

INMACULADA MARCH LEUBA*

ABANICOS ALUVIALES Y PROCESOS DE EROSIÓN EN LA FOSA DE CASINOS-LLÍRIA**

RESUMEN

El presente trabajo analiza, desde un punto de vista hidrogeomorfológico, el modelado de la fosa de Casinos-Llíria (Valencia), con ambiente climático de tendencia semiárida. Sobre un extenso glacis de acumulación formado mediante la coalescencia de conos aluviales se produce la incisión de cárcavas que se encajan en la llanura y que presentan una morfología similar a la descrita para los arroyos del suroeste norteamericano. Se estudia la dinámica evolutiva de los conos aluviales y se analizan algunos de los procesos de incisión-acumulación recientes.

ABSTRACT

From a hydrogeomorphologic point of view this research analyses the modelling of the basin of Casinos-Llíria (Valencia), which has climatic ambient tending to semiarid. An incision of gullies takes place over a vast accumulation pediment made by coalescing alluvial fans. Those gullies drain the plain and they show a morphology similar to that described for Northamerican south-west «arroyos». Evolutionary movement of alluvial fans is studied, analysing some newly-made processes of incision-acumulation.

Los llanos de la fosa de Casinos-Llíria (fig. 1), han sido modelados por la coalescencia de conos aluviales en un ambiente climático seco; en ellos se observa una red de cárcavas de grandes dimensiones que drena buena parte de la fosa en dirección a los canales de las ramblas Castellarda y Primera; éstas desembocan en el río Turia en su cuenca media-baja. Estos procesos de acumulación-incisión en sistemas fluviales han sido estudiados por diversos autores (GRAF, 1983; COOKE y REEVES, 1976; SCHUMM; HARVEY y WATSON 1984) en ambientes de marcada tendencia árida y relacionados con procesos de deforestación, cambios climáticos o hidrológicos. El objetivo de este trabajo es realizar una descripción de abanicos y

* Departament de Geografia. Universitat de València.

** Este trabajo se inserta en el proyecto N. PB89-0526 de la DGICYT. Mi agradecimiento a P.Carmona, V.Rosselló y J. Mateu por su apoyo y revisión de este artículo.

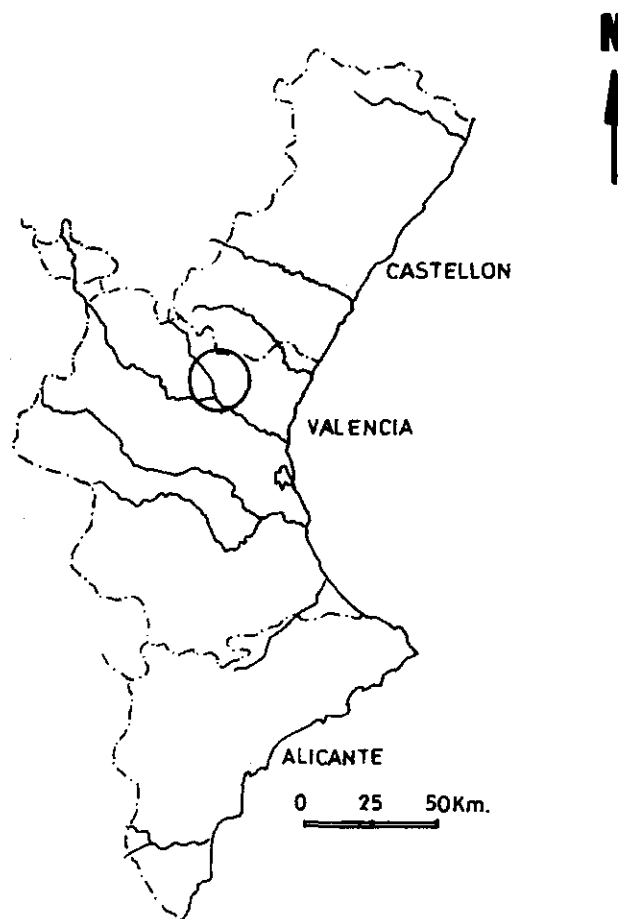


Figura 1. Situación del área de estudio.

cárcavas, y apuntar los posibles factores que han influido en su formación y evolución.

El método de trabajo ha consistido en la realización de un reconocimiento geomorfológico con la fotointerpretación del vuelo de 1956 a escala 1:33.000. Para estudiar la progresión de los *gullies* o cárcavas se ha realizado un estudio comparativo de fotografías aéreas, empleando la serie de 1956, ya citada, y la de 1982, a escala 1:18.000. El uso de dos escalas espaciales y temporales ha permitido realizar un análisis hidrogeomorfológico evolutivo y de detalle. También se ha

empleado cartografía topográfica a escala 1:10.000 y con equidistancia de curvas de nivel de 5 metros, la cual ha facilitado la individualización de los cuerpos deposicionales y la aplicación del modelo de desarrollo de abanicos aluviales propuesto por Harvey, A.M. (1989). El trabajo de campo ha permitido describir cortes estratigráficos y los procesos de acarreamiento actuales.

1. EL CONTEXTO ESTRUCTURAL Y EL AMBIENTE BIOCLIMÁTICO

La fosa de Casinos se localiza en el sector suroriental del Sistema Ibérico, al N de la comarca del Camp de Túria (fig. 1), quedando enmarcada por la Serra Calderona o montes de Alcublas al N, al E por los montes de Olocau -que forman parte de la misma sierra- y la plataforma terciaria de Llíria-Burjassot, al W por unos pequeños resaltes montañosos que la separan de la cubeta de Villar del Arzobispo, y al S por el río Turia.

A grandes rasgos, las componentes estructurales que delimitan el área de estudio son el salto Higuieruelas-Puçol, de directriz ibérica, y el hundimiento del sector costero a partir del escalón de Buñol, con orientación transversal a la ibérica (PÉREZ CUEVA, 1988). Estos dos ejes distensivos individualizan dos cubetas, la de Villar del Arzobispo y la de Casinos algo más baja; el límite oriental de esta última fosa viene remarcado por el cauce de la rambla Primera, que señala el punto de contacto con la plataforma miocena en realce de Llíria-Burjassot.

El hundimiento generalizado del sector es responsable de la desaparición de los cauces de las cuencas menores que abocan a la llanura desde la zona montañosa -barranc dels Frares, barranc del Cerro Pital, rambla de les Vint-i-quatre, barranc del Forat-, mientras que las principales arterias de drenaje adoptan una directriz ibérica a su paso por la cubeta -ramblas d'Artaix y Castellarda- o transversal -rambla Primera- (fig. 2). También el trazado de las cárcavas o barrancos -rambla del Roig, barranc de Montdragó y barranc del Toll de Bonet- se halla influenciado por las alineaciones morfoestructurales (MARTÍNEZ GALLEGO *et al.*, 1987).

La disposición de los conos aluviales tiene una marcada componente estructural; todos ellos, salvo el de la rambla Castellarda, se localizan al pie de la Serra Calderona y se orientan de N a S, con sus ápices situados en la línea de hundimiento de la cubeta, esto es, el salto Higuieruelas-Puçol (fig.2). El transfondo estructural también es determinante en su evolución, ya que como indican Martínez Gallego *et al.* (1987, p.61), «...en la zona de Casinos la velocidad de levantamiento del relieve es mayor que el poder de excavación de los barrancos, de tal forma que la acumulación mayor se sitúa en la zona de cabecera, y los abanicos acaban superponiéndose». El levantamiento tectónico continuado ha impedido el encajamiento de los cauces -exceptuando los de las ramblas d'Artaix, Castellarda y Primera-, manteniendo un desajuste en la pendiente de los canales y, por tanto, un cambio en la geometría hidráulica que provoca la acumulación en las secciones altas o medias de los conos.

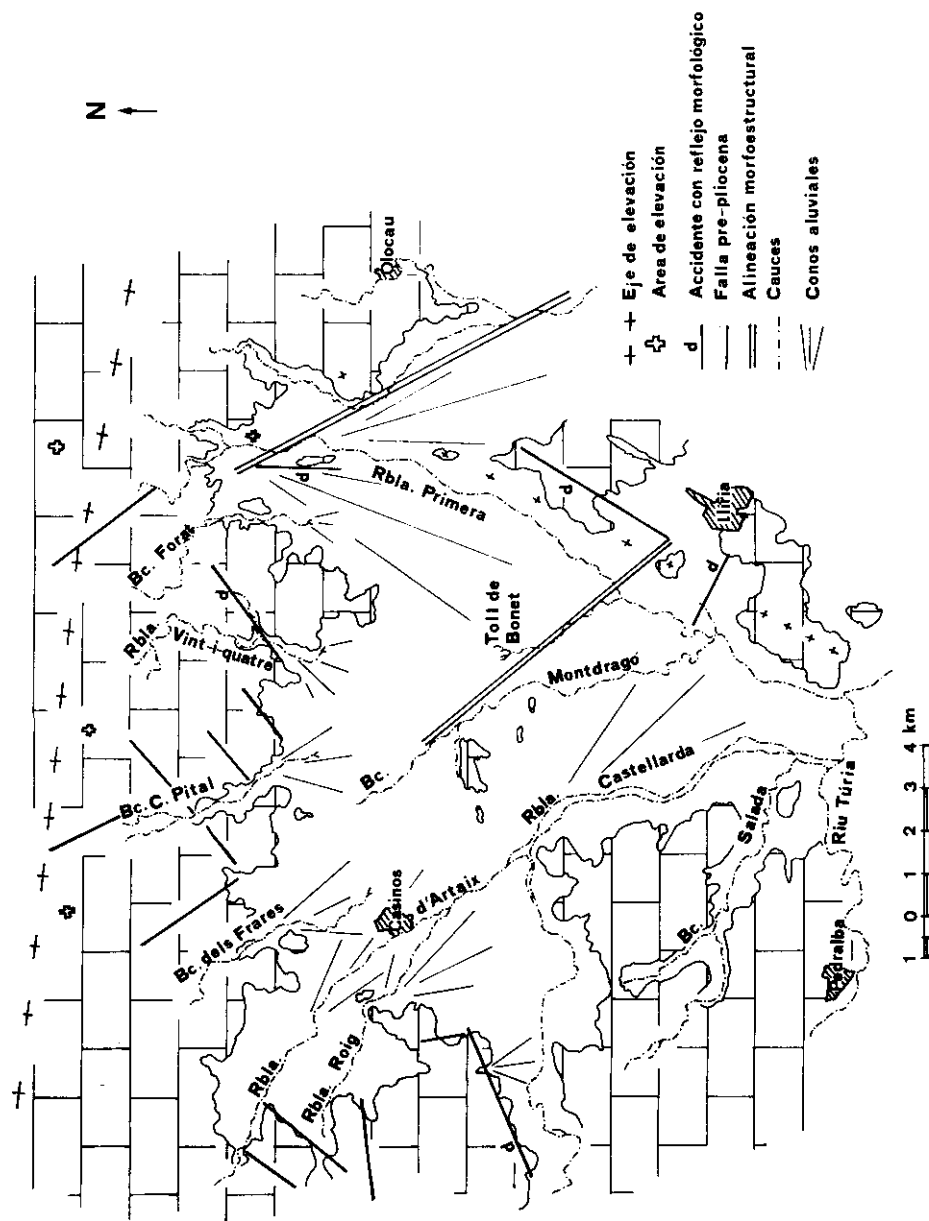


Figura 2. Esquema neotectónico (resumen de MARTÍNEZ, J. *et al.*, 1987)

El estudio de las series de datos de dos observatorios meteorológicos nos ha permitido definir las características climáticas del área de estudio: el de Lliria-el Carril, situado al S de la confluencia de las ramblas Castellarda y d'Artaix, a 200 m de altitud en plena cubeta tectónica, y el de Alcuablas, que permitirá caracterizar las precipitaciones registradas sobre las cuencas receptoras; este observatorio se encuentra a 744 m de altitud.

El registro de Lliria es relativamente corto (1971-1988), mientras que el de Alcuablas cubre más de 40 años (1943-1988), aunque en este observatorio no se registran las temperaturas. Para calcular unas medias orientativas se ha aplicado el gradiente $0'55^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (LÓPEZ GÓMEZ, 1987, p.151).

La precipitación media de todos los años registrados es de $379'5\text{ mm}$ en Lliria -extrapolable a toda la cubeta de Casinos- y $435'8\text{ mm}$ en Alcuablas -orientativo para la Serra Calderona-. Este dato refleja la influencia orográfica y altitudinal sobre las precipitaciones, remarcando la condición de cubeta intramontana con clima semiárido. Las temperaturas medias anuales se sitúan en torno a los $16'3^{\circ}\text{C}$ para Lliria (PÉREZ CUEVA *et al.*, 1989) y $13'3^{\circ}\text{C}$ para Alcuablas (calculando que la temperatura desciende 1°C cada 182 m de altura).

La distribución de las precipitaciones a lo largo del año es muy irregular (fig. 3), concentrándose en escasos días al año (cuadro 1); comparando ambos cuadros (fig. 3 y cuadro 1), se observa que la estación más lluviosa, otoño, registra menos días de precipitación que la segunda estación más lluviosa, la primavera, por lo que las precipitaciones quedan así más concentradas en el tiempo.

Por su parte, las tasas de evapotranspiración son muy altas, especialmente en la cubeta (fig. 4), donde el déficit hídrico se extiende desde mayo hasta octubre, y sólo en otoño se produce un ligero superávit. El balance hídrico anual, calculado a partir de la suma de las diferencias mensuales entre evapotranspiración potencial y precipitaciones medias mensuales, es negativo en las dos estaciones estudiadas, siendo de $45'3$ para Lliria y de $23'7$ para Alcuablas. Las fuertes tasas de evapotranspiración consolidan el carácter semiárido del medio.

La vegetación pertenece a un ombroclima seco con tendencia a semiárido (COSTA, 1986, p.45). Las comunidades vegetales predominantes son un estrato arbóreo de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y un sotobosque en el que predominan el romero (*Rosmarinus officinalis*) el brezo de invierno (*Erica multiflora*), albaida (*Anthyllis cytisoides*) y tomillo (*Thymus vulgaris*), entre otros (COSTA, 1986, p.119).

Sin embargo, la actividad agrícola ha reducido estas comunidades a las áreas montañosas. Las laderas abancaladas y los pequeños valles intramontanos están cultivados con olivos y algarrobos, mientras que en la llanura las transformaciones recientes sustituyen los cultivos de secano por los cítricos y hortícolas, así como otros frutales.

El ambiente climático del área de estudio es, pues, favorable al desarrollo de un modelado semiárido; un factor esencial para que se den estas condiciones climáticas semiáridas es la constitución del área como cubeta intramontana, escasamente comunicada con la cuenca de Valencia.

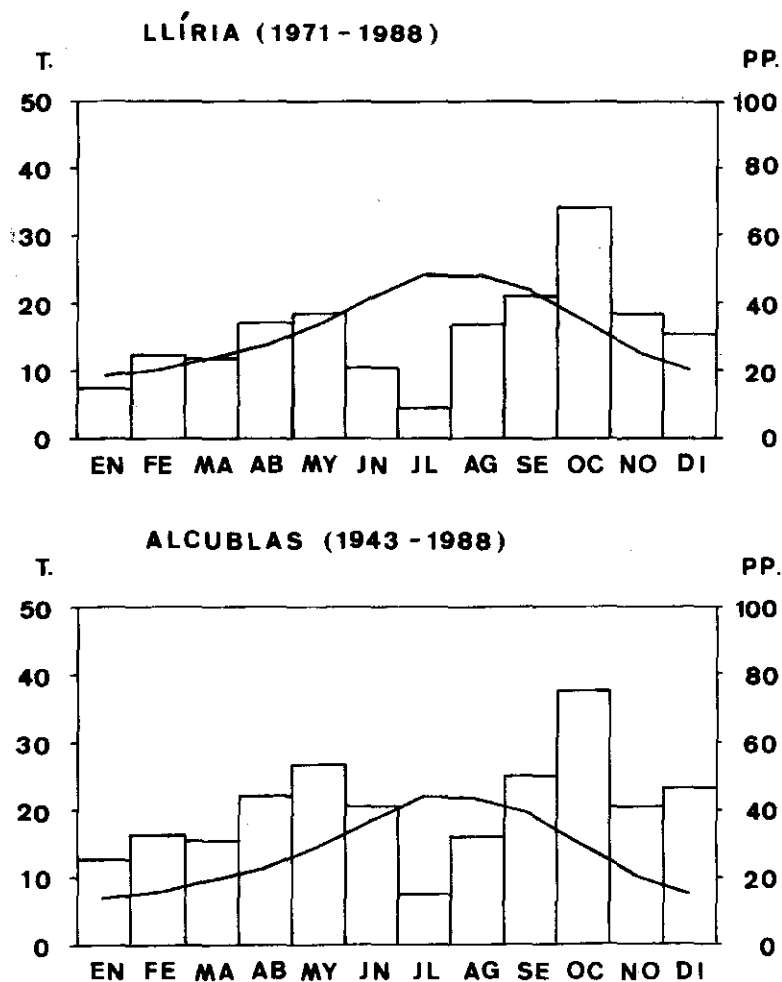


Figura 3. Diagrama de Gaussien.

CUADRO 1

Coeficientes variación precipitaciones anuales, mensuales y estacionales
(PÉREZ CUEVA *et. al.*, 1989)

	Var. anual	Mensual												Pri.	Ver.	Oto.	Inv.
		E	F	M	A	MY	J	JL	AG	S	O	N	D				
Lliria	35,6	138,8	114,6	113,4	79,5	63,5	93,1	173,9	121,1	71,1	99,8	104,9	130,6	53,7	71,4	55,1	77,8
Alcublas	34,3	108,0	84,2	93,2	86,3	71,8	77,4	148,7	112,7	94,0	108,1	96,9	101,3	53,7	55,5	58,9	57,7

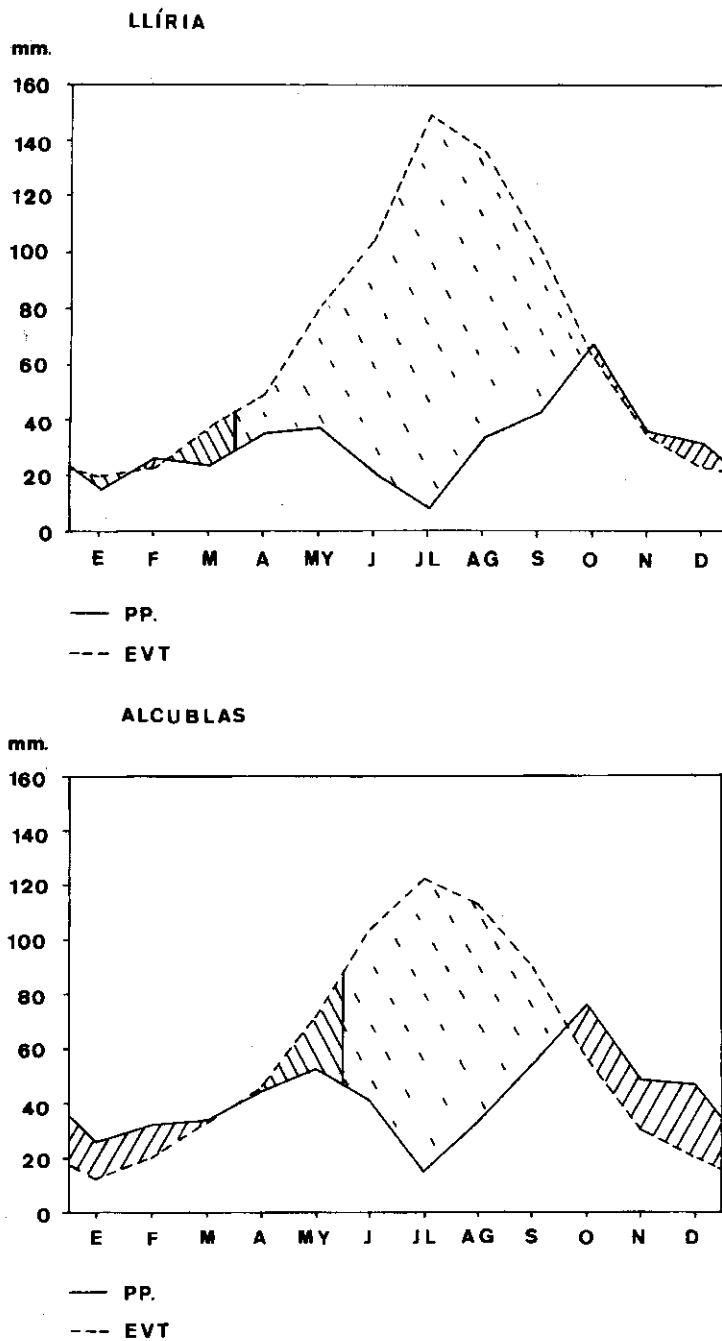


Figura 4. Diagrama de Thornthwaite.

2. LOS ABANICOS ALUVIALES

La fosa ha sido modelada mediante la superposición y solapamiento de niveles de abanicos aluviales cuaternarios. De W a E (fig. 2) encontramos el cono de la rambla del Roig, al W de la población de Casinos (2'5 Km²), el de la rambla d'Artaix (12'5 Km²), el del barranc dels Frares (2'7 Km²) el del barranc del Cerro Pital (5'1 Km²), el de la rambla de les Vint-i-quatre (2'3 Km²), el del barranc del Forat (0'3 Km²), el de la rambla Primera (28'6 Km²) y el de la rambla Castellarda en su tramo final.

2.1. Características generales de las cuencas de drenaje

Todos los canales, exceptuando los de las ramblas Castellarda y d'Artaix (de cuencas mucho mayores), tienen su red de drenaje en las calizas secundarias de la Serra Calderona. En general, los gradientes son suaves y el sector más abrupto se localiza en el E, en el área oriental de la cuenca de la rambla Primera; allí las calizas del Muschelkalk han sido modeladas con pendientes mayores y cumbres menos redondeadas.

La morfología de las redes es dendrítica, con una densidad de drenaje de media a elevada. Las cuencas son relativamente elongadas, especialmente la de la rambla Primera que, como se ha comentado anteriormente, se orienta de forma transversal a la directriz ibérica, influida por la estructura (fig. 2).

En el sector montañoso, exceptuando el área de calizas del Muschelkalk, los cauces de orden bajo se encuentran colmatados y están abancalados y cultivados. Aguas abajo los canales se encajan y presentan una morfología de barranco, y los de las ramblas Castellarda y Primera en su tramo final se ensanchan y adoptan la fisionomía de canal *braided*.

Existe una relación muy marcada entre el tamaño de las cuencas, la razón de relieve y la actividad reciente de los conos aluviales. Se ha elegido la razón de relieve -cociente entre el desnivel máximo de una cuenca y el eje longitudinal mayor- tanto por su faceta morfológica -índice de escabrosidad del relieve- como morfo genética -indicador de la intensidad de la erosión- (STRAHLER, 1968). El valor de la razón de relieve varía en función del tamaño de la cuenca en sentido inverso; la litología y el modelado también influyen sobre este índice (PÉREZ CUEVA, 1988, p.159).

Como puede apreciarse en el cuadro 2, los valores máximos de la razón de relieve pertenecen a las cuencas del barranc dels Frares, Cerro Pital, rambla de les Vint-i-quatre y barranc del Forat, coincidiendo con las cuencas que mantienen los conos activos. La rambla del Roig, a pesar del tamaño de su cuenca, tiene un valor similar al de las cuencas mayores. Esta cuenca ofrece una morfología peculiar: es muy elongada, con escasos afluentes, y en gran parte de su recorrido tiene una morfología de cauce de fondo plano, al igual que sus afluentes, y atraviesa la terraza superior de la rambla d'Artaix.

CUADRO 2

Caracterización de las cuencas

	Area km ²	u*	Rr*	Litología predominante	Tributarios Morfología predominante
ARTAIX	227,1*	5*	43,07	Calizas	Encajamiento/valles colmatados
ROIG	12,2	4	40,39	Calizas	Paleocauces fondo plano
FRARFS	17,6	5	71,46	Calizas	Valles colmatados
C. PITAL	17,1	5	77,79	Calizas	Valles colmatados
VINT.	16,3	5	76,47	Calizas	Valles colmatados
FORAT	6,4	4	65,31	Calizas	Valles colmatados
PRIMERA	87,8*	5	34,45	Calizas	Encajamiento / valles colmatados
CASTELLARDA	396,9*	6*	36,37	Calizas	Encajamiento / valles colmatados

*u: orden de cauces según la clasificación de Strahler.

*Rr: razón de relieve (m./km.)

*Artaix: 256,9 km incluyendo la rambla del Roig y el barranc dels Frases.

*Primera: 127,6 km incluyendo C. Pital, Vint i quatre y Forat.

*Castellarda: se incluye la rambla d'Artaix.

*(Datos de PÉREZ CUEVA, 1988)

2.2. Los niveles de abanicos

La cartografía geológica de la serie MAGNA 1:50.000 (I.G.M.E., 1977, 1982) atribuye a la totalidad de la superficie de la fosa un único nivel cuaternario, que se corresponde con un glacis de acumulación modelado durante el Pleistoceno medio; el abanico de la rambla Castellarda y un sector del de la rambla Primera pertenecen al Pleistoceno superior.

Pérez Cueva (1988) propone una cronología del Pleistoceno superior para los sectores apicales y medios de los conos de la fosa, indicando que en ella se han dado unas condiciones aptas para una deposición continuada, de forma que los depósitos del Pleistoceno superior están asentados sobre el nivel del Pleistoceno medio, y solapados a los glacis de los relieves circundantes, pertenecientes al Pleistoceno medio. Durante el Holoceno se produce la incisión lineal que ha dado lugar a la formación de una terraza holocena y, actualmente, una vez denudadas la mayor parte de las laderas, vuelve a tomar fuerza la erosión lineal, fenómeno al que no parece ser ajena la acción del hombre (PÉREZ CUEVA, 1988).

La cronología más detallada es aportada por el mapa neotectónico elaborado por Martínez Gallego; Goy y Zazo (1987). Estos autores atribuyen una edad del Pleistoceno medio a los conos de las ramblas d'Artaix y Roig, y Pleistoceno superior a los conos del barranc dels Frases, rambla de les Vint-i-quatre y barranc del Forat; el cono del barranc del Cerro Pital presenta en superficie depósitos de ambas etapas, siendo más abundantes los del Pleistoceno superior. La rambla

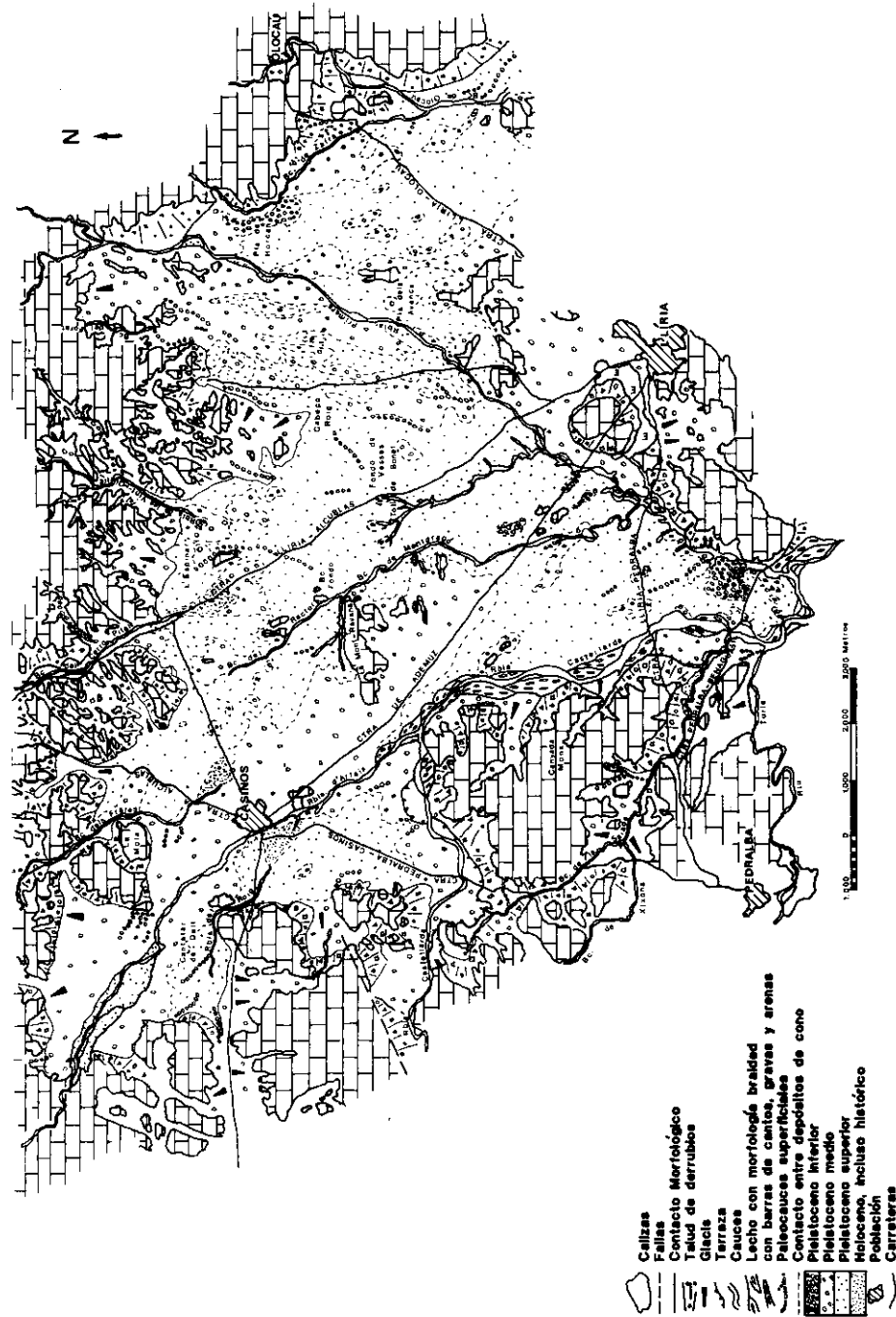


Figura 5. Niveles cuaternarios.

Primera ha formado un cono en el que predominan los materiales del Pleistoceno medio, excepto en los sectores más próximos al cauce actual, con depósitos del Pleistoceno superior; el cono de la rambla Castellarda también ofrece esta combinación de depósitos, localizándose los más antiguos en el área central y margen izquierdo de la rambla Primera -donde incluso afloran materiales del Pleistoceno inferior- mientras que los depósitos del Pleistoceno superior se sitúan en el margen derecho de esta rambla y en ambos márgenes de la rambla Castellarda, así como en la zona de la desembocadura de las dos ramblas, variando lateralmente a facies de terraza del río Turia. Las terrazas holocenas predominan en la rambla Castellarda.

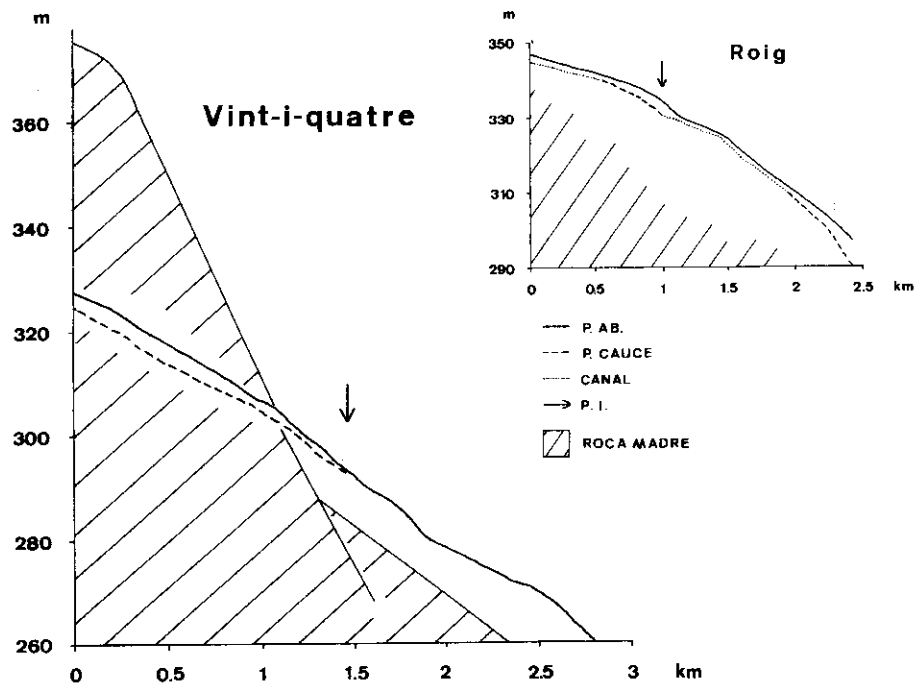
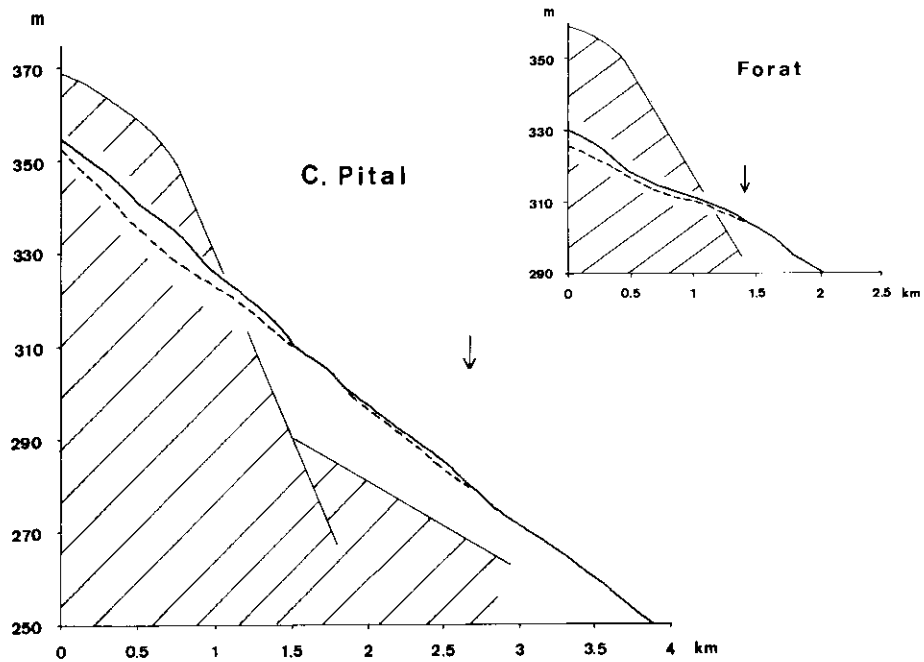
En este trabajo, con los datos de la fotointerpretación y el trabajo de campo se han identificado estos mismos niveles más el del Holoceno histórico (fig. 5). La progradación y coalescencia de los conos aluviales durante el Pleistoceno medio da lugar a un extenso glacis de acumulación que posteriormente es incidido por los cauces principales -ramblas d'Artaix, Castellarda y Primera- (MARTÍNEZ GALLEGU *et al.*, 1987) y en el que se produce el atrincheramiento de los cauces de los conos que permanecen activos, dando lugar a la formación de terrazas. El Pleistoceno superior también tiene una amplia representación en la superficie de la cubeta, aunque se distingue una disposición diferente según zonas. Generalmente aparece remodelando la superficie del glacis del Pleistoceno medio, mediante procesos de incisión fluvial y posterior relleno, originando una superficie continuada para ambos periodos; este es el caso de la rambla Primera y probablemente de la rambla de les Vint-i-quatre. También puede hallarse superpuesto sobre el Pleistoceno medio, como en los conos de menor tamaño -rambla del Roig, barranc dels Frares, barranc del Cerro Pital y barranc del Forat- y en el cono de la rambla Castellarda, o como nivel de terraza adosado al anterior, como es el caso de la rambla d'Artaix (fig. 5).

Los depósitos holocenos se localizan, bien en las porciones activas de los conos, bien como nivel de terraza en las cuencas mayores. Los conos con una actividad reciente envuelven restos materiales históricos, como es el caso del Terç, en el barranc dels Frares, con cerámica romana del s.I a.C. (comunicación oral de H.Bonet) (MARCH, 1991).

2.3. Estudio tipológico de los abanicos

Harvey (1989, pp.150-154) ha elaborado unos modelos de evolución de los abanicos que reflejan las relaciones entre el perfil de los abanicos y el de los canales, incluyendo el comportamiento de la acumulación y disección en la sección media del cono. En su estudio de abanicos del sureste español encuentra las relaciones con estos modelos y explica la dinámica a partir de los perfiles y los datos morfométricos de los abanicos.

En la figura 6 se han representado los perfiles longitudinales de los conos aluviales excepto los de las ramblas Primera, Castellarda y d'Artaix por tratarse



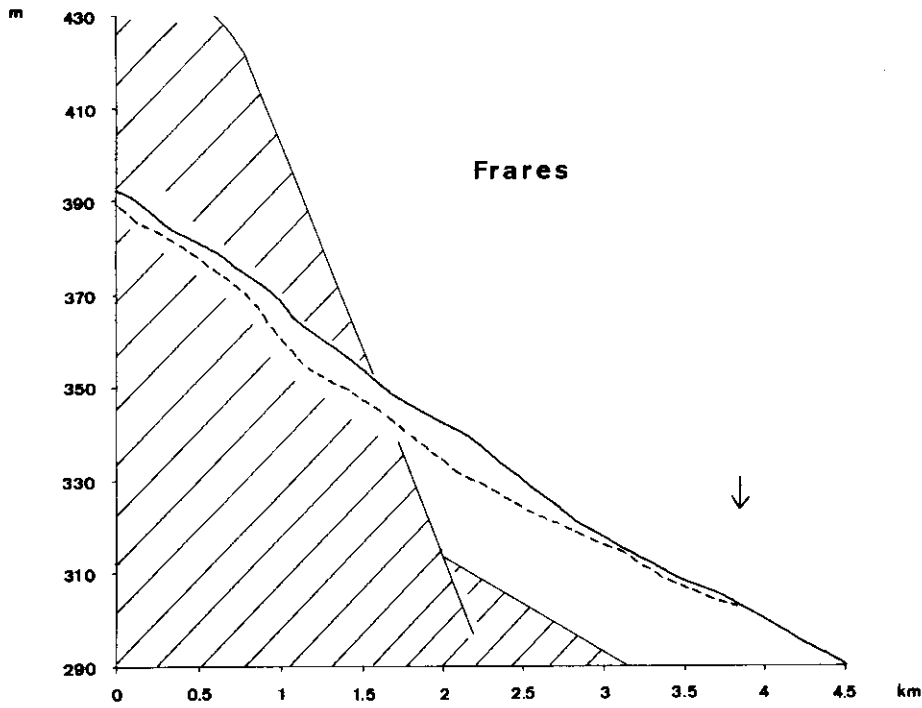


Figura 6. Perfiles longitudinales de los abanicos.

de conos no funcionales. En ellos aparece la superficie del abanico, el perfil del canal y el punto de intersección. Los datos morfométricos del cuadro 3 reflejan la pendiente de cada uno de estos perfiles y la ratio G/S (pendiente del abanico/pendiente del canal).

Relacionando estos datos con los modelos de desarrollo de los abanicos de Harvey (1989, p.151) (fig. 7), se observa que todos los conos del pie de la Serra Calderona, salvo los de las grandes ramblas y el del barranc del Cerro Pital, pertenecen al tipo B, esto es, muestran un incremento de la pendiente a partir del punto de intersección. En ellos se produce atrincheramiento del cauce y acumulación en la sección media.

Las ramblas d'Artaix, Primera y Castellarda pertenecen al tipo F, en que la disección del cono se ha completado.

La rambla del Roig, en cuyo perfil se señalan los tramos canalizados, pertenece al tipo G, con disección distal inducida por el nivel de base, la rambla d'Artaix, aunque combinado con el tipo D, en que una serie de escalones o *nickpoints* (SCHUMM; HARVEY y WATSON, 1984, p.9) seccionan el canal desde el punto de intersección hacia la zona distal.

CUADRO 3

Datos morfométricos de los conos

	A. Dren. km ²	p A (G) %	p C (S) %	p distal %	G/S
ARTAIX	227,1	2,4	2,1	-	1,14
ROIG	12,2	2,1	1,5*	2,3	1,40
FRARES	17,6	2,2	2,1	3,3	1,05
C. PITAL	17,1	2,7	2,8	2,3	0,96
VINT.	16,3	2,4	2,2	2,4	1,09
FORAT	6,4	1,8	1,4	2,1	1,30
PRIMERA	87,8	2,0	1,9	-	1,05

*Pendiente hasta 330 m. La pendiente con canalización es de 2,3 %

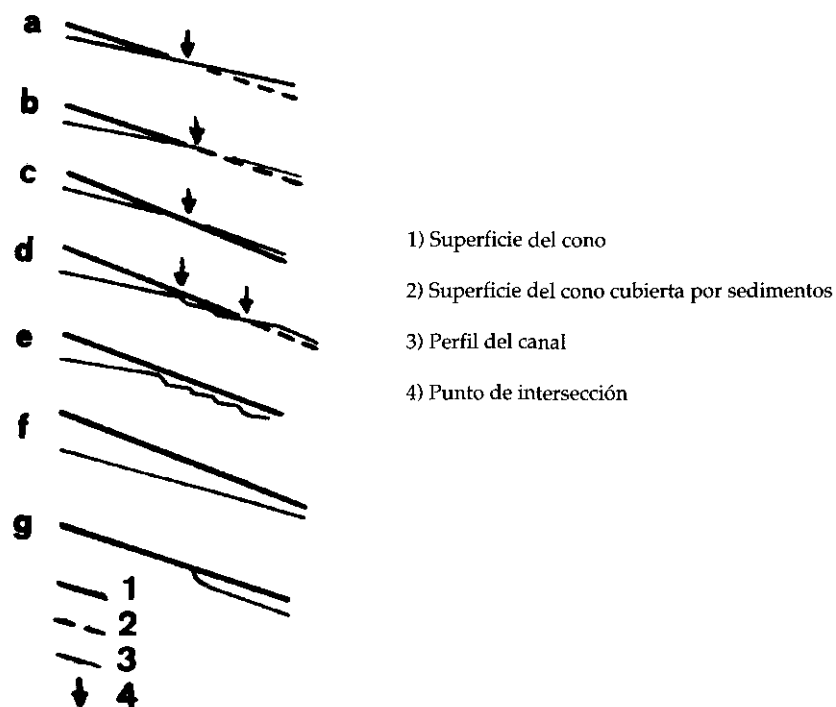


Figura 7. Modelos de desarrollo de los abanicos (HARVEY, A.M., 1989; simplificado).

El cono del barranc del Cerro Pital presenta una pendiente distal menor que la del canal (S) y del abanico (G). En el modelo C se produce una ligera incisión o *scour* en el punto de intersección. Tal vez este cono pertenezca a este tipo, y por ello se encaja ligeramente un canal en los depósitos de tamiz del punto de intersección. No obstante, los datos morfométricos indican una importante acumulación distal, a pesar de que en la actualidad pueda predominar la incisión lineal sobre la sedimentación.

Hay que tener en cuenta que el canal emerge, en el punto de intersección, sobre la superficie del abanico, cuya pendiente es resultado de los procesos ocurridos en el pasado. Por ello el cauce, ajustado a unas determinadas condiciones de transporte de sedimento mediante procesos fluviales, debe variar para adecuarse a una nueva morfología. En muchos casos, cuando la pendiente aumenta, el incremento potencial de la corriente se ve compensado por un ensanchamiento del cauce (HARVEY, 1989, p.153). Un claro ejemplo de ello lo hallamos en la rambla de les Vint-i-quatre, donde el canal se ensancha hasta desaparecer en los depósitos de tamiz, presentando una morfología de lóbulo.

En el cuadro 4 no se han reflejado ni las causas de la deposición ni el régimen de alimentación, por ser similares para todo el sector. Las primeras son tanto la ruptura de pendiente como el no confinamiento de los canales. En cuanto al régimen de alimentación, es el propio de una zona con tendencia a la aridez: se produce una escorrentía episódica y dependiente de las precipitaciones intensas. Mateu (1982, p.179) clasifica este tipo de conos como abanicos secos.

Respecto a la dinámica de los abanicos, este mismo autor realiza una aproximación sobre el lugar de acumulación predominante dentro del abanico; cuando no se produce agradación a causa de la disección o por remoción basal, habla de abanicos relictos o paleoconos -caso de las ramblas Primera, d'Artaix,

CUADRO 4

Tipología de los conos aluviales

Cono	Tamaño (km ²)	Lugar de acumulación		Encajamiento		Nivel de base	Tipol. harvey	Forma resultante
		Pasado	Actual	Pasado	Actual			
ARTAIX	12,5	Generalizada	---	Atrincherado	Incisión	Turia	F-G	Erosional
ROIG	2,5	Generalizada	Distal (remoción basal)	Atrincherado	Atrincherado (canalizado)	Artaix	D-G	Erosional
FRARES	2,7	Generalizada	Distal	Atrincherado	Atrincherado (canalizado)	Llanura	B	Erosional/ deposicional
C. PITAL	5,1	Generalizada	Media	Atrincherado	Atrincherado	Llanura	C?	Erosional/ deposicional
VINT.	2,3	Generalizada	Media	Atrincherado	Atrincherado (canalizado)	Llanura	B	Erosional/ deposicional
FORAT	0,3	Generalizada	Media/Distal	Atrincherado	Atrincherado	Llanura	B	Erosional/ deposicional
PRIMERA	28,6	Generalizada	---	Atrincherado	Incisión	Turia	F-G	Erosional

Castellarda y del Roig-. En el caso de que se trate de un cono con atrincheramiento proximal y agradación distal, independientemente del proceso que predomine, se trata de una forma erosional-deposicional (MATEU, 1982, p.179; SEGURA, 1989) - caso del barranc dels Frares, Cerro Pital, rambla de les Vint-i-quatre y barranc del Forat-.

3. LOS PROCESOS DE EROSIÓN

La excavación de los depósitos en fondo de valle por la erosión remontante de un canal se produce en áreas con ambientes secos; estos procesos de erosión han sido muy estudiados en el suroeste americano, donde a los canales resultantes se les llama arroyos (GRAF, 1987).

Cooke y Reeves (1976, p.1) describen los arroyos como «*gullies* (cárcavas) de fondo de valle caracterizados por sus paredes verticales sobre sedimentos finos y con el lecho generalmente arenoso».

Schumm *et al.* (1984, p.8) definen un *gully* como un canal relativamente profundo, formado en una etapa reciente, que puede formarse en los laterales de los valles o en sus fondos -entendidos como zonas más o menos llanas rellenas de material aluvial- en los que no existía previamente un canal bien definido. La diferencia entre unos y otros estriba en que los primeros (*valley-side gullies*) son el resultado de la expansión o rejuvenecimiento del sistema de drenaje, mientras que los segundos (*valley-floor gullies*) son responsables de la erosión de la llanura. Los primeros se encajan en depósitos coluviales o roca madre, y los segundos cortan depósitos aluviales y, en ocasiones, roca madre. Todos ellos pueden ser continuos o discontinuos.

Tanto la descripción morfológica como las condiciones ambientales definidas por estos autores presentan fuertes paralelismos con las formas y procesos estudiadas en este trabajo; por lo tanto se intentará adecuar en lo posible los términos a emplear a los discutidos por dichos autores.

3.1. *El drenaje de la cubeta*

Aparte de los lechos funcionales de las ramblas Castellarda y Primera, la superficie aluvial de la fosa está surcada por una red de canales de diferentes morfologías, características funcionales y trazado. Distinguimos entre cárcavas o cauces de fondo en uve, fuerte pendiente y poco recorrido, y barrancos de morfología similar a los «arroyos», de sección transversal rectangular, longitud de varios kilómetros y fuertes rupturas de pendiente y paleocanales o canales inactivos de los conos, desconectados del colector principal.

Existe en la cubeta una multitud de paleocauces (fig. 8) que presentan diversas morfologías o estados de evolución, pero todos ellos se relacionan con la dinámica erosional-deposicional de los abanicos aluviales. La migración de los flujos de agua, la incisión y el posterior abandono de los cauces durante las etapas de formación de los abanicos, es la causa de su existencia.

Entre los paleocauces hay que distinguir los paleocauces enterrados, observables en foto aérea por su color más oscuro que el resto de materiales, y los superficiales, encajados o no. Los primeros tienen una gran importancia en la hidrología de la llanura, ya que al presentar una textura más porosa, concentran la escorrentía subsuperficial, causando la tonalidad más oscura. Los segundos se encuentran generalmente incidiendo los materiales del Pleistoceno medio, aunque en algunos casos también inciden depósitos del Pleistoceno superior e incluso holocenos (MARCH, 1991); en ocasiones no presentan encajamiento, pero se distinguen por la dirección de las parcelas de cultivo; su morfología es la de cauces de fondo plano cultivado y algunos muestran procesos de erosión regresiva, como por ejemplo el denominado f en la figura 8, cuyo canal está encajado 4 o 5 metros en cabecera y aguas abajo se superpone a la llanura circundante.

Por lo que respecta al trazado, como puede apreciarse en la figura 8, presenta una disposición radial a partir de los ápices de los cuerpos deposicionales, mostrando la dinámica migratoria del canal en los abanicos, a partir de múltiples brazos distribuidores, que se entrelazan y separan. En ocasiones se observan estos brazos a partir del sector final de un paleocauce superficial.

La cartografía de los paleocauces ha sido básica para la individualización de los abanicos y para comprender su significado hidrológico.

Las cárcavas se localizan fundamentalmente en el tramo final de la rambla Primera, aunque también aparecen en cabeceras de paleocauces superficiales, incidiendo la superficie del Pleistoceno medio; su longitud no supera los 200 o 300 m, y en la comparación de las fotos aéreas de 1956 y 1982 no se aprecian cambios sustanciales.

Respecto a su ubicación y trazado, en el mapa hidrológico (fig. 8) puede observarse su relación con los paleocauces enterrados que parten de los ápices del cono de la rambla Castellarda.

Hay tres barrancos que tienen la fisionomía de «arroyo» en la fosa de Casinos: la rambla del Roig, el barranc de Montdragó y el barranc del Toll de Bonet. Estos dos últimos drenan el área de coalescencia de los conos del sector septentrional y el área occidental del cono de la rambla Primera. Su estudio merece consideración aparte.

3.2. *Los barrancos*

Como ya comentamos, hay tres barrancos con fisionomía de «arroyo» (rambla del Roig, barranc de Montdragó y barranc del Toll de Bonet). Todos ellos presentan una cuenca de drenaje y una dinámica evolutiva muy peculiar.

Se forman sobre sedimentos tanto de canal -rambla del Roig- como de área distal de cono -barranc del Toll de Bonet-, o con alternancia de depósitos de canal y de llano de inundación -barranc del Rector o de Montdragó-. Su fondo es plano y más o menos pedregoso, según el tipo de materiales que atraviesan, y presentan un trazado, en líneas generales, rectilíneo. Algunos tramos de estos cauces fueron

canalizados a finales de los años 60 como resultado de la construcción de una infraestructura de regadío (fig. 9).

El barranc de Montdragó. Este cauce, que en su cabecera es llamado barranc del Rector, drena una gran parte de los conos del pie de la Serra Calderona: el cono del barranc dels Frares, el del barranc del Cerro Pital -convirtiéndose en un cauce que drena el área de coalescencia de dos abanicos (HARVEY, 1989)- y el barranc de l'Espinar -con morfología de paleocauce superficial-, que a su vez drena el cono del barranc del Cerro Pital y el de la rambla de les Vint-i-quatre. También recibe el drenaje de la vertiente N y E de la Mont-ravana.

En la foto de 1956, el cauce presenta una serie de escalones o *nickpoints* (SCHUMM *et al.*, 1984) y áreas sin incisión (actualmente encauzadas). En general, lo que se ha producido es la incisión lineal en el fondo de un cauce de fondo plano cultivado, presentando un perfil transversal rectangular con un encajamiento estrecho en su base y un perfil longitudinal escalonado.

El salto abrupto en un escalón puede llegar a alcanzar hasta 2 m. En algunos puntos se ha construido un muro o bancal para proteger de la erosión los campos de cultivo situados justo aguas arriba del escalón, en el mismo cauce; pero a pesar de ello aguas arriba se observa un inicio de erosión lineal, tanto en el fondo del cauce (en el centro del campo) como en sus márgenes, donde se desarrollan pequeños *rills* o regueros.

Este barranco es el que presenta un mayor dinamismo entre 1956 y 1982. En el proceso de incisión del canal preexistente parece haber tenido importancia el encauzamiento de algunos tramos (fig. 9): el cauce tenía su cabecera, en 1956, a unos 600 m aguas abajo de la carretera de Casinos a la carretera de Lliria a Alcublas. Actualmente un canal lo prolonga hasta el área montañosa. También a la altura de la carretera de Ademuz, donde el cauce era prácticamente inexistente, ha sido canalizado, así como el afluente del arroyo que drena la vertiente N de la Mont-ravana, y algún tramo en el sector medio del arroyo.

El lecho del cauce es pedregoso con matriz fina, y sus márgenes verticales muestran depósitos en que se alterna la actividad fluvial con etapas de escasa energía. Por lo que respecta a su trazado, es muy rectilíneo.

El barranc del Toll de Bonet. Este barranco drena el cono de la rambla de les Vint-i-quatre, el del barranc del Forat y el sector occidental del cono de la rambla Primera.

Su morfología es la de un cauce de fondo plano, más estrecho y encajado en su cabecera; en su tramo final, encauzado, apenas está incidido. Las paredes del cauce son verticales sobre depósitos de materiales principalmente finos, propios de área distal de cono, con alternancia de estratos de cantos gruesos y gravas con abundante matriz.

El trazado de este cauce, muy rectilíneo, puede relacionarse con una alineación morfoestructural localizada entre la Mont-ravana y la rambla Primera (fig. 2).

A lo largo de un año se ha observado la evolución de su cabecera, localizada junto a la carretera de Lliria a Alcublas y protegida por un pequeño muro.

Los procesos que en ella se aprecian son los siguientes: desprendimiento de bloques en las paredes del cauce; este tipo de erosión causa la verticalidad de las márgenes. Erosión de márgenes en forma de pequeñas cárcavas en pared vertical que contribuyen al ensanchamiento del cauce. Colapso de materiales en la cabecera por lavado de material a causa de la acción del drenaje subsuperficial, observándose procesos de *piping*, que causan la subsidencia o hundimiento de la cabecera por la pérdida de material; el área donde se sitúa el muro está a una cota más baja que la superficie general de la llanura.

Todos estos procesos aportan materiales al fondo del cauce; estos sedimentos, predominantemente finos, son redistribuidos y aplanados por la arroyada superficial.

Es obvio que estos procesos sólo acontecen en momentos de intensas precipitaciones, capaces de generar una escorrentía superficial y subsuperficial importante.

La actividad erosiva reciente de esta cabecera se constata por la observación de los procesos de retroceso de los márgenes del cauce y por la existencia de un muro de protección. Además, a aproximadamente 2 m de la cabecera actual, en el margen derecho, permanecen los restos de un antiguo muro o banal.

A todo ello hay que añadir la masiva extracción de tierras para cultivos en los márgenes de esta cabecera, así como la remoción del suelo en sus terrazas, que destruye el encostramiento superficial de los materiales del Pleistoceno medio, por lo que la superficie pierde su protección contra la erosión.

Aguas abajo el cauce está cultivado; el fondo se va colmatando y prácticamente desaparece el encajamiento, al mismo tiempo que gana en anchura. Cerca de la rambla Primera vuelve a incidir ligeramente, y ha sido canalizado.

En este tramo los depósitos de los materiales erosionados en la cabecera señalan una cierta actividad de un canal fluvial; se observan barras de cantos, gravas, y arenas y arcillas, lo que indica que en momentos de precipitaciones intensas sobre la llanura, el cauce es activo, llegando en algunas ocasiones a desbordarse.

La rambla del Roig. Aunque presenta la fisionomía de cauces descrita, la rambla del Roig se diferencia de los barrancos de Montdragó y del Toll de Bonet porque recibe el drenaje de una pequeña área montañosa y porque se atrinchera, en el tramo final, en un cono aluvial.

El cauce discurre al S y W de la rambla d'Artaix, y su morfología varía entre tramos encajados, cauces de fondo plano -paleocauces superficiales- y tramos en que no hay ningún tipo de incisión -como en el sector medio del cono aluvial-. Los paleocanales superficiales se hallan en el primer tramo del cauce, drenando parte de la terraza pleistocena de la rambla d'Artaix; luego se produce el atrincheramiento y, en el cono, el cauce desaparece y reaparece aguas abajo, para volver a

desaparecer en el punto de intersección (fig. 8 y 9). Los dos tramos sin incisión están canalizados, y el segundo -a partir del punto de intersección- enlaza con una cárcava que incide la terraza del Pleistoceno medio de la rambla d'Artaix, y que, por su erosión remontante, llega a encajarse en los depósitos holocenos del cono aluvial de la rambla del Roig. De esta forma, la actividad deposicional del cono de la rambla del Roig ha sido eliminada por las canalizaciones. Otra cárcava, localizada al S de la anterior, tiene la cabecera más encajada, el tramo medio con un progresivo relleno y, próximo a la rambla d'Artaix, un fuerte encajamiento. Ambas cárcavas presentan sucesivos escalones o *nickpoints*.

El lecho de la rambla del Roig es plano y pedregoso, y sus márgenes muestran depósitos propios de canal, con estructuras de barras longitudinales y de acreción lateral formadas por cantos y gravas, alternando con secuencias de menor energía.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El área estudiada se ha conformado como una fosa tectónica con clima semiárido bajo cuya influencia se ha desarrollado un llano aluvial modelado por la coalescencia de conos aluviales. Este tipo de llanura interior es bastante abundante en el ámbito valenciano. Los grandes cuerpos deposicionales son pleistocenos, mientras que los abanicos funcionales son más pequeños y pertenecen a las cuencas de menores dimensiones; en general estos abanicos funcionales presentan atrincheramiento del canal en la sección del ápice y acumulación en el sector medio o distal. La influencia estructural en la génesis y evolución de los abanicos se refleja en su orientación N-S y en su localización al pie de la Serra Calderona.

Esta acumulación aluvial está siendo remodelada y erosionada por la acción de una serie de cauces: cárcavas, barrancos y paleocanales de los abanicos que, a pesar de hallarse bajo condiciones ambientales idénticas, presentan una dinámica distinta en cada uno de los casos. Los procesos de incisión varían, dando lugar a morfologías diferentes. No obstante, se encuentran abundantes paralelismos con los procesos y la dinámica descritos en la bibliografía.

Para Graf (1987), los *gullies* discontinuos se forman por un ajuste de gradiente. La dinámica descrita por este autor es la siguiente: un aumento de la pendiente en la parte alta de un canal provoca incisión; aguas abajo, la pendiente es más reducida, por lo que el canal pierde el encajamiento y deposita los sedimentos. La morfología resultante es un canal incidido en el sector superior y una acumulación en el tramo más bajo (similar a la morfología que presentan los paleocauces superficiales del área estudiada, así como el barranc del Toll de Bonet).

Los *gullies* discontinuos pueden llegar a conectarse y formar un *gully* continuo mediante procesos de captura por erosión remontante de sus cabeceras.

Graf (1987) indica que los arroyos o *gullies* de grandes dimensiones (varios kilómetros de longitud y metros de encajamiento) raramente se configuran a

partir de *gullies* discontinuos. Es más frecuente que las cabeceras retrocedan durante episodios de crecida.

El modo en que se encajan los *gullies* da lugar a la formación de *nickpoints* o puntos en el perfil del canal donde se produce un cambio abrupto de pendiente, mediante un escalón. Este *nickpoint* (SCHUMM *et al.*, 1984) o *headcut* (HARVEY, 1989) migra aguas arriba provocando cambios morfológicos: incrementa la profundidad del canal, su anchura y disminuye la pendiente (SCHUMM *et al.*, 1984, pp.9-10).

En la zona de estudio los procesos son diferentes según los casos; en la rambla del Roig se produce la incisión en canales preexistentes con manifestación superficial, o paleocauces, y captura de *gullies* discontinuos mediante la migración aguas arriba de escalones o *nickpoints*, que causan una disminución del gradiente aguas arriba. A ello se une la incisión inducida por el nivel de base.

Esta dinámica erosiva puede deberse a desajustes del perfil longitudinal del cauce, y se ha producido una aceleración de esta actividad por el encauzamiento de algunos tramos, cuyas consecuencias son similares a las que provocan los cambios naturales producidos como resultado de fluctuaciones climáticas, captura de cauces y la superación de umbrales geomórficos intrínsecos (SCHUMM *et al.*, 1984, p.161).

El barranc de Montdragó tiene algunos tramos con fondo plano cultivado. Es un ejemplo de arroyo que incide un canal preexistente mediante la erosión regresiva a partir de escalones, reactivada en parte por los encauzamientos. Algunos tramos presentan incisión lineal en el fondo del cauce previo. Además, a ello se une la progresión de la cabecera aguas arriba.

El barranc del Toll de Bonet presenta una dinámica diferente a los anteriores. En él no se produce la incisión mediante escalones, sino el encajamiento de la cabecera en momentos de precipitaciones intensas sobre la llanura y la deposición de los materiales aguas abajo. Esta dinámica se ajusta a la descrita por Graf (1987) para los arroyos de grandes dimensiones.

Aunque las causas de la incisión pueden razonarse teóricamente, la razón de que un canal específico se encaje puede ser en ocasiones imposible de determinar. Un ejemplo es la controversia en torno al origen de los barrancos norteamericanos (SCHUMM *et al.*, 1984, p.11); en esta línea, Thornes (1983, p.64) señala que, si bien pueden detectarse los cambios en la dinámica de un canal, las causas que los provocan no siempre son conocidas.

En nuestra zona, los factores que parecen tener gran importancia en la génesis y evolución de los barrancos son:

- a) Condiciones climáticas secas o semiáridas. Precipitación intensa concentrada espacialmente, capaz de generar crecidas muy localizadas pero fuertes.
- b) La existencia de un paleocanal previo, enterrado o no, y de un cauce activo principal en el nivel de base; los aportes de la escorrentía subsuperficial se concentran en los paleocanales enterrados. En las cabeceras de los barrancos se observan procesos relacionados con la escorrentía subsuperficial, y en la

foto aérea se ve que todos los barrancos y cárcavas se comunican con paleocauces, enterrados o superficiales.

- c) Cambios en el nivel de base: naturales, como la incisión en las ramblas principales, o artificiales, como canalizaciones. La canalización de los barrancos en zonas con un drenaje superficial difuso y de algunos paleocauces superficiales ha originado desajustes en sus perfiles longitudinales, además de causar la concentración de la escorrentía. En concreto, estas canalizaciones (fig. 9) han actuado de dos modos:
- Evacuación de agua y sedimentos del barranc dels Frares y la rambla de les Vint-i-quatre, eliminando, al menos parcialmente, la actividad deposicional de estos conos aluviales. También algunos paleocauces superficiales y el barranc del Toll de Bonet han sido canalizados.
 - Unión y prolongación de gullies discontinuos que provoca un desajuste del cauce. Este es el caso del barranc de Montdragó.
 - La rambla del Roig comparte estos dos tipos de canalizaciones.
- d) Existencia de un drenaje superficial difuso o mal definido: los barrancos descritos drenan llanuras o áreas de coalescencia de abanicos, donde se produce una reorganización del drenaje. En estas zonas la concentración de la escorrentía superficial se ve favorecida por la eliminación de la cobertera vegetal para la puesta en cultivo y disminución de la resistencia a la erosión por remoción del suelo. En este último aspecto tiene especial relevancia la destrucción del encostramiento que corona los depósitos del Pleistoceno medio.

El presente estudio constituye una primera aproximación al problema de los barrancos en los llanos de Casinos y Lliria; sin embargo, para conocer la dinámica evolutiva de este tipo de cauces, muy sensibles a cualquier variación introducida en el medio, quedan por resolver cuestiones esenciales, como el modo en que actúan los diferentes controles, los procesos a que dan lugar, y las formas de respuesta. Sería interesante plantear el estudio desde la perspectiva de cambios en el uso del suelo, tomando una escala temporal amplia, desde la época del Bronce, ibérica y romana hasta la actualidad; intentando relacionar estos cambios con las respuestas morfológicas de aceleración o frenos de tasas de erosión. Por otro lado se pueden medir tasas de progresión de cárcavas y barrancos en puntos escogidos mediante mediciones topográficas periódicas y series fotográficas.

BIBLIOGRAFÍA

- COOKE, R.U. & REEVES, R.W. (1976): *Arroyos and Environmental Change in the American South-West*, Oxford, Clarendon Press, 213 pp.
- COSTA, M. (1986): *La vegetación en el País Valenciano*, Universitat de València, 246 pp.

- GRAF, W.L. (1983): The «arroyo» problem - palaeohydrology and palaeohydraulics in the short term, en K.J. Gregory (ed.): *Background to palaeohydrology*, John Wiley & Sons Ltd., cf. pp. 279-302.
- GRAF, W.L. (1987): *Fluvial Processes in Dryland Rivers*, Berlin, Springer Verlag, 365 pp.
- HARVEY, A.M. (1989): *The occurrence and role of arid zone alluvial fans*, en David S.G. Thomas (ed.): *Arid zone geomorphology*, Belhaven Press, London, 327 pp., cf. pp.136-158.
- I.G.M.E. (1977): *Mapa Geológico Nacional*. Hoja 667 (Villar del Arzobispo), Madrid, I.G.M.E., 25 pp.
- I.G.M.E. (1982): *Mapa Geológico Nacional*. Hoja 695 (Liria), Madrid, I.G.M.E., 35 pp.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1978): *El clima*, en *Geografía General de España*, Barcelona, Ed. Ariel, 464 pp., cf. pp. 139-167.
- MARCH LEUBA, I. (1991): *Los conos aluviales de los llanos de Casinos-Llíria*, Tesis de Licenciatura (inédita), Valencia, Dpto. de Geografía, Univ. de Valencia.
- MARTÍNEZ GALLEGO, J., GOY, J.L. y ZAZO, C. (1987): *Un modelo de mapa neotectónico en la región nororiental de la provincia de Valencia (España)*, en *Estudios geol.*, 43, pp. 57-62.
- MATEU BELLÉS, J.F. (1982): *El N del País Valenciano. Geomorfología litoral y prelitoral, Valencia*, Univ. de València, Sección de Geografía, 286 pp.
- PÉREZ CUEVA, A.J. (1988): *Geomorfología del sector oriental de la Cordillera Ibérica, entre los ríos Mijares y Turia*, Valencia, Univ. de València.
- PÉREZ CUEVA, A.J., DIAGO GÓMEZ, D., PEÑARROCHA FERRER, D. (1989): *Aspectos climáticos básicos del territorio valenciano*, Dpto. de Geogr., Univ. de Valencia, Dir. Gral. de Urb., C.O.P.U.T.
- SEGURA BELTRÁN, F.S. (1989): *Las ramblas valencianas. Algunos aspectos de hidrología, geomorfología y sedimentología*, Valencia, Univ. de València, Secció de Geografia, 229 pp.
- SCHUMM, S.A. (1973): *Geomorphic thresholds and complex response of drainage system*, en *Fluvial Geomorphology*, cap.13, Marie Morisawa, George Allen and Undwin LTD., 1981.
- SCHUMM, S.A. (1977): *The Fluvial System*, London, John Wiley and Sons, 338 pp.
- SCHUMM, S.A., HARVEY, M.D. & WATSON, C.C. (1984): *Incised Channels Morphology, Dynamics and Control*, Water Resources Publications, Michigan, 200 pp.
- STRAHLER, A.N. (1968): *Quantitative geomorphology*, en R. Fairbridge (ed.): *The Enciclopedia of Geomorphology*, New York, Reinhold Book Corp, 1152 pp., cf. pp. 898-912.
- THORNES (1983): *Discharge: empirical observations and statistical models of change*, en K.J. Gregory (ed.): *Background to Palaeohydrology*, John Wiley & Sons Ltd., cf. pp. 51-67.

