

La cuenca de recepción como factor de control en el desarrollo y degradación de abanicos aluviales: ejemplos recientes, sub-recientes y antiguos

The catchment basin as a control factor in the development and degradation of alluvial fans: recent, sub-recent and ancient examples

Victoriano Pujalte

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Barrio Sarriena s/n, 48940-Leioa, Bizkaia, España.
victoriano.pujalte@ehu.es

ABSTRACT

It is widely acknowledged that the most important factors in the development of alluvial fans are tectonics, changes of local base level, dimension of the catchment basin and rate of sedimentary supply: tectonics and local base level determine the necessary topographic differences between the catchment and depositional basins and, given a sufficient sedimentary supply, the largest fans are those fed from the more extensive catchment basins. Degradation of alluvial fans, however, is less well studied. Field examples of different ages, types and scales discussed in this paper indicate that, because of their erosional character, catchment basins are long-lasting features which may force the degradation of their linked alluvial fans after a significant decrease in the rate of sedimentary supply and/or a lowering of the local base level, causing their entrenchment and/or the down-current development of secondary fans.

Key-words: Alluvial fan, catchment basin, entrenchment, tectonics, sedimentary supply.

RESUMEN

Está ampliamente aceptado que los factores más importantes en el desarrollo de abanicos aluviales son la tectónica, los cambios del nivel de base local, las dimensiones de la cuenca de recepción y la tasa de suministro sedimentario: la tectónica y el nivel de base local determinan las necesarias diferencias topográficas entre las cuencas de recepción y depósito y, si existe suficiente aporte sedimentario, los abanicos de mayores dimensiones son los alimentados desde cuencas de recepción extensas. La degradación de abanicos aluviales, sin embargo, ha sido menos estudiada. Ejemplos de campo de diferente edad, tipo y escala discutidos en este trabajo indican que, por su carácter erosional, las cuencas de recepción son muy duraderas, pudiendo forzar la degradación de sus abanicos aluviales tras una disminución significativa de la tasa de aporte sedimentario y/o un descenso del nivel de base local, causando incisión de los mismos y/o el desarrollo corriente abajo de abanicos secundarios.

Palabras clave: Abanico aluvial, cuenca de recepción, tectónica, suministro sedimentario.

Geogaceta, 54 (2013), 23-26.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 15 de enero de 2013
Fecha de revisión: 25 de abril de 2013
Fecha de aceptación: 24 de mayo de 2013

Introducción

Los controles individuales más importantes en el desarrollo de abanicos aluviales son la tectónica, los cambios del nivel de base local, las dimensiones de la cuenca de recepción y la tasa de aporte sedimentario. La influencia concreta de dichos factores está bien estudiada (p.ej., Paola *et al.*, 1992; Whipple y Trayler, 1996; Viseras *et al.*, 2003). Se acepta también que la extensión superficial de un abanico y de su cuenca de recepción están relacionadas por la ecuación $A = kC^e$, en la que A representa el área del abanico, C el área de la cuenca de recepción, k es un coeficiente y e un expo-

nente. La compilación de datos de numerosos abanicos recientes revela una gran variabilidad de valores para k y para e, variabilidad atribuible a las circunstancias tectónicas, litológicas y climáticas de cada sistema aluvial (Gordon y Heller, 1993). Así, en grabens y semigrabens, una tectónica muy activa genera acumulaciones aluviales potentes pero de modesta extensión superficial, dado que los sedimentos tienden a quedar atrapados cerca del ápice del abanico. En contraste, una tectónica débil favorece el desarrollo de abanicos extensos pero poco potentes, como se comprueba en la amplia base de datos sobre sistemas aluviales recientes de California recopilada por

Whipple y Trayler (1996, tabla 1). En efecto, comparando únicamente sistemas con áreas fuente graníticas (para eliminar el efecto de la litología), se constata que en zonas de tectónica muy débil el área de los abanicos es un 136-188% superior a la de su cuenca de recepción, mientras que en zonas de tectónica muy activa alcanza sólo el 13-32% de la de sus cuencas de recepción. Por otra parte, según Blat *et al.* (1972, Fig. 2.3), la tasa de suministro sedimentario depende fundamentalmente de la pluvio-metría y, en menor medida, de la temperatura, aunque no de manera lineal: la tasa de suministro sedimentario crece con la pluvio-metría en climas semiáridos, pero dismi-

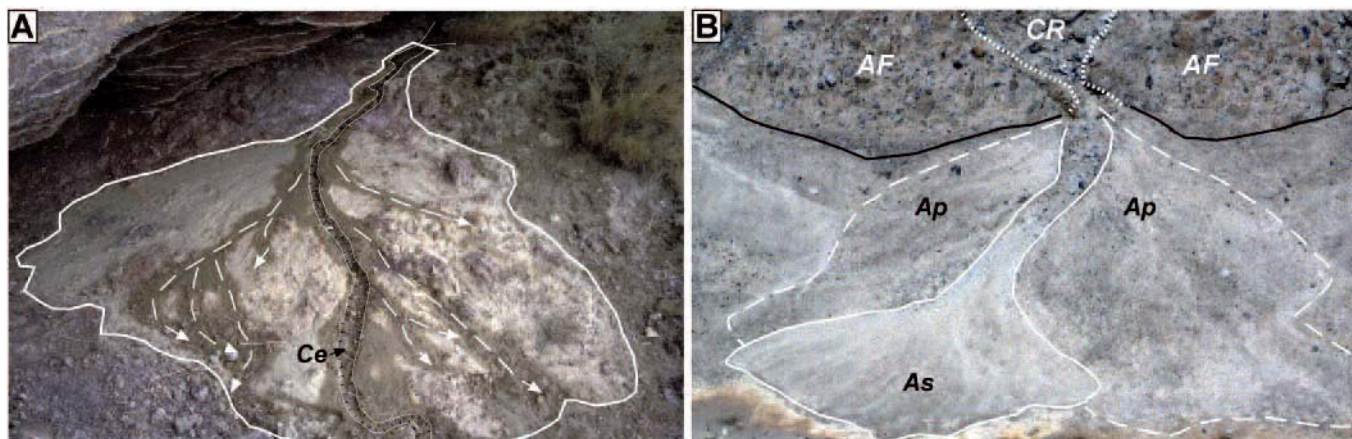


Fig. 1.- Ejemplos de mini-abanicos aluviales (aprox. 1 m de radio) desarrollados durante un episodio de tormenta y parcialmente degradados tras el cese de la lluvia. Ce, Canal erosivo; Af, Área fuente; CR, Cuenca de recepción (incompleta); Ap, Abanico primario; As, abanico secundario. Explicación en el texto.

Fig. 1.- Examples of mini-alluvial fans (aprox. 1 m radius) developed during a storm episode and partly degraded after the cessation of the rain. Ce, Erosional channel; Af, Source area; CR, Catchment basin (incomplete); Ap, Primary fan; As, Secondary fan. Explanation in the text.

nuye con el aumento de pluviometría si la precipitación anual media permite mantener una cobertura vegetal continua.

Las anteriores consideraciones son bien conocidas, y no necesitan mayores explicaciones. Sin embargo, los procesos de degradación de los sistemas aluviales han recibido menor atención, y el objetivo principal de este trabajo es contribuir a paliar esta deficiencia. En concreto, se describen a continuación varios ejemplos de abanicos que han experimentado procesos de degradación más o menos importantes, discutiendo en cada caso los motivos que la han favorecido.

Ejemplos recientes

El estudio de sistemas aluviales se ve facilitado por la frecuente aparición de "mini-abanicos" en taludes de carretera, canteras de arena y situaciones similares, que pueden considerarse modelos a escala de abanicos reales. La figura 1 ilustra dos ejemplos de tales "modelos", acumulados durante cortos intervalos de lluvia intensa y encontrados accidentalmente en sendas campañas de campo. En ambos casos, tras el cese de la lluvia se produjo una degradación más o menos importante de los mini-abanicos. En el ejemplo de la figura 1A, su degradación se concretó en la excavación de un único canal que disectó la totalidad del abanico, mientras que en el de la figura 1B se produjo excavación en la parte proximal del mini-abanico y el desarrollo de un abanico secundario en la distal.

Dado que es obvio que la tectónica no tuvo influencia en ninguno de los ejemplos,

su degradación puede atribuirse en exclusiva a la disminución del caudal de agua (y aporte sedimentario) tras remitir y eventualmente cesar los chubascos. El distinto carácter de la degradación en cada caso estuvo relacionado con el grado de disminución de aporte sedimentario. El mini-abanico del primer ejemplo (Fig. 1A) apareció en el rellano de una pista de tierra donde el volumen de sedimento disponible en su cuenca de recepción era limitado y fue arrastrado total o casi totalmente al mini-abanico mientras el caudal de agua fue abundante. La excavación del canal fue producida, por tanto, por un caudal residual tras el agotamiento (o drástica reducción) de aportes.

El segundo ejemplo (Fig. 1B) se encontró en la trinchera de una carretera en construcción excavada en la Fm Arenas de Utrillas, y la disponibilidad de sedimentos en su cuenca de recepción era prácticamente ilimitada. Es lógico deducir por ello que la disminución de aporte sedimentario fue debida a una disminución de caudal acuoso: mientras éste fue abundante se distribuiría por toda la superficie del abanico, pero al disminuir se concentraría en un único "canal", aumentando localmente la capacidad erosiva del flujo y causando la degradación parcial del mini-abanico primario y el desarrollo del secundario.

Ejemplo sub-reciente

En el sector norte de la Cuenca del Duero, justo al sur de la localidad Palentina de Guardo, se reconocen sendas acumulaciones aluviales, interpretadas aquí como

abanicos primario y secundario (Fig. 2A). El abanico primario está representado por la denominada "raña" (Colmenero *et al.*, 1982), formada principalmente por conglomerados siliciclásticos derivados de terrenos paleozoicos de la Cordillera Cantábrica. Se trata de una acumulación extensa (> 1000 km²) pero poco potente (8-9 m cerca del ápice y unos 2 m en su zona distal), cuya morfología casi tabular es indicativa de que su depósito tuvo lugar durante un intervalo tectónicamente tranquilo.

La raña de Guardo es atribuida al Plioceno o Pliocuaternario, y tanto su génesis como las condiciones climáticas reinantes durante su depósito son discutidas (Colmenero *et al.*, 1982). La raña presenta una clara geometría radial (Fig. 2A), prueba evidente de que durante su desarrollo los cambios de posición de los canales por avulsión fueron muy numerosos. Varios autores (p.ej., Heller y Paola, 1996) han demostrado que los procesos de avulsión fluvial son tanto más frecuentes cuanto mayor sea la tasa de suministro sedimentario, dado que una rápida acumulación en y cerca de los canales conlleva su elevación topográfica. Puede afirmarse por ello que durante la construcción de la raña el suministro sedimentario fue elevado.

La raña (o abanico primario) se encuentra actualmente en proceso de degradación, en parte causada por la escorrentía de la lluvia caída sobre su superficie, que ha tallado una red radial de barrancos controlada por la topografía original del abanico (Fig. 2A). Pero mucho más importante ha sido la degradación que ha dado lugar al desarrollo del abanico secundario. Signifi-

cativamente, las zonas apicales de los abanicos primario y secundario son coincidentes, clara demostración de que ambos comparten la misma cuenca de recepción (Fig. 2A). El abanico secundario está enteramente constituido por aluviones cuaternarios del río Carrión, dispuestos en una sucesión de terrazas situadas a alturas progresivamente menores respecto al cauce actual del río (Fig. 2A). Es claro que el río Carrión ha experimentado a lo largo del Cua-

ternario un encajamiento progresivo, al tiempo que se desplazaba hacia el Este.

Fases de erosión fluvial generalizada como la descrita pueden ser causadas, según Blum y Törnqvist (2000), por tres mecanismos, elevación de la cuenca de depósito, descenso del nivel de base del río o disminución generalizada de la tasa de aporte sedimentario. Es probable que los tres mecanismos hayan actuado conjuntamente en el encajamiento del río Carrión.

Por una parte, el escalonamiento descendente de sus terrazas sugiere la elevación de la cuenca y/o el descenso de su nivel de base; por otra, es razonable suponer que las terrazas del río Carrión son resultado de eventuales avulsiones, cuyo reducido número apunta a una disminución de aportes sedimentarios. Sin embargo, establecer la importancia relativa de estos mecanismos queda fuera de los objetivos de este trabajo.

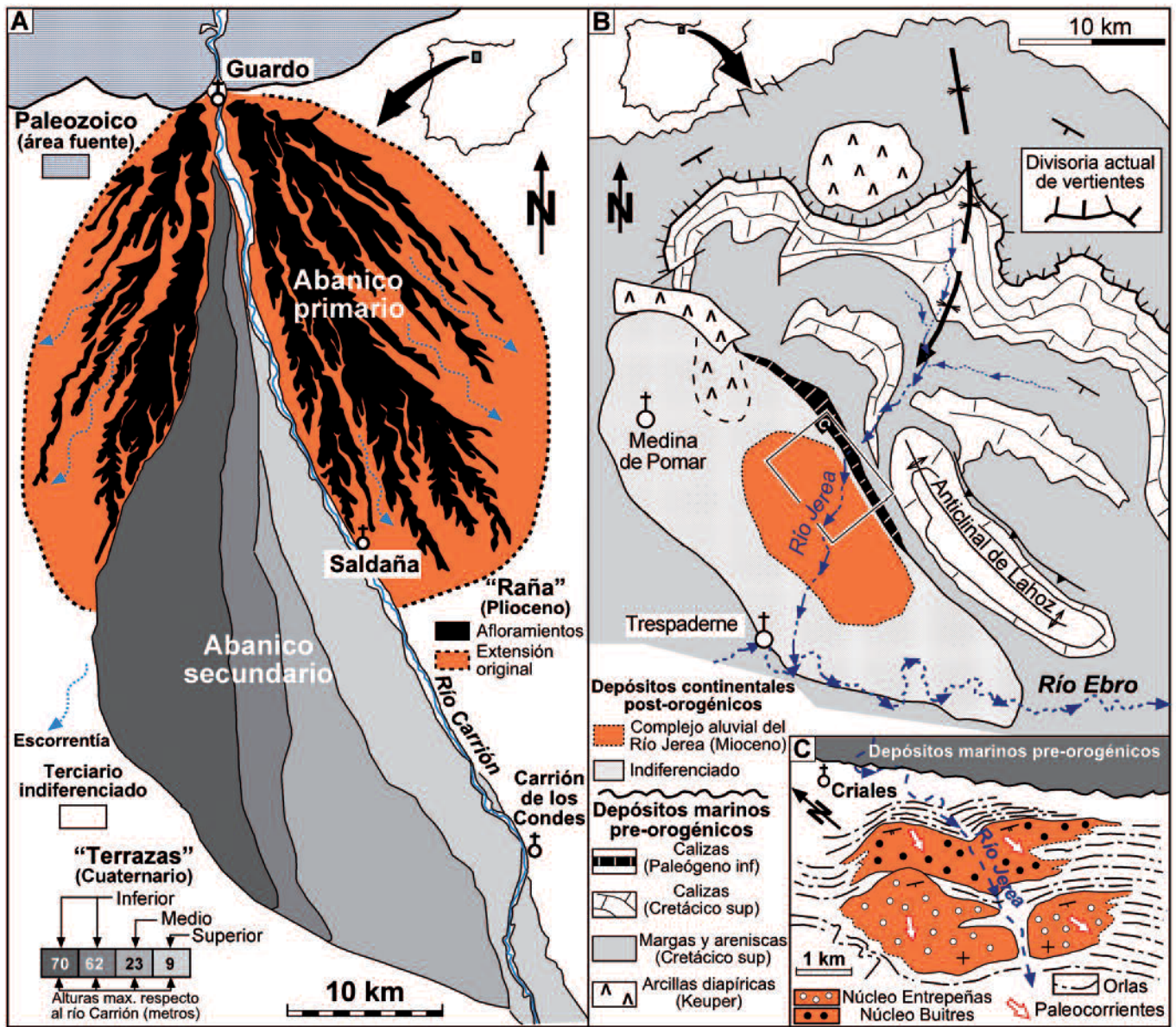


Fig. 2.- A) Afloramientos de los abanicos primario y secundario situados al N de la Cuenca del Duero (prov. de Palencia) y alimentados desde una cuenca de recepción situada en la Cordillera Cantábrica (modificado de la cartografía MAGNA de las hojas 131, 132, 163, 164, 196, 197 y 273). B) Mapa litológico simplificado de la Cuenca post-orogénica Miocena de Medina de Pomar y zonas adyacentes, mostrando la localización y el contexto geológico del complejo aluvial del río Jerea. C) Cartografía simplificada de los conjuntos aluviales del Jerea, destacando sus zonas conglomeráticas (núcleos). Explicación en el texto.

Fig. 2.- A) Outcrops of the primary and secondary fans located to the north of the Duero Basin (province of Palencia) and sourced from a catchment basin situated in the Cantabrian Mountains (modified from MAGNA sheets 131, 132, 163, 164, 196, 197 and 273). B) Simplified lithological map of the post-orogénic Medina de Pomar Basin (Miocene) and surrounding areas, showing the location and geological context of the Jerea river alluvial complex. C) Simplified map of the Jerea alluvial groups, highlighting its conglomeratic zones (cores). Explanation in the text.

Ejemplo antiguo

El último sistema aluvial analizado, aquí denominado complejo del río Jerea, es del Mioceno y está situado en el flanco NE de la Cuenca post-orogénica de Medina de Pomar (Burgos) (Fig. 2B). Se reconocen en dicho complejo dos conjuntos de abanicos sucesivos, respectivamente denominados (Peña de los) Buitres y (Quintana) Entrepeñas, de los que se han resalado sus zonas conglomerática (núcleos *sensu* Robles, 1982, Fig. 2C). Este ejemplo es claramente demostrativo de la gran persistencia temporal de una cuenca de recepción, además de la influencia que ejerce en el desarrollo y degradación de sus abanicos aluviales. Se propone, en efecto, que la cuenca de drenaje de la cabecera del actual río Jerea representa el remanente (degradado) de la cuenca de recepción del complejo aluvial Mioceno, controladas ambas por los mismos factores estructurales y litológicos.

El curso del río Jerea es aproximadamente paralelo al eje de un suave sinclino buzante al SO, y su cuenca de drenaje está tallada en terrenos del Cretácico Superior y Paleógeno Inferior, situándose su límite septentrional en la divisoria de aguas, marcada por el escarpe de una unidad carbonatada del Coniaciense relativamente potente y lateralmente continua (Fig. 2B). En cuanto a los abanicos miocenos, los clastos de sus conglomerados proceden de rocas del Cretácico Superior y Paleógeno Inferior, y las paleocorrientes demuestran que su cuenca de recepción se situaba hacia el NE y su ápice se localizaba cerca de la localidad de Criales, en, o cerca del punto por el que el río Jerea ingresa en la Cuenca de Medina de Pomar. Considerando además que la estructura tectónica de la sucesión mesozoica ya existía en el Paleógeno Inferior es claro que la cuenca de drenaje del complejo aluvial mioceno era la misma que la del río Jerea. Tendría sin embargo un relieve mucho más abrupto y sería mucho más extensa, puesto que su límite septentrional, verosímelmente constituido por los

carbonatos coniacienses, se situaría mucho más al norte que en la actualidad. Consecuentemente, el aporte de sedimentos a la Cuenca de Medina de Pomar durante el Mioceno sería muy elevado, resultando en la creación del correspondiente complejo aluvial.

Dentro del complejo aluvial del Jerea es observable una discordancia progresiva (*sensu* Riba 1976), con las capas inferiores de núcleo Buitres buzando unos 40° mientras las superiores del núcleo Entrepeñas están prácticamente horizontales (Fig. 2C). Cabe concluir por ello que el tectonismo se ralentizó hasta cesar o casi cesar a finales del Mioceno. Se iniciaría entonces el desmantelamiento progresivo de la cuenca de drenaje, lo que conllevaría la disminución de aportes y, consecuentemente, la degradación paulatina de las acumulaciones aluviales miocenas. El proceso ha continuado hasta la actualidad, lo que explica que el río Jerea, en vez de rodear el apilamiento de conglomerados aluviales miocenos, haya excavado una garganta relativamente profunda en la parte central y más potente del mismo (Fig. 2C).

Discusión y conclusiones

Si los demás factores son iguales, la ecuación $A = kC^e$, citada en la introducción de este artículo, predice que el área de un abanico aluvial será tanto mayor cuanto más extensa sea su cuenca de drenaje. La localización y dimensiones de dicha cuenca, a su vez, está controlada por circunstancias litológicas y estructurales. A lo largo del tiempo una cuenca aumentará más rápidamente su extensión cuanto más favorables sean dichas circunstancias, por erosión de sus laderas y/o por captura de cuencas adyacentes. Sin embargo, y debido a su naturaleza esencialmente erosional, una vez creada una cuenca de recepción perdura largamente en la misma ubicación. En una primera fase, mientras la producción de sedimentos sea suficientemente elevada, generará abanicos aluviales. Los ejemplos arriba examinados demuestran que una disminu-

ción pluviométrica (ejemplos recientes), el desmantelamiento y la reducción de tamaño de la cuenca de recepción (ejemplo Mioceno), o a una combinación de causas (ejemplo sub-reciente) conducen a una reducción significativa y duradera del aporte sedimentario a los abanicos. Se inicia entonces una segunda fase, en la que los caudales residuales aún seguirán emanando de la cuenca de recepción, pero causando ahora la degradación de los abanicos, sea mediante incisión de los mismos y/o provocando el desarrollo de abanicos secundarios.

Agradecimientos

Contribución al proyecto CLG2011-23770 (Ministerio de Economía y Competitividad). Las sugerencias de los revisores M. Aurell, C. Viseras y A. Luzón mejoraron sustancialmente una versión preliminar de este trabajo.

Referencias

- Blat, H., Middleton, G. y Murray, M. (1972). *Origin of Sedimentary Rocks*. Prentice-Hall, 634 p.
- Blum, M.D. y Törnqvist, T.E. (2000). *Sedimentology* 47 (Suppl. 1), 2-48.
- Colmenero Navarro, J.R., Vargas Alonso, I., García-Ramos, J.C. y Manjón Rubio, M. (1982). Terciario y Cuaternario, *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja 132 (Guardo) y memoria*. IGME. 75 p.
- Gordon, I. y Heller, P.L. (1993). *Bulletin of the Geological Society of America* 105, 47-55.
- Heller, P.L. y Paola, C. (1996). *Journal of Sedimentary Research* B66, 297-306.
- Paola, C., Heller, P.L. y Angevine, C.L. (1992). *Basin Research* 4, 73-90.
- Riba, O. (1976). *Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 2^a Série, 4, 383-401.
- Robles, S. (1982). *Acta Geológica Hispánica* 17, 255-269.
- Viseras, C., Calvache, M.L., Soria, J. y Fernández, J. (2003). *Geomorphology* 50, 181-202.
- Whipple, K.X. y Trayler, C.R. (1996). *Basin Research* 8, 351-366.