

BARRAS DE GRAVA EN LECHOS DE RAMBLA DEL CAMPO DE CARTAGENA (MURCIA)

Carmelo Conesa García*

RESUMEN

El dinamismo geomorfológico de los cursos de agua torrenciales del Campo de Cartagena, y en general del Sureste Español, se traduce de forma directa en la movilidad de los depósitos aluviales a lo largo de su lecho actual. Al tratarse de cauces con frecuencia inestables, las formas unitarias (p. e. barras simples) son profundamente alteradas por las rápidas acometidas de los flujos esporádicos superficiales, derivando en estructuras sedimentarias complejas, cambiantes, con importantes modificaciones texturales.

Gran número de las barras de lechos de grava observadas durante el período 1956-1981 (ramblas labradas en los abanicos aluviales de la Sierra de Carrascoy y Campillo de Adentro...) han experimentado una evolución rápida como consecuencia del desplazamiento del cauce y los sucesivos cambios en el modelo de flujo local, lo que hace difícil su clasificación morfológica y funcional. En tal sentido, en este artículo se ofrece una tipología de barras de grava en fase de «madurez», basada en sus rasgos más comunes y atendiendo al tipo de forma, resistencia hidráulica, estado (móvil, transitorio, estable).

Palabras clave: Cartagena, ramblas con lechos de gravas, barras aluviales, morfogénesis, movilidad.

ALLUVIAL BARS IN GRAVEBED EPHEMERAL CHANNELS IN THE CAMPO DE CARTAGENA (MURCIA)

ABSTRACT

The geomorphological dynamism of the **torrential** flows in the Campo de Cartagena, and **generally** in southeast Spain, is directly reflected in a high mobility of alluvial sediments through the section. As the channels are frequently unstable, the individual forms (eg simple bars) are mainly changed by the large effects of sporadic **surface** flows. These cause complex and variable **sedimentary** structures, with changes in texture.

During the period 1956-1981, many bars in gravel-bed channels on alluvial fans (in the Sierra de Carrascoy and Campillo de Adentro **areas**) **have** experienced a rapid change by channel shifting and modifications in the local **flow** characteristics, so morphological and functional classification is **difficult**. This paper offers a hierarchy of **gravel** bars under sequential change based on form, **hydraulic** resistance, sediment storage and mobility.

Key words: Cartagena, **gravel** bed ephemeral channels, alluvial bars, morphogenesis, mobility.

Los lechos de gravas en las ramblas del Campo de Cartagena presentan estructuras sedimentarias con formas y tamaños muy diferentes. Tal morfología se explica por el enorme dinamismo que en este área adquieren los procesos hidrológicos en épocas de avenida. En función de las experiencias realizadas pueden distinguirse varios umbrales de velocidad de flujo en relación con la evolu-

ción y movilidad de las barras ($0.2 < V < 0.4$ m/s; $V \geq 1$ m/s; $V \sim 1.5$ m/s. La energía liberada por las corrientes torrenciales de grado bajo (-velocidades medias: $0.2-0.4$ m/s) es suficiente para desplazar las partículas superficiales de depósitos poco cementados o trastocar su textura. Cuando la energía mínima específica del flujo estacionario se incrementa, siendo por

* Departamento de Geografía Física, Universidad de Murcia. 30001 Murcia.

momentos $H_{o_{min}} > H$, la solera de canal resulta especialmente afectada, las barras experimentan cambios granulométricos por selección y las adiciones de nuevos sedimentos se potencian en virtud del movimiento altamente variable del fluido a lo largo del cauce.

En condiciones de régimen rápido, pequeño calado y gran velocidad de la escorrentía ($V \geq 1 \text{ m/s}$) se producen formaciones heterogéneas («lag») o depósitos mal clasificados (Rambla de Horno Ciego, entre el Cabezo Alto y el paraje La Cárcel; Rambla de los Madriles, a la altura de Fuente Vieja). Las acumulaciones de granos mas finos tienen aquí un carácter meramente transitorio. En estas circunstancias, a pesar de los continuos aportes

de nuevos materiales a las barras, algunos lechos ofrecen el mismo aspecto aparente antes y después de fuertes riadas; los aluviones más gruesos se acoplan dentro del depósito estabilizando los montículos encajados en el fondo del cauce, mientras que la fracción franco-arenosa es filtrada o arrastrada.

En las situaciones más críticas ($V \sim 1.5 \text{ m/s}$), la energía transmitida por la corriente es capaz de movilizar depósitos enteros de materiales poco coherentes o alterar intensamente su textura y dimensiones.

En un medio semiárido como es la costa cartagenera, caracterizada por fuertes contrastes estacionales (sequía extrema, con 0 mm de precipitación mensual y ETP su-

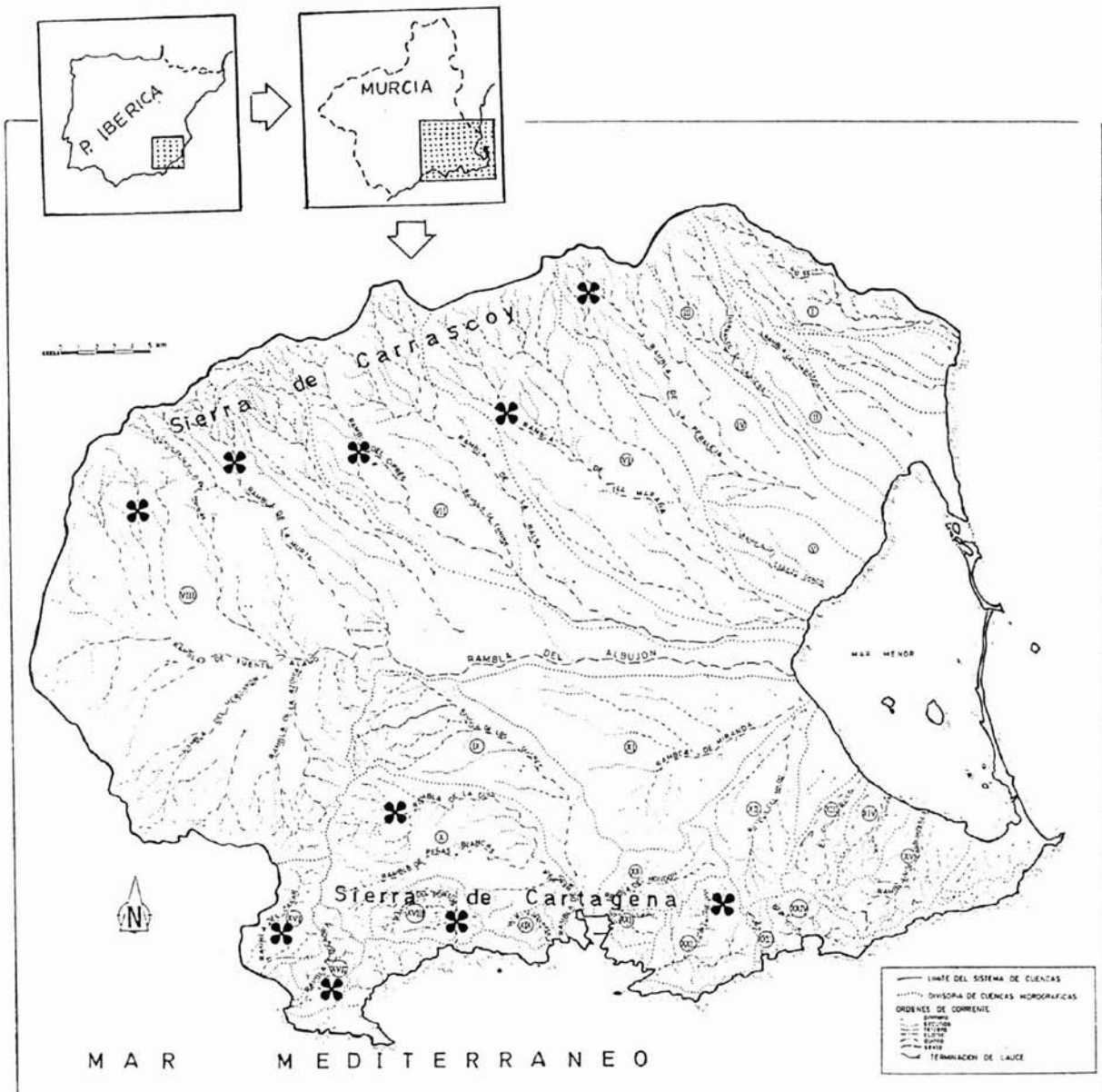


Fig. 1. Esquema de situación y localización de los sectores estudiados* en el Campo de Cartagena.

terior a 140 mm en los meses de verano, frente a inundaciones, provocadas por caudales máximos instantáneos que esporádicamente rebasan los 300 m³/s en algunas ramblas), las acumulaciones de gravas sueltas a lo largo de los lechos fluviales están sujetas a importantes cambios morfológicos. Con frecuencia, las formas de estos lechos, en los sectores de estudio (fig. 1), responden a estructuras jerárquicas, compuestas por sedimentos relativamente clasificados. Estructuras en apariencia arbitrarias entre las que se detecta gran variedad de tipos. Los más comúnmente reconocidos son las **macroformas**, acumulaciones sedimentarias cuyo desarrollo longitudinal puede oscilar entre 10 y 1.000 metros. Una mayor extensión tienen las megaformas de lecho, observadas en las Ramblas del Valdelentisco y Bocaoria. Ambos grupos son conjuntamente conocidos con el nombre de «**barras**», acepción que se emplea para designar a las formas de lecho que tienen longitudes de orden similar o superior a la anchura del cauce y altura comparable a la profundidad media de la corriente que las genera (*American Society of Civil Engineers*, 1966). Las **mesoformas** aparecen escasamente representadas en los cauces principales y menos aún en sus ramales tributarios. Se las identifica raras veces, en circunstancias muy específicas, cuando $D > 0'1 d$ y son producto del desgajamiento de macrobarras que evolucionan rápidamente. Los criterios de clasificación adoptados son los mismos que utilizan Jackson (1975) y Church y Jones (1982) para establecer su tipología de «**bedforms**» en canales con gravas.

Todos estos rasgos, analizados en conjunto, determinan la morfología de los cauces aluviales. En cauces inestables, como son la mayoría de cuantos componen el área, los rasgos individuales son radicalmente modificados en el transcurso de grandes inundaciones. Aunque gran parte de los elementos de una barra pueden permanecer inmóviles durante varias avenidas y el movimiento ordenado del material dé la sensación de que existen rápidos casi estabilizados, en realidad se trata de una morfología muy cambiante. Máxime cuando en ciertos casos, dichas modificaciones han sido aceleradas por la acción humana. Concretamente en determinados sectores de las Ramblas del Valdelentisco y del Portús, la explotación de áridos iniciada en los años sesenta se ha convertido en un importante factor desestabilizador (Conesa, 1986).

En combinación con estos hechos, interviene también el modelo de corriente media, incluyendo la circulación secundaria, en cada tramo. En función de este **parámetro**, las barras difieren sustancialmente de las «**formas menores**», cuya evolución está asociada al flujo local que se desarrolla sobre el lecho.

La determinación de tales rasgos y la consideración de factores morfogenéticos han permitido ensayar una clasificación jerárquica de las «**formas de lecho**» más frecuentes del Campo de Cartagena y, al mismo tiempo cuestionar el grado de estabilidad de sus cauces.

En este sentido se discutirá la geometría externa de las barras y conjuntos de formas de lecho en cauces con gravas, su textura y los efectos de algunos procesos hi-

drológicos relacionados con sus condiciones **sedimentológicas**.

A través de la observación de campo se ha elaborado un minucioso cuadro de tipos de barra, abundando en las que presentan una macroforma simple, por ser éstas las más usuales, pero sin omitir las megaformas («**barras compuestas***» o «**zonas de sedimentación***») que tienen su máxima representación en los sectores de desembocadura: Isla Plana, San Ginés y **Portús**. En esos sectores se localizan extensos depósitos que son movidos en ocasiones excepcionales, cuando sobrevienen crecidas como la de octubre de 1973 o de mayor magnitud. Además constituyen las formas con mayor predominio de elementos resistentes entre los materiales del lecho fluvial. Las características de sus sedimentos internos pueden mantenerse inalteradas largo tiempo. Las adaptaciones de la morfología de estos cauces durante el transcurso de una onda de crecida, por ejemplo, puede producir el barrido de las capas superficiales y la subsecuente redeposición de otras con granulometría parecida.

El análisis comparativo de los fotogramas aéreos de 1956, 1981 y en algunos casos, 1986 ha permitido diferenciar tres tipos morfológicos de barras de grava: simples, complejas y mixtas o transitorias, incluidas según los criterios funcionales en dos grandes grupos: las de rápido o frente en «**avalancha**» y las de sedimentación.

1. **Morfogénesis**

Las barras se forman en lugares de gran depósito tras una repentina pérdida de carga en el transporte. Se **estabilizan** temporalmente en aquellos sectores donde disminuye la fuerza tractiva de la corriente, en virtud de declives muy suaves y del ensanchamiento progresivo del cauce. El ejemplo quizá más perceptible es el ápice del meandro inferior de la Rambla de Bocaoria a partir del cual empieza a aumentar la resistencia al flujo en **proporción** directa con la velocidad del agua y la superficie de fricción ($f = 0'360 - f = 0'381$) (Conesa, 1985). También se han constatado en el inicio de las curvas de canales de gran radio donde la resistencia al flujo desciende localmente y el agua escasamente agitada puede inundar el banco convexo. Los ejemplos que ilustran este tipo son mucho más numerosos, y entre ellos pueden citarse las barras diagonales de la Rambla del Cabezo Negro.

Otras veces, son originadas por la afluencia de corrientes laterales que dan lugar a auténticos derrames de gravas en forma de abanico, sobre los que inciden **arroyadas** lineales y entrecruzadas (aportes de las Escarihuelas a la Rambla del Portús) (fig. 2).

En los puntos donde converge la escorrentía de dos o más afluentes se producen mayores presiones sobre el lecho y, en consecuencia, aumenta la capacidad de arrastre; son sectores de formación de barras centrales e intenso barrido lateral. Por su posición actúan como barras en crecimiento hasta superar la profundidad media

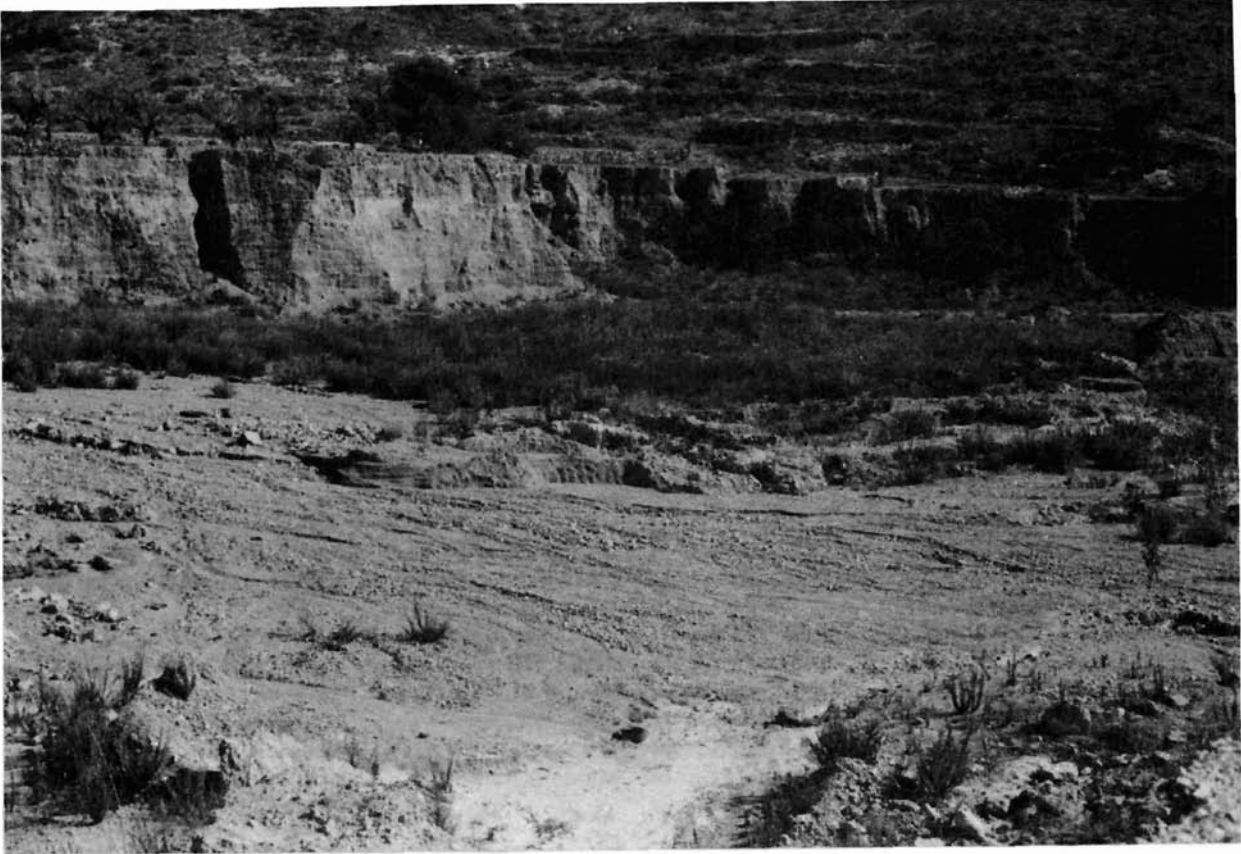


Fig. 2. Barra central de confluencia (Escarihuelas. Rambla del Portús).

de las crecidas más activas, y adopta el trazo preservado en sus sedimentos aluviales sometidos a condiciones hidrológicas transitorias.

1.1. *Energía crítica de la corriente y umbrales límite para su desarrollo*

Como resultado de la distribución no uniforme de velocidades en el lecho de gran número de las secciones estudiadas se han obtenido varios coeficientes de energía y de cantidad de movimiento incluso para una misma estación de muestreo. La energía cinética total ha sido calculada para una sección X según la expresión:

$$\frac{v^3 dx}{v^2 Q}$$

Mientras que la cantidad de movimiento del agua que atraviesa dx por unidad de tiempo equivale al producto masa \times velocidad $\rho v dx \times v = \rho v^2 dx$.

Del análisis experimental de las dos últimas riadas se infiere que la acumulación se inicia a partir de corrientes con valores máximos de α comprendidos entre 1'40 y 1'50, y de β entre 1'14 y 1'20.

En los cauces de sección geométrica y trazado rectilíneo (tramo bajo de la Rambla de la Azohía, Rambla del Albuñón desde Los Madriles hasta Torre Calín), el efecto de la distribución no uniforme en la carga de velocidad y cantidad de movimiento es pequeño (α máx.: 1'37-1'43; β máx.: 1'12-1'16).

Además de estas determinaciones, se ha considerado la relación entre el binomio profundidad del fluido (d) - tamaño medio de los sedimentos (D) y el grado de crecimiento de la barra. Barras estrictamente definidas como depósitos de granos de sedimentos no pueden darse si $d < D$. Por los datos obtenidos en las estaciones de control A-b, B-b y D-b durante las crecidas del 20-21 de febrero y 14-15 de noviembre de 1985, nos inclinamos a pensar que el desarrollo de una barra es poco probable para $d > 3'5D$, y que la acreción empieza a ser significativa a partir de corrientes cuya profundidad supera al menos el **quíntuple** del tamaño medio de los granos. Mediante $Y_c = T_c / \rho_s' g \cdot D_{50} = 0'05$, en la que Y_c es el criterio de Shields para el cálculo de movilidad crítica, T_c la energía crítica ejercida sobre el lecho, ρ_s' la densidad de sedimento sumergido, y por último habiendo seleccionado la dimensión correspondiente a D_{95} , por ser el tamaño del grano relativamente grande, se ha obtenido en la estación (E-p) de muestras del Portús (tramo bajo) $(\rho/\rho_s) (d/D_{95}) S = 0'06$ aceptando que $\rho_s'/\rho \sim 1'52$,

CUADRO 1

Coefficientes de energía y cantidad de movimiento calculados para varios puntos de control en la crecida del 21 de febrero de 1985.

PUNTO DE MUESTREO	VALORES DE α			VALORES DE β		
	MIN.	MED.	MAX.	MIN.	MED.	MAX.
Rambla de Bocaoria (salida del barranco)	1'15	1'30	1'47	1'05	1'10	1'17
Rambla de Bocaoria (Puente del Badén)	1'14	1'27	1'46	1'06	1'11	1'18
Rambla de Bocaoria (Puntal Azohía)	1'18	1'40	1'55	1'06	1'12	1'20
Rambla de la Azohía (Los Tilli)	1'13	1'22	1'41	1'05	1'09	1'16
Rambla del Albujón (Los Madriles)	1'10	1'17	1'37	1'03	1'07	1'12
Rambla del Albujón (Los Mingalos)	1'12	1'21	1'39	1'04	1'09	1'14
Rambla del Albujón (Torre Calín)	1'13	1'23	1'43	1'04	1'09	1'15

$S = 0'1 D_{95}/d$, donde S es la pendiente de la superficie mojada en tantos por mil.

Para $D_{95} = d$, $S = 0'1$, al menos en la parte anterior de la barra «s. str.». Para $D_{90}/d \sim 0'4$ que corresponde a la profundidad del flujo mínima necesaria para la movilidad de las partículas, $S \sim 0'04$.

El umbral del límite para la formación de una barra es observado a menudo al alcanzarse estos valores. En las Ramblas de los Monreales y la Murta el índice de movilidad crítica (Y_c) se sitúa en torno a $0'03$; en consecuencia, la predisposición del material del lecho a ser segregado y desplazado es mayor que en las ramblas meridionales de la comarca. La tensión tangencial y la pendiente motriz del fluido son por término medio superiores. Y aun en condiciones hidráulicas similares, las corrientes procedentes de la Sierra de Carrascoy pueden proporcionar suministros de sedimentos más abundantes que las originadas en las sierras costeras. Church (1975, 1982) señala como límite superior para la formación de una barra el correspondiente a $S \sim 0'05$, una vez lavados los sedimentos superficiales. Otros autores (Kopaliani y Romashin, 1970; Keller y Melhorn, 1978) fijan este límite para la estabilidad de la barra, consideración razonable puesto que el material recientemente depositado sobre la superficie de una barra está suelto y puede ser arrastrado de nuevo. Por otra parte, los sedimentos internos, imbricados o sueltos, tienen Y_c próximos a $0'1$ y la pendiente límite para estructuras estables es de $0'10-0'17$.

La relación que mantienen las condiciones hidrodinámicas de cada crecida con estos umbrales es la principal responsable de la variedad de formas de lecho. Cuando reiteradas veces se rebasan los límites de estabilidad y $Y_c > 0'05$ las barras forman cuerpos sedimentarios complejos, resultado de una larga secuencia de corrientes que alternativamente han depositado materiales sobre ellas, apareciendo ordenadas y esculpidas por la erosión selectiva (Ramblas del Valdelentisco y Bocaoria). En cambio, las acumulaciones sedimentarias simples que inician la construcción de las ramblas ($0'03 < Y_c < 0'05$) pueden observarse en las Ramblas de Cobachos o Cuevas del Marqués, medios en los que se

produce una gradación de aluviones y evolución del cauce relativamente rápidos.

2. Morfología de las barras simples

Las barras simples y su evolución hacia formas más complejas han sido descritas por Smith (1974) en *Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse River*, trabajo en el que identifica cuatro tipos de «unit bars» o tipos de acumulación elemental.

2.1. Las ramblas del Sur de Carrascoy

En los lechos fluviales del Grupo Sur de Carrascoy son frecuentes las barras de crecimiento; de ellas brinda excelentes ejemplos la Rambla del Portillo. Sus características granulométricas son propias de formas poco definidas. Después de la unión inicial de barras de pequeñas dimensiones a otras compuestas por una matriz de granos más gruesos, los nuevos aportes adicionales adquieren mayor tamaño «in situ», debido a un proceso de selección y desecho de partículas.

Las capas superficiales presentan una gran homogeneidad en el tamaño del grano, hecho que según ha podido comprobar Bluck (1979, 1982) está en función de la reclasificación del nuevo producto y del crecimiento de la barra.

Dentro de este grupo se reconocen como más importantes tres tipos de acreción: aislada, doble y múltiple (fig. 3). Entre las unidades de barra apuntadas por Kngstrom (1962), en las Ramblas del Infierno, Ros y Cobachos se han identificado principalmente las disposiciones longitudinales, centrales y transversales.

Las barras longitudinales formadas en condiciones de remanso («spool bar» de Krigstrom) ocupan en el centro del cauce un sector relativamente ancho. Son convexas y alargadas, expandiéndose la acumulación en la parte trasera, al tiempo que aguas abajo se sedimentan los materiales más finos. Según Krigstrom (1962), las barras en crecimiento guardan estrecha relación con el desarro-

RAMBLA DEL PESTILLO



Acrecion Simple



Acrecion Doble



Acrecion Multiple

RAMBLA DE COBACHOS



Cuerpo de fusion de
2 Barras Longitudinales



Barra Longitudinal Movil

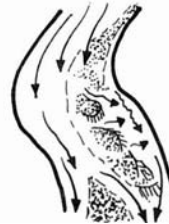


Barra Longitudinal Creciente

RAMBLA DE ROS

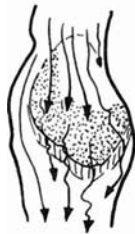


Barra Transversal Derivada



Barra Lateral Erosionada

RAMBLA DE LA MURTA



Barra Tranverwl
Estacionaria



Barra Transversal
Biselada



Barra Transversal
de Confluencia



Barra Central
Segregada

Fig. 3. Unidades de barra, tipos de acumulación simple reconocidas en cauces con lechos de gravas. Ramblas del grupo Sur de Carrascoy, labradas sobre abanicos aluviales de edad pre-Wiirni

BARRAS DE GRAVA EN LECHOS DE RAMBLA DEL CAMPO DE CARTAGENA (MURCIA)

llo de estas formas longitudinales. La acreción aislada en cauces de calado regular y en distancias de algunos cientos de metros favorece la transición de una simple capa de gravas hacia una barra longitudinal e incluso, en determinados casos (Rambla de Cobachos), hace que este tipo tenga un carácter singularmente móvil. Sin embargo, en sectores de ensanchamiento del cauce y confluencias de la corriente en la Rambla del Portillo se aprecian acreciones que muy probablemente constituyen el primer estadio de la formación de unidades transversales.

Las barras transversales se sitúan en lugares de confluencia inmediatamente después de montículos perpendiculares a la dirección del flujo principal. Tienden a provocar expansiones bruscas del cauce y favorecen la bifurcación. En todos los casos describen un frente anchamente lobulado o sinuoso y una rampa orientada hacia aguas arriba; el frente **distal** suele estar formado por sedimentos gruesos, constituyendo una avanzadilla o resalte que asemeja el cabezal de una avalancha. Tienen su mejor representación en la Rambla de la Murta, donde llega a extenderse a lo largo de más de 500 metros ocupando toda la anchura del cauce. Superficialmente presentan hendiduras anastomosadas, producidas por los efectos de la corriente durante las aguas bajas de las últimas riadas.

La transformación más común en el grupo de ramblas del Sur de Carrascoy es hacia la forma longitudinal, destacando como más estables las barras laterales y **diagonales**. Estos resultados son lógicos si se tiene en cuenta que la orientación oblicua de la barra diagonal agregada con respecto a la corriente da a dicha forma gran resistencia y estabilidad.

2.2. Las ramblas costeras meridionales

El lecho de estas ramblas presenta a menudo estructuras sedimentarias complicadas, producto de la reactivación de formas aluviales relictas y de la intensa erosionalidad de los relieves costeros.

Algunos de los tipos simples descritos para las ramblas de Carrascoy son reconocibles aquí por su geometría externa, pero difieren en la textura y grado de evolución. En determinados lugares de la Rambla del Cabezo Negro (fig. 4) o de la Guía existen barras que, pese a su reducido tamaño, carecen de movilidad debido al endurecimiento que sufrieron en condiciones distintas a las actuales; a veces son formas heredadas de antiguos niveles de terraza fluvial, modificadas por la erosión y con dimensiones considerablemente más pequeñas que las originales.

Estas «barras de erosión» coexisten en el mismo lecho con formas de deposición reciente. Estas últimas se corresponden con pequeñas unidades longitudinales aisladas que experimentan una acreción rápida, uniéndose en ocasiones a cuerpos más estables o a las mismas formas de erosión. Se hallan recubiertas por capas de partículas finas fácilmente segregables, que son pronto arrastradas,

llegando a asentarse en la cola de una barra mayor más consolidada. Los sedimentos gruesos que emergen en la cabecera de la unidad más pequeña se desplazan lentamente y prolongan su eje longitudinal hacia el frente. Cuando se produce la unión de ambas barras disminuye el grado de modificación «**posible**».

Cuando estas acumulaciones prolongan su eje **longitudinal** a la salida de una curva más o menos sinuosa del curso, las láminas de grava se adosan lateralmente llegando a crear auténticas barras transversales sobre las que incide una erosión lineal selectiva.

Las barras laterales «**en cuña**» («**river curve spur**» de Krigstrom, 1962; «**point bars**» de Smith, 1974) pueden observarse, a diferentes escalas, en casi todas las ramblas que desembocan en la vertiente sur mediterránea. Suelen disponerse paralelamente al margen convexo del cauce en los tramos curvados, y a menudo tienen un frente de avalancha incrustado en la parte cóncava. Cada fase de su evolución es responsable de una morfología peculiar, hasta el punto de dar lugar, en su estado de máxima madurez, a dorsos ligeramente abombados. En los sectores de contacto del banco de gravas con los márgenes arcillosos de las Ramblas del Portús o de la Azohía, la corriente origina una caída o canal secundario entre la barra y la orilla. Frente a Los Triviños (Rambla del Portús) el retroceso del margen ha sido tal que la citada macroforma pierde el carácter de «**cuña**», y el primitivo canal secundario se convierte en principal. Como resultado queda una cara exterior empinada, mientras que los sedimentos sueltos de la cola son de nuevo transportados hacia las partes protegidas del margen.

En la Rambla de la Guía la longitud de onda del meandro aumenta hacia la confluencia con Rambla de **Benipila**, dirección en la que también proliferan pequeños rápidos diagonales. La unidad fundamental de la morfología del lecho de este cauce consta de poza-montículo-barra, sucedidos a lo largo de un perfil general suave (1'8 por mil). En las primeras etapas de desarrollo suelen producirse barras transversales y centrales de dimensiones reducidas; luego terminan transformándose en depósitos diagonales. Las formaciones diagonales se caracterizan por estar orientadas oblicuamente a través del canal (bastante paralelas a la corriente) y aparecer incorporadas a ambos márgenes. La rampa trasera se halla conectada con el margen cóncavo, de donde arranca con una pendiente muy suave.

En las proximidades de una fuente productora de sedimentos suficientemente abundante tienden a desarrollarse barras centrales aisladas o superpuestas según el modelo «**braided**» (Cheetham, 1979). En la Rambla del Valdelentisco están representados ambos grados de evolución (fig. 5). Su lecho lo integran sedimentos de textura terciaria, arenas y gravas de naturaleza diversa (cuarcitas, micaesquistos, gneis...) y sueltos en gran proporción. Con suministros menores o más distantes aguas abajo, la asociación barra lateral «**rápido**» diagonal domina la morfología del cauce, existiendo un talweg único y bien definido.

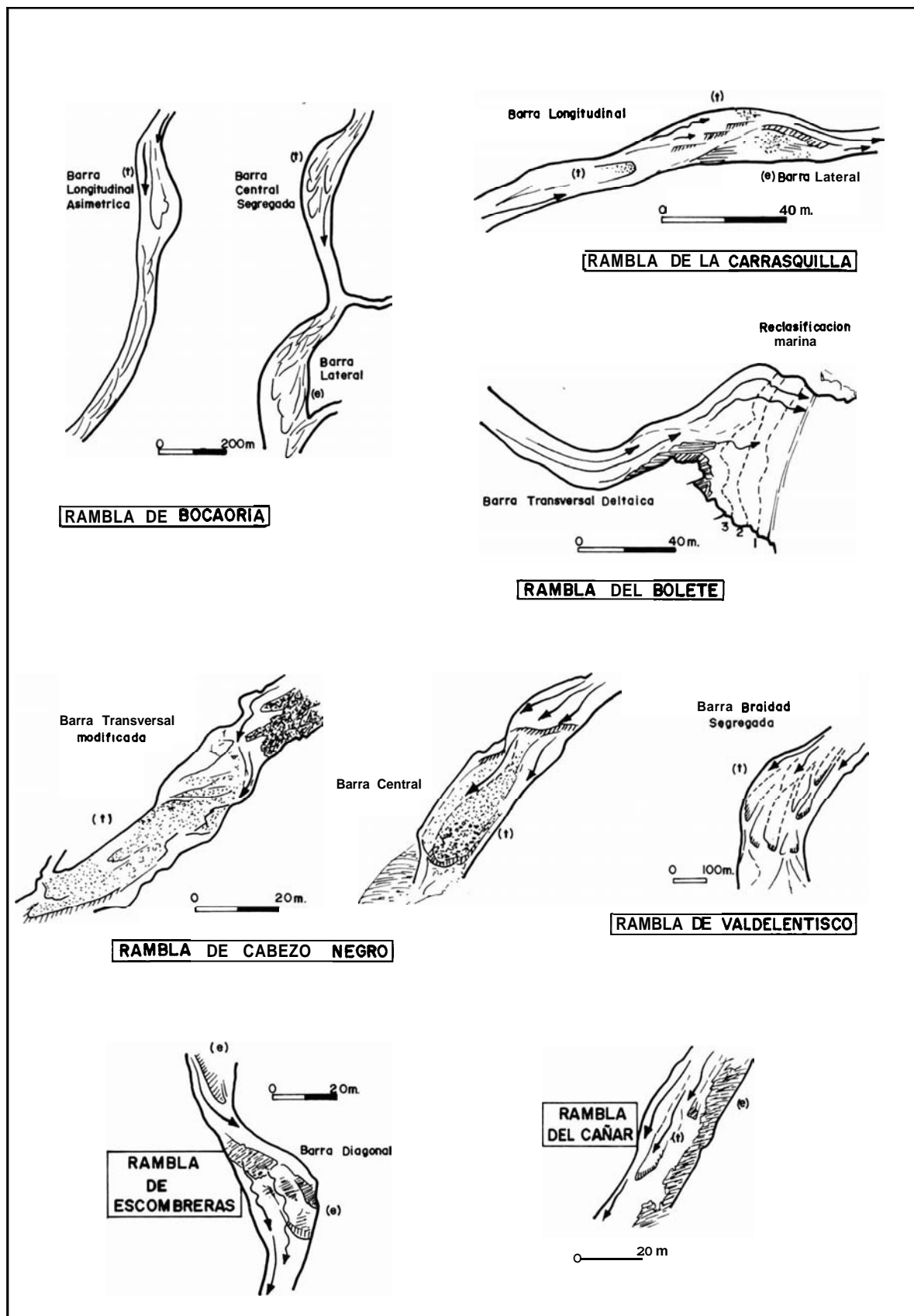


Fig. 4. Ejemplos de «barras simples» en las ramblas costeras. Formas de acumulación maduras transitorias (t) y estables (e).

Esta morfología elemental se complica cuando los ciclos erosivos predominan sobre los de sedimentación. Las migraciones de los materiales superficiales perturban extraordinariamente la *textura* de los depósitos en crecimiento (Dabrio y Fernández, 1983). Por otra parte, la segregación de las formas más comunes (*longitudinales* y *diagonales*) se verifica, según datos extraídos de las últimas riadas, a partir de elementos que Bluck (1982) considera de *textura secundaria* y *terciaria* ($D_n \leq 2'5$ cm), iniciándose la mayoría de las veces sobre la capa superficial de la barra.

Al tratarse de cauces inestables las formas unitarias son frecuentemente destruidas por las rápidas acometidas del fluido. Caudales instantáneos del orden de $Q_i \sim 15$ m³/s (riada de Bocaoria en el tramo inferior el 21 de febrero de 1985) son suficientes para movilizar pequeñas unidades ($L = 5-20$ metros) (Conesa, 1986).

Sólo localmente, en forma de barras laterales o terrazas, encontramos unidades estabilizadas sobre las que esporádicamente se desplazan sucesivas bandas de grava, de manera que se desarrollan en ellas pequeñas barras simples.



Fig. 5. Ejemplos de barras centrales (a) y entrecruzadas («braided») (b). *Rambla del Valdeleñisco*.

En general, la acumulación de sedimentos progresa en toda la extensión de la forma afectada, pero la degradación se canaliza principalmente por sectores específicos, aprovechando cambios bruscos de textura o contactos de discordancia litológica. De este modo las barras longitudinal y transversal evolucionan hacia el tipo de barra central y ésta, a su vez, junto con la lateral, constituye el paso a la barra diagonal. Una descripción detallada del proceso nos la ofrecen Leopold y Wolman (1957).

En las Ramblas del Portús y Bocaoria, las estructuras más estables se muestran biseladas en su cara interna, por efecto de las altas velocidades secundarias que registra la corriente principal en el transcurso de grandes riadas.

Corrientes subsecuentes variables recortan estas formas. La arroyada se bifurca en canalillos a lo largo del frente delantero sobre una pendiente acusada, de manera que los efectos erosivos de su caída provoca varios ribetes.

3. Tipos de barras de grava más frecuentes

La frecuencia con que se presentan las formas simples en los cauces de grava descritos ha permitido hacer una clasificación basada en sus rasgos más comunes.

La relativa exigüidad de las mesoformas de gravas se

CUADRO 2

Clasificación de formas de depósitos de gravas en lechos de rambla. Campo de Cartagena.

MORFOLOGIA	RESISTENCIA HIDRAULICA	FUNCION		EJEMPLO DE LOCALIZACION
		DEPOSITO DE SEDIMENTOS	ESTADO	
I. Fija al margen				
1. Simétrica Rampa cóncava h (fd); 0'3-0'5 m	rápido transversal	barra transversal barra de confluencia	T T	Ramblas de la Murta de Ros y del Bolete Rambla del Portús (Triviños)
2. Asimétrica convexa h(fd); 0'3-0'8 m	rápido oblicuo	barra puntual	T	
3. Asimétrica peniplana, cóncava h (fd); 0'4-0'7 m	rápido diagonal	barra en espolón o cuña barra puntual, en espolón barra lateral	E T E	barra lateral barra diagonal
II. Inconexa, aislada				
1. Simétrica o asimétrica , convexa h (fd); 0'2-0'5 m	montículo puntual	barra fusiforme	M	barra longitudinal
5. Simétrica cóncava h (fd); 0'3-0'5 m	variable	acumulación centrípeta	M	
6. Asimétrica convexa h (df); 0'3-0'6 m	rápido oblicuo deformado en su ápice	barra lateral	E	barra central barra transversal modificada barra lateral erosionada
7. Asimétrica convexa; frente distal difuso	bancos marginales	materiales agregados por desmoronamiento del margen y modificación del cauce		deposición simple

h (fd) - altura media del frente **distal**.

M = móvil.

E = estable.

T = en estado transitorio (M--E y E--M).

acusa a veces llegando a convertirse en un elemento de confusión dentro de los cauces de lechos arenosos. Los «ripples» y pequeñas alineaciones de arenas pueden enmascarar formaciones de textura primaria, pero no impiden que se intuya su forma y disposición. Puesto que la interposición de series sedimentarias en las fases de acreción ofrece formas de gran complejidad, aun tratándose de unidades elementales, creemos conveniente fundamentar esta clasificación en los tipos de barras maduras. Es más, de acuerdo con Laronne y Carson (1976) y Jones (1982), opinamos que, considerando las formas más representativas de los cauces que son suficiente-

mente estables para permanecer durante períodos de años, pueden catalogarse tipos muy diferentes.

El período de comparación 1956-1981 ha permitido distinguir hasta un total de siete tipos maduros, de los que tres son relativamente estables. El resto de los depósitos ha experimentado una evolución rápida, como consecuencia del frecuente desplazamiento del cauce y los sucesivos cambios en el modelo de flujo local. Esta rápida migración del cauce, observada en Campillo de Adentro, Llano de Morales y algunos abanicos aluviales de Carrascoy, ha producido tipos complejos, superpuestos, que no son fácilmente clasificables.

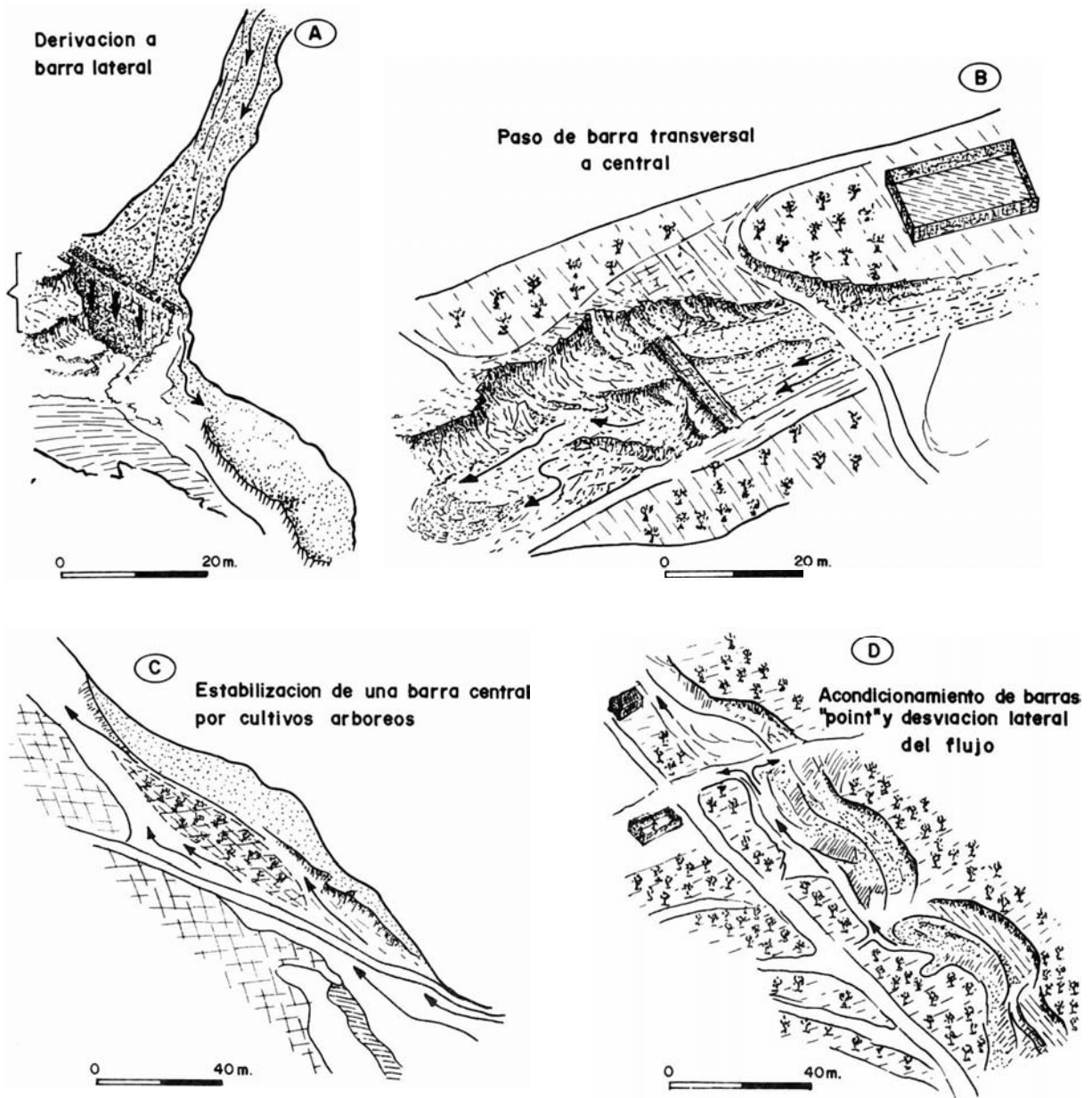


Fig. 6. Ejemplos de actuación humana en lechos aluviales. Rambla de Cabezo Negro. Base: Fotografías aéreas E 1:4.000-Vuelo marzo 1986, Comunidad Autónoma de Murcia.

Se han adoptado criterios de clasificación **morfológicos** y funcionales (cuadro 2). Entre los morfológicos tienen especial interés la fijación al margen, la simetría, la topografía de la ramba y la altura del frente distal; como funcionales se especifican la resistencia hidráulica y el tipo de depósito.

No obstante, la clasificación funcional de las formas de lecho es realmente compleja, máxime cuando interviene la acción humana (fig. 6), modificando incluso sus características texturales internas.

4. Estabilidad de las unidades diagonales en las Ramblas del Ciprés, Guía, Las Torres y Escombreras

En el lecho de estas ramblas, las barras diagonales aprovechan para su formación la existencia de montículos que ejercen la función de resistencia hidráulica de pequeños «rápidos» («riffles»). El proceso de formación varía poco del modelo descrito por Leopold (1982); el material es erosionado desde los sectores de concentración de la corriente, próximos a uno de los márgenes, y depositado diagonalmente aguas abajo en lugares de difluencia, en virtud de la recurrencia regular de las distintas oscilaciones del fluido y su asociación con la circulación secundaria. Sin embargo, al no estar claros los límites entre las áreas de erosión y deposición, los montículos presentan en los puntos de contacto con la barra importantes amontonamientos de sedimentos gruesos, que se distinguen de los frentes de avalancha por su disposición arbitraria y falta de continuidad.

En la Rambla de la Guía los montículos diagonales tienden a desarrollarse en tramos del cauce de amplia curvatura, a diferencia del tipo transversal que encontramos aguas arriba, donde el curso describe un trazado más sinuoso. La **litología** es también distinta. Los más estables son de tipo conglomerático (Cuaternario), si bien las areniscas tortonienses, dotadas de una estructura a menudo perpendicular a la dirección del flujo, ofrecen en tal sentido una alta resistencia hidráulica. Cuando se **recubren** de grava suelta pueden dar la sensación de ser una continuación de la barra. Esto ocurre allí donde los materiales del lecho fluvial son clasificados a lo ancho del cauce, hasta el punto que los guijarros más gruesos son movidos mucho más lentamente que la mayor parte de los sedimentos. Algunas veces, los guijarros relativamente grandes son abandonados sobre el montículo. La probabilidad del resto a quedarse en este punto es mucho menor. Esta tendencia puede contemplarse en los términos estrictamente cinemáticos de Langbein y Leopold (1968) o en función de la rugosidad y fricción de los materiales del lecho (Nowell y Church, 1979), que al reducirse en tamaño disminuyen la resistencia al flujo y favorecen la corriente.

Conclusiones

Unas de las formas más cambiantes de la **geomorfología**

del Campo de Cartagena son las observadas en sus organismos de drenaje, algunos de los cuales (Ramblas de Peñas Blancas, Bocaoria y Portús) han demostrado ser extraordinariamente funcionales en el transcurso de las Últimas avenidas.

Claro reflejo de este dinamismo hidro-geomorfológico lo constituye la enorme variedad de formas y estructuras sedimentarias reconocidas en los lechos de gravas de las ramblas del área. De acuerdo con las medidas realizadas se han distinguido varios umbrales de velocidad de corriente en relación con la evolución y movilidad de estos depósitos: velocidades medias de 0'2 a 0'4 m/s permiten desplazar las partículas superficiales de barras poco cementadas o alterar su textura. Cuando sobrevienen flujos con velocidades medias superiores a 1 m/s en cauces de pequeño **calado**, con abundantes suministros de sedimentos, suelen originarse formaciones heterogéneas de tamaños diversos y escasa clasificación. En condiciones más críticas ($V \sim 1'5$ m/s) la fuerza de la corriente es capaz de arrastrar depósitos enteros formados por materiales sueltos y provocar aguas abajo nuevas barras, con facies singularmente diferentes de las anteriores.

Al mismo tiempo ha sido posible constatar una estrecha relación entre el binomio profundidad del fluido (d) - dimensión media de los sedimentos (D) y el grado de crecimiento de las barras, observándose índices de movilidad crítica (Y_c , criterio de Shields) bastante elevados ($Y_c \sim 0'05$) y valores de $D_{90}/d \sim 0'4$.

Las barras de crecimiento son particularmente frecuentes en los lechos de las ramblas que drenan la vertiente sur de la Sierra de Carrascoy (Ramblas del Pestillo, Cobachos, Ros...), donde a menudo se reconocen disposiciones longitudinales, centrales y transversales. La transformación más común en este grupo de ramblas es hacia la forma longitudinal, destacando como más estables las barras maduras laterales y diagonales.

Los lechos de las ramblas **costeras** meridionales muestran depósitos más complejos, producto de la **reactivación** de formas **aluviales** relictas y de la intensa **erodibilidad** de los terrenos metafóricos de la Sierra de Cartagena. En los sectores próximos a fuentes productoras de abundantes sedimentos tienden a desarrollarse barras centrales con estratificación cruzada (Rambla del *Valdelentisco*). En estas formas, y aun en las unidades más elementales en proceso de acreción, se hace difícil establecer una clasificación adecuada según criterios morfológicos y funcionales. La consideración de la fase madura en dichas formaciones ha permitido, en cambio, distinguir hasta un total de siete tipos, de los que sólo tres presentan cierta estabilidad (barra lateral **asimétrica**, convexa, fija o no al margen y barra diagonal peniplana, cóncava, identificadas respectivamente en las Ramblas del *Portús*, *Escombreras* y Bocaoria).

En todo caso, muchas de las actuaciones humanas en estos lechos han contribuido decisivamente a modificar el **carácter** de transitoriedad de barras de grava móviles a estables y viceversa, circunstancia que limita aún más la posibilidad de establecer consideraciones tipológicas.

Bibliografía

- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (1966): «**Nomenclature for bedforms in alluvial channels**». *Journal of the hydraulics Division*, vol. 92, núm. 413, 5.164 pp.
- BLUCK, B. J. (1979): «**Structure of coarse grained braided stream alluvium**». *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, vol. 70, pp. 181-221.
- (1982): «**Texture of graded bars in braided streams**». En *Gravel-bed Rivers*, Edit. R. D. Hey, J. C. Bathurst y CR. Thorne; John Wiley & Ltd.
- CONESA GARCÍA, C. (1985): «**Procesos fluvio-torrenciales y morfología del barranco de Bocaoria (Oeste de la Sierra de Cartagena)**». *IX Coloquio de Geografía*, t. I, Asociación de Geógrafos Españoles, Murcia.
- (1986): «**Movilidad de las barras en lechos de rambla del Sureste Peninsular (España)**». En *Estudios sobre geomorfología del Sur de España*, Univ. de Murcia, Univ. de Bristol. COMTAG, International Geographical Union, Murcia.
- CHEETHAM, G. H. (1979): «**Flow competence in relation to stream channel form and braiding**». *Geological Society of America Bulletin*, vol. 90, núm. 1, pp. 877-886.
- CHURCH, M. y JONES, D. (1982): «**Channel bars in gravel-bed rivers**». En *Gravel-bed Rivers*.
- DABRÍO, C. y FERNÁNDEZ, J. (1983): «**Génesis y evolución de barras conglomeráticas en un río de baja sinuosidad (Depresión de Granada, España)**». *Mediterránea. Serie de Estudios Geológicos*, núm. 2, pp. 4-27.
- JACKSON, R. G. (1975): «**Hierarchical attributes and a unifying model of bedforms composed of cohesionless material and produced by shearing flow**». *Geological Society of America Bulletin*, vol. 86, pp. 1.523-1.533.
- KELLER, E. A. y MELHORN, W. (1978): «**Rhythmic spacing and origin of pools and riffles**». *Geological Society of America Bulletin*, vol. 89, pp. 723-730.
- KOPALIANI, Z. D. y ROMASHIN, V. V. (1970): «**Channel dynamics of mountain rivers**». *Soviet Hydrology: Selected Papers*, núm. 5, pp. 441-452 (Traduc. GGI Trudy, vol. 183, pp.81-97).
- KRIGSTRÖM, A. (1962): «**Geomorphological studies of sandur plains and their braided rivers in Iceland**». *Geografiska Annaler*, vol. 44, pp. 328-346.
- LANGBEIN, W. B. y LEOPOLD, L. B. (1968): «**River channel bars and dunes - theory of kinematic waves**». *Professional Paper 282-B*, United States Geological Survey, 20 pp.
- LARONNE, J. B. y CARSON, M. A. (1976): «**Interrelationships between bed morphology and bed-material transport for a small, gravel-bed-channel**». *Sedimentology*, vol. 23, pp. 67-85.
- LEOPOLD, L. B. (1982): «**Water surface topography in river channels and implications for meander development**». En *Gravel-bed Rivers*, cap. 13. John Wiley & Ltd., pp. 359-388.
- NOWEL, A. R. M. y CHURCH, M. (1979): «**Turbulent flow in a depth-limited boundary layer**». *Journal of Geophysical Research*, vol. 84, pp. 4.816-4.824.
- SMITH, N. D. (1974): «**Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse a braided outwash stream**». *Journal of Geology*, vol. 82, pp. 205-223.