

HIDROGEOMORFOLOGÍA DEL ABANICO ALUVIAL DEL RÍO MAGRO

J.M. RUIZ PÉREZ

Departament de Geografia. Universitat de Valencia. Ap. 22060, 46080 - Valencia

Resumen: Se realiza un estudio hidrogeomorfológico enfocado al reconocimiento de formas y procesos fluviales en el amplio abanico aluvial del río Magro; dicho abanico desemboca en la llanura costera del Golfo de Valencia, en el litoral mediterráneo español, y se identifica como un elemento clave en el agravamiento de las inundaciones de la Ribera Alta del Júcar. Su evolución durante el Cuaternario, en un área cercana al litoral, explica la diferente orientación y trazado de tres cuerpos sedimentarios. Su dinámica o procesos actuales responden a un modelo de funcionamiento de derrames y salidas de agua con disposición radial relacionados con cambios en el trazado y geometría del canal. La sucesión de formas y procesos del cauce y abanico del Magro pueden considerarse como paradigma para abanicos fluviales mediterráneos. En la metodología destacamos la importancia del análisis detallado de las formas, sobre una base cartográfica con equidistancia de curvas de nivel de un metro. Los resultados se plasman en un mapa geomorfológico a escala 1/50.000.

Palabras clave: abanico aluvial, llanura costera, Mediterráneo, inundaciones

Abstract: A hydrogeomorphological study is carried out, focusing on the recognition of fluvial forms and processes in the broad alluvial fan of the River Magro; said fan flows into the coastal plain of the Gulf of Valencia, on the Mediterranean coast of Spain, and is identified as a key element in the worsening flooding of the high riverside plains of the River Jucar (Ribera Alta del Júcar). Its evolution throughout the Quaternary period, in a near-coastal area, explains the varying orientation and outline of three sedimentary bodies. Its dynamic or current processes respond to a functional model of splays and water spillage of a radial disposition, which is related to changes in the pattern and geometry of the channel. The succession of forms and processes of the course and fan of the Magro may be considered as a paradigm for Mediterranean fluvial fans. In the methodology, we emphasise the importance of the detailed analysis of the forms, upon a cartographic base with one-metre equidistant contour lines. The results are presented in a geomorphological map to scale 1:50,000.

Key words: alluvial fan, coastal plain, Mediterranean, floods

1. Introducción

El río Magro ha contruido durante el Cuaternario uno de los más extensos abanicos aluviales de la llanura litoral valenciana y uno de los pocos que manifiesta una activa progradación a lo largo del Holoceno. Un aspecto interesante en su estudio son las repercusiones de su crecimiento en época histórica sobre el llano de inundación del río Júcar y el agravamiento de las inundaciones en la Ribera Alta, cuestión planteada en un trabajo de referencia básico (Mateu, 1980).

El objetivo principal es estudiar las formas y los procesos y plasmar los resultados en un mapa geomorfológico. Se pretende identificar diferentes niveles morfogenéticos y morfologías, aparentemente uniformes en la fotografía aérea y mapas topográficos, y localizar puntos de salida del canal en avenidas y vías de concentración de flujos desbordados. De especial interés será reconocer la morfología de la zona de confluencia entre los ríos Magro y Júcar y hacer una interpretación de la evolución reciente en este sector.

Los abanicos aluviales coalescentes configuran los llanos litorales valencianos y constituyen el escenario o soporte físico de la agricultura tradicional, sistemas de regadío antiguo, así como de los procesos de inundación recurrentes. El abanico del Magro es una buena unidad de estudio como elemento geomorfológico clave en las inundaciones de la Ribera del Júcar; sobre su superficie se asientan importantes poblaciones (Algemés, L'Alcudia, Guadassuar y Carlet) y es atravesado transversalmente por infraestructuras de transporte fundamentales (autovía de Albacete, autopista A-7 y ferrocarril) (figura 1).

Desde el punto de vista metodológico, el estudio parte del análisis de variables (formas, materiales, tiempo, procesos) que luego se relacionan en un mapa explicativo de síntesis. El trabajo se realizó de la siguiente manera:

1º) El análisis de las formas se basa en la interpretación de fotogramas aéreos de diferentes escalas y se completa con elementos reconocidos en campo; además, se apoya en una topografía muy fina obtenida de mapas a escala 1/2.000 y 1/5.000 (equidistancia de curvas de nivel de un metro), teniendo en cuenta el bajo gradiente de la zona. La aparente regularidad en la pendiente y configuración de las superficies aluviales que muestra la topografía de los mapas de escala media (1/10.000-1/50.000) enmascara detalles morfológicos perceptibles solo a gran escala.

2º) La distribución de materiales en superficie se obtiene del mapa geológico y se completa con muestras recogidas en campo.

3º) La cronología relativa de los depósitos se establece tras el reconocimiento de los diferentes niveles sedimentarios en cortes o perfiles y su comparación o correlación con los niveles descritos a nivel regional. Numerosas graveras excavadas en las márgenes del cauce del Magro y sus paleocanales facilitan la observación de distintas secuencias deposicionales desde la cabecera a las partes medias del abanico.

4º) Los procesos hidrogeomorfológicos (flujos de inundación) se deducen de las formas, facies deposicionales y textura de los sedimentos, además de las descripciones de inundaciones históricas. También disponemos de un documento excepcional, la fotografía aérea inmediatamente posterior a la inundación de 1982, donde se reflejan los rastros dejados por el paso del agua. Especialmente útil ha sido para señalar las trayectorias de los flujos en la zona de confluencia con el Júcar y en los desagües hacia la Albufera.

La interrelación entre las variables se muestra en un mapa geomorfológico de síntesis, interpretación o modelo explicativo de la distribución de formas y procesos. Este mapa se realiza trasladando la interpretación efectuada sobre la fotografía aérea al MTN 1/25.000. La delimitación de las unidades se realiza ayudándose de la referencia de las curvas de nivel; con ellas se pueden identificar detalles como resaltes y vaguadas que pueden pasar inadvertidos en la fotografía aérea.

2. Ambito geomorfológico del abanico

La llanura litoral valenciana está configurada, principalmente, por abanicos aluviales cuaternarios, los más extensos de edad pleistocena, cuyos ápices se localizan a lo largo del eje de subsidencia de directriz NE-SW (Segura, 1990; Carmona, 1995). Sobre este eje se produce la ruptura de pendiente desde los últimos relieves ibéricos; los cursos fluviales pierden su confinamiento, tienden a depositar su carga, a migrar lateralmente e, incluso, a desaparecer. El abanico del río Magro (localmente se conoce también como rambla de Algemesí o rambla de Carlet) es una extensa acumulación sedimentaria conformada por distintos niveles morfogenéticos fluviales cuaternarios, pleistocenos y holocenos. En la salida del encajamiento entre las sierras del Besorí y Cavalló está limitado lateralmente por piedemontes y conos y forma terrazas en torno a la población de Llombai. Aproximadamente dos kilómetros aguas abajo, una extrusión triásica obliga al canal a describir un pronunciado meandro; una vez superado este accidente se despliega el amplio abanico del Magro, orientado en sentido NO-SE. En su parte distal, contacta con dos amplios conjuntos morfológicos: los marjales que bordean el lago de l'Albufera y la llanura de inundación del Júcar. Su progradación sobre este último río acaba por obstruir el desagüe del llano por la margen izquierda (Mateu, 1980; La Roca & Carmona, 1983). La consecuencia es un aluvionamiento acelerado aguas arriba de la confluencia Júcar-Magro, patente en el registro geoarqueológico de Alzira y en la potente terraza de época medieval entre Carlet y l'Alcudia (Mateu 1980, 1983; Butzer et al., 1983).

La amplitud y la escasa pendiente general del depósito (13 kilómetros en línea recta desde el ápice a la desembocadura con el Júcar con un gradiente del 5 ‰) obedecen no sólo a las variables de la cuenca de

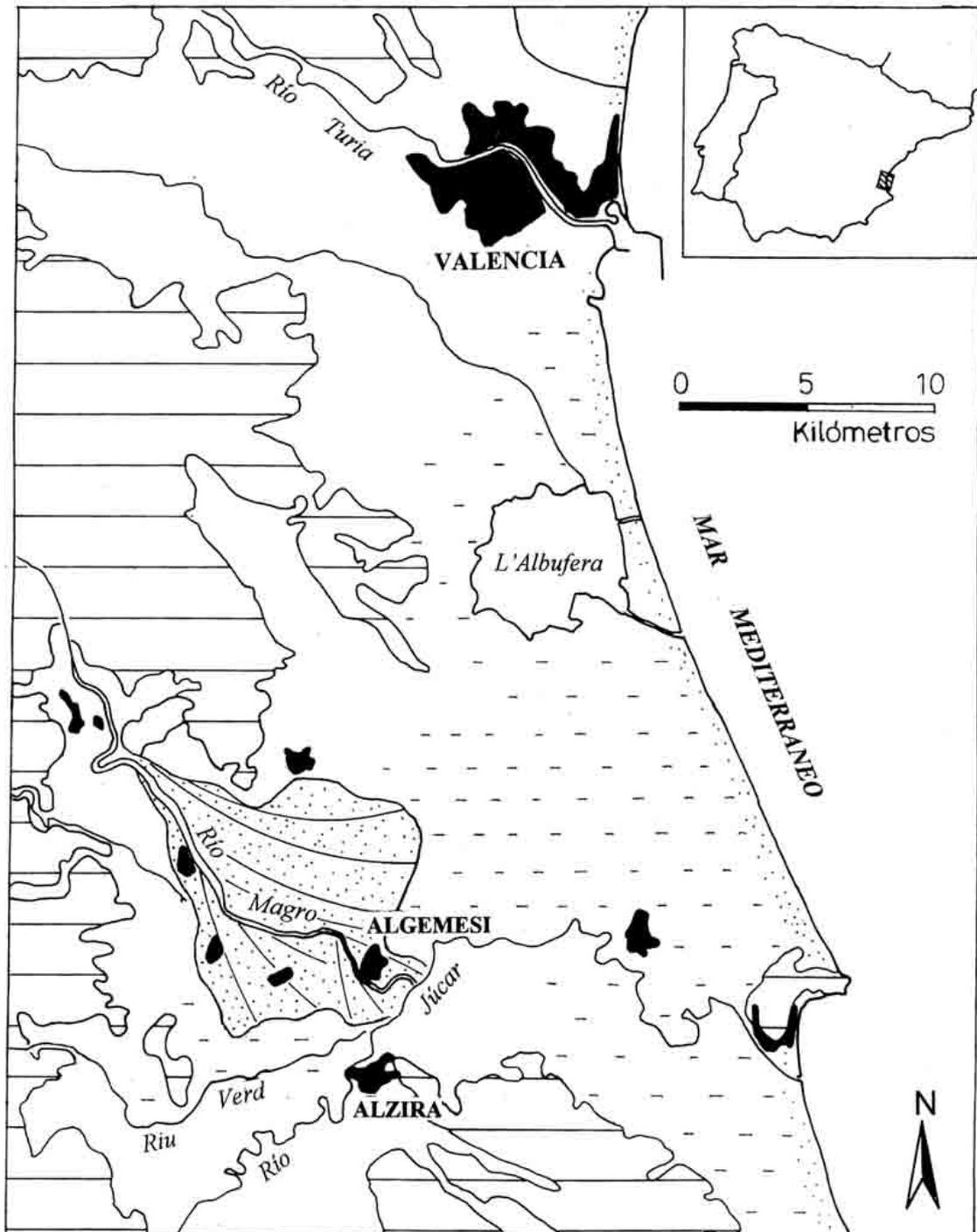


Figura 1. Mapa de situación.
Map of location.

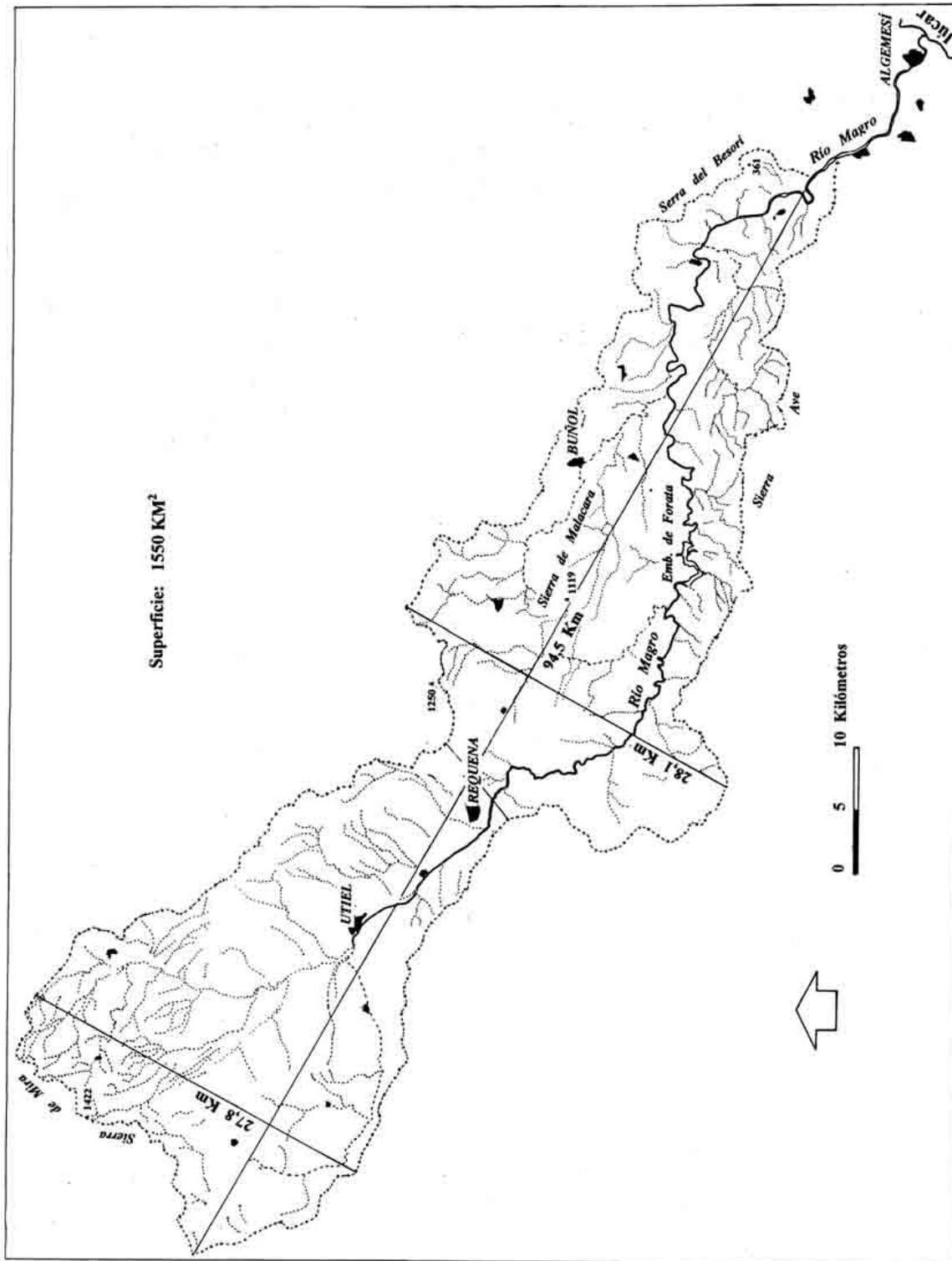


Figura 2. Cuenca de drenaje del río Magro. Drainage basin of the River Magro.

drenaje (que determinan la descarga de agua y sedimento), sino también a la geometría del espacio donde se asienta y a su posición cercana a la línea de costa.

La **cuenca de drenaje** del Magro abarca 1550 km² y tiene forma marcadamente alargada en sentido ibérico NO-SE, lo que supone atravesar ámbitos fisiográficos y climáticos contrastados (figura 2). La cuenca alta, desde Requena hasta la Sierra de Mira, se caracteriza por ser un ámbito submesetario, con rasgos climáticos de continentalidad y relieves suavemente ondulados modelados sobre los rellenos terciarios. La cuenca media, área de montañas calcáreas entre Requena y Buñol, es la zona de topografía más abrupta, sobre todo en los congostos que forman a su paso los principales cursos fluviales (Magro, Buñol, Mijares). La cuenca media-baja, desde la Hoya de Buñol hasta el ápice del abanico, es mucho más variada: montañas de calizas mesozoicas en la divisoria sur; más abajo, plataformas de calizas miocenas que coronan rellenos aluviales abarrancados y, en la base, una amplia franja triásica sobre la que se asienta el Magro, meandrante y encajado en sus terrazas.

El **régimen hidrológico** del río Magro está determinado, además de por las características climáticas de la cuenca (en torno a 500 mm de precipitación media anual), por la existencia de un sustrato impermeable (margas, arcillas y yesos del Keuper) y la regulación natural de los macizos calcáreos. Estos factores posibilitan un flujo basal perenne, aunque la regulación del embalse de Forata y el sangrado de las acequias pueden dejar el cauce seco en verano. Respecto al aporte de agua y sedimentos al abanico nos interesa conocer los momentos de crecida que se generan en la cuenca media y baja. Durante los sucesos de lluvias torrenciales se recogen cantidades de precipitación que pueden ser superiores a 300 mm/24 horas en la zona prelitoral y que, de acuerdo con Camarasa (1993), deben ser aún mayores en el sector montañoso que va desde la Serra del Cavalló a las de Dos Aguas, Martés y Malacara. Las características similares de impermeabilidad y la posición respecto de los frentes tormentosos hacen comparables las conclusiones de la tesis doctoral de Camarasa (1991) sobre las crecidas en la cuenca de la Rambla de Poyo (adyacente hacia el Norte). En un estudio de la C.H.J (1991), se estiman caudales de 2185, 1115 y 625 m³/sg para períodos de retorno de 500, 100 y 25 años respectivamente (se contabiliza sólo la cuenca aguas abajo del embalse de Forata).

3. Niveles morfogenéticos

Los cortes vistos en terrazas fluviales, graveras y los sedimentos superficiales nos muestran la existencia de tres niveles morfogenéticos en el abanico del Magro:

a) Las **terrazas fluviales** aparecen bien desarrolladas aguas arriba de la población de Carlet. Se disponen en bandas radiales (con ápice en la salida del río del área montañoso) y escalonadas hacia el canal actual del río Magro. Aparte de los materiales actuales del lecho, hemos distinguido tres niveles de terraza (0, 1, y 2) que quedan reflejados en el mapa geomorfológico (figura 3). El nivel más antiguo, (t_2), adosado a los relieves y piedemontes de la margen derecha, está formado por cantos y gravas fluviales, bastante encostrados y empastados en una matriz de tono rojizo o anaranjado. Se superpone a unos conglomerados y arcillas, que a veces aparecen en resalte, considerados como un nivel del Pleistoceno inferior por Ibañez (1992) y terciarios en el mapa geológico de la hoja de Llombai. Este nivel (t_2) está atravesado por un paleocanal muy nítido en foto aérea y en campo. En los bordes del meandro, t_2 aparece deformado (levantado) por la extrusión triásica y hacia el canal actual pasa insensiblemente a el nivel 1 (t_1), de material detrítico grueso, algo más homométrico y suelto y matriz de tono marrón. Aguas abajo del meandro, t_1 aparece nuevamente como terraza a ambos lados del canal. El siguiente nivel (t_0) ocupa mucha menor extensión, es de material detrítico fluvial, de textura de menor calibre que el anterior, material suelto y matriz de tono marrón claro arenosa. Aguas arriba del meandro, se dispone en bandas que bordean el canal actual; aguas abajo, en dirección a Carlet, se superpone paulatinamente a t_1 .

b) En los **cortes de cantera** próximos a ésta última población se puede observar la evolución de los niveles de terraza 1 y 2. En techo aparece una delgada capa de material detrítico fino con pasadas de gravas y arenas (t_0) superpuesta a varios metros (según profundidad de la cantera) de material detrítico mucho más grosero (cantos, grava y arena), suelto y con abundantes estructuras sedimentarias, tales como estratificación cruzada y planar, propias de barras fluviales de ríos braided (t_1). En algunas secciones transversales se

puede ver como estas facies de canal se encajan en los materiales detríticos de las facies distales del cono del Riu Sec, de tono mucho más rojizo y muy encostrados. Aguas abajo, en las canteras realizadas al norte de la población de l'Alcudia, se observa una potente capa en techo (entre dos y tres metros) de limos, arenas y arcillas, con algunas pasadas de grava (a_0); en la base aparecen nuevamente los detríticos gruesos depositados por canales de tipo braided (t_1). En las graveras próximas al cruce del canal del Magro con la Acequia Real del Júcar (cano o sifón de Guadassuar) se observa en techo un nivel de arenas de ambiente de dique de potencia variable (1,5 a 2 metros) superpuestas a barras de cantos, grava y arena de canal fluvial.

Como conclusión, basándonos en el análisis de estos perfiles de terraza y cantera y en su correspondencia con los sedimentos vistos en superficie, diferenciamos tres niveles de depósito principales en el edificio del abanico del Magro:

- El nivel más antiguo es el que aparece en las terrazas (t_2) del área de Llombai y Alfarb, levantadas por la extrusión triásica del área del meandro. Conforman un gran conjunto sedimentario (a_2) que se extiende en la orilla izquierda del canal aguas abajo, entre Algemés y Alginet; aparece en las canteras del área de Alginet en superficie y con potencia vista de hasta 8 o más metros; se caracteriza por su tono rojizo y el desarrollo de potentes costras. Por otro lado, dada la extensión lateral y la potencia de los niveles de gravas que llegan a aflorar en superficie, se puede suponer que los antiguos paleocanales del Magro circulaban mucho más al norte de su posición actual. Este nivel también aflora en pequeños resaltes en la margen derecha del Magro y en algunos puntos cerca del Júcar (El Carrascalet y meandro anterior a Albalat).

- Encajado en el nivel anterior y los correspondientes niveles del Riu Sec, se apilan varios metros de gravas y cantos con abundantes estructuras sedimentarias de canal. Este nivel (t^1) tiene morfología de terraza inmediatamente aguas arriba y abajo del meandro, el material es detrítico, suelto y con abundante matriz limo-arenosa. Paulatinamente, según se desprende de la información de los cortes de las canteras de Carlet y l'Alcudia, queda enterrado o sumergido bajo una capa, cada vez más potente, de materiales finos correspondientes al nivel de abanico (a_0).

- Los materiales finos descritos anteriormente constituyen el nivel de terraza (t_0) próximo al canal, en el área de Alfarb-Llombai. En las canteras de Carlet y l'Alcudia aparece en superficie, cubriendo a t_1 y ganando espesor conforme descendemos por la llanura. Son los materiales de superficie de un gran edificio aluvial de la margen derecha, con ápice en Carlet (a_0). Sin embargo, su potencia es muy variable pues recubre una topografía previa irregular modelada por la erosión (o encajamiento de los canales braided) de los niveles rojizos, como se aprecia en la margen derecha. Esta capa de limos y arenas se adelgaza sensiblemente allí donde los niveles de limos rojos afloran en superficie. En el corte abierto en las obras del paso inferior del ferrocarril en Algemés, apenas tiene un metro de espesor, desapareciendo hacia el resalte de El Carrascalet.

Basándonos en la asignación cronológica de los niveles cuaternarios fluviales realizada en otros abanicos del litoral del Golfo de Valencia (Mateu, 1980; Segura, 1990; Carmona, 1995), interpretamos los niveles anteriores como Pleistoceno medio (t_2 - a_2), Pleistoceno superior (t_1) y Holoceno (t_0 - a_0). Mateu (1980) subdivide este nivel 0 en uno inferior, más potente y de materiales finos y otro superior, más heterométrico y de época histórica o reciente; el cono progradante que se adosa al Júcar en la parte distal y los diques que bordean el canal corresponden a este nivel más reciente o histórico.

4. Morfología del canal y abanico

El examen de los fotogramas aéreos revela una transformación progresiva, tanto en la forma como en las dimensiones del cauce, desde la cabecera hasta las partes distales del abanico; al realizar el reconocimiento en el terreno se observa, además, una disminución del tamaño del sedimento en el sentido de la corriente; esta disminución del tamaño medio de la carga del canal va acompañada de un acusado estrechamiento del cauce. Se pueden distinguir tres tramos con diferente tipología de canal (figura 3):

- Tramo superior

Abarca desde la salida del confinamiento en las calizas del Besorí, hasta medio camino entre Carlet y l'Alcudia. Se caracteriza por tener un canal muy amplio y somero, de trazado rectilíneo (en sentido NO-SE), sólo interrumpido por un acusado meandro aguas abajo de Alfarb; dicho meandro obedece al levantamiento,

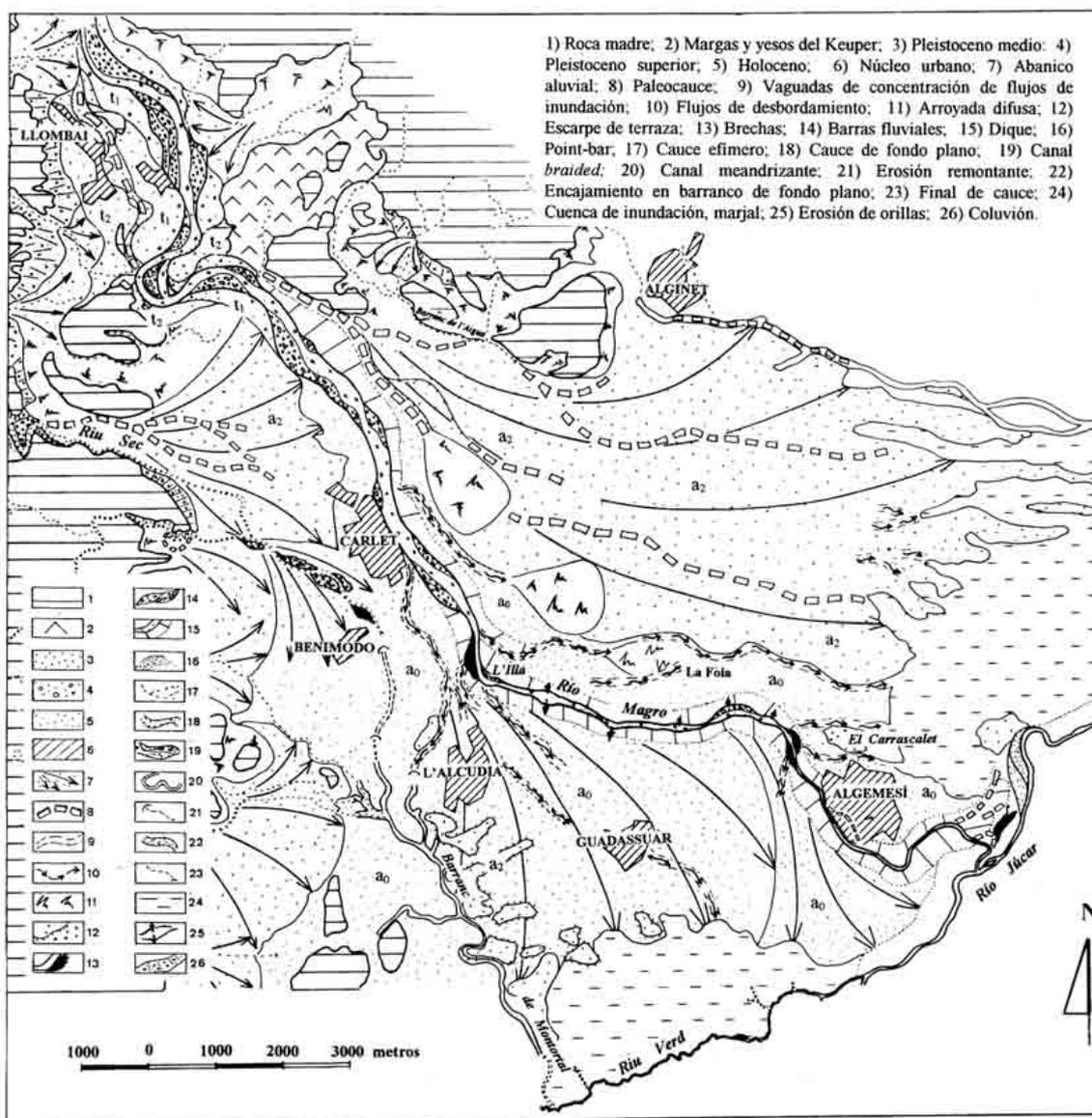


Figura 3. Mapa geomorfológico del abanico del Magro.
 Geomorphological map of the River Magro fan.

70 Ruiz Pérez

por causas diapíricas, de las márgenes del Magro. En todo este tramo predomina la carga de solera formada por bloques, que pueden tener hasta varios decímetros de diámetro, cantos y gravas calcáreas. El material arrastrado forma barras longitudinales y laterales, de modo que las orillas no quedan bien definidas; sobre éstas se superponen varios decímetros de limos.

- Tramo intermedio

El canal, que a la altura de Carlet tiene una anchura de unos 200 metros, comienza a estrecharse en dirección a l'Alcudia. Al mismo tiempo se desarrollan en ambas márgenes sendos diques; la aparición de dichos diques coincide con la zona donde los depósitos laterales de inundación se esparcen de forma generalizada (niveles holocenos). Poco antes de que el cauce cambie su trayectoria hacia el este, cerca de l'Alcudia, se comprueban dos salidas (derrames de canal): una con interrupción del dique en la margen izquierda y otra a través de un subdelta de derrame por la derecha. A partir de este punto el canal adopta un trazado bastante rectilíneo (orientado hacia el este en dirección a Algemés) al tiempo que se estrecha sensiblemente; no obstante, su anchura es variable y ello es debido a procesos de excavación en ambas orillas que producen visibles muescas. El canal se encaja entre 5 y 6 metros y su lecho está formado por barras de grava y algunos cantos. En los cortes de las orillas se observan pasadas de gravas que alternan con capas de arena y limo.

- Tramo final

Al llegar a Algemés se produce una brusca transformación morfológica, aparte de que el canal fue desviado artificialmente el siglo pasado y está confinado entre muros de cemento o motas de defensa. A la salida del pueblo y hasta llegar a la confluencia con el río Júcar, el canal es estrecho, sinuoso y de orillas paralelas. Este es el tramo de menor pendiente y donde el sedimento es relativamente más fino; predomina la carga en suspensión, aunque con cierta proporción de gravas. Cerca de la confluencia se observa un pequeño meandro abandonado.

Morfología de la superficie del abanico

El abanico del Magro se dispone radialmente a la salida del confinamiento de la Serra de Besorí y forma una rampa muy tendida entre 60 y 15 m.s.n.m. El ápice se sitúa aguas abajo de un acusado meandro encajado desde donde se va abriendo, limitado primero por el potente cono del Riu Sec por la derecha, hasta solaparse con los aluviones de la llanura litoral. El análisis de la topografía de detalle (planos a escala 1/2.000 y 1/5.000) permite diferenciar dentro de este amplio conjunto superficies de planta convexa de distinta pendiente y orientación (figura 4) (Ruiz, 1995):

-La más septentrional corresponde al nivel del Pleistoceno medio (nivel 2 de costras y limos rojos con nódulos), tiene una pendiente media del 5,01 0/00 y está surcada por paleocanales dispuestos de forma radial, algunos de los cuales se separan más de cuatro kilómetros del cauce actual en dirección a la población de Alginet. El espesor y extensión lateral de los paleocanales se puede ver en las canteras próximas a la carretera nacional 340 y en el talud de la Acequia Real del Júcar. En su parte oriental, esta superficie se sumerge progresivamente en la llanura aluvial vertiente a l'Albufera; el contacto es muy irregular, con numerosos entrantes y salientes producidos por la erosión de los flujos de inundación procedentes de vaguadas y paleocanales del abanico.

- Las curvas de nivel dibujan otra superficie convexa, orientada hacia el sur, que arranca del dique del río entre Carlet y l'Alcudia y desciende con una pendiente del 4,44 0/00 hacia la cuenca de inundación de la margen izquierda del río Júcar (cuenca drenada por el Riu Verd de tipología yazoo —La Roca & Carmona 1983—). Esta superficie está recubierta de limos holocenos de inundación y está recorrida por vaguadas que rodean pequeños resaltes o alters (muchos apreciables en la fotografía aérea) de limos rojos destacados 2-3 metros de la superficie general. Por la izquierda del Magro, la acumulación holocena, mucho menos extensa, contacta a través de una franja de transición de difícil delimitación con la superficie anterior (nivel a2). Por el sur, el contacto con la cuenca de inundación del Riu Verd se señala por una progresiva disminución de la pendiente.

- En la parte distal se distingue un pequeño cono de pendiente 2,29 0/00 que se adosa a los diques del río Júcar y cierra la cuenca de inundación de la margen izquierda de este río. Este es el depósito más reciente, de época histórica, como atestiguan los restos cerámicos encontrados cerca del cano de Guadassuar, datados en el siglo X-XI (Mateu, 1980) y el aluvionamiento sobre la cruz cubierta de Alzira, construida, probablemente,

en el siglo XV (Mateu, 1983). En la confluencia, los diques del Magro se disponen paralelos a los del Júcar. Sin embargo, el Magro no sigue su dique en su último tramo; se desvía hacia el sur para encontrarse con el Júcar describiendo un giro anómalo (las trayectorias de los dos ríos se enfrentan). Esta disposición indica que el Magro desembocaba más hacia el este en otro momento, siguiendo la trayectoria que señalan los diques. Es posible que el canal haya sufrido una avulsión y, con ello, acortado su recorrido y aumentado su pendiente. Según Schumm (1977), en tales circunstancias, un río puede ajustar su trazado de dos formas: una encajándose y otra alargando su recorrido adoptando un trazado meandrante, de modo que pueda disipar el exceso de energía. Al parecer, el Magro traza estas curvas tan cerradas (entre ellas el meandro estrangulado que aparece justo antes de la desembocadura) para ajustar su trazado a un perfil más corto y pronunciado.

Cada una de estas tres superficies se puede relacionar con los tres tramos de canal descritos antes; la superficie septentrional con el tramo braided de cabecera; el tramo intermedio con el depósito holoceno tendido hacia la cuenca de inundación del Júcar; el tramo final, más sinuoso, con el cono distal de época histórica. Dentro de estos grandes conjuntos hemos reconocido elementos morfológicos secundarios de gran importancia para el posterior análisis de los procesos:

- **Diques o motas:** los elementos morfológicos más destacados topográficamente son los diques, levantados 5-6 metros sobre el lecho, descienden suavemente hacia el exterior del canal. Bordean el cauce desde Carlet, prácticamente sin interrupción, hasta la desembocadura en el Júcar, tal como reflejan los perfiles topográficos de la figura 6.

- **Brechas y roturas de orilla:** se identifican en la fotografía aérea por su tono más claro (por acumulación de acarreo grueso a causa de la energía del flujo) y su disposición, normalmente hacia el exterior de una curva del río. No debe ser casual que hallamos identificado derrames localizados justo donde se producen bruscas transformaciones en la geometría del canal (paso del tramo superior al intermedio y del intermedio al final). Esto nos hace pensar que tales transformaciones son ajustes a las pérdidas de caudal y carga sedimentaria durante las crecidas en estos puntos.

- **Paleocanales:** dejando aparte aquellos paleocanales a los que nos hemos referido al describir la superficie pleistocena de la margen izquierda, los únicos que hemos identificado en las superficies holocenas se encuentran en la zona próxima a la desembocadura. Esto puede explicarse por ser ésta la zona más dinámica e inestable en época histórica y donde la movilidad del canal ha dejado rastros más visibles.

- **Vaguadas:** Se pueden describir varias vaguadas dentro de este gran edificio sedimentario. La primera la encontramos en la margen izquierda, acompañada de sendos diques, arranca aguas arriba de una especie de barra o acumulación denominada l'Illa (la Isla) (ver perfil C-D de la figura 6). Dicha vaguada o encajamiento termina en una superficie aplanada, a modo de pequeño cono, con textura muy arenosa en el ápice. Más abajo aparece otra superficie llana denominada la Foia, deprimida entre el dique y la superficie de costras y limos rojos. Desde aquí una nueva vaguada se encaja en dirección este y, después de pasar al norte de El Carrascalet, gira hacia el noreste en dirección a las marjales de Sollana. En la margen derecha observamos otra vaguada que discurre hacia el sureste en dirección a Guadassuar; bordea los resaltes de limos rojos por el este y termina en la cuenca de inundación drenada por el Riu Verd.

- **Resaltes (alters):** se trata de pequeños altos residuales de niveles del Pleistoceno (a_2), que en la topografía aparecen dibujadas por dos o tres curvas de nivel (sobresalen entre dos y tres metros) que emergen del conjunto de la superficie holocena más regular. Aparecen, sobre todo, en la margen derecha, enrasando con la superficie continua del mismo nivel (a_2) ya descrita en la margen izquierda.

5. Procesos hidrogeomorfológicos

Los procesos hidrogeomorfológicos de crecida, desbordamiento e inundación actuales se reconocen, dado su carácter efímero o esporádico, indirectamente a partir de evidencias tales como la morfología, características sedimentarias, topografía detallada del área, descripciones de grandes inundaciones históricas (1864, 1982) y la fotografía aérea inmediatamente posterior a la inundación del año 1982. Basándonos en los datos aportados por esta información y la interpretación geomorfológica realizada hemos reconocido los siguientes procesos: a) derrames y salidas desde el canal; b) flujos sobre superficie del abanico (trayectorias, concentración y dispersión); c) inundación en la zona de confluencia con el Júcar y d) evacuación de flujos del abanico.

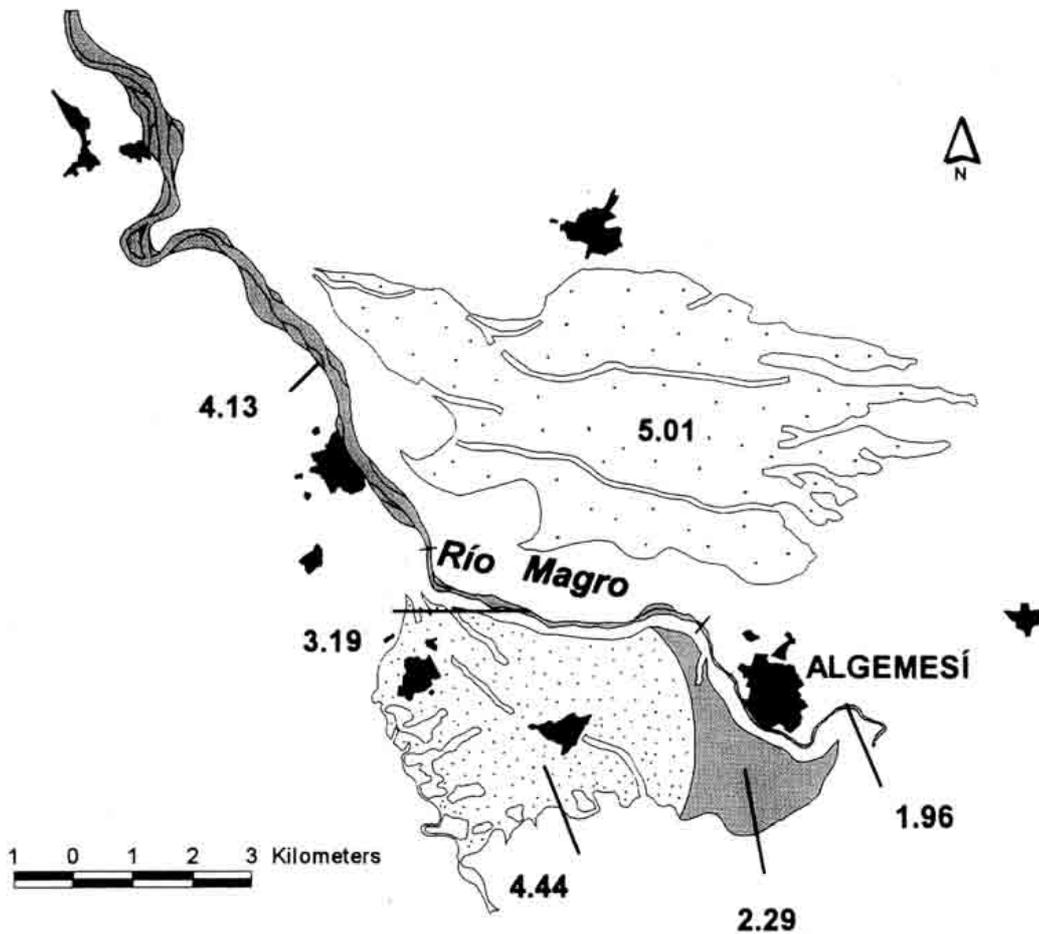


Figura 4. Pendientes medias (en ‰) de los tres tramos de canal y de las tres superficies de abanico relacionadas.
Average slopes (‰) of the three stretches of channel and the three related fan surfaces.

a) Las crecidas del Magro que ocasionan desbordamientos tienen una frecuencia de 1/10 (Proyecto de encauzamiento..., C.H.J, 1991). Las **salidas de agua del canal** (brechas y derrames) deben comenzar a la altura de Carlet, donde empiezan a configurarse diques laterales de textura arenosa. Bosch (1866) señala la amenaza que significa la "rambla" para la villa de Carlet, al encontrarse esta población más baja que el eje de aquella. Un muro protege las casas de la población contiguas al cauce y, a la salida del pueblo, tapona una brecha abierta por esta orilla. Al llegar a la curva trazada por el río junto a l'Alcudia se producen importantes pérdidas por ambas márgenes que coinciden con un cambio de configuración del canal: por la derecha, a través de un subdelta de derrame, situado en el ápice del cuerpo deposicional convexo sobre el que se asientan l'Alcudia y Guadassuar; en la gran inundación de 1864, «...El agua que entró en Alcudia, fué a consecuencia de una fuerte socavación producida en la margen derecha que hizo variar el talweg, dándole una curvatura muy pronunciada que volvía su convexidad en dirección al pueblo. En esta curva,..., desbordó hacia el mismo pueblo distante sobre 1.300 metros, corrió por encima de la margen una lámina de agua, que tendría unos 0m,45 de espesor» (Gómez Ortega et al., 1866, p.153). Por la izquierda, el agua sale por una interrupción del dique justo antes del estrechamiento del cauce; entre la vaguada que se origina en este punto y el Magro queda un espacio en resalte denominado la Isla (ver perfil C-D, figura 5). En el tramo siguiente deben producirse nuevos desbordamientos, a juzgar por la socavación de las orillas sobre las que se deposita abundante arena, señal del paso del agua desbordada. Un último derrame, por la

orilla derecha, se encuentra poco antes de llegar al tramo encauzado de Algemés; éste se relaciona con la acumulación cónica que cierra la cuenca de inundación del Júcar. Tal cierre se produce porque esta porción de abanico ha ido creciendo de manera que hoy se adosa al dique del Júcar. Esta acumulación de sedimentos constituye un umbral que obliga a las aguas desbordadas a inundar todo el espacio deprimido entre el Júcar y Magro antes de rebasar este obstáculo.

b) La dinámica de los **flujos desbordados** sobre la superficie del cono es propia de la morfología de un abanico aluvial de tipo fluvial, tal y como la describen diversos autores (Bull, 1977; Rachocki, 1981; French, 1987). En un llano de inundación la evacuación del agua es lenta dado el escaso gradiente; el agua desbordada se remansa y eleva su cota varios metros. En cambio, en un abanico aluvial el mecanismo de desbordamiento es de tipo flash flood (French, 1987). Es decir, se trata de un flujo que pasa rápidamente y barre bandas de anchura y trazado variable en cada inundación, de ahí que se describan las pautas de los flujos sobre los abanicos como imprevisibles o aleatorias, ya que tienden a la dispersión sobre una superficie de geometría convexa. El tiempo que dura la inundación puede ser de varias horas. Bosch (1866), en la reseña de los principales daños causados por la inundación de 1864, al referirse a Carlet dice: "...La inundación duró desde las once de la noche del día 4 hasta las cuatro y media de la madrugada del día 5...". La pendiente del abanico favorece la evacuación de los flujos, pero, al mismo tiempo, hace que éstos adquieran mayor velocidad y tengan mayor poder destructivo.

La dinámica de los flujos desbordados en el abanico del Magro, sigue un modelo similar al descrito por Packard (1974), citado por Bull (1977). Según este modelo, desde el canal principal (derrames) salen canales braided (vaguadas) que distribuyen el agua y los sedimentos por el abanico. Estos canales van perdiendo profundidad y anchura hasta formarse una lámina de agua sobre un área en la que se deposita un pequeño cono. Seguidamente, el flujo vuelve a concentrarse en pequeños regueros que pueden volver a desaparecer. En las partes distales del abanico un encajamiento brusco recoge la escorrentía de los regueros. El modelo se obtiene a partir de la observación de los procesos en un cono de tipo fluvial de dimensiones intermedias (700 m de longitud), pero según Bull (1977), la hidráulica del abanico estudiado por Packard es similar a la de los grandes abanicos. Los flujos desparramados sobre la superficie del abanico del Magro, pese a la variabilidad de las trayectorias, tienden a concentrarse en vías de drenaje reconocibles en la topografía de detalle (mapa 2.4) y, a veces, en la fotografía aérea. El agua desbordada sobre los diques o a través de brechas, aunque tiende a dispersarse sobre un área más o menos amplia, acaba discurrendo a lo largo de paleocanales, vaguadas o ligeros encajamientos. Estos terminan desapareciendo en una superficie de escasa pendiente, donde el flujo se extiende en forma de lámina, para volver a concentrarse aguas abajo en otra vaguada; el proceso puede repetirse sucesivamente. Un ejemplo es la salida de agua que hay junto a la Isla, por la orilla izquierda: el agua se concentra a través de una serie de parcelas de cultivo ligeramente encajadas que terminan en un pequeño depósito cónico, con una acumulación de arena en el ápice. En la partida de la Foia, se desparraman los flujos dispersados desde ésta y otra vaguada que viene por su derecha. Más abajo se concentran en otra vaguada que los dirige fuera del abanico para seguir hacia Sollana a través de las marjales.

c) La **zona de confluencia** de los ríos Magro y Júcar ha de considerarse aparte, pues a medida que nos aproximamos al segundo río predominan los procesos propios de un llano de inundación. Estos procesos vienen matizados por las peculiaridades morfológicas de esta confluencia, que supone un obstáculo para el drenaje de la cuenca de inundación de la margen izquierda del Júcar (Mateu, 1980; La Roca, Carmona, 1983). La cota del agua desbordada sobre esta cuenca va subiendo ante este obstáculo y, si la inundación es importante, tenderá a pasar sobre él. La situación se agrava porque el desagüe del Magro está dificultado por el ángulo con el que se encuentran los dos ríos (próximo a los 150°).

d) La **evacuación de flujos** del abanico se produce principalmente a través de vaguadas y paleocanales que los conducen hacia la cuenca de inundación drenada por el Riu Verd, por la margen derecha, y hacia la Albufera a través de las marjales de la margen izquierda. Curiosamente, tanto los flujos dispersados hacia el sur desde la margen derecha del Magro, como los desbordados por su izquierda pueden acabar reuniéndose otra vez. Esto es posible porque el agua que llega a la cuenca de inundación del Riu Verd, llegado el caso, puede sobrepasar la zona de confluencia de Magro y Júcar y, una vez superada, cambiar de trayectoria hacia el oeste en dirección a Algemés. Este giro, especie de refluo del agua, está ocasionado por un resalte pleistoceno (nivel rojo) que encontramos junto al cauce del Júcar y sobre el cual pasa la autopista A-7 (perfiles

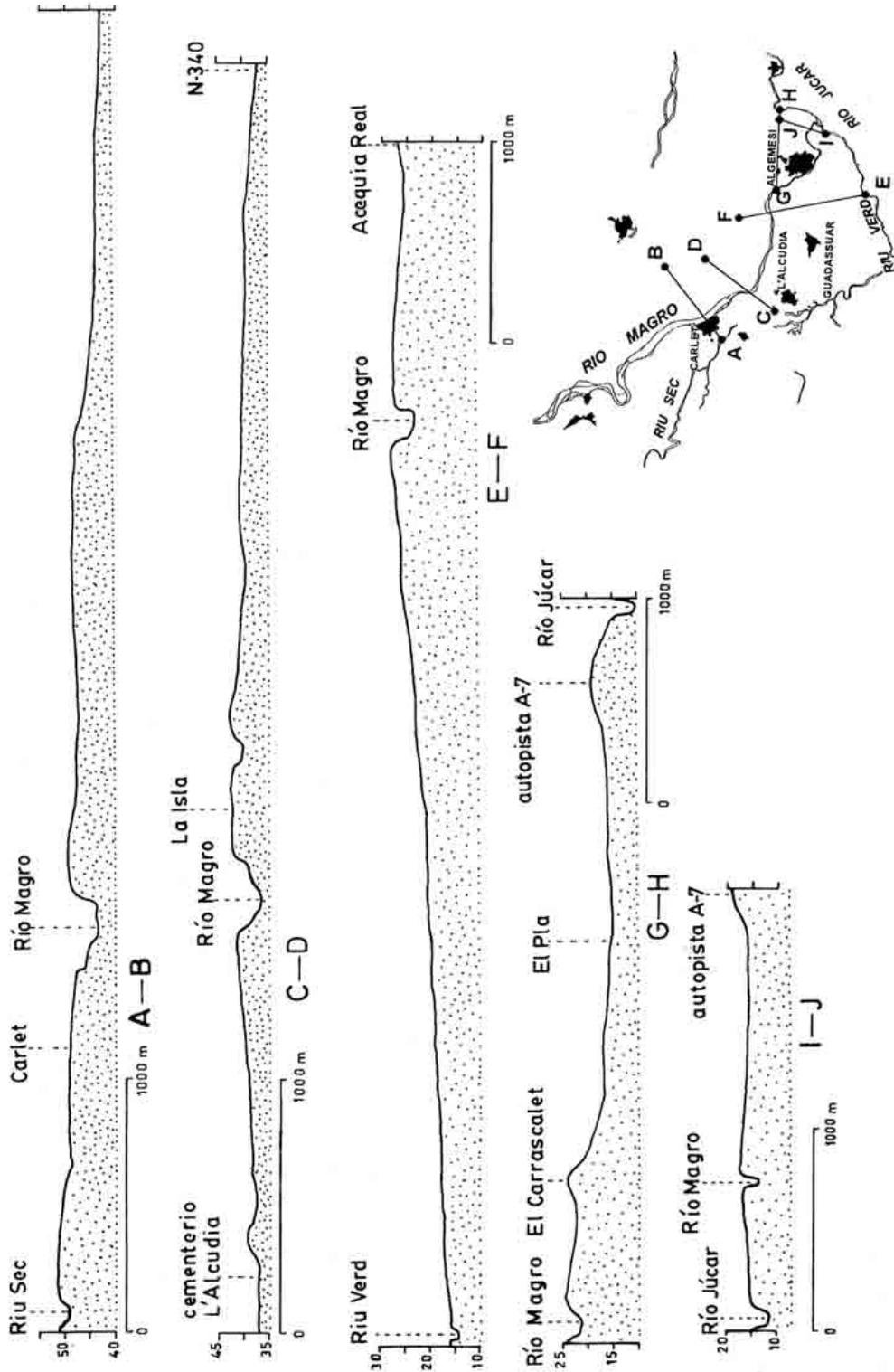


Figura 5. Perfiles topográficos de la superficie del abanico
Topographic profiles of the fan surface.

G-H e I-J, figura 5). Esta circunstancia explica sin duda las inundaciones del sector nororiental del pueblo de Algemés, atribuidas exclusivamente al mal drenaje de la autopista y que, como vemos, están originadas por la obstrucción al paso del agua que supone este resalte topográfico. Las aguas que inundan la zona deprimida entre Algemés y el resalte son conducidas hacia el noroeste a través de una amplia vaguada (el Pla) y, a la altura del Molí de Sos, se encuentran con las que vienen por la vaguada principal de la margen izquierda. Desde aquí se orientan hacia el nordeste atravesando los arrozales, adonde también van a parar los flujos que vienen por los paleocanales septentrionales. Todos los flujos así reunidos se dirigen hacia la Albufera por el sur de Sollana.

6. Conclusiones

La morfogénesis del abanico aluvial del Magro durante el Cuaternario, por su situación próxima al litoral, debió estar muy ligada a las fluctuaciones del nivel del mar. El edificio aluvial del Magro está compuesto por tres cuerpos deposicionales principales parcialmente superpuestos y progradantes en el Holoceno hacia el llano de inundación del Júcar. El nivel más antiguo posiblemente corresponde al Pleistoceno medio; está formado por un nivel extenso de limos rojos con nódulos y facies de canal encostadas y se extiende en forma de abanico por la margen izquierda. El nivel del Pleistoceno superior aparece encajado en el anterior por la margen derecha y debió configurarse con un nivel marino más bajo que el actual. Durante el Holoceno se produce el relleno fluvial y se reanuda la deposición extensiva de materiales, con predominio de texturas limo-arenosas que recubren buena parte de la superficie pleistocena. La topografía irregular de ésta última superficie condiciona la potencia variable de los aluviones recientes, de tal forma que los niveles pleistocenos pueden asomar localmente o estar muy someros, incluso en las zonas más deprimidas del llano de inundación (cuenca drenada por el Riu Verd). No obstante, la extensión cubierta por los aluviones holocenos del Magro es destacable; otros sistemas fluviales de magnitud comparable (ríos Serpis, Palancia), que desembocan en el Golfo de Valencia, han edificado potentes abanicos en el Pleistoceno sobre los que se encaja el cauce actual. La superficie holocena se reduce a un pequeño cono en su extremo distal, junto a la desembocadura, que puede prolongarse bajo el agua en forma de cono deltaico (Segura, 1990; Segura y Carmona, 1994). En otros casos (Barranc de Carraixet, Barranc de Torrent-Catarroja, río Magro), la salida del encajamiento se encuentra varios kilómetros hacia el interior, por lo que el depósito holoceno recubre extensas superficies de abanico más antiguo antes de contactar con las marjales litorales (Carmona, 1995; Camarasa, 1991; Ruiz, 1995).

La imagen sintética del mapa geomorfológico expresa las relaciones entre los elementos identificados en el análisis de las variables (materiales, formas, procesos, tiempo). De este modo, podemos explicar las transformaciones de la geometría y procesos del canal y las superficies aluviales adyacentes. Desde la cabecera hasta la parte distal, se producen pérdidas de agua y sedimento del cauce (en inundaciones graves) que contribuyen a la construcción del abanico. Aguas abajo de los puntos de derrame más importantes, la geometría del canal y la textura de los sedimentos del lecho y orillas se modifica sustancialmente. Esto permite diferenciar tres tramos de canal con distinta tipología (trazado, anchura/profundidad, pendiente, carga sedimentaria, formas del lecho y orillas), ajustados a la configuración y procesos de inundación sobre los tres cuerpos de abanico laterales que hemos identificado. En el tramo de cabecera, un canal recto, ancho, somero y de carga muy gruesa discurre junto a la superficie de abanico más antigua; en el tramo medio, a medida que el canal se estrecha, se configuran diques laterales de los que arranca un extenso depósito convexo, vertiente hacia la cuenca de inundación de la margen izquierda del Júcar; en el tramo final, el cauce es más estrecho, sinuoso y de menor pendiente, de acuerdo con la morfología del cono distal más reciente. Los flujos desbordados son recogidos por vaguadas y paleocanales que los distribuyen de forma radial por la superficie del cono, de manera semejante a la descrita en el modelo de hidráulica de abanicos fluviales propuesto por Packard (1974, tomado de Bull, 1977). Según éste, pequeños canales concentran los flujos de inundación hasta llegar a un punto de intersección, donde se desparraman agua y sedimentos y se deposita un pequeño cono de textura arenosa. Aguas abajo, los flujos vuelven a concentrarse en regueros y vaguadas que los evacúan fuera del abanico.

El área de más activa progradación en época histórica se encuentra junto a la confluencia con el Júcar. Se ha cartografiado un pequeño cono en el área distal que, de acuerdo con Mateu (1980, 1983), La Roca y Carmona (1983), Butzer et al. (1983), es el responsable del progresivo agravamiento desde época medieval de las inundaciones en la Ribera Alta del Júcar, a medida que su progradación obstruye el desagüe del

llano de inundación. La identificación de esta acumulación más reciente fue posible gracias a la utilización de mapas con curvas de nivel equidistantes un metro; éstas señalaban un cuerpo de cono más avanzado, de menor pendiente, con distinta orientación y adosado en la parte distal al dique izquierdo del Júcar.

Agradecimientos

Los datos de este trabajo proceden de la tesina de Licenciatura del mismo autor titulada "Aplicación de un Sistema de Información Geográfica al estudio hidrogeomorfológico del abanico aluvial del río Magro", investigación financiada por la Institució Valenciana d'Estudis i Investigació y el proyecto de la CYCT AMB95-0817.

Referencias bibliográficas

- Bosch, M.** (1866): *Memoria sobre la inundación del Júcar en 1864* (presentada al Ministerio de Fomento). Facsímil editado por librerías París-Valencia en 1990.
- Bull, W. B.** (1977): The alluvial fan environment. *Progr. in Phys. Geogr.*, 1, 222-270.
- Butzer, K. W.; Miralles, I.; Mateu, J. F.** (1983): Las crecidas medievales del río Júcar según el registro geo-arqueológico de Alzira. *Cuad. de Geogr.*, 32-33, pp. 311-331.
- Camarasa, A. M^a.** (1991): *Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranc de Carraixet y Rambla de Poyo*. Tesis doctoral (inérita), Universitat de València, Facultat de Geografia e Historia.
- Camarasa, A. M^a.** (1993): La estructura interna de las tormentas mediterráneas. *Cuadernos de Geografía*, 54, pp. 169-188.
- Carmona, P.** (1995): Análisis geomorfológico de abanicos aluviales y procesos de desbordamiento en el litoral de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 57, pp. 17-34.
- Confederación hidrográfica del Júcar** (1991): *Proyecto de encauzamiento de la desembocadura del río Magro*. M.O.P.T.
- French, R. H.** (1987): *Hydraulic processes on alluvial fans*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 244p.
- Gómez Ortega, J. F.; Lizarraga, J. F.; E. DE Churruca** (1866): *Estudio de las inundaciones del Júcar de 1864*. Facsímil editado por la Confederación Hidrográfica del Júcar en 1988. 282 p.
- Ibáñez, M. R.** (1992): L'Al.luvionament plistocènic en la conca baixa del Riu Xúquer (Ribera Alta). *Cuadernos de Geografía*, 51, pp. 1-21.
- La roca, N. y Carmona, P.** (1982): Fotointerpretación de la Ribera del Xúquer después de la inundación de Octubre de 1982. *Cuadernos de Geografía*, 32-33, pp. 121-134, Valencia 1983.
- Mateu, J. F.** (1980): El llano de inundación del Xúquer (País Valenciano): geometría y repercusiones morfológicas y paisajísticas. *Cuadernos de Geografía*, 27, pp. 121-142
- Mateu, J. F.** (1983): Aluvionamiento medieval y moderno en el llano de inundación del Júcar. *Cuadernos de Geografía*, 32-33, pp. 291-310.
- Packard, F.A.** (1974): *The hydraulic geometry of a discontinuous ephemeral stream on a bajada near Tucson, Arizona*. University of Arizona Ph.D. dissertation, 127 p.
- Rachocki, A** (1981): *Alluvial fans*. Londres, John Wiley and Sons, 161p.
- Ruiz, J. M.** (1995): *Aplicación de un Sistema de Información Geográfica al estudio hidrogeomorfológico del abanico aluvial del río Magro*. Tesina de licenciatura (inérita). Departamento de Geografía. Universitat de València, 166 p.
- Segura, F. S.** (1990): *Las ramblas valencianas*. Dpto. de Geografía, Universitat de València, 229 p.
- Segura, F. S. y Carmona, P.** (1994): *Estudio hidrogeomorfológico de La Safor*. Intitució Valenciana d'Estudis i Investigació (inérito).
- Schumm, S.A.** (1977): *The Fluvial System*. Londres, John Wiley and Sons, 338p.