

LOS ABANICOS ALUVIALES DEL RÍO GÁLLEGO EN EL SECTOR DEL *FLYSCH* EOCENO

Amelia GÓMEZ VILLAR¹

Los abanicos aluviales son elementos comunes dentro de los sistemas de ríos (RACHOCKI, 1981). Su creación es el resultado de una compleja interacción del clima y la tectónica, explicado por medio de las características de la hidrología y geología de la cuenca por procesos de erosión –requieren condiciones geomorfológicas similares para su formación (PETTS y FOSTER, 1985)– y deposición.

Un abanico aluvial, las corrientes tributarias y su área de drenaje constituyen un sistema hidrológico abierto (BULL, 1964b; 1977) donde el área y los tipos de depósitos del abanico registran una tendencia hacia un ajuste entre una serie de variables controlables –área, litología, cubierta vegetal, dinámica geomorfológica del área fuente, descarga de agua y sedimentos– y las características del frente montañoso, abanicos adyacentes y cuenca de deposición. Los cambios de una o más variables tienden a causar un reajuste en la morfología del abanico.

Los afluentes del río Gállego en su sector del *flysch* eoceno escombran al valle mediante abanicos aluviales. Muchos son actualmente semi-

¹ Departamento de Geografía. Colegio Universitario de La Rioja, Logroño.

funcionales y otros han dejado de serlo al estabilizarse sus laderas y la cabecera del área fuente de sedimentos. A la vez, esto ha dado lugar a distintos modos de colonización por la vegetación en su superficie. El objetivo de este artículo es mostrar cómo el área y la dinámica de los abanicos aluviales varían en función del tamaño de su cuenca, de la dinámica de sus laderas y de las pendientes longitudinales de sus barrancos. Describimos la morfología, los tipos de depósitos y las características de los abanicos aluviales semifuncionales. Finalmente, estudiamos la distribución de la vegetación en relación con su heterogeneidad dinámica y de los distintos aprovechamientos del suelo por parte del hombre.

1. Área de estudio

El tramo de la cuenca del río Gállego entre las poblaciones de Biescas y Senegüé corresponde al sector más oriental del *flysch* eoceno surpirenaico, localizado al S de las Sierras Interiores y al N de la Depresión (fig. 1). Está compuesto por una litología a base de margas, que alternan con areniscas en bandas muy delgadas y afloramientos puntuales de bancos de calizas.

El relieve está definido por una serie de alineaciones y colinas de cumbres redondeadas, con altitudes que alcanzan los 2.000 m en los sectores más septentrionales –divisorias de las cuencas de Asó, Sía y Dos Lucas-Espierre– y los 1.500 m en la zona más meridional –divisorias de Escuer, Oliván, El Palancar, etc.– Las vertientes, en general muy homogéneas, tienen pendientes entre el 30% y el 50%; cuando afloran bandas de calizas, la pendiente es superior al 80% en algunos puntos.

El clima es de carácter submediterráneo, con fuertes contrastes térmicos, una pequeña punta de sequía en el mes de julio y dos máximos pluviométricos en mayo y noviembre. La precipitación supera los 1.000 mm por encima de los 1.000 m de altitud (CREUS, 1977; PUIGDEFÁBREGAS y CREUS, 1976). La temperatura media anual oscila entre 9 y 10°C; en verano, las temperaturas máximas las ofrece el mes de julio (26-28°C). En invierno, la media de las temperaturas mínimas alcanza los -3°C en el mes más frío (GARCÍA-RUIZ y PUIGDEFÁBREGAS, 1982).

El paisaje vegetal, muy alterado por la acción antrópica, se caracteriza por la sucesión de:

A. GÓMEZ, Abanicos aluviales del Gállego en el sector del *flysch* eoceno

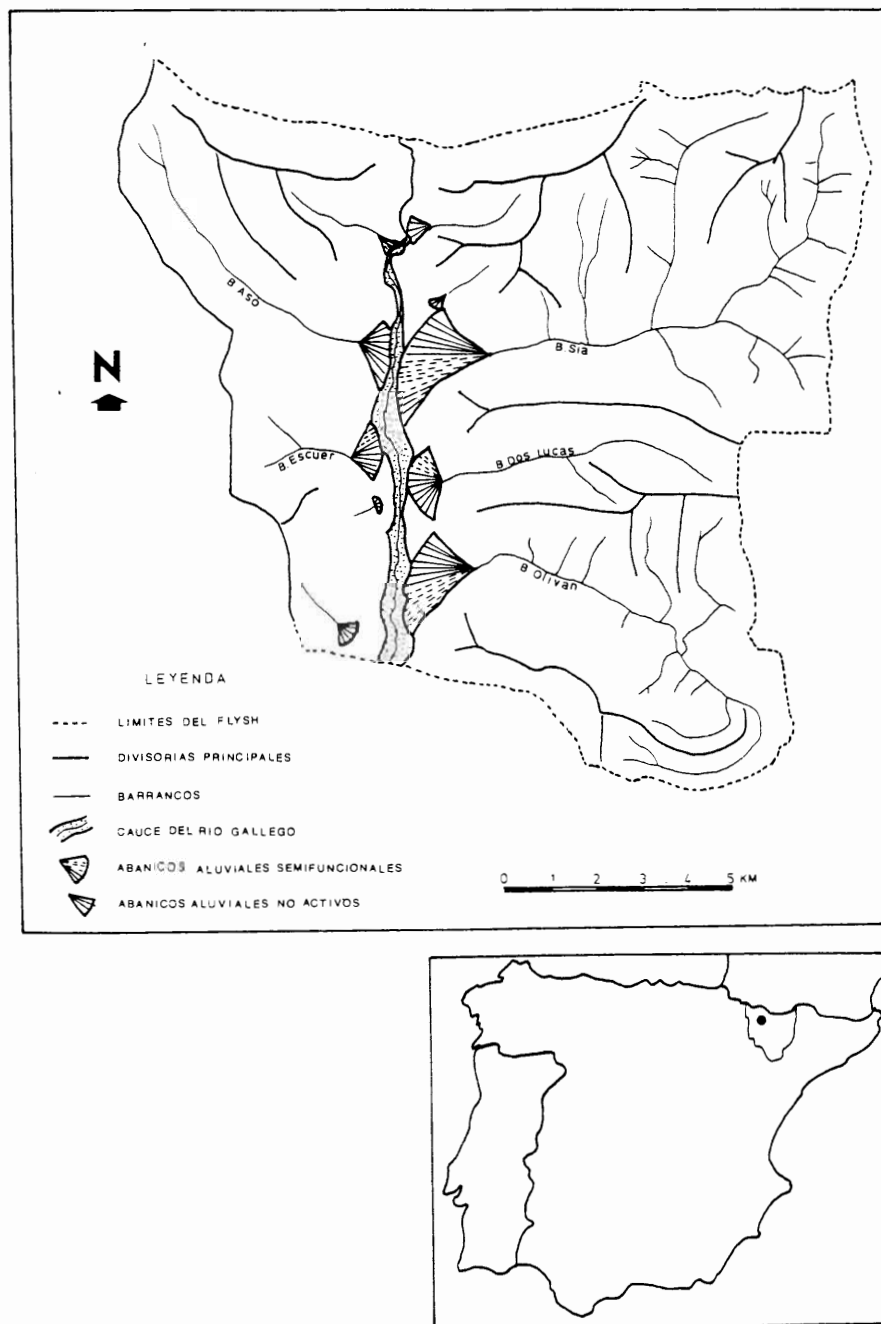


Fig. 1. Área de estudio.

Homenaje a "Amigos de Serrablo"

- Cultivos actuales –cereales alternados con alfalfa y prados de siega–, que ocupan las áreas coluviales menos pendientes, en altitudes inferiores a 1.200 m.
- Campos de cultivos abandonados, que se localizan en lomas divisorias y relieves maduros y presentan diversas fases de evolución y de colonización por el matorral y el pino silvestre –en los últimos estadios de evolución–.
- El matorral predomina en laderas más pendientes y en suelos calizos y deriva hacia formaciones de boj y carrasca en las áreas meridionales. La repoblación de gran parte de estos sectores se ha hecho con *Pinus nigra*.
- Los bosques son predominantemente de pino silvestre y ocupan sectores entre los campos abandonados y los pastos de gramíneas de alta montaña.

a) Dinámica geomorfológica

Las laderas de la cuenca están sometidas a una dinámica geomorfológica activa asociada a los factores topográficos y a los usos del suelo. Este sector ha sufrido una intensa explotación y modificación por parte del hombre, tal como refleja la extensión que ocupan actualmente los campos de cultivo abandonados, con restos de sistemas de abancalamiento. Presentan diversos procesos de degradación –formación de rigolas incipientes, erosión difusa y desplome de bancales– que no parecen muy agudos debido a la recolonización vegetal que está teniendo lugar.

De acuerdo con GARCÍA-RUIZ y PUIGDEFÁBREGAS (1982), las principales formas de erosión que aparecen son:

- Por debajo de los 1.500 m:
 - Arroyamiento difuso, en solanas y pendientes inferiores al 30%, con nichos de arranque, pequeñas incisiones y erosión laminar que elimina la fracción fina del suelo. Su localización coincide con aquellas áreas donde la actividad humana ha sido más intensa.
 - Movimientos en masa de gran envergadura –desprendimientos–, que afectan en ocasiones al sustrato. El importante volumen de material desprendido es evacuado por la escorrentía posterior hacia los ejes de drenaje.

A. GÓMEZ, Abanicos aluviales del Gállego en el sector del *flysch* eoceno

- Por encima de 1.500 m:
 - Pequeños deslizamientos superficiales ligados a ambientes supraforestales, con un suelo profundo que puede deslizarse ladera abajo.
 - Cuencas de recepción activas. Son cabeceras funcionales de barrancos, con una típica forma cóncava, muy apropiada para la concentración del agua de lluvia y con gran capacidad para arrastrar material, dadas las fuertes pendientes sobre las que se instalan, superiores al 70%.
- Entre 1.300 y 1.700 m:
 - Vertientes regularizadas. Son laderas rectilíneas de fuerte pendiente, muchas de las cuales se encuentran en proceso de degradación por abarrancamiento.

El resto de las formas que aparecen ocupan una extensión importante y están ligadas a la acción glacial: morrenas laterales y rellanos de obturación.

2. Los abanicos aluviales del río Gállego

La aparición de un modelo trenzado y la acumulación de grandes cantidades de sedimentos en este tramo del río Gállego son indicios de que existe un desequilibrio entre los afluentes –muchos de ellos con pendientes superiores al 30%–, que se incorporan al valle mediante grandes conos de deyección y que el río no puede desmontar, y el cauce principal. El Gállego recibe un exceso de carga respecto a su capacidad de transporte y de evacuación de sedimentos –su pendiente media es inferior al 2%–, produciéndose agradación y escombrado del lecho. El cauce se ensancha notablemente y el agua divaga entre las acumulaciones de material, dividiéndose en canales poco profundos, que se entrecruzan y cambian de posición tras una fuerte avenida. Su dinámica se halla muy relacionada con la actividad geomorfológica (favorecida y/o acelerada por la acción antrópica) que tiene lugar en las vertientes y son los abanicos aluviales los principales elementos de conexión entre ambos.

Todos los afluentes que vierten sus aguas en el río Gállego en este sector del *flysch* forman en su desembocadura importantes abanicos aluviales. Son depósitos detríticos, con un aspecto en planta que se aproxima a un segmento de cono –más claro en los abanicos más grandes–, configu-

rado al extenderse el material pendiente abajo a partir del punto en que la corriente abandona el área montañosa (BULL, 1972). Cada uno de ellos deriva de una cuenca de alimentación donde los sedimentos han sido transportados a través del cauce desde el área fuente al ápice del abanico. La mayoría de ellos tiene forma de cuña, con un mayor espesor cerca del frente montañoso, que disminuye progresivamente hacia los bordes.

a) Relaciones entre los abanicos aluviales y sus cuencas

El tamaño y funcionalidad de estos depósitos está determinado por las características morfométricas y por la dinámica geomorfológica de su cuenca de alimentación (tabla I).

La altitud y la pendiente media de las cuencas contribuyen, al menos parcialmente, a explicar el aporte de sedimentos desde las laderas hacia los cauces. Si bien en nuestro caso estos factores no influyen de una forma clara en el tamaño de los abanicos, sí se observa que los de mayor tamaño, la mayoría de ellos semifuncionales, tienen cuencas con altitudes medias superiores a 1.375 m (excepto el de Escuer) y pendientes en torno al 40%. Curiosamente, son los abanicos de menor tamaño los que tienen en las vertientes pendientes más fuertes.

Pero el efecto del tamaño del área fuente y la pendiente longitudinal de los barrancos son los dos factores que mejor determinan el tamaño de los abanicos del río Gállego. Este hecho queda reflejado en las dos correlaciones lineales que hemos establecido entre esas dos variables y el área del abanico. Los resultados aparecen en las fig. 2 y 3 y en ambos casos la correlación obtenida es significativa. El mayor nivel de significación se obtiene con el tamaño de las cuencas ($r=0.952$) y es sensiblemente menor con la pendiente longitudinal media de los barrancos ($r=0.670$). El área de los abanicos se relaciona directamente con el tamaño de su cuenca de drenaje e inversamente con la pendiente de los barrancos que los exportan. Los abanicos más grandes proceden de cuencas más extensas, con altitudes medias relativamente elevadas y con un mayor porcentaje de procesos de erosión muy activos que proporcionan abundante material grueso; por otro lado, los abanicos de menor extensión corresponden a barrancos con pendientes longitudinales en torno al 30%, que tienen mayor capacidad para evacuar hacia el río principal la mayor parte de los materiales que transportan.

A. GÓMEZ, Abanicos aluviales del Gállego en el sector del *flysch* eoceno

Tabla I. Algunas características morfométricas de los abanicos aluviales y sus áreas fuente.

Barrancos	Tamaño cuenca (km ²)	Pendiente barranco (%)	Área abanico (km ²)	Dinámica abanico	Procesos laderas	Altitud media cuenca	Pendiente media cuenca	Acumulación morrénica
Lacuastra	2,25	31,0	0,11	semifun.	e. moder.	1.458	54,4	sí
Aso	19,0	12,9	0,75	no acti.	soliflux.	1.401	40,0	sí
Escuer	6,0	12,3	0,29	semifun.	e. severa cab. act.	1.283	35,78	sí
Arguisal	1,5	30,0	0,06	no acti.	desprend.	1.266	41,45	no
Palancar	1,05	36,0	0,20	no acti.	desprend.	1.105	51,14	no
Iguarra	2,75	27,0	0,38	no acti.	e. moder.	1.531	49,0	sí
Biescas	1,65	32,0	0,08	no acti.	desprend.	1.308	40,24	sí
Sía	52,0	9,8	2,4	semifun.	cab. act. e. severa	1.403	44,5	sí
Don Lucas	12,25	15,4	0,50	semifun.	e. severa cab. act.	1.384	37,31	sí
Oliván	32,25	6,7	1,165	semifun.	e. severa cab. act.	1.385	39,75	sí
Gállego (sect. <i>flysch</i>)		1,33						

Homenaje a "Amigos de Serrablo"

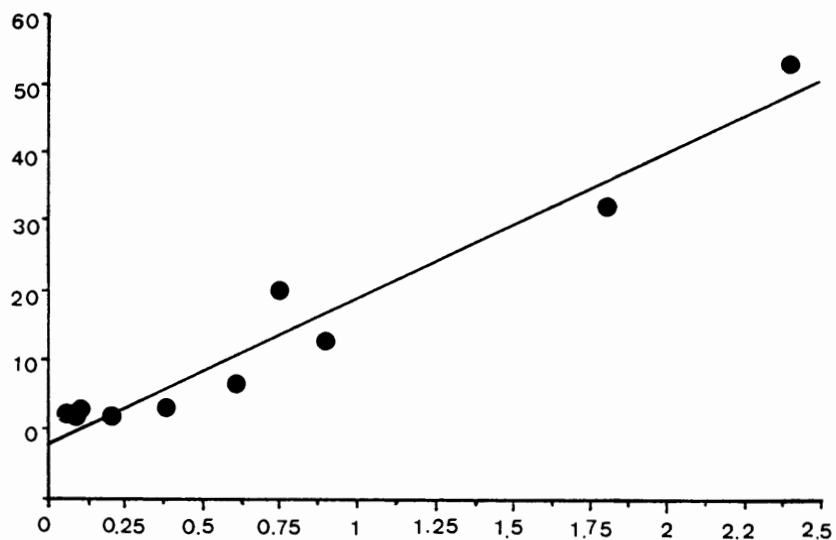


Fig. 2.

Relación entre el tamaño de las cuencas y el área de los abanicos aluviales.

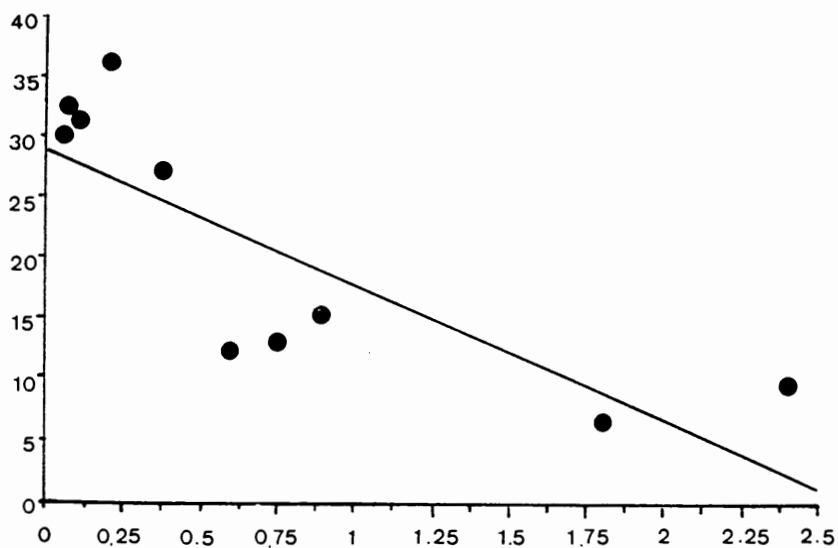


Fig. 3. Relación entre la pendiente longitudinal media de los barrancos y el área de los abanicos aluviales.

Finalmente, el tamaño, y especialmente el grado de actividad, dependen también de la dinámica actual de sus áreas fuente y su capacidad para producir cantidades importantes de sedimentos. Los abanicos más extensos y semifuncionales derivan de cuencas con una dinámica muy activa en sus laderas: los movimientos en masa y las cabeceras activas de barrancos son las principales formas de erosión encargadas de exportar grandes cantidades de sedimentos hacia los canales. El porcentaje de vertientes afectadas por erosión laminar severa con arroyamiento difuso y nichos de arranque es también muy grande en algunas cuencas (Oliván, Dos Lucas-Espierre), con lo que ello supone de suministro de material fino.

El aporte se ve incrementado por el material procedente de las potentes morrenas que obturaban estos valles laterales, tras haber sido excavadas por los barrancos afluentes. Este hecho ha favorecido además la reactivación de la erosión en amplias zonas del territorio. Un ejemplo claro lo constituye el barranco de Aso, donde, si bien la actividad geomorfológica no es muy importante, la presencia de acumulaciones morrénicas en casi un 25% de su cuenca ha supuesto una importante fuente de alimentación de sedimentos gruesos hacia el abanico aluvial, actualmente inactivo.

Los abanicos con áreas inferiores a 0,5 km derivan de cuencas con un tamaño inferior a 3 km y han sido depositados por canales muy estrechos y empinados. La actividad geomorfológica de sus áreas fuente, caracterizada por movimientos en masa de escasa entidad –pequeños desprendimientos muy localizados– y una erosión moderada, no es muy acusada. La presencia de acumulaciones morrénicas en las cuencas de Iguarra y Biescas, dominadas por vertientes regularizadas, constituye la principal fuente de alimentación de sus abanicos. Estos hechos enlazan directamente con su dinámica actual: son inactivos y relativamente pendientes; en su superficie se aprecian restos de barras sedimentarias y de canales abandonados, algunos muy recientes, sometidos a distintos estadios de colonización por la vegetación. El cauce actual está limitado en algunos de ellos a un solo canal estrecho. El abanico de Lacuastra presenta cierta actividad, muy limitada y favorecida por las fuertes pendientes de las laderas de su cuenca –en torno al 60%–, y pequeños desprendimientos que enlazan directamente con el cauce. En superficie, densamente poblada por la vegetación, ofrece un aspecto muy estable.

Homenaje a "Amigos de Serrablo"

De lo señalado hasta ahora podemos afirmar que los abanicos no activos derivan de cuencas pequeñas, con una actividad geomorfológica moderada, y son depositados por barrancos con fuerte pendiente longitudinal. Por el contrario, los abanicos semifuncionales, más extensos, proceden de cuencas más grandes, afectadas por una dinámica geomorfológica activa, y han sido escombrados por barrancos de menor pendiente. Los casos particulares de los abanicos de Aso y Lacuastra ya han sido explicados anteriormente.

b) Abanicos aluviales semifuncionales

Los abanicos semifuncionales, por su dinámica e importancia dentro del valle, son los que ofrecen un mayor interés. Sus características morfológicas, facies estratigráficas y dinámica son muy similares:

- Han sufrido una migración lateral del área de deposición –que coincide con el área funcional actual– debido a que ésta ha ido elevando la superficie del abanico y ha favorecido el cambio de dirección (BULL, 1977). Si bien los cambios de la posición del cauce son inapreciables en el ápice por estar confinado, éste ha sido sometido a grandes variaciones en la parte distal.
- Existe un encajonamiento del canal principal en el ápice y tiene una pendiente inferior a la de la superficie del abanico. El atrincheramiento, aunque de forma menos acusada, continúa hasta la zona distal y no existen de forma bien definida puntos de intersección –punto donde el canal encajonado emerge sobre la superficie en la zona media o distal– (HOOKE, 1967) en algunos de ellos. Por estar disectados, no ejercen una función de tapón (HARVEY, 1987) y permiten una continuidad sedimentaria desde el área fuente hasta el río Gállego.
- En los sectores no funcionales, los procesos deposicionales varían desde el ápice a la base: coladas de piedras han sido depositadas a modo de diques adyacentes a los cauces. Tienen lenguas lobuladas con márgenes, en general, bien definidas. Las facies de estratificación, en cortes verticales próximos al ápice (abanico de Dos Lucas-Espierre), muestran un material muy heterométrico, pobremente clasificado con clastos muy gruesos envueltos en abundante matriz fina. La orientación de los clastos mayores, muy poco imbricados, y la estructura ascendente de las partículas tabulares a la dirección normal de flujo indican que se trataba de coladas muy viscosas.

A. GÓMEZ, Abanicos aluviales del Gállego en el sector del *flysch* eoceno

Aparecen principalmente en la zona proximal; hacia la parte distal de los abanicos –menos comunes–, son menos gruesas y forman unidades discontinuas (abanico de Oliván), bien como lóbulos sobre la superficie o en canales mal definidos.

El resto de la superficie de los abanicos se caracteriza por la presencia de depósitos de tipo fluvial: canales abandonados, geoméricamente largos y estrechos, y barras adyacentes depositadas por canales distribuidores trenzados. La disposición de las barras es lenticular, normal a la dirección de flujo. Las facies muestran una estratificación laminar y cantos imbricados, de tamaño inferior a los de las coladas de piedras. Esta disposición es más típica de las partes media y proximal; hacia la base, debido al decrecimiento de la pendiente y de la velocidad de flujo, el entrecruzamiento de canales es más acusado. Láminas o barras bajas compuestas por sedimentos finos y disectadas por canales pequeños y poco profundos son características de la zona distal. Canales marginales, levés y depósitos entre canales se han desarrollado en la mayoría de los abanicos semifuncionales del Gállego.

- El sector funcional tiene unos límites bien definidos. El cauce adopta la dinámica de un modelo trenzado en Oliván. En el área proximal se divide en uno o dos canales principales y deja entre ellos abundantes sedimentos gruesos, dispuestos a modo de barras, con formas muy variadas. En el centro del cauce se localizan barras muy estabilizadas –se hallan más densamente colonizadas por la vegetación–. Son obstáculos longitudinales con formas romboidales, alargados paralelamente a la dirección de flujo, y márgenes erosionadas. Hacia la parte distal, más inestable, el cauce se ensancha notablemente, se divide en varios brazos muy cambiantes en momentos de máxima crecida –abanicos de Oliván y Sía–. Las barras sedimentarias crean formas compuestas, unidas, con un flujo asimétrico a través de los obstáculos, y alcanzan longitudes de algunas decenas de metros. Las barras diagonales –aparecen en casi todos los abanicos– son restos de barras mayores erosionadas por la divagación e inestabilidad de los canales. En los sectores donde la energía del flujo es más baja se originan obstáculos puntuales y laterales. Tienen formas rectilíneas y estrechas, y, en algunos abanicos como el de Oliván, están muy estabilizadas. En los conos de Escuer y Dos Lucas-Espierre, el cauce funcional actual presenta un solo canal encajonado.
- En todos los abanicos, el espesor de la estratificación, el tamaño de los cantos y, en menor medida, el aplanamiento y desgaste de los mismos de-

Homenaje a "Amigos de Serrablo"

crecen desde el ápice a la base, si bien existen dos hechos que alteran esta tendencia y que se hallan relacionados con:

1. Los clastos procedentes de coladas de piedras y de corrientes. Los primeros son más groseros y peor clasificados; la presencia de cantos rotos, debida al rápido endurecimiento de estos depósitos y a la incisión posterior por canales, es muy notable. Los cantos arrastrados por el agua están más desgastados y redondeados y su tamaño es inferior; predominan en la parte distal.
2. Los grandes cantos rodados de granito procedentes de las morrenas que atraviesan los barrancos. Su desgaste y esfericidad son muy superiores a los del resto de los materiales acumulados en el cono; son más comunes en torno al ápice.

Los abanicos aluviales son formas del paisaje, dinámicas, que muestran un cambio morfológico progresivo durante su desarrollo. Los procesos deposicionales que crean esa morfología superficial están controlados por el suministro de sedimentos, hecho que refleja las características del área fuente (HARVEY, 1989). Según este autor, es razonable suponer que para abanicos aluviales de historia geológica y climática similares la morfología de cada abanico debería reflejar las características topográficas del área fuente. La aparición, localización y dinámica de este tipo de depósitos es la relación entre generación de sedimentos y capacidad de transporte de los mismos. Los abanicos aluviales se desarrollan donde la generación de sedimentos es alta en relación con la capacidad de transporte. Éste es el caso de los abanicos depositados en el valle del río Gállego.

3. Vegetación y usos del suelo

Los estadios de colonización por la vegetación y la explotación a la que están sometidos por parte del hombre convierten a los abanicos del río Gállego en paisajes complejos, con un uso del suelo muy diversificado en espacios muy reducidos.

En los abanicos aluviales semifuncionales existe una confrontación entre los procesos de colonización vegetal y los de destrucción por medio de avenidas en el sector actualmente activo. Aquí, la dinámica hidrológica es el factor que determina las zonas de erosión y de acumulación, cambiantes de posición en el tiempo debido a los cambios de curso de los cana-

les por las crecidas que periódicamente afectan a esta área. Sólo los sauces (*Salix eleagnos*), en la parte media y proximal, forman comunidades estables en las barras longitudinales más antiguas y menos sometidas a inundaciones. En las barras laterales, donde los sedimentos quedan generalmente fuera del embate de las aguas, los sauces adquieren un mayor desarrollo contribuyendo a la formación de un suelo que permite la entrada de especies arbóreas y subespecies asociadas. Este hecho ocurre en los abanicos más pequeños, inactivos: su fuerte pendiente, la escasa profundidad del suelo y el material grosero que aparece en superficie no permiten su aprovechamiento agrícola y son colonizados por saucedas –abanico de El Palancar– y en ocasiones invadidos por carrascas (*Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*) y boj (*Buxus sempervirens*), especies que predominan en las laderas de sus cuencas; es el caso de los abanicos de Biescas y Arguisal y también de Aso.

En la parte distal, la inestabilidad en el cauce es mucho más acusada y no permite el establecimiento de una comunidad vegetal estable en las barras de sedimentos que quedan entre los canales. En algunos abanicos, los sedimentos transportados en períodos de aguas altas invaden plantaciones de chopos –Oliván– y carrascas –Escuer– y los troncos aparecen semienterrados hasta 1 m de profundidad.

En los meses de verano, los canales, en la mayoría de los cuales no circula el agua, son colonizados muy inicialmente por *Clematis vitalba*, *Ptychotis saxifraga* y *Molinea caerulea*.

Las migraciones laterales del área de deposición permiten reconocer distintos estadios de colonización –Orós, Escuer y Oliván–. El sector más próximo al área funcional actual está colonizado por *Hypophaeae rhamnoides* y comunidades muy fragmentadas de *Salix eleagnos*. Las especies más comunes que aparecen junto a estas formaciones son: *Satureja montana*, *Sanguisorba minor* y *Santolina chamaecciparissus*. El tomillo (*Thymus vulgaris*) es la especie más extendida. Un segundo sector de deposición, más antiguo, presenta una vegetación más densa y variada dominada por el boj (*Buxus sempervirens*) y por *Genista scorpius*; otras especies dominantes son: *Helianthemum italicum*, *Dichanthium ischaemun*, *Avenula bromoides*, *Fumana procumbens*, *Galium lucidum* y *Koeleria vallesiana*. *Pinus sylvestris* chaparro con *Berberis vulgaris* aparece de forma muy disseminada.

Homenaje a "Amigos de Serrablo"

La actuación del hombre sobre los abanicos aluviales se da en las partes más alejadas del área más dinámica y en los bordes, sector con escasa pendiente y compuesto por depósitos de material más fino que permite su explotación agrícola. En un valle con tradición ganadera, más del 75% de las parcelas cultivadas en los abanicos –bien delimitadas por hileras de árboles y setos y tanto más pequeñas cuanto más próximas al área funcional– son de pastos de siega; muchas de estas parcelas han sido abandonadas recientemente y otros terrenos entre ellas permanecen sin cultivar –coinciden con sectores con abundante material grueso–.

Los cultivos agrícolas y la presencia de construcciones e instalaciones de todo tipo: canalización de cauces, áreas recreativas (Aso), piscifactorías (Oliván), extracción de áridos incontrolada, etc., están reduciendo y también degradando la superficie y las formaciones vegetales naturales de los abanicos (excepto en el de Dos Lucas-Espierre) de forma muy rápida, a la vez que aumenta la presión antrópica sobre las que quedan. Por otra parte, el predominio de estrechos valles con laderas muy empinadas explica que los abanicos del Gállego, con pendientes mucho más suaves, constituyan las zonas más idóneas –en los bordes externos y en puntos muy próximos al ápice– para la localización de la mayoría de los núcleos de población.

4. Bibliografía

- BULL, W. B. (1964b). "Geomorphology of segmented alluvial fans in Western Fresno Country, California". *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 352 E: 89-129.
- BULL, W. B. (1972). "Recognition of alluvial fan deposits in the stratigraphic record". In: RIGBY, J. K. y HAMBLIN, W. K. (eds). *Recognition of Ancient Sedimentary Environments: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 16: 63-83.
- BULL, W. B. (1977). "The alluvial fans environment". *Progress in Physical Geography*, 1 (2): 222-270.
- CREUS, J. (1983). *El clima del Alto Aragón occidental*, Instituto de Estudios Pirenaicos, Jaca, 223 pp.

- GARCÍA-RUIZ, J. M. y PUIGDEFÁBREGAS, J. (1982). "Formas de erosión en el *flysch* eoceno surpirenaico". *Cuadernos de Investigación Geográfica*, VIII (1 y 2): 85-124. Logroño.
- HARVEY, A. M. (1987). "Alluvial fans dissection: relationships between morphology and sedimentation". FROSTICK, J. y REID, I. (eds.). Desert sediments, ancient and modern, *Geological Society Special Publication*, 36: 87-103.
- HARVEY, A. M. (1989). "The occurrence and role of arid zone alluvial fans". In: THOMAS, S.G. (ed.). *Arid Zone Geomorphology*, 372 pp.: 136-158.
- HOOKE, R.L.B. (1967). "Processes on arid region alluvial fans". *Journal of Geology*, 75: 438-460.
- PETTS, G.E. y FOSTER, I. (1985). *Rivers and landscape*, Arnold, E. (ed.), London, 274 pp.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. y CREUS, J. (1976). "Pautas espaciales de variación climática en el Alto Aragón". *Publ. Centr. Pir. Biol. Exp.*, 7 (1): 23-34.
- RACHOCKY, A. (1981). *Alluvial fans. An attempt and an empirical approach*. J. WILEY and sons (eds.), Chichester, 157 pp.