

IV Reunión de Geomorfología
Grandal d' Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.
1996, Sociedad Española de Geomorfología
O Castro (A Coruña)

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA Y TIPOLOGICA DE CONOS ALUVIALES EN LA RIOJA Y EN EL PIRINEO ARAGONÉS

Gómez Villar, A.

Departamento de Geografía e H^a de las I.E. Facultad de Filosofía y
Letras. Universidad de León. 24071 León

RESUMEN

Este trabajo muestra un modelo de distribución de conos aluviales en los valles del Oja y del Najerilla, en el extremo noroccidental del Sistema Ibérico y de la Depresión del Ebro (La Rioja), y en el valle del Gállego, inscrito en la banda del flysch, en el Pirineo Central. La distribución se ha realizado a partir de los cinco grupos de conos clasificados por un Análisis de Cluster, en función de su área y pendiente, y de la litología de sus cuencas. Posteriormente, el análisis de los residuales de la relación entre área y pendiente de los conos y el área de sus cuencas ha permitido establecer una tipología y caracterizar aquellos conos aluviales significativamente diferentes y a la vez más representativos en los distintos sectores de las áreas de estudio. Las principales diferencias se basan en la agradación/incisión en las zonas proximal y distal de los conos y en las fases de encajamiento; ambas varían según la litología de sus cuencas.

Palabras clave: Conos aluviales, Sistema Ibérico, Depresión del Ebro, Pirineo Central.

ABSTRACT

This paper shows a model of distribution of alluvial fans in the Oja and Najerilla valleys, in the northwestern extreme of the Iberian System and the Ebro Depression (The Rioja), and the Gallego valley, draining the eocen flysch band in the Central Pyrenees. The distribution was carried out with five groups of alluvial fans classified by Cluster Analysis, according to the area and slope, and basins lithology. Afterwards, the residuals analysis between alluvial fans area and slope and basins area made it possible to establish a typology and to characterize these alluvial fans which are significantly different and at the same time more representative in different sectors of the study areas. The main differences come from aggradation/dissection in the proximal and distal areas and the incision stage of alluvial fans; both changing according to the basins lithology.

Key-words: alluvial fans, Iberian System, Ebro Depression, Central Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

Los conos aluviales son formas muy comunes en el paisaje, en zonas montañosas, ligados a ríos con un régimen generalmente torrencial. Poseen tamaños muy variados y presentan en superficie una forma semejante a un segmento de un cono de bajo ángulo (BULL, 1977); están compuestos por sedimentos depositados por procesos fluviales y/o coladas de piedras (SCHUMM, 1977; PIERSON, 1980; WELLS y HARVEY, 1987).

Los conos aluviales presentan características morfológicas muy variadas, pero pueden clasificarse en función de determinadas variables morfométricas (área y pendiente), las cuales dependen de las características dominantes en la cuenca de la que proceden; éstas influyen en el volumen de escorrentía y sedimentos aportados que condicionan, a su vez, la dinámica del cauce que drena la cuenca y la naturaleza de los depósitos que forman los conos aluviales influyendo, finalmente, en su morfología.

En los valles de los ríos Oja y Najerilla en La Rioja (Sistema Ibérico y conglomerados de borde de cuenca terciarios, en el contacto con la Depresión del Ebro) y en el valle del Gállego, a su paso por el flysch eoceno (Pirineo aragonés), existen numerosos ejemplos de conos aluviales que muestran una variada morfología (GÓMEZ VILLAR, 1995, 1996). A pesar de esa diversidad morfológica podemos deducir que existen ciertos tipos de conos aluviales, puesto que el desarrollo de estas formas deposicionales no es aleatorio. Responden tanto a una serie compleja de factores ambientales, litológicos, hidromorfológicos y topográficos, cuya combinación varía de una cuenca a otra, como al grado de restricción topográfica del valle o área donde son depositados.

En este trabajo se muestra en primer lugar una distribución a escala regional de los modelos de conos aluviales en función de las dos variables morfométricas que los caracterizan. En segundo lugar se establece una tipología de conos aluviales atendiendo a los controles estadísticos de su morfometría, según el sustrato litológico de sus cuencas.

ÁREAS DE ESTUDIO

Los valles de los ríos Oja y Najerilla, en La Rioja Alta (Figura 1), se estructuran en dos sectores diferentes. Sus cabeceras y curso alto se instalan en la Sierra de la Demanda, en las estribaciones noroccidentales del Sistema Ibérico, constituida por materiales paleozoicos (pizarras, cuarcitas, metareniscas), muy tectonizados y fallados, y una banda de materiales mesozoicos (calizas, areniscas, arcillas, etc.), al Norte. El encajamiento de la red fluvial ha dado lugar a prolongadas vertientes regularizadas, de fuerte pendiente (25-30°), tapizadas por un manto de derrubios de origen periglacial (ARNÁEZ VADILLO, 1987), que imprimen una gran estabilidad a todo el conjunto, aunque puntualmente predomina una dinámica geomorfológica muy activa ligada a la escorrentía superficial y a movimientos en masa. Las líneas de cumbres y divisorias principales se elevan a 1900-2000 m, mediante una sucesión de cimas redondeadas y collados de suave pendiente.

Cuando ambos ríos abandonan la Sierra de la Demanda se inscriben en los conglomerados terciarios, en el contacto con la Depresión del Ebro. Forman

un relieve masivo que oculta parcialmente el frente fallado y cabalgante de la Sierra y se organizan en dos pisos de diferente composición: unas veces son conglomerados calcáreos, empastados en una matriz areno-arcillosa carbonatada, muy resistentes a la erosión, que dan perfiles de vertiente muy verticales; en otros casos son conglomerados silíceos, con una matriz arcillosa, muy incoherente, caracterizados por la formación de importantes movimientos en masa (GARCÍA RUIZ, 1985).

Se distinguen dos "subclimas" (GARCÍA RUIZ y MARTÍN RANZ, 1992): a) "Subclima" de montaña oceánica, en la Sierra, con inviernos fríos y veranos frescos, y precipitaciones abundantes (superiores a los 800 mm por encima de 1500 m), más frecuentes en primavera e invierno. b) "Subclima" de La Rioja Alta, con precipitaciones más abundantes en primavera y otoño. El mínimo es estival, con una pequeña punta de sequía en julio y agosto.

A partir de 1700 m, en el nivel supraforestal, domina un matorral adaptado a condiciones frías y húmedas. Por debajo de 1700 m domina el bosque de hayas (*Fagus sylvatica*) en las umbrías, pinos silvestres (*Pinus sylvestris*) y robles (*Quercus pyrenaica*) y un matorral de sustitución con *Genista florida*, *Genista scorpius* y *Erica arborea*, que ha colonizado muchos sectores de campos de cultivo abandonados, localizados entre 1000-1400 m. Los bosques mixtos dominan en zonas húmedas entre 800-1300 m. Los campos de cultivo ocupan los fondos de valle principales.

El tramo de la cuenca del Gállego (Pirineo Central) corresponde a un sector del flysch eoceno surpirenaico, situado al S de las Sierras Interiores y al N de la Depresión media. Las margas y areniscas se alternan en bandas muy delgadas, fuertemente falladas y plegadas por la tectónica alpina. El relieve queda definido por unas vertientes muy homogéneas (pendientes entre 30 y 60%) y una serie de alineaciones y cumbres redondeadas, con altitudes que alcanzan los 2000 m en la zona más septentrional. La débil cohesión del sustrato favorece la proliferación de procesos de erosión muy activos (GARCÍA RUIZ y PUIGDEFÁBREGAS, 1982).

El clima es submediterráneo, con una influencia continental en las laderas más bajas. La precipitación media oscila entre los 900-2000 mm. Las lluvias más intensas se registran en otoño, aunque la estación húmeda se extiende desde noviembre a mayo, con un pequeño periodo de sequía en verano.

Por encima de 1700 m se desarrollan los pastos supraforestales, de aprovechamiento estival. Entre los 1300-1700 m dominan los bosques de *Pinus sylvestris* y *Fagus sylvatica*, siendo relegados a exposiciones umbrías por debajo de los 1300-1400 m. Las solanas están ocupadas por campos abandonados, matorrales submediterráneos y pequeños rodales de roble.

MÉTODOS

En las áreas de estudio se seleccionaron todas las cuencas cuyos tributarios han formado conos aluviales, visibles en foto aérea, en su desembocadura; el número total de cuencas es de 177. En cada cuenca se tomaron datos sobre:

1. Características morfométricas: área de la cuenca (A_c), en km^2 .
2. Litología dominante en cada cuenca, obtenida a partir de los mapas geológicos. Los datos se tomaron mediante el método de las cuadrículas, de forma que cada cuenca se dividió en cuadrados de 0.5 km de lado (1 cm en el mapa topográfico a escala 1:50.000), en cada uno de los cuales se anotó la litología predominante. Se establecieron seis clases litológicas: pizarras, cuarcitas/pizarras, calizas, areniscas/arcillas, conglomerados y materiales del flysch (areniscas/margas).

En cada uno de los conos aluviales se analizaron los parámetros que contribuyen a describir su morfometría y explicar su morfología:

1. Pendiente superficial (P_a), en grados. Se tomó en el campo, con ayuda de un clinómetro, a lo largo de un transecto longitudinal en la línea media del cono, a partir del ápice.
2. Área (A_a), en km^2 , a partir de la foto aérea del vuelo de 1977, a escala 1:18.000.
3. Grado de funcionalidad actual. Con salidas al campo y con el apoyo de la foto aérea se analizó la morfología superficial de cada cono aluvial y su comportamiento actual.

Todos los datos fueron informatizados y tratados estadísticamente. A los datos de área y pendiente de los conos aluviales se aplicó un análisis estadístico multivariable del tipo Análisis de Cluster o de Conglomerados que diferenció cinco grupos de conos en base a sus características morfométricas. Estos Grupos de conos, junto con la litología dominante en cada cuenca, permitió finalmente establecer el modelo de distribución a escala regional, en las dos áreas de estudio.

La tipología de conos se hizo a partir del análisis de los residuales de la recta de regresión de las relaciones morfométricas entre el área y pendiente de los conos aluviales y el área de sus cuencas. Este tipo de análisis de residuales ya había sido usado previamente por HARVEY (1987) y SILVA *et al.* (1992) para contrastar diferentes tipos de incisiones en la zona distal de conos aluviales del SE español.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE CONOS Y SU DISTRIBUCIÓN REGIONAL

Los datos de área y pendiente presentaban marcadas diferencias de unos conos a otros pero, dado que ambos parámetros se relacionan entre sí, para diferenciar grupos de conos de acuerdo con estas variables se ha aplicado un método estadístico multivariable de tipo Análisis de Cluster; esta técnica estadística reunió a los conos en cinco grupos (Tabla 1). Asimismo, en la Tabla 2 se observa la distribución de conos en las diferentes clases litológicas.

Tabla 1. Area y pendiente media de los Grupos de conos seleccionados por el Cluster

Grupos de conos	Nº de conos	Area (km ²)	Pendiente (°)
GRUPO 1	32	.0076	10.05
GRUPO 2	86	.0153	7.20
GRUPO 3	3	.5700	5.25
GRUPO 4	54	.0550	3.80
GRUPO 5	2	1.880	2.12

Tabla 2. Distribución (en %) de los Grupos de conos en diferentes litologías.

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5
Pizarras	3.12	12.12	0	6.20	0
Cuarcita/pizarra	25.37	25.49	0	8.43	0
Conglomerados	12.68	39.91	0	80.72	0
Areniscas/arcillas	25.25	5.37	0	2.84	0
Calizas	26.26	13.01 ^a	0	2.17	0
Flysch	7.32	4.1	100	0	100

Considerando todos estos parámetros (propiedades morfométricas de los conos y litología de las cuencas, muy vinculada a los distintos sectores en que se han dividido las áreas de estudio) se puede representar un modelo gráfico de distribución (Figura 2) a escala regional; el gráfico refleja que existen unos gradientes muy claros en la organización espacial de los grupos de conos aluviales.

a) de forma general hay una buena separación entre los conos del Sistema Ibérico/Depresión del Ebro, en La Rioja, y los conos del Pirineo Central, mostrando estos últimos, para una pendiente dada, unos tamaños mucho más grandes.

b) en la zona riojana se produce, además, un escalonamiento gradual de los distintos grupos de conos:

- Los conos más pequeños y con un gradiente superficial muy fuerte (Grupo 1) se localizan exclusivamente en la Sierra de la Demanda; proceden de cuencas cuyo sustrato se compone de rocas metamórficas del Paleozoico (pizarras, cuarcitas/pizarras) y de calizas y areniscas/arcillas mesozoicas, litologías todas ellas predominantes en este sector.

- A medida que el tamaño de los conos aluviales aumenta moderadamente y su pendiente disminuye (Grupo 2), su presencia se hace más notable en las cuencas instaladas en la plataforma de conglomerados terciarios, de manera que entramos en una banda de transición entre la montaña riojana y la zona de piedemonte, en el contacto con la Depresión del Ebro.

- Dentro del Grupo 4, aquellos conos que poseen pendientes mucho menos marcadas que los de los Grupos 1 y 2 pero tamaños relativamente similares, han sido generados casi exclusivamente (más de un 80%) desde barrancos que drenan los conglomerados del piedemonte demandino; cuando aumentan de tamaño pero mantienen la misma pendiente, aparecen junto a ellos, en el gráfico, algunos conos localizados en el tramo medio demandino del valle del

Oja, instalado sobre materiales pizarrosos y cuarcíticos y caracterizado en este sector por un amplio fondo plano. Todos los conos de mayores dimensiones y de pendientes más suaves del Grupo 4- se localizan en la plataforma de conglomerados terciarios.

En conclusión, las propiedades morfométricas de los conos riojanos varían, pasando éstos a tener tamaños cada vez más grandes y perfiles más suaves, a medida que se avanza desde las áreas montañosas más elevadas de la Sierra de la Demanda, en el Sistema Ibérico, hacia zonas más llanas, en el contacto con la Depresión del Ebro.

b) Caracterización tipológica de conos

Muchos autores han demostrado la existencia de relaciones estadísticas entre las características de los conos aluviales (área y pendiente longitudinal) y ciertos aspectos morfométricos de sus cuencas (BULL, 1962; MELTON, 1965; LECCE, 1991; HARVEY, 1992). En trabajos anteriores (GÓMEZ VILLAR, 1992, 1995) se ha comprobado que la relación de la pendiente de los conos riojanos y pirenaicos con el área de la cuenca es una de las más importantes en el estudio de su desarrollo morfométrico; igualmente, el área de la cuenca, constituye el parámetro que mejor determina, en nuestro caso, el área de los conos

Las ecuaciones resultantes de las relaciones establecidas entre el área y la pendiente de los conos aluviales riojanos y pirenaicos y el área de sus cuencas son las siguientes

$$\begin{array}{ll} Aa = .0117 Ac^{.851} & r = .756 \\ Pa = 62.661 Ac^{-.239} & r = -.670 \end{array}$$

donde Aa es el área del cono, Pa es la pendiente del cono y Ac es el área de la cuenca.

Para identificar algunos tipos de conos aluviales y observar las variaciones regionales de las características morfológicas de los mismos, se realizó un análisis de los residuales resultantes de las ecuaciones de regresión anteriores; este tipo de análisis ha permitido caracterizar los conos que más se alejaban de la recta de regresión, es decir, aquellos conos más significativamente diferentes y a la vez más representativos, en los distintos sectores de las áreas de estudio. La Figura 3 representa los residuales distribuidos en cuatro celdas; los datos con valores bajos para ambos residuales, con un comportamiento más homogéneo dentro del conjunto estudiado, y que ocuparían la zona central del gráfico (entre -1.5 y 1.5 para la relación Aa/Ac y -.1 y .1 para Pa/Ac), han sido suprimidos mientras que los otros cuatro grupos muestran una clara diferenciación, sugiriendo, en principio cuatro tipos distintos de conos (Figura 4):

TIPO 1. Conos con áreas más pequeñas y pendientes más suaves que las predichas por las ecuaciones generales (residuales negativos en las dos regresiones). Han sido depositados por pequeños barrancos que drenan la plataforma de piedemonte, compuesta por conglomerados terciarios, de la Sierra de la Demanda, en el contacto con la Depresión del Ebro, en el sector riojano. Son conos de pequeñas dimensiones, actualmente no funcionales, marcadamente incididos por un único canal, desde el ápice a la base, en el

sector central. En algunos conos la incisión es de varios metros de anchura y el cauce muestra un modelo trenzado; en otros conos se observan hasta dos niveles de incisión. Los conos desarrollados en el valle del Najerilla han sido parcialmente desmantelados en las márgenes por la acción erosiva de las aguas de este río. Buena parte de su superficie está ocupada por campos de cultivo, algunos ya abandonados, y por choperas.

TIPO 2. Conos con pendientes más fuertes y áreas más pequeñas que las predichas por las ecuaciones de la regresión general (conos con elevados residuales positivos de la regresión Área cono/Área cuenca y elevados residuales negativos de la regresión Pendiente cono/Área cuenca). Son conos relictos, muy degradados y fuertemente incididos por un canal. Se localizan en la Sierra de la Demanda, Sistema Ibérico, depositados desde cuencas instaladas en rocas metamórficas y sedimentarias. Los conos de pizarras y de areniscas/arcillas son los más grandes de este grupo, mientras que los conos de cuarcitas/pizarras y de calizas exhiben una morfología superficial muy irregular, especialmente los formados por calizas, desarrollados casi siempre dentro de la propia cuenca de la que proceden. Este aspecto se relaciona con el marcado control topográfico que impone su localización, depositados generalmente desde pequeñas cuencas, en valles estrechos y confinados, afluentes de los dos valles principales: Oja y Najerilla.

TIPO 3. Conos con gradientes más acusados y áreas más grandes que las predichas por las ecuaciones generales (elevados residuales positivos en ambas ecuaciones de regresión). Corresponden en su totalidad a los conos del flysch eoceno, en el valle del Gállego. Están formados por coladas de piedras en la zona proximal, que han transportado materiales morrénicos de grandes dimensiones -explicando ambos hechos su elevada pendiente- y por procesos mixtos, fluviales y laminares en las partes media y distal.

Han sido conos muy torrenciales hasta fechas muy recientes. Su superficie estaba dividida en varios sectores fácilmente diferenciables: un sector cultivado, más antiguo, otro inactivo desde hacía tiempo, colonizado por matorrales y árboles, otro más recientemente inactivo con sauces y otro directamente afectado por las avenidas, sin vegetación y con canales trenzados. Los cambios de usos del suelo que han tenido lugar en sus cuencas en las últimas décadas y las obras de control de la erosión -presas y diques de retención de sedimentos en los cauces- ha alterado el funcionamiento de las cuencas y la dinámica y morfología de los conos aluviales, de forma que los procesos dominantes en los conos son: la migración lateral del canal, la incisión, en algunos conos de varios metros, y, en consecuencia, una reducción drástica del área funcional.

Algunos de estos conos son actualmente semifuncionales. Los modelos trenzados han desaparecido y su actividad ha quedado reducida a un canal principal, más encajado en el ápice, desviado hacia una de sus márgenes, no obstante, los procesos de erosión desencadenados por la propia incisión de este cauce en la zona proximal, han dado lugar a una deposición de sedimento -acumulación o agradación- en la zona distal, a través de los puntos de intersección (HOOKE, 1967). Se trata en definitiva de conos con atrincheramiento proximal acompañado en algunos casos de acumulación distal.

TIPO 4. Conos con pendientes más suaves y áreas más grandes que las predichas por las ecuaciones de regresión general (elevados residuales

negativos en la relación Pendiente cono/Area cuenca y altos residuales positivos en la relación Area cono/Area cuenca). Incluye conos compuestos por conglomerados terciarios, en el piedemonte demandino y dos conos del flysch, en el valle del Gállego. Los modelos superficiales varían según su localización regional, pudiéndose distinguir hasta tres modelos diferentes, correspondientes a cada uno de los tres valles principales que conforman las áreas de estudio:

- Los conos del valle del Oja mantienen la forma típica en cono aluvial. La amplitud de este valle, de fondo plano, ha favorecido la expansión de los sedimentos depositados por los barrancos tributarios sobre el cono; por otra parte el Oja, que en este sector ya baja muy cargado de sedimentos, no tiene suficiente energía para desmontarlos. En la actualidad no son funcionales, aunque algunos presentan, en torno al ápice, signos de actividad relativamente recientes. Están drenados por un solo canal, con un trazado sinuoso o ligeramente ameandrado, muy poco encajado en sus propios depósitos. Gran parte de superficie se halla cultivada.

- Los conos del valle del Najerilla presentan un área más irregular, condicionada por las propias características morfológicas de este valle, más estrecho y sinuoso que el del Oja. Son conos no funcionales, ocupados por campos cultivados y matorral, profundamente incididos desde el ápice a la base por un canal, que en los conos más grandes ha sufrido distintas fases o niveles de encajamiento; estos conos además han modificado el trazado del río forzándolo a describir amplios meandros, desplazando su cauce contra la orilla opuesta allí donde han sido depositados los conos. Las aguas del río han socavado parcialmente las márgenes distales de algunos conos.

- Los conos del Gállego son los más extensos de todo el conjunto analizado. Son conos complejos donde la incisión del canal en la zona proximal, formada por coladas de piedras, ha dado lugar a procesos de deposición -procesos transicionales y fluviales sobre todo- en las zonas media y distal a través de los puntos de intersección. Esta redistribución de los sedimentos explica el aumento del área de los conos y, en consecuencia, la reducción de su pendiente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las variaciones en las características morfométricas que presentan los conos aluviales en el gráfico de distribución regional no sólo están relacionadas con las propias características de las cuencas de las que proceden sino también con las características morfológicas de los valles (KOCHEL, 1990; ONO, 1990) en los distintos sectores de las áreas de estudio puesto que, tal como se ha comprobado, en cada uno de ellos dominan conos con características morfométricas diferentes:

- En el valle del Gállego los conos aluviales pirenaicos muestran una variada morfometría, estrechamente relacionada con el tamaño de sus cuencas (GÓMEZ VILLAR, 1995); no obstante, la amplitud de este valle, en forma de artesa glaciaria, y los sedimentos de origen glaciolacustre y del flysch eoceno -muy susceptibles a la erosión-, han favorecido la formación de grandes conos aluviales.

- En la plataforma de conglomerados de borde de cuenca, la numerosa presencia de conos aluviales de considerables proporciones esta justificada por

el predominio de amplios valles de fondo plano y un elevado aporte de sedimentos procedente de los movimientos en masa (GARCÍA RUIZ, 1985) que afectan a las laderas de sus cuencas.

- En la Sierra de la Demanda se localizan los conos más pequeños y de pendiente más pronunciada; su expansión superficial se ha visto limitada por su formación en valles estrechos y encajados, de fuerte pendiente longitudinal. Los conos más grandes incluidos en este sector se han formado precisamente en aquellos tramos donde los valles se amplían: curso medio de montaña, en el caso del Oja, y en la banda de materiales mesozoicos en Najerilla.

La litología (grado de erodibilidad) también constituye un factor de control muy importante de las características morfométricas de los conos, en tanto que determina el tipo de material disponible para ser erosionado y transportado hacia los conos. El sustrato rocoso constituye un factor de control del área de los conos del flysch, conglomerados y pizarras, los más grandes de todo el conjunto estudiado. La litología influye especialmente en la pendiente del cono por el control del tamaño de los sedimentos; en este, conos alimentados por calizas y areniscas/arcillas y los conos más pequeños del flysch poseen pendientes relativamente más fuertes que los conos procedentes de rocas metamórficas y conglomerados. Por otro lado existe una interrelación entre los Grupos de conos y la gradación altitudinal de las diferentes litologías: los sectores más elevados de la Sierra de la Demanda están formados por pizarras, cuarcitas/pizarras y, en menor proporción, por calizas y areniscas/arcillas; el contacto entre la Sierra y la Depresión del Ebro, a menor altitud (< 1300 m) esta constituido en su totalidad por conglomerados terciarios. En el valle del Gállego el flysch se extiende por una amplia banda altitudinal, desde los 800 m a > 1800 m.

Trabajos previos (BULL, 1962; HARVEY, 1988; 1992) han demostrado que, dentro de un área de estudio determinada, la relación entre las características morfométricas de los conos y la litología y el área de la cuenca afectan a las dimensiones de los conos y a las características de los depósitos que los forman, influyendo en el gradiente superficial de los mismos; igualmente hay una buena tendencia a que cuencas pequeñas generen conos pequeños y de elevada pendiente, mientras que cuencas de mayores dimensiones tienden a producir conos grandes, depositados por procesos fluviales principalmente, con pendientes suaves. A otra escala de diferencias entre conos aluviales individuales, es también la litología, mediante el tipo de material y procesos deposicionales que los forman, el parámetro que adquiere mayor relieve.

Es evidente que la complejidad de los conos resulta de una interacción entre las características de la cuenca de alimentación, el sustrato rocoso y las características del área deposicional. El aspecto más notable de los conos riojanos y pirenaicos aquí analizados parece ser su estado actual en fase de disección, lo que refleja en conjunto una disminución de la disponibilidad de sedimento (GÓMEZ VILLAR, 1995), lo cual parece estar relacionado con:

a) una influencia derivada de los cambios en algunas variables externas por la intervención antrópica en las cuencas (cambios en la estructura y densidad de la vegetación debido a la evolución de los usos del suelo); este hecho afecta especialmente a los conos en conglomerados y del flysch eoceno, los cuales han modificado su funcionamiento torrencial hasta fechas muy

recientes, encontrándose actualmente en una fase o bien de moderada incisión -conos en conglomerados-, o, en el caso de los conos pirenaicos, en una fase de reducción drástica de las áreas más inestables, con incisión proximal y, en ocasiones, agradación distal.

b) el hecho de que el material aportado desde la cuenca de alimentación no contribuya a su ampliación, puesto que es transportado fuera de los límites del cono por el canal que lo ha disectado, de forma que los conos ejercen la función de conexión entre las áreas-fuente de sedimento y los cauces principales; es el caso de muchos conos, en fase de disección total, de la Sierra de la Demanda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNÁEZ VADILLO, J. (1987): Formas y procesos en la evolución de vertientes de la Sierra de la Demanda (Sistema Ibérico). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, Tomo XIII (1-2). 153 pp.
- BULL, W.B. (1962): Relations of alluvial fans size and slope to drainage basin size and lithology in Western Fresno County, California. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 450 B: 51-53.
- BULL, W.B. (1977): The alluvial fan environment. *Progress in Physical Geography*, 1: 222-270.
- GARCÍA RUIZ, J.M. (1985): Movimientos en masa en los conglomerados del contacto Depresión del Ebro/Sistema Ibérico en La Rioja. *Actas del 1 Coloquio sobre Geografía de La Rioja*. Ciencias de la Tierra. Geografía de La Rioja nº 5: 107-118. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño.
- GARCÍA RUIZ, J.M. y PUIGDEFÁBREGAS, J. (1982): Formas de erosión en el flysch eoceno surpirenaico. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. Procesos en Geomorfología, Tomo VIII (1-2): 85-124.
- GARCÍA RUIZ, J.M. y MARTÍN RANZ, M.C. (1992): *El régimen de los ríos de La Rioja*. Ciencias de la Tierra, nº 14. 69 pp. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño.
- GÓMEZ VILLAR, A. (1992): Relaciones morfométricas entre conos aluviales y sus cuencas de drenaje en el Sistema Ibérico riojano/Depresión del Ebro y Pirineo aragonés. En: F.López Bermúdez, C.Conesa y M.A. Romero Díaz (Eds). *Estudios de Geomorfología en España*. Actas de la II Reunión Nacional de Geomorfología. 23-25 de septiembre de 1992, Murcia. pp: 315-324.
- GÓMEZ VILLAR, A. (1995): *Dinámica geomorfológica y conos aluviales en pequeñas cuencas torrenciales de montaña*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Zaragoza. 423 pp.
- GÓMEZ VILLAR, A. (1996): *Conos aluviales en pequeñas cuencas torrenciales de montaña*. Geoforma Ediciones. 191 pp. Logroño.
- HARVEY, A.M. (1987): Patterns of Quaternary aggradational and dissectional landform development in the Almeria region, southeast Spain: a dry region, tectonically active landscape. *Die Erde*, 118: 193-215.
- HARVEY, A.M. (1988): Controls of alluvial fan development: the alluvial fans of the Sierra de Carrascoy, Murcia, Spain. *Catena Supplement.*, 13: 123-131.
- HARVEY, A.M. (1992): Controls on Sedimentary Style on alluvial fans. En: P. Billi, R.D. Hey, C.R. Thorne y P.Tacconi (Eds). *Dynamic of gravel-bed rivers*. John Wiley & Sons. pp: 519-535.
- HOOKE, R.L.B. (1967): Processes on arid-region alluvial fans. *Journal of Geology*, 75: 438-460.
- KOCHEL, R.C. (1990): Humid fans of the Appalachian Mountains. En: A.M. Rachocki & M.Church (Eds). *Alluvial fans. A field approach*. John Wiley & Sons. pp: 3-24.
- LECCE, S.A. (1991): Influence of lithologic erodibility on alluvial fan area, Western White

- Mountains, California and Nevada. *Earth Surface Processes and Landforms*, 16: 11-18.
- MELTON, M.A. (1965): The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *Journal of Geology*, 73: 1-38.
- ONO, Y. (1990): Alluvial fans in Japan and South Korea. En: A.M. Rachocki & M.Church (Eds). *Alluvial fans. A field approach*. John Wiley & Sons. pp: 91-107..
- PIERSON, T.C. (1980): Erosion and deposition by debris flows at Mt. Thomas, North Canterbury, New Zealand. *Earth Surface Processes*, 5: 227-247.
- SCHUMM, S.A. (1977): *The fluvial System*. John Wiley & Sons. 338 pp. New York, Chichester.
- SILVA, P.G., HARVEY, A.M., ZAZO, C. y GOY, J.L. (1992): Geomorphology, depositional style and morphometric relationships of Quaternary alluvial fans in the Guadalentin Depression (Murcia, Southeast Spain). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 36 (3): 325-341.

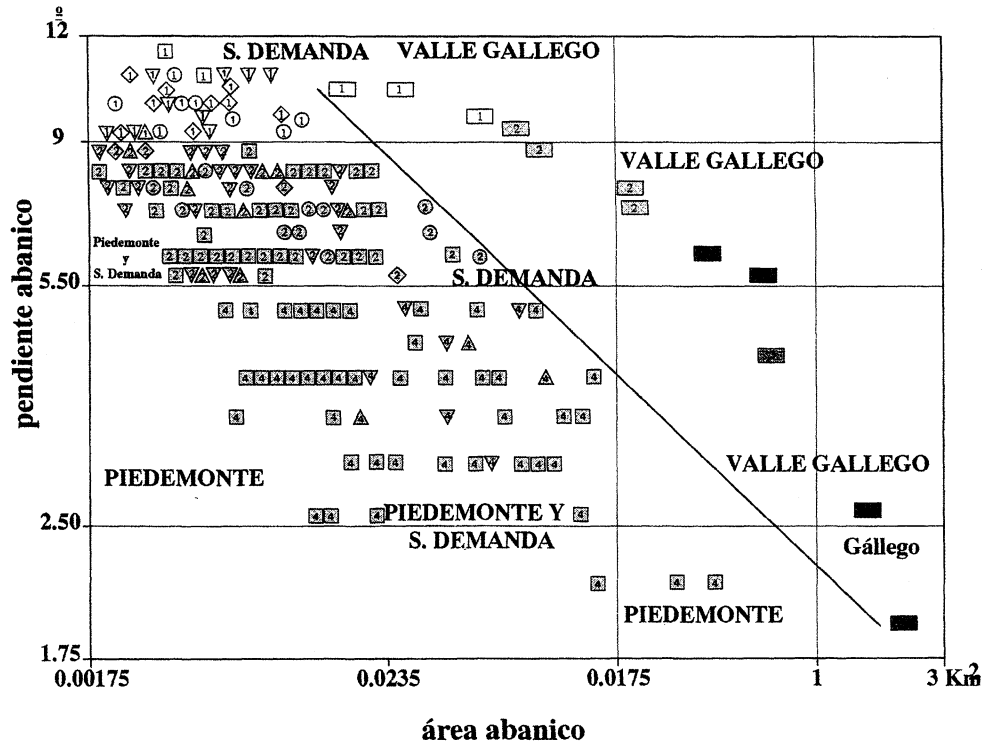
Pies de Figura

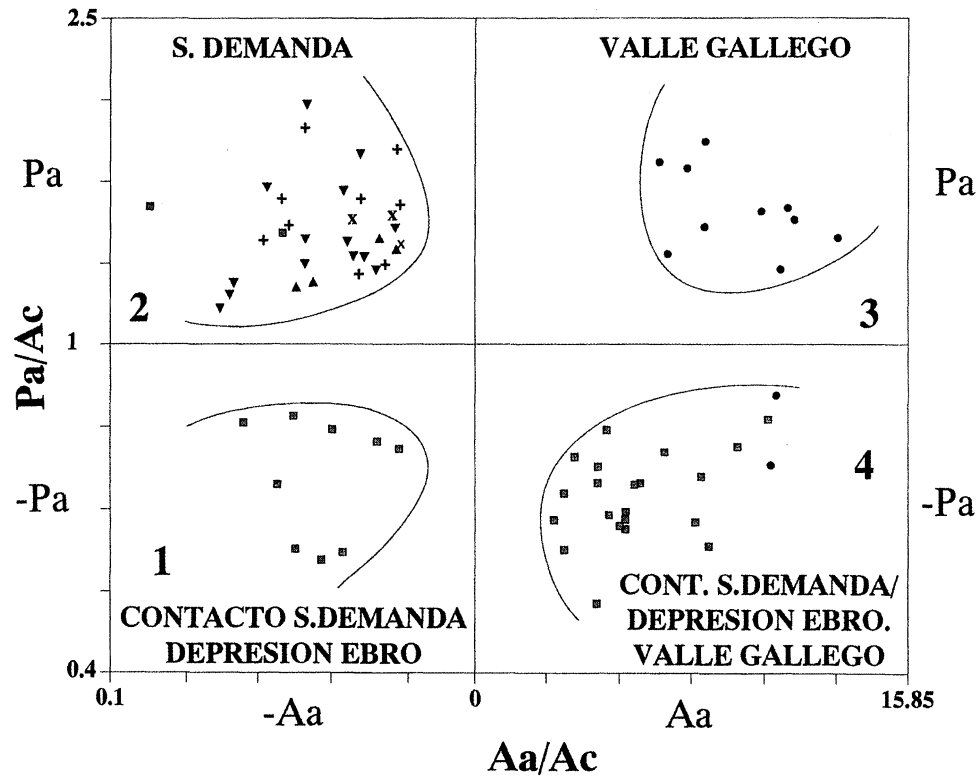
Figura 1. Localización de las áreas de estudio.

Figura 2. Distribución de los Grupos de conos obtenidos por el Análisis de Cluster, en función de su área y pendiente, a escala regional.

Figura 3. Gráfico de los residuales de las relaciones de regresión entre el Área de los conos/ Área de las cuencas y Pendiente de los conos/ Área de las cuencas.

Figura 4. Modelos de conos más representativos de las dos áreas de estudio obtenidos a partir de los residuales de las relaciones de regresión entre el Área de los conos/ Área de las cuencas y Pendiente de los conos/ Área de las cuencas





- ▲ Pizarras ■ Conglomerados • Flysch
- ▼ Cuarcitas/Pizarras
- + Calizas × Areniscas/Arcillas

