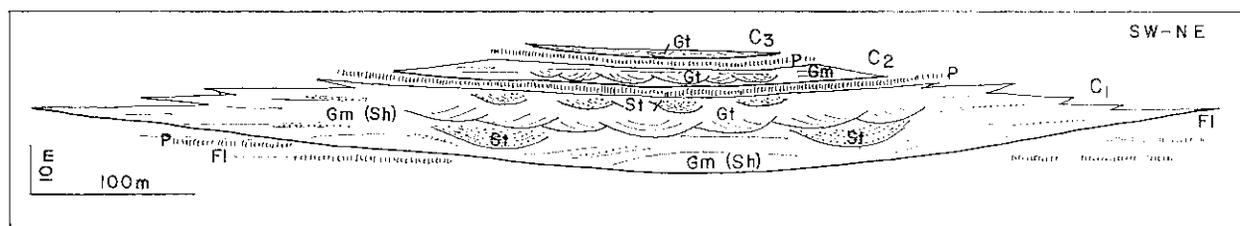


Fig. 12.—Reconstrucción del canal del tramo conglomerático C entre el Tajo del Moro y la cota 619 (véase fig. 2).

canal (anchura 750 metros y profundidad 15 metros, fig. 12).

Los conglomerados están encajados en facies de llanura de inundación de tipo subaéreo fuertemente edafizadas y se diferencian tres paquetes de conglomerados separados, a su vez, por intercalaciones de materiales finos edafizados.

**Paquete inferior  $C_1$ .**—Constituye el relleno del canal propiamente dicho. Las facies sedimentarias presentes reflejan una primera fase de depósito en régimen de alta energía puesto de manifiesto por el desarrollo de grandes barras longitudinales (facies Gm/Sh) que termina con unidades de arenas rellenando paleocauces (St) cuando la energía del medio es menor. Luego se produce la reactivación del canal y llegan abundantes gravas que se depositan en grandes artesas, que unas veces representan el relleno de verdaderos paleocauces y otra dunas migrando sobre el fondo del canal; la energía del medio es elevada, pero ligeramente menor que la correspondiente al período anterior. Hacia los márgenes del canal, las artesas son sustituidas por facies Gm/Sh en respuesta a una disminución de profundidad. Hacia el techo, en condiciones de baja energía, se depositan arenas con estratificaciones cruzadas en ar-

diferencian dos partes separadas por una cicatriz erosiva. La parte inferior (9 m.) constituye una secuencia granodecreciente donde se distinguen: en la base gravas con estratificación horizontal y bajo ángulo (facies Gm) con algunas pasadas de arenas (facies Sh), y a techo y hacia el centro una zona de grandes artesas cuyas paleocorrientes se sitúan en el cuarto cuadrante. La parte superior (6 m.) está bastante erosionada y parcialmente cultivada y sus características sedimentarias no son visibles en este sector.

#### Sector de VENTA NUEVA

No afloran los tramos A y B y el D lo hace con idénticas características a las descritas en el sector del río Cacín.

**Tramo C.**—Está magníficamente expuesto cerca de Venta Nueva en varias canteras diferentes orientadas en relación con el canal fluvial, lo cual permite estudiar los distintos tipos de facies y su evolución lateral y vertical.

La figura 13 resume las observaciones realizadas en una de las canteras, en una sección aproximadamente perpendicular al canal. El muro no aflora y

la observación se ha detenido cerca del techo, pero la parte recogida en el esquema se considera representativa de las características del tramo C en el sector de Venta Nueva.

Es muy importante destacar la presencia de varias superficies erosivas muy extensas entalladas en materiales finos (facies Fl) que delimitan etapas de relleno del canal. En este tramo hemos diferenciado tres partes limitadas por superficies erosivas, si bien cada una de ellas puede incluir más de una etapa de relleno del canal (fig. 13).

**Paquete inferior C<sub>1</sub>.**—Representa un canal que se instala sobre un horizonte de material fino (Fl, figura 16), erosionándolo parcialmente. Para esta parte del tramo C se deduce una secuencia positiva que refleja un progresivo decrecimiento en la energía del flujo: (Gms)-Gm/Sh-Gt-St-Fl. Naturalmente lo más frecuente es encontrar secuencias incompletas.

Interesa señalar:

a) En la parte inferior del paquete (A de la figura 13 y figura 14) la siguiente asociación de facies: Gm-Gp-Sp y sobre estas últimas (Sp) retrabajándolas *ripples* y arcillas afectadas por procesos de edafización y, finalmente, de nuevo, gravas con estratificación cruzada planar (facies Gp). Este dispositivo refleja el crecimiento lateral de una barra durante un ciclo crecida-decrecida del flujo, así, mientras

b) Canal en el que se pueden diferenciar distintas etapas de relleno, con tendencias diferentes: Las primeras etapas (B en la figura 13) muestran un relleno desde el centro a las márgenes, con facies Gms que pasan a Gm, o Gm que pasan a Sh; por el contrario, las últimas etapas (C en la figura 13) consisten en relleno lateral con facies groseras que pasan a finas hacia el centro indicando un decrecimiento de energía de tendencia opuesta a la que puede deducirse al comienzo del relleno del canal.

**Paquete intermedio C<sub>2</sub>.**—Las facies sedimentarias son parecidas a las descritas en el paquete inferior. No obstante, hay diferencias importantes: la primera de ellas se refiere a la ausencia de facies Gms, y la segunda, y más notable, al carácter dominante de las facies de artesas (Gt).

La secuencia tipo sería: (Gm/Sh)-Gt-St-Fl.

**Paquete superior C<sub>3</sub>.**—Las facies sedimentarias son similares a las encontradas en el paquete inferior, salvo que las facies Gms están ausentes, y la escala de las estructuras, y sobre todo el espesor de materiales entre dos horizontes de finos (Fl), es menor.

La secuencia tipo deducida para este paquete es: Gm/Sh-(Gt-St)-Fl.

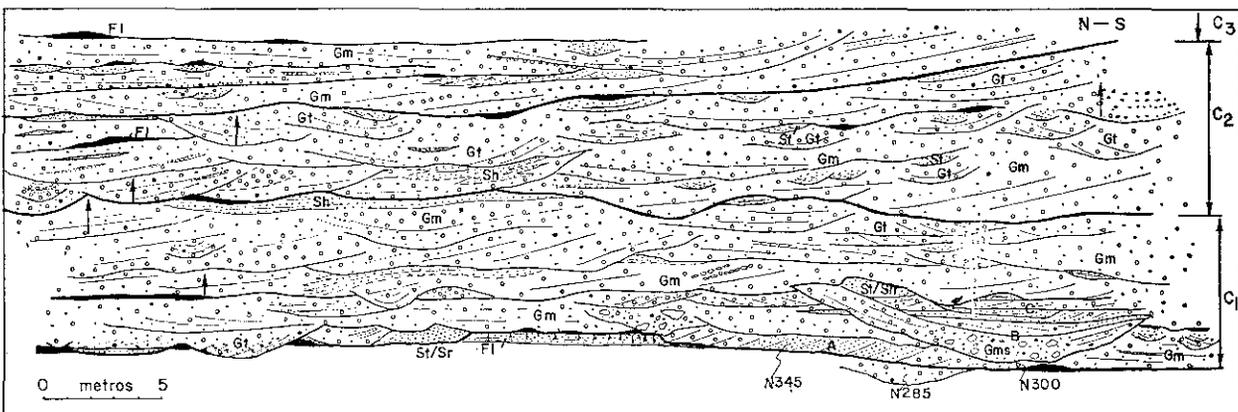


Fig. 13.—Esquema de la cantera de Venta Nueva en una sección sensiblemente perpendicular a la dirección del flujo. Los intervalos C<sub>1</sub> y C<sub>3</sub> se caracterizan por el predominio de facies Gm y el C<sub>2</sub> por el de Gt. Las flechas verticales indican secuencias granodecrecientes y se han usado las mismas siglas que en la tabla 1.

las facies Gm representan condiciones de energía elevada en la fase de crecida, las arcillas edafizadas (*drape deposits*) marcan la fase de mínima energía (estiaje). La segunda generación de facies Gp corresponde a una fase de reactivación del sistema.

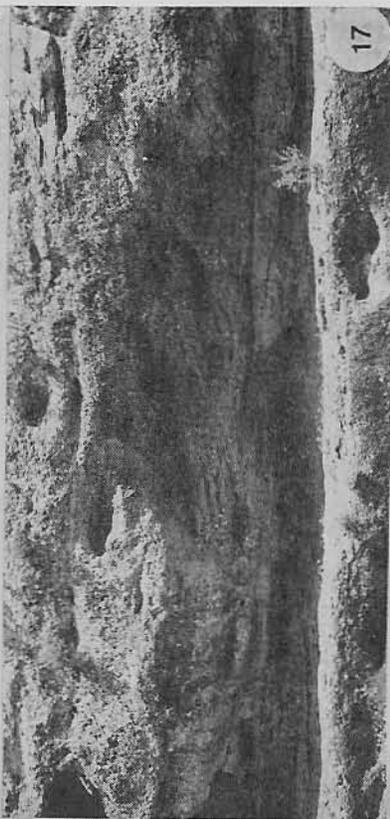
### Discusión de los resultados

La cartografía de los tramos de conglomerados ha permitido reconocer el trazado del cauce fluvial para los tramos que afloran con mayor extensión y continuidad lateral (C y D, fig. 2). El trazado muestra

- Fig. 14.—Sección oblicua de una barra en una de las canteras de Venta Nueva. Ilustra la asociación de facies Gm-Gp-Sp, desarrollada durante la fase inicial de formación y crecimiento lateral de la barra, sobre ella, aspecto de las facies de conglomerados desorganizados (Gms).
- Fig. 15.—Algunos tipos de facies y secuencias. La mitad inferior muestra la siguiente secuencia de energía decreciente: Gm/Sh-St-Sr. Sobre ellas pequeño canal (*scour*) relleno por conglomerados desorganizados que incluyen cantos blandos.
- Fig. 16.—Arena fina con laminación horizontal (facies Fl), que hacia el techo incluye nódulos de carbonato y bioturgación por raíces. Representa el depósito en un canal inactivo (topstratum) y el contacto, netamente erosivo con los conglomerados superiores, la reimplantación del canal.
- Fig. 17.—Vista parcial del tramo de artesas (paquete intermedio, C<sub>2</sub> de conglomerados) en el escarpe de Moraleda. Las artesas en unos casos, de gran escala (10 m.), representan el relleno de paelocauces; en otros de dimensiones más reducidas (1 m.) son el resultado de dunas de grava que migran por el fondo. Uno y otro tipo corresponden a facies Gt según la nomenclatura utilizada.
- Fig. 18.—Asociación de facies Gt-St. Obsérvese el magnífico ejemplo de facies St.



15



17



18



14



16

masas de conglomerados desorganizados (*debris flow*), sobre todo en las partes más proximales, tras el cual se instala un sistema fluvial de tipo *braided* dominado por barras.

La secuencia tipo deducida para este paquete es: (—ms)-Gm/Sh-Gt-St-Fl. En relación con las barras constituidas por Gm/Sh pueden encontrarse, además, Gp, Sp o Sr, siempre minoritarias.

El paquete intermedio (C<sub>2</sub>) representa la reimplantación del canal en el mismo punto, la cual puede venir marcada por una etapa de generación de barras (facies Gm) para pasar a un dominio de facies

rizontes finos (*topstratum*). Todo ello refleja condiciones de energía menores que las del C<sub>1</sub>, pero mayores que el intermedio (C<sub>2</sub>), muy probablemente debido a una disminución de la profundidad media del canal que implicaría de nuevo un aparente incremento de energía.

La secuencia tipo es: Gm/Sh-(Gt-St)-Fl.

### Modelo sedimentario

A partir de los resultados obtenidos se ha elaborado un modelo sedimentario (fig. 19) consistente en

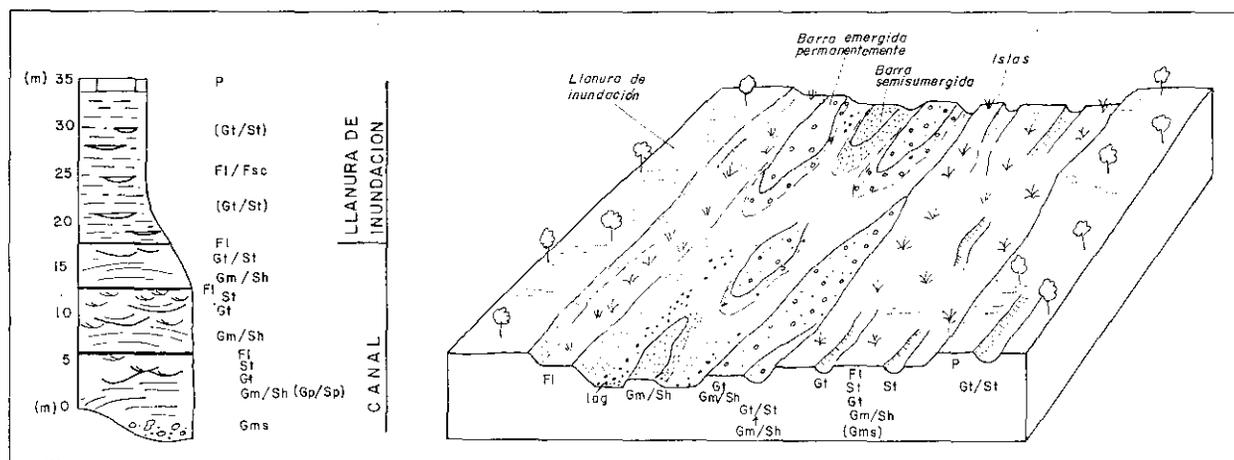


Fig. 19.—Modelo conceptual que resume los principales elementos morfológicos, las grandes *bedforms* (barras) en los canales principales y la secuencia de facies que caracteriza cada parte del sistema fluvial. Se incluye, también, la sección estratigráfica tipo que cabría esperar después de una etapa de relleno y migración del cauce sobre la llanura de inundación.

Gt, que termina con depósito de arenas. Cambio de posición del canal activo y asentamiento de finos de facies Fl que constituyen el techo de la unidad (*topstratum*).

La secuencia tipo es: (Gm/Sh)-Gt-St-Fl.

Este paquete refleja una época de menor energía en el canal, en la que el flujo solo tiene capacidad para desarrollar barras, en algunos puntos (Venta Nueva) durante los primeros momentos de funcionamiento del canal, luego retrabaja el fondo, debido a su escasa competencia, cambiando de posición con bastante rapidez. Durante los períodos de crecida se pueden desarrollar y migrar algunas dunas de grava (*trough-cross-bedding*).

En la última etapa de relleno del canal (C<sub>3</sub>) se desarrollan facies que guardan una cierta similitud con la primera (C<sub>1</sub>), ya que las facies dominantes son los Gm/Sh y las subordinadas las Gt y St. No obstante, diferencias importantes son la ausencia de facies Gms y la menor escala de las estructuras y, sobre todo, de espesor de materiales entre dos ho-

un sistema *braided* con un cauce amplio y complejo, en el que se diferencia un trazado inactivo a niveles ligeramente más elevados que el trazado activo y una amplia llanura de inundación. El sistema es bastante estable, de modo que el río permanece en un mismo cauce depositando materiales, a la vez que migra dentro de él y, sólo unas pocas veces, cambia de posición sobre su llanura de inundación cuando aquél se rellena.

Las facies sedimentarias dominantes son las Gm, resultado del desarrollo de barras longitudinales. Las facies Gt son muy subordinadas y representan, generalmente, el relleno de pequeños canales entre barras o excavados sobre ellos, y sólo en algunos casos dunas que migran sobre el fondo. Las facies Fl representan el techo (*topstratum*) de cada ciclo cuando el cauce activo cambia de posición y el antiguo queda inactivo.

En el curso proximal de algunos ríos *braided* actuales, por ejemplo el río Donjek (Rust, 1972 y 1975) se han observado secuencias fluviales con facies Gm

una curva en las proximidades de Moraleda de Zafayona impuesta por los afloramientos de Trías situados al norte.

En los depósitos de llanura de inundación se diferencian dos asociaciones de facies: una inferior subaérea, con frecuentes procesos edáficos, hacia el sur, y la otra superior encharcada (tipo *backswamp*), hacia el norte, sobre todo en el sector de Venta Nueva, la cual evidencia una subsidencia mayor de este área durante la sedimentación. Encajados en ambos tipos se diferencian canales secundarios de escala métrica cuyo relleno se ordena en secuencias positivas, que reflejan las fases de crecida o desbordamiento de los canales principales; las secuencias se inician con las fracciones más groseras y terminan con materiales finos que han sufrido procesos edáficos (llanura de inundación subaérea), o de hidromorfismo (*backswamp*).

En los canales principales las facies dominantes son:

Gms. Son conglomerados desorganizados con gran heterometría en sus cantos y soportados por la matriz, se localizan en la base de las secuencias, sobre todo en las primeras etapas de implantación del sistema fluvial, tienen carácter muy local y están presentes, sobre todo, en las partes más proximales (Moraleda-El Turro) dentro del área estudiada; se interpretan como depósitos de *debris flow*.

Gm. Son gravas o conglomerados, masivos, con estratificación horizontal o cruzada de bajo ángulo y con frecuente imbricación según a (t) b (i) de Walker (1975). Este tipo de facies se interpreta como debida a barras longitudinales, las cuales se inician de acuerdo con Leopold y Wolman (1957) por un depósito de la fracción más gruesa de la carga de tracción al comienzo de la etapa de decaimiento del flujo y continúan su crecimiento por el depósito de las fracciones más finas sobre o en el frente del núcleo en condiciones de flujo más bajo. El crecimiento de una barra a partir de ese núcleo inicial, se produce por numerosos episodios deposicionales y erosivos relacionados de manera más o menos compleja con fases de crecida y decrecida del flujo. Durante la fase de crecida una gran cantidad de materiales de distinta granulometría se pone en movimiento y se depositan en función de su tamaño de grano en la fase de decrecimiento del flujo, paralelamente las barras cambian de posición, y al migrar desarrollan *slip faces*, con materiales finos o *riffles* si el material disponible es más grosero. Los procesos que acompañan el desarrollo y crecimiento de barras han sido estudiadas con gran detalle en el curso alto del río Kicking Horse por Smith (1974).

De lo expuesto sobre las facies Gm se desprende su frecuente asociación con otros tipos de facies. Especialmente frecuente es la asociación Gm/Sh (fig. 15), que representa el depósito de las gravas al comienzo de la fase de decrecida, cuando la arena permanece en suspensión y su posterior depósito en condiciones de menor energía, aunque todavía en régimen de flujo alto. Menos frecuente es la asociación con las facies Gp (gravas con estratificación cruzada planar) y, Sp y Sr (arenas con estratificación cruzada planar y *ripples*).

Gt. Son gravas *clast-supported* con estratificación cruzada en artesa. Es frecuente, en este tipo de facies, la alternancia de capas con trama abierta y otras con trama rellena por matriz fina. Smith (1974) lo explica como el resultado de transporte y depósito de grava gruesa durante alta descarga, permaneciendo los finos en suspensión y depósito de éstos durante la fase de decadencia del flujo. Los finos rellenan de huecos y quedan atrapados en la superficie de la capa.

Representan el relleno, unos veces de verdaderos paleocauces, otras de canales secundarios y otras son el resultado de dunas que migran por el fondo del canal.

St. Son arenas con estratificación cruzada en artesa (figs. 15 y 18). Aparecen en estrecha conexión con las anteriores y representan el depósito de arenas en condiciones de baja energía. Genéticamente los hay de los mismos tipos que hemos indicado para las facies Gt.

Por último, en íntima asociación con las facies descritas, encontramos, en los tramos de conglomerados, pasadas de materiales finos (arena, limo o lodo) finamente laminados, con *ripples* pequeños y frecuente bioturbación por raíces (facies FI). Estas constituyen el techo de cualquier tipo de secuencia y representan el depósito desde la suspensión cuando el canal activo ha cambiado de posición.

Una vez descritas e interpretadas las facies encontradas en los canales fluviales hemos de establecer las secuencias tipo y el modelo sedimentario para los tramos de conglomerados. Lo haremos solo para el tramo C, que debido a su continuidad y condiciones de observación es el mejor estudiado. Las observaciones realizadas en los demás tramos no revelan diferencias notables respecto del C, por lo que las condiciones deducidas para éste son extrapolables, con las necesarias reservas, a todos los demás.

El paquete Inferior (C<sub>1</sub>) representa la implantación del canal en un punto dado de la llanura de inundación, la cual suele estar precedida por la instalación de canales secundarios. En un primer momento el depósito se caracteriza por la llegada de

dominantes y también se han interpretado como tales unidades de conglomerados antiguos, tales como la formación Malbaie del Devónico de Canadá (Rust, 1977a). Por otra parte, el modelo deducido en este trabajo (con un trazado inactivo a niveles por encima de su trazado activo) recuerda el modelo propuesto por Williams y Rust (1969) y Rust (1972) para el área 2 del Donjek actual, o, en el registro fósil, el miembro superior de la formación Cannes de Roche (Rust, 1977b). En ambos casos son dominantes las facies Gt, las cuales representan dunas que migran por el fondo del cauce. Las facies Gm aparecen en zonas próximas a los márgenes del canal, donde la profundidad es menor y la energía del medio más elevada.

En el sector de Moraleda, perfil del Túnel, se encuentra un dispositivo similar en la unidad de conglomerados intermedia (C<sub>2</sub>): allí sobre Gt se superponen Gm, desapareciendo las primeras cuando nos desplazamos del centro al margen del canal.

En todo caso conviene indicar que los ejemplos citados, como la mayoría de los ejemplos de ríos trenzados que se han estudiado hasta ahora, proceden de regiones glaciares de modo que sus resultados son difíciles de extrapolar a otras regiones, con climas diferentes.

Para resumir el tramo C corresponde al depósito de un sistema fluvial *braided* de carácter proximal, con un régimen de descarga muy elevado, en un clima presumiblemente húmedo. Las facies dominantes Gm y la existencia de las facies Gms, aunque sea con carácter muy local, así como la granulometría y escala de las estructuras apoyan esta interpretación. El sistema estuvo sometido a fluctuaciones de flujo reflejadas en a) las fases de desarrollo y crecimiento de barras, en las que se pueden marcar varias fases de crecida y de decrecida, y b) en la facies Gt que incluyen capas de trama abierta y rellena de finos. Los canales pequeños que quedan entre barras o excavados sobre ellas se rellenan primero por conglomerados y luego por arenas (facies Gt y St), de modo que el sistema muestra una tendencia de energía decreciente. Finalmente, el canal activo cambia de posición dentro de un cauce de tipo *braided* más amplio y complejo y esta parte queda emergida con depósito exclusivamente de finos (Fl) durante las épocas de crecida. Este proceso puede repetirse varias veces en una etapa de relleno del canal.

Temporalmente (C<sub>2</sub>) el sistema presenta un carácter más distal. Es difícil dar una respuesta a este cambio de carácter, el hecho de existir un paquete intermedio con las mismas características en toda el área estudiada parece oponerse a un control tectónico que debiera traducirse en alguna tendencia evolutiva desde proximal a distal. Un cambio climático que supusiera una disminución de caudal podría ser. Tal vez ni uno ni otro, pues al estar el canal parcialmente relleno por materiales muy groseros con una

permeabilidad muy elevada, una parte importante del caudal puede perderse por filtración, con el resultado que acabamos de exponer.

## Conclusiones

Se establece el carácter fluvial de la formación de Moraleda diferenciándose entre facies de canal y facies de llanura de inundación.

Para las facies de llanura de inundación se distinguen dos tipos en función de la posición del nivel freático. La llanura de inundación subaérea, de color predominantemente rojizo, mejor desarrollada hacia el sur y parte inferior de la serie y caracterizada por frecuentes procesos edáficos. La llanura de inundación subacuosa (*backswamp*), muestra una característica coloración blanco-grisácea, se encuentra mejor desarrollada al norte y parte superior de la serie y en ella son frecuentes los procesos de hidromorfismo. En ambos tipos se encuentran canales secundarios.

Los canales principales están representados por tramo de conglomerados (A, B, C y D). Se ha podido reconstruir el trazado y dimensiones aproximadas para los canales correspondientes a los tramos C y D. En ambos casos se aprecia un cambio de dirección, en los alrededores de Moraleda, desde noroeste a oeste, que se interpreta debido a la existencia de afloramientos de Triás al norte de Moraleda que constituían relieves positivos durante el depósito de estos materiales.

A partir del análisis de facies sedimentarias de los tramos de conglomerados (canales) y de los sedimentos finos (llanura de inundación) se propone un modelo sedimentario consistente en un sistema *braided* proximal en el que se diferencian, un trazado activo y otro inactivo dentro del cauce y una amplia llanura de inundación. El cauce permanece en la misma posición durante largo tiempo rellenándose y cambiando con frecuencia la posición del trazado activo respecto del inactivo. Solo muy raramente cambia la posición de cauce en la llanura de inundación. Como consecuencia de este mecanismo se desarrolla la siguiente secuencia tipo (fig. 19): Gms-Gm/Sh-Gt-St-Fl, que se repite varias veces durante la fase de relleno del cauce hasta su abandono definitivo y la aparición de las facies de llanura de inundación.

Los materiales procedían fundamentalmente de los relieves béticos situados al sur y en una proporción mucho menor de las calizas lacustres infrayacentes. En las proximidades de los relieves triásicos se ha detectado una alimentación de arenas desde éstos.

## Bibliografía

- DABRIO, C. J.; MARTÍN, J. M. y MEGÍAS, A. G.  
1982. Signification sédimentaire des évaporites de la dépression de Grenade (Espagne). *Bull. Soc. Geol. France* (en prensa).

- LEOPOLD, L. B. and WOLMAN, M. G.  
1957. River channel patterns: braided, meandering and straight: *U. S. Geol. Survey. Prof.*, Paper. 282-B, 39-85.
- MIALL, A. D.  
1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth. Sci. Revs.*, 13, 1-62.  
1978. Lithofacies types and vertical profiles models in braided river deposits: A summary, in A. D. MIALL, ed; *Fluvial Sedimentology: Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, 5, 597-604.
- RUST, B. R.  
1972. Structure and process in a braided river: *Sedimentology*, 18, 221-245.  
1975. Fabric and structure in glacio-fluvial gravels: in A. V. JOPLING and B. C. McDONALD, eds, *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub.*, 23, 238-248.  
1977a. The Malbaie Formation: sandy and conglomeratic proximal braided alluvium from the Middle Devonian of Gaspé, Quebec: *Geol. Soc. Am. Abs. with Prog.*, 9, 313-314.
- 1977b. The Cannes de Roche Formation: Carboniferous alluvial fan and floodplain deposits in eastern Gaspé. *Geol. Assoc. Can., Prog. with Abs.*, 2, 46.  
1978. A classification of alluvial channel system, in A. D. MIALL, ed; *Fluvial Sedimentology: Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, 5, 187-198.
- SMITH, N. D.  
1974. Sedimentology and barformation in the Upper kicking Horse River, a braided outwash stream: *J. Geol.*, 82, 205-223.
- WALKER, R. G.  
1975. Conglomerate: Sedimentary structures and facies models, in J. C. HARMS, J. B. SOUTHARD, D. R. SPEARING and R. G. WALKER, *Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences: Soc. Econ. Paleont. Min., Short Course*, 2, 133-161.
- WILLIAMS, P. F. and RUST, B. R.  
1969. The Sedimentology of a braided river: *J. Sediment. Petrol.*, 39, 649-679.

*Recibido el 15 de octubre de 1982.*

*Aceptado el 16 de noviembre de 1982.*