

| | | | | | |
|-------------------------|----|-----|-------|---------|------|
| Cuadernos I. Geográfica | 17 | 1-2 | 69-88 | Logroño | 1991 |
|-------------------------|----|-----|-------|---------|------|

ALGUNOS RASGOS DE LA ORGANIZACION ESPACIAL DE LOS SEDIMENTOS EN CONOS ALUVIALES. EL EJEMPLO DEL VALLE DEL GALLEGO

Amelia GOMEZ VILLAR*

RESUMEN.- Se estudia la distribución del tamaño y desgaste de sedimentos en la superficie y en el canal funcional de los conos de Escuer, Orós y Oliván en el río Gállego (Pirineo central) en el sector del Flysch Eoceno. Se discuten algunos aspectos de la evolución de estos parámetros desde el ápice a la base en relación con los modos de deposición y características de las cuencas.

SUMMARY.- The distribution of the size and roundness of sediments found on the surface and in the functional channel of the Escuer, Oros and Oliván alluvial fans in the Gállego river (Central Pyrenees) in the Flysch eocen sector are studied. It considers some aspects of the evolution of these parameters from the apex to the base concerning depositional processes and drainage basin characteristics.

Palabras clave: Conos aluviales, Flysch Eoceno, río Gállego, sedimentos, cuencas.

Key words: alluvial fans, Eocen Flysch, Gállego river, sediments, drainage basins.

Los afluentes del río Gállego (Pirineo central), en el sector del Flysch eoceno, forman en su desembocadura importantes conos aluviales, que constituyen importantes ambientes deposicionales. Sus áreas antigua y recientemente abandonadas reflejan en superficie distintas estructuras sedimentarias y modelos de colonización por la vegetación (GÓMEZ VILLAR *et al*, 1989; GÓMEZ VILLAR y MARTÍNEZ CASTROVIEJO, 1991); a la vez, su sector funcional permite, en algunos casos, la continuidad del movimiento de los materiales desde las áreas productoras de sedimentos hasta el cauce del río Gállego, de tal forma que el seguimiento de los materiales en el sector activo permite establecer un nexo de unión entre las características y dinámica de las áreas-fuente de sedimentos y

* Departamento de Geografía. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño.

el valle principal donde son depositados. Hemos seleccionado los conos de Orós —con un canal incidido en superficie, desde el ápice a la base—, Oliván y Escuer —con atrincheramiento del cauce en el ápice y acumulación media y distal—, los menos alterados por la acción antrópica. En cada uno de ellos estudiaremos la distribución lineal del tamaño y desgaste de los sedimentos, tanto en superficie como en el canal funcional, y observaremos los cambios que se producen en su evolución desde el ápice a la base relacionándolos con las características topográficas, usos del suelo y áreas productoras de sedimentos en sus cuencas.

1. Area de estudio: características de las cuencas

Las cuencas de Orós, Escuer y Oliván pertenecen a la cuenca del río Gállego (Pirineo aragonés), dentro de la amplia banda de Flysch eoceno (Fig. 1), caracterizado por la alternancia de margas y areniscas en bandas delgadas y afloramientos muy puntuales de bancos de calizas. El clima es de tipo submediterráneo, con importantes contrastes térmicos, dos máximos pluviométricos en mayo y noviembre y una pequeña punta de sequía en julio. La precipitación anual supera los 1.000 mm por encima de los 1.000 m de altitud (CREUS, 1983). La temperatura media anual oscila entre 9 y 10 °C en verano, alcanzándose máximas de 26-28 °C en julio. En invierno la media de las temperaturas mínimas en el mes más frío se sitúa en los -3 °C (GARCÍA-RUIZ y PUIGDEFABREGAS, 1982).

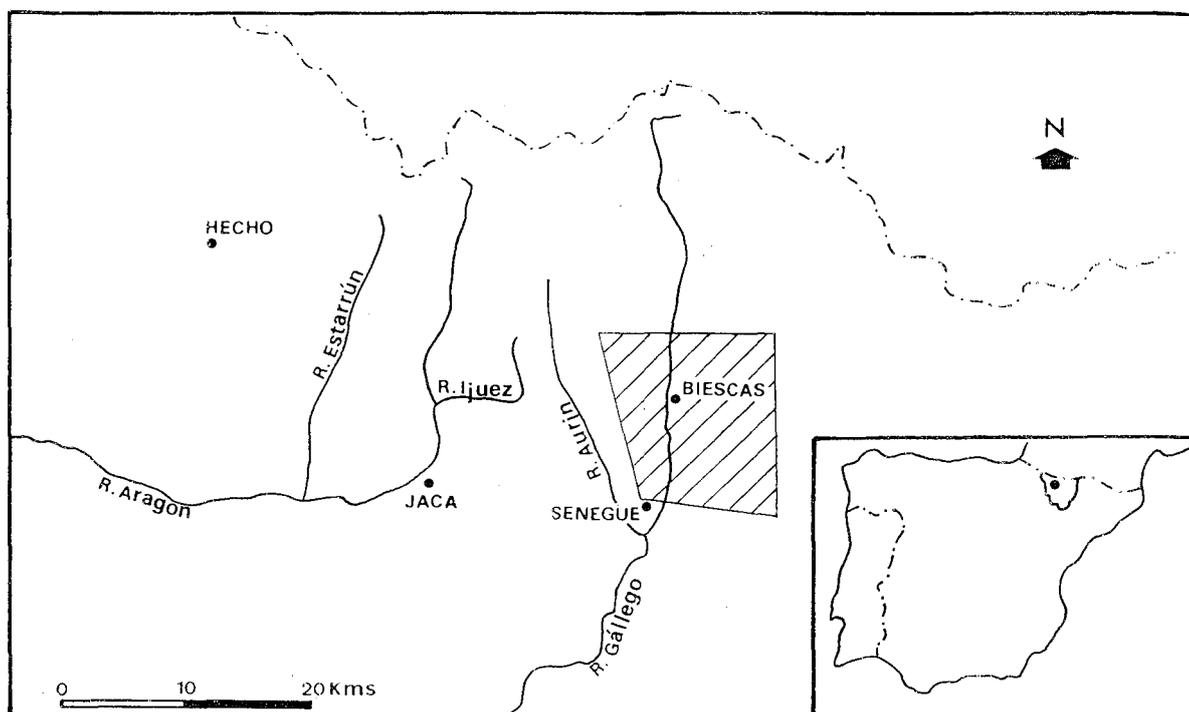


Fig. 1. Area de estudio.

El análisis morfométrico de las características topográficas, usos del suelo y dinámica geomorfológica de las tres cuencas (Fig. 2) aporta información básica para explicar la dinámica y características sedimentológicas de los conos aluviales. El método seguido se ha apoyado en el análisis cartográfico, mediante la división de las cuencas, en el mapa topográfico, en cuadrículas de 1 cm de lado (500 m en la escala 1: 50.000). En cada una de ellas se han tomado datos de la altitud media, pendiente y exposición. Se ha empleado también la fotografía aérea para definir los usos del suelo —campos cultivados, campos abandonados, pastizales, matorrales, bosques y repoblaciones forestales— y categoría geomorfológica dominante —erosión muy severa (cárcavas, cabeceras activas y movimientos en masa), severa (arroyamiento difuso) y erosión moderada—.

La banda altitudinal dominante es la que va de 1.200 a 1.800 m, que ocupa el 74% de la superficie total de las tres cuencas, y especialmente la del intervalo de 1.200 a 1.500 m (52,2%), localizada en el sector central de las mismas. La representación es mínima por debajo de la cota de 900 m (1,7%) y por encima de 1.800 m (2,15%), sólo presente esta última en las cuencas de Orós y Oliván.

La distribución de las pendientes guarda una estrecha relación con la altitud. Las cuencas de Orós y Oliván, con intervalos de altitudes más elevadas y cuencas más extensas, poseen un mayor porcentaje de pendientes superiores al 60%. El intervalo más importante es el de 20-40% (51%), sobre todo en la cuenca de Escuer (79%). Las pendientes más fuertes se localizan en las proximidades de las cumbres divisorias de aguas y, especialmente, junto a las márgenes de los barrancos.

Las orientaciones dominantes son las septentrionales (36,2%) y meridionales (34,6%), excepto en la cuenca de Escuer donde, por su posición topográfica dentro de la cuenca del Gállego, predomina la exposición E. Aunque generalmente la exposición influye en menor medida que los otros factores en la evolución de las vertientes, se aprecia que las laderas orientadas al N están más regularizadas que el resto, sometidas a una mayor explotación por parte del hombre, a la vez que presentan unos procesos geomorfológicos más activos.

Las formas y procesos de erosión se distribuyen en las tres cuencas en función de los factores mencionados más arriba y están especialmente relacionadas con los usos del suelo. Los procesos de detalle, como la solifluxión, deslizamientos y erosión laminar, sólo aparecen en Orós y Oliván en altitudes superiores a los 1.600 m, próximos a las divisorias, en la zona de pastos de montaña. La mayoría de las umbrías y parte de las solanas —entre 1.100 y 1.600 m y con pendientes en torno al 40%—, se hallan cubiertas de bosque, que ocupa un porcentaje de la superficie muy importante en todas las cuencas. En estas condiciones, la estabilidad geomorfológica es el rasgo más característico: sólo se observan redes de drenaje de formación reciente y pequeños desprendimientos muy puntuales que no llegan a conectar con los canales principales. En las solanas, la actuación del hombre ha sido más intensa, sustituyendo los bosques originales por campos de cultivo (aprovechando generalmente rellanos colgados de menor pendiente), que actualmente están prácticamente abando-

GOMEZ VILLAR

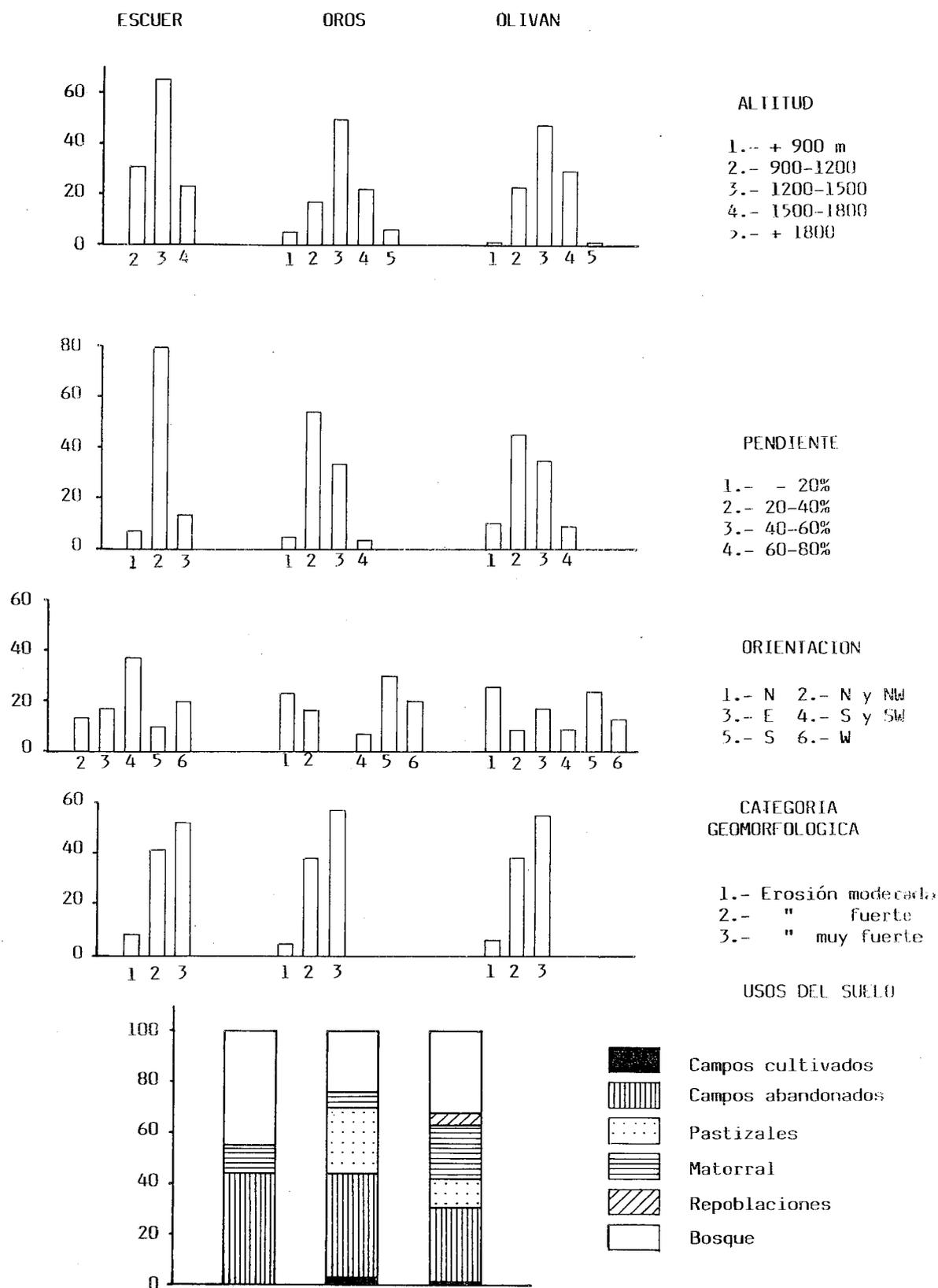


Fig. 2. Características de diversos parámetros de las cuencas de Escuer, Orós y Oliván.

ORGANIZACION ESPACIAL DE SEDIMENTOS EN CONOS ALUVIALES

nados en su totalidad; el predominio del matorral en amplios sectores de estas laderas es otro rasgo característico. En los primeros domina la erosión severa, en forma de arroyamiento difuso y pequeñas incisiones; en la cuenca de Orós, la construcción de pistas forestales en zonas de campos de cultivo hoy abandonados ha dado lugar a la formación de extensas áreas acarcavadas. Una dinámica más activa aparece en el sector del matorral, con fuertes pendientes y escasa cubierta vegetal: en él se forman densas redes de rigolas y cabeceras activas de barrancos que enlazan con los cauces, alimentándolos de grandes cantidades de material grueso. En ocasiones, las incisiones se hacen cada vez más marcadas hacia la base de la ladera convirtiéndose en auténticas cárcavas.

Los sectores con menor altitud y muy pendientes, próximos a los cauces de las tres cuencas, son muy inestables, caracterizados por desprendimientos masivos favorecidos por la fuerte incisión de los barrancos principales y aportan material directamente a los cauces. Este hecho se aprecia especialmente en Escuer (el cauce ha erosionado el material del rellano de obturación y además se han instalado torrentes muy activos y se produce erosión remontante desde el valle principal, a favor de un material fácilmente erosionable —Escuer alto—), y en los cursos medio y bajo de Orós y Oliván, donde ya se hace patente su incapacidad para transportar todo el material, ensanchándose el cauce y formándose barras sedimentarias.

TABLA 1
Características morfométricas de las cuencas y conos aluviales

| | Escuer | Oliván | Orós |
|--------------------------------------|--------|--------|-------|
| Pendiente media del barranco (%) | 15.8 | 6.7 | 15.4 |
| Densidad de drenaje | 2.6 | 2.48 | 2.12 |
| Area del cono (km ²) | 0.392 | 1.54 | 0.690 |
| Area de la cuenca (km ²) | 6 | 32.25 | 12.25 |
| Altitud media cuenca (m) | 1283 | 1.389 | 1.403 |
| Pendiente media cuenca (%) | 35.78 | 40.29 | 37.31 |

Los movimientos en masa, cárcavas y cabeceras activas son las principales áreas-fuente de sedimentos, que se incorporan a través de una densa red de drenaje (Tabla 1) a los cauces principales, muy empinados, y con rupturas de pendiente muy marcadas (Fig. 3) cuando cortan morrenas laterales del glaciar del Gállego (BARRERE, 1966; SERRANO, 1991). Todo el material suministrado a los tres cauces es depositado en el valle principal mediante los conos conocidos con los nombres de Escuer, Orós y Oliván, situados en altitudes entre 790 y 900 m con pendientes relativamente fuertes y cuya dinámica está hoy muy atenuada por las obras de encauzamiento en sus ápices, favoreciendo la profunda incisión del cauce en los tres conos en la zona proximal.

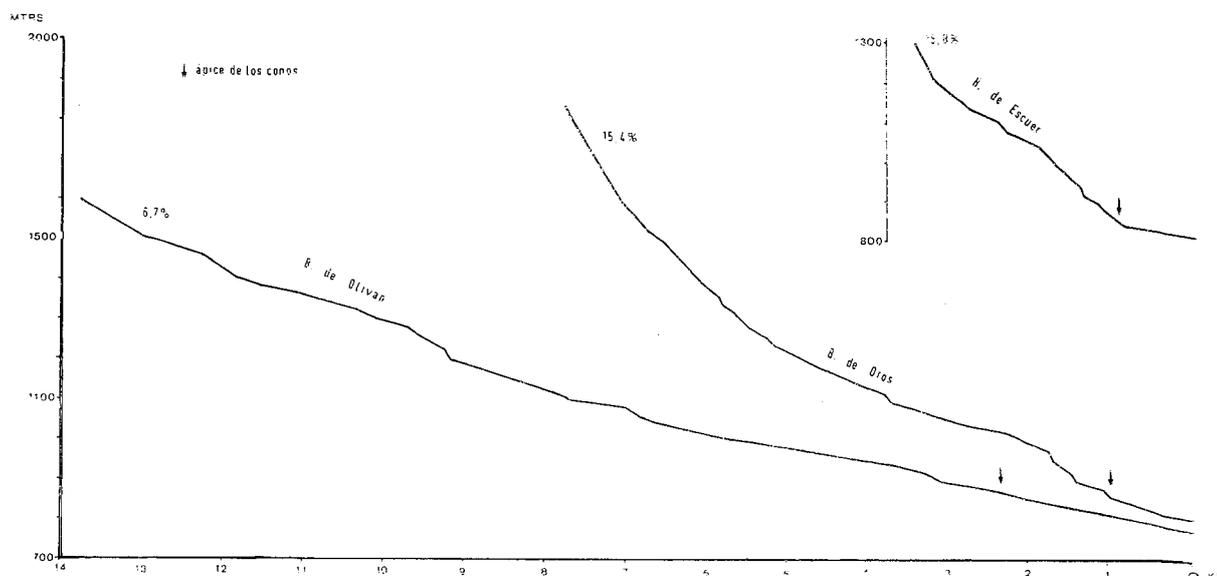


Fig. 3. Perfiles longitudinales de los barrancos de Escuer, Orós y Oliván.

2. Métodos

Se han realizado dos perfiles longitudinales desde el ápice a la base, uno en el canal funcional y otro en la superficie más recientemente abandonada, porque preserva las estructuras y disposición de los sedimentos mejor que las áreas inactivas desde hace tiempo, muy colonizadas por la vegetación y con el material muy fragmentado; en ellos se han tomado datos morfométricos de cantos —según el método del WOLMAN (1954)— del eje longitudinal (a), transversal (b) y del radio menor de rodamiento (r). Estos parámetros han permitido obtener el índice de desgaste definido por TRICART y CAILLEUX (1963). El tamaño de los cantos se ha referido en todos los casos al determinado por el eje b cada 5 m en el cauce y cada 10 m en la superficie en el cono de Orós, cada 10 m en el cono de Escuer y cada 15 m en el de Oliván, dadas las dimensiones de este último. El tratamiento estadístico posterior de los datos revela la evolución y diferencias espaciales más notables en la distribución lineal de los sedimentos, desde el área proximal a la base de los conos.

3. Evolución lineal de las características de los sedimentos en el canal y en la superficie de los conos

3.1. Tamaño

a) En los canales. Los gráficos de los perfiles realizados dentro de los canales (Fig. 4) reflejan una marcada disminución del tamaño de los sedimentos desde

el ápice a la base para los tres conos, pero con unas fluctuaciones muy significativas en cada uno de ellos:

En el cono de Escuer (Fig. 4 c) la disminución se realiza casi de forma exponencial. En los primeros 200 m, en el ápice, donde la pendiente media es muy importante (10,5%), existe una gran dispersión del tamaño de los cantos, con la presencia de bloques de más de 1.500 mm de eje *b* (desaparecen rápidamente tras recorrer una corta distancia aguas abajo) junto con cantos más pequeños. La construcción de una serie de diques escalonados de retención de sedimentos en el ápice ha contribuido a la profunda incisión hecha por el agua en este sector, donde aflora el sustrato rocoso y sólo permanecen grandes cantos procedentes de los depósitos de acumulación glaciar (localizados inmediatamente aguas arriba de la salida del barranco al valle principal) y algunos sedimentos finos atrapados entre las estrías del sustrato. Esta alternancia de materiales con calibre tan contrastado se da a lo largo de buena parte del recorrido, aunque los valores disminuyen progresivamente, y queda reflejado en los marcados dientes de sierra que configuran el perfil. Se trata de un canal muy pendiente, con una morfología de torrente de montaña a base de *riffles* (con pendiente entre el 12 y el 19%), formados por esos bloques de grandes dimensiones, y *pools*, con pendientes mucho más suaves (3-4%), donde se acumula el material más pequeño. Estas grandes variaciones explican que la relación entre el tamaño del eje *b* y la distancia no sea altamente significativa ($r = 0.77$). En la base del cono la disminución del tamaño de cantos, todos inferiores a 200 mm, se hace de forma gradual. El cauce del cono de Escuer no llega a enlazar con el cauce actual del Gállego y la deposición se produce en este sector, lo que da lugar a un perfil ligeramente convexo en los últimos metros.

En el cauce de Orós (Fig. 4 b) el material, bastante homométrico (cantos entre 100 y 600 mm, con escasa presencia de grandes bolos, excepto en la zona del ápice), disminuye de tamaño en una proporción constante con la distancia, más bruscamente hacia la desembocadura —presencia casi exclusiva de guijarros y gravilla—. El gráfico muestra además que ese descenso es sobre todo intenso en los cantos mayores permaneciendo poco mudable el conjunto de cantos más pequeños, que se mantiene constante a lo largo de todo el recorrido. Predominan en el canal las pendientes inferiores a 7%, aunque son más elevadas en torno al ápice (8,5%) y zona media donde por otro lado encontramos los cantos más grandes.

La distribución de sedimentos en el cauce de Oliván (Fig. 4 a) presenta una situación intermedia entre las dos anteriores. El tamaño de los sedimentos disminuye rápidamente, al igual que en Escuer, y la correlación entre tamaño y distancia recorrida es la más alta del conjunto ($r = 0.9$). El gráfico permite distinguir dos tendencias en la evolución general:

—En los primeros metros, en el ápice, con una pendiente poco acusada (4,2%), sólo encontramos sedimentos muy gruesos, entre 200 y 1.000 mm de eje *b*, la presencia de dos presas de retención de sedimentos inmediatamente aguas arriba de la desembocadura del barranco ha favorecido el *armouring* y lavado de finos en este sector, lo que justifica la presencia de cantos grandes y

GOMEZ VILLAR

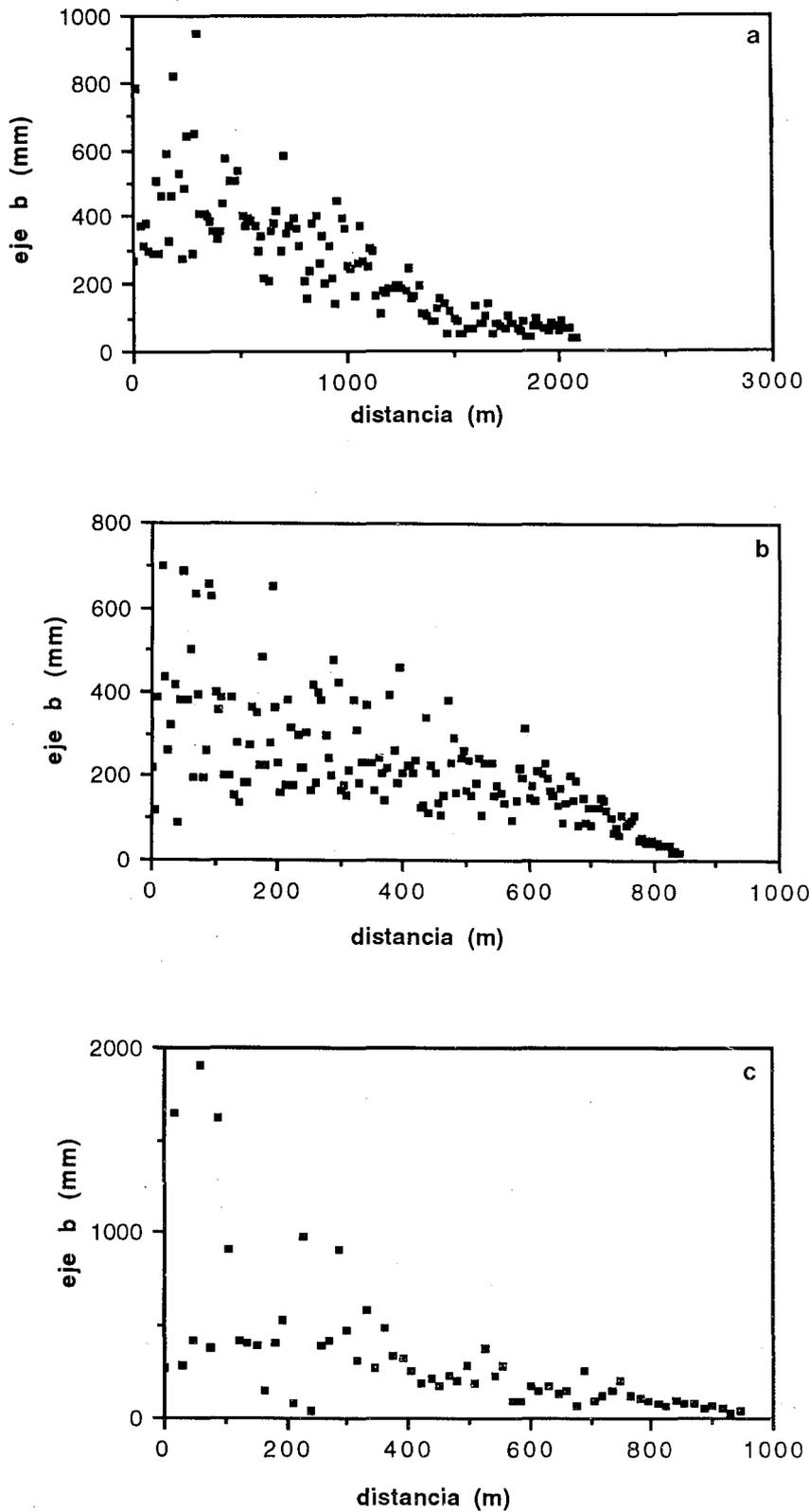


Fig. 4. Evolución del tamaño de cantos desde el ápice a la base en el cauce de los conos: a. Oltván, b. Orós, c. Escuer.

ausencia de material más pequeño. El tamaño de estos sedimentos desciende rápidamente hasta recorrida una distancia de 500 m. Entre los 500 m y hasta los 1.200 m (zona media) aumenta, aunque de forma poco acusada, la dispersión de tamaños (entre 100 y 500 mm) que se traduce en un ligero abombamiento del gráfico. Coincide con una zona donde el cauce, dividido en varios canales con barras sedimentarias entre ellos, ha sido invadido por depósitos de crecida caracterizados por la presencia de gravas gruesas que rellenan dichos canales, lo que ha dado lugar a un notable aumento del tamaño de los sedimentos —posiblemente toda esta zona coincida con un punto de intersección (HOOKE, 1967)—. A partir de aquí el cauce se estrecha momentáneamente para dividirse nuevamente aguas abajo, en la parte más distal, en brazos muy estrechos, algunos de los cuales están retrollenados y que en cualquier caso no enlazan con el río Gállego, lo que supone una acumulación distal del cono.

—La parte distal (1% de pendiente) se caracteriza por el acusado descenso del tamaño de los cantos y la gran homometría de los mismos, con valores inferiores a 200 mm, confiriendo un aspecto cóncavo al perfil en este sector. Al igual que en Escuer, el abombamiento del perfil en los últimos metros coincide con la zona de deposición del canal que no desemboca en el río principal, produciendo acumulación distal. Aquí el material ha recorrido una larga distancia y está mejor clasificado, aunque presenta unos tamaños algo superiores a los de Orós y Escuer.

b) En la superficie. La evolución del tamaño de sedimentos en la superficie presenta notables diferencias en algunos de los conos con respecto al cauce. El carácter más torrencial de los depósitos del cono de Escuer queda patente en la Fig. 5 a. Los cantos más heterométricos del sector proximal son depositados por coladas de piedras —alternan bloques de casi 1.500 mm con guijarros y gravas, de unos 100 mm. Cono abajo, esta distribución se mantiene pero con un acortamiento de los calibres —descienden por debajo de los 1.000 mm—. Los picos, formados por cantos de calibre superior —de hasta 800 mm—, corresponden a lóbulos de coladas, compuestas por una base de sedimentos más pequeños y cantos más grandes hacia los lóbulos frontales. La zona media distal está invadida por sedimentos procedentes del desbordamiento del canal, en forma de lóbulos de piedras, mejor clasificadas que en el ápice. El tramo final del perfil de cantos se caracteriza por la homometría del material, que disminuye de tamaño hasta los 50 mm, en los últimos metros. De hecho, el nivel de significación de la correlación tamaño de cantos en la superficie/distancia ($r = 0.65$) es menor que para el canal.

El perfil de cantos de la superficie de Orós (Fig. 5 b) se caracteriza por un menor rango de tamaños: todos los cantos tienen prácticamente un calibre entre 300 y 100 mm, excepto en la parte distal. La mejor clasificación de los sedimentos y la disminución del calibre de los mismos de forma lineal desde el ápice a la base con un indicio de que procesos de tipo fluvial, con mayor capacidad de selección, han intervenido mayormente en su formación.

GOMEZ VILLAR

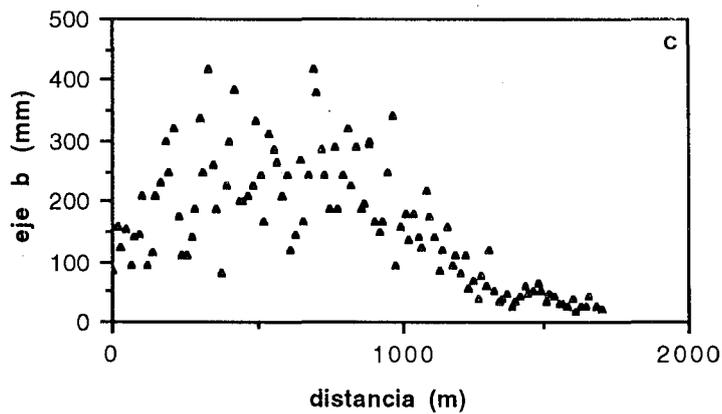
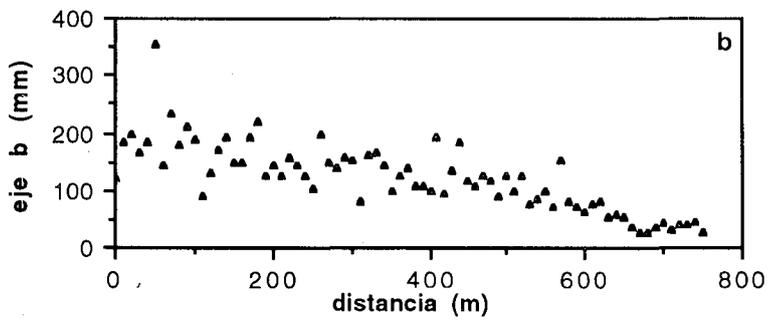
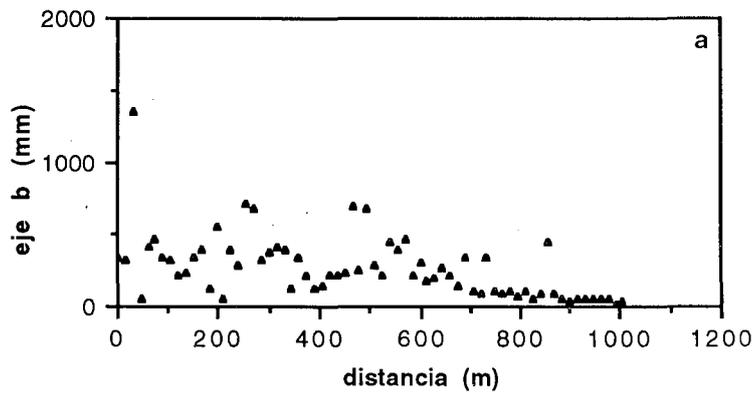


Fig. 5. Evolución del tamaño de cantos desde el ápice a la base en la superficie de los conos: a. Escuer, b. Orós, c. Oliván.

En el cono de Oliván (Fig. 5 c) la escasa presencia de sedimentos gruesos en el ápice se debe a que se trata de una zona que no es funcional desde hace tiempo y está densamente colonizada por la vegetación, con el material muy fragmentado. El tamaño de los cantos, entre 50 y 150 mm en la zona proximal, aumenta de forma lineal hacia la zona media hasta valores de 450 mm, sin la presencia de cantos tipo gravilla, por debajo de los 100 mm. En los sectores próximos al ápice, la distribución de tamaños de cantos sugiere la existencia de una serie de coladas muy viscosas, que han transportado los grandes cantos hasta sectores alejados de la salida del barranco al valle. En realidad, toda esta área parece funcionar como una gran colada, que ha avanzado sobre pendientes relativamente suaves (inferiores al 6%), compuesta de sedimentos gruesos que aumentan hacia el frente de la misma. Coincide este sector con la zona de desbordamiento del canal, que en este punto deja momentáneamente de estar confinado. Los sedimentos se acumulan junto al sector funcional, formando depósitos a modo de lóbulos y barras, con material más seleccionado. A partir de aquí se produce un fuerte descenso del tamaño, con una particularidad bien destacada: hay un ligero incremento, al igual que en el canal, del tamaño de gravas, muy bien clasificadas: los flujos transicionales y fluviales realizan un retrabajado y clasificación del material, transportando los sedimentos de menor calibre, tanto más pequeños cuanto más alejados del ápice y cuando son los procesos fluviales los dominantes. De hecho, esta zona distal coincide con una zona de canalillos recientemente abandonados que conectaban directamente con el cauce del río Gállego.

3.2. *Desgaste*

El desgaste es un parámetro que se relaciona estrechamente con una serie de variables, como son la distancia recorrida durante el transporte, litología y tamaño de cantos (para radios iguales, los cantos más pequeños tienen un desgaste superior), y medio y modo de transporte. La influencia de dichas variables queda de manifiesto en el desgaste sufrido por los sedimentos en la superficie y canales de los conos de Escuer, Orós y Oliván.

En las Figs. 6 y 7 se ha representado la evolución del desgaste de los cantos en la superficie y cauces de los conos desde el ápice a la base. Todos muestran un marcado aumento del desgaste hacia la zona distal, existiendo una buena relación entre este parámetro y la distancia, menos significativa en Oliván. De todos modos ese aumento no se realiza de manera uniforme:

- en la superficie del cono de Escuer, en los primeros metros de recorrido (Fig. 6 a), los índices, dentro de unos valores bajos (inferiores a 200 mm), se mantienen constantes hasta los 400 m de distancia aproximadamente. A partir de este punto, el incremento es mucho más acusado, alcanzando los índices valores de 500.

- para Orós, el aumento se hace de forma lineal (Fig. 6 b) con unos índices superiores a los de Escuer y Oliván, entre 50 y 700, y el incremento es más acusado en los últimos 200 m.

GOMEZ VILLAR

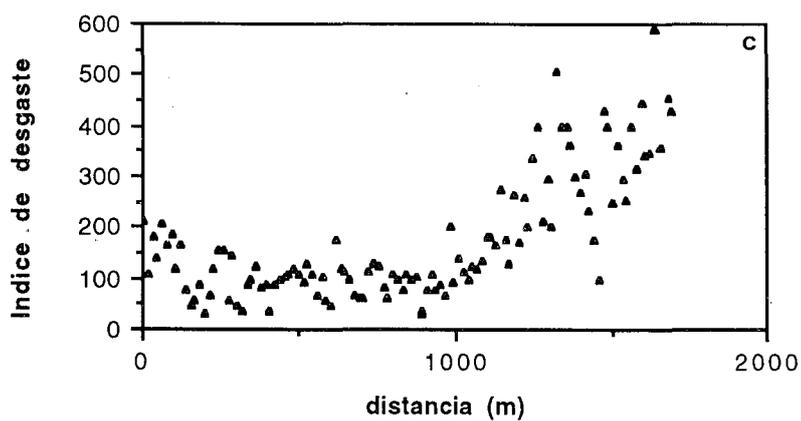
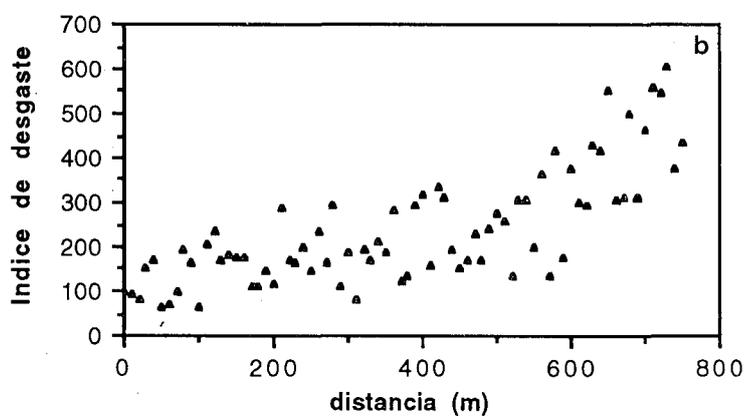
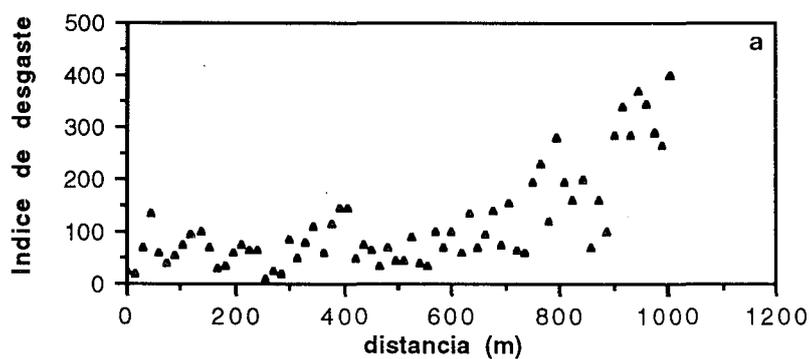


Fig. 6. Evolución del desgaste de los cantos desde el ápice a la base en la superficie de los conos:
a. Escuer, b. Orós, c. Oliván.

ORGANIZACION ESPACIAL DE SEDIMENTOS EN CONOS ALUVIALES

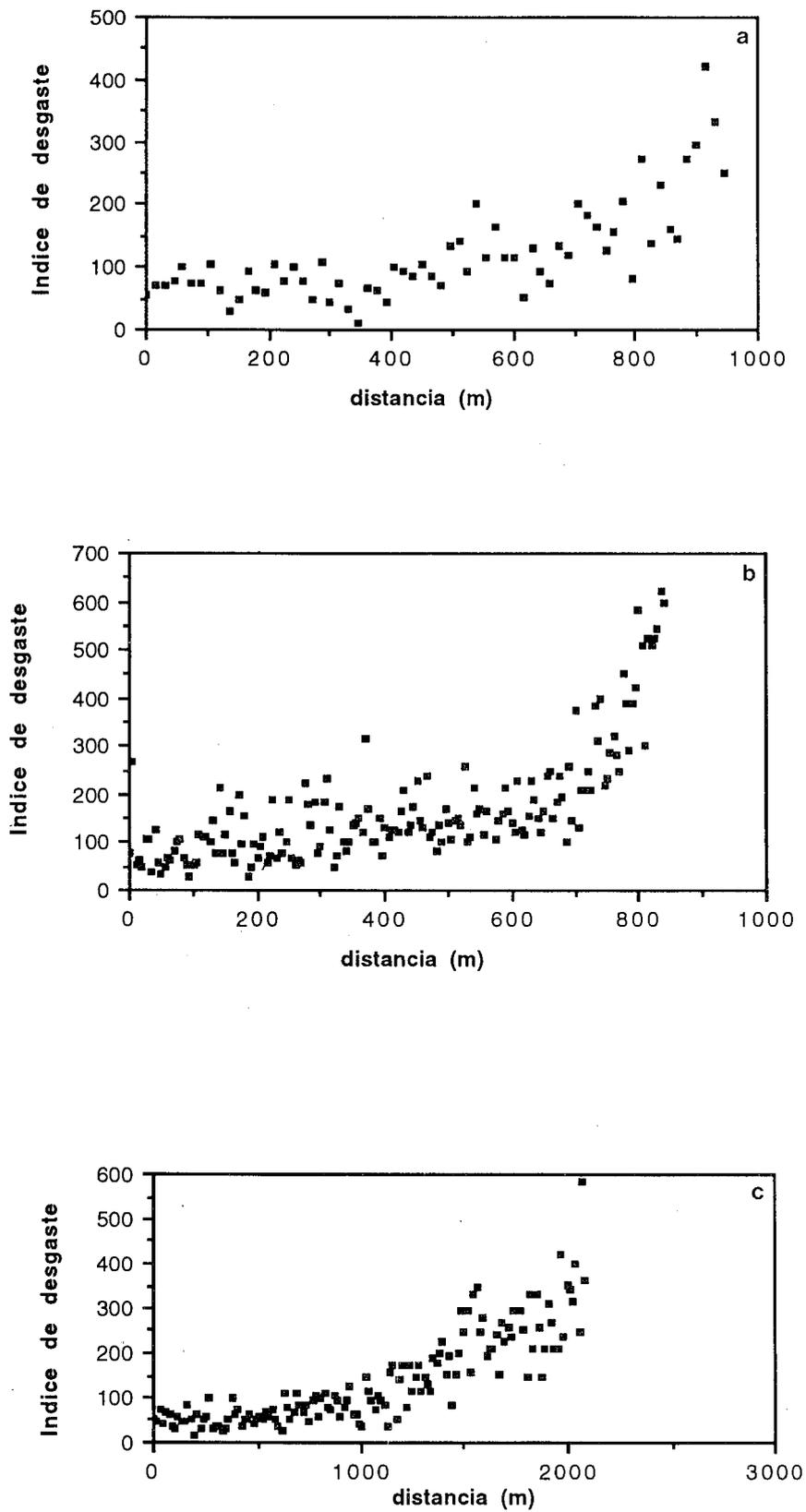


Fig. 7. Evolución del desgaste de los cantos desde el ápice a la base en el cauce de los conos: a. Escuer, b. Orós, c. Oliván.

— la evolución varía ligeramente en la superficie del cono de Oliván (Fig. 6 c) : con índices por debajo de 200, el desgaste no varía e incluso sufre un ligero descenso hasta la zona media, coincidiendo con un aumento del tamaño de los sedimentos (ver Fig. 5 c). A partir de este punto, el incremento se produce bruscamente, hasta 600, no encontrándose índices por debajo de 200.

Para el canal (Fig. 7) la relación mejora significativamente en los tres conos, especialmente en Oliván, donde el incremento del desgaste con la distancia se hace de forma exponencial. En Escuer y Orós la evolución de este parámetro sigue una pauta similar: se mantiene prácticamente constante, con ligeros picos que coinciden con los cantos más pequeños, hasta la zona distal; en este sector, donde el calibre de los sedimentos ha descendido notablemente, el aumento del desgaste en ambos conos se hace de forma muy brusca, alcanzando índices de 700 en Orós y 500 en Escuer.

Al relacionar el desgaste con el tamaño de cantos (Figs. 8 y 9) hay una constante que se repite en todos los gráficos. Los cantos más pequeños, inferiores a 100 mm, son los más desgastados, y más angulosos a medida que aumenta el tamaño de los mismos. Cabe, sin embargo, precisar algunas matizaciones. En Escuer el espectro de valores de desgaste es más amplio, encontrando índices inferiores a 50 y hasta 400, en los sedimentos más finos. Los índices se mantienen constantes, por debajo de 100, en los cantos más grandes. El menor desgaste del material en este cono tiene que ver con un transporte más caótico, que además se encarga de fragmentar algunas rocas, y con las características de los sedimentos del área-fuente. En Oliván (Figs. 8 y 9 c) los cantos están más redondeados (índices hasta 600) cuando se trata de la fracción más pequeña (menores de 100 mm), con la particularidad de que no existen índices por debajo de 200 (150 en el cauce); el desgaste disminuye hacia las clases más elevadas. El mayor transporte sufrido por las gravas en este cono favorece una mejor clasificación de los sedimentos mucho menos voluminosos que en Escuer, y un mayor desgaste de los cantos en general. La relación tamaño/desgaste mejora sensiblemente en este cono.

El desgaste es mucho más acusado en los cantos del cono de Orós (Figs. 8 y 9 b), especialmente en la superficie. Los cantos más pequeños tienen índices de desgaste entre 300 y 700, los más elevados de los tres conos estudiados, y disminuye, aunque de forma más gradual, en los cantos más grandes; por ello, la relación de ambos parámetros presenta valores intermedios a los de los otros dos conos.

4. Discusión de resultados

La organización espacial de los sedimentos en conos aluviales presenta rasgos bien definidos que dependen en gran medida del modelo de transporte dominante (fluvial, fluvio-torrencial, torrencial con coladas masivas de piedras). Durante el transporte de material, distintos tipos de procesos, desde coladas de piedras a procesos transicionales y fluviales, como consecuencia de

ORGANIZACION ESPACIAL DE SEDIMENTOS EN CONOS ALUVIALES

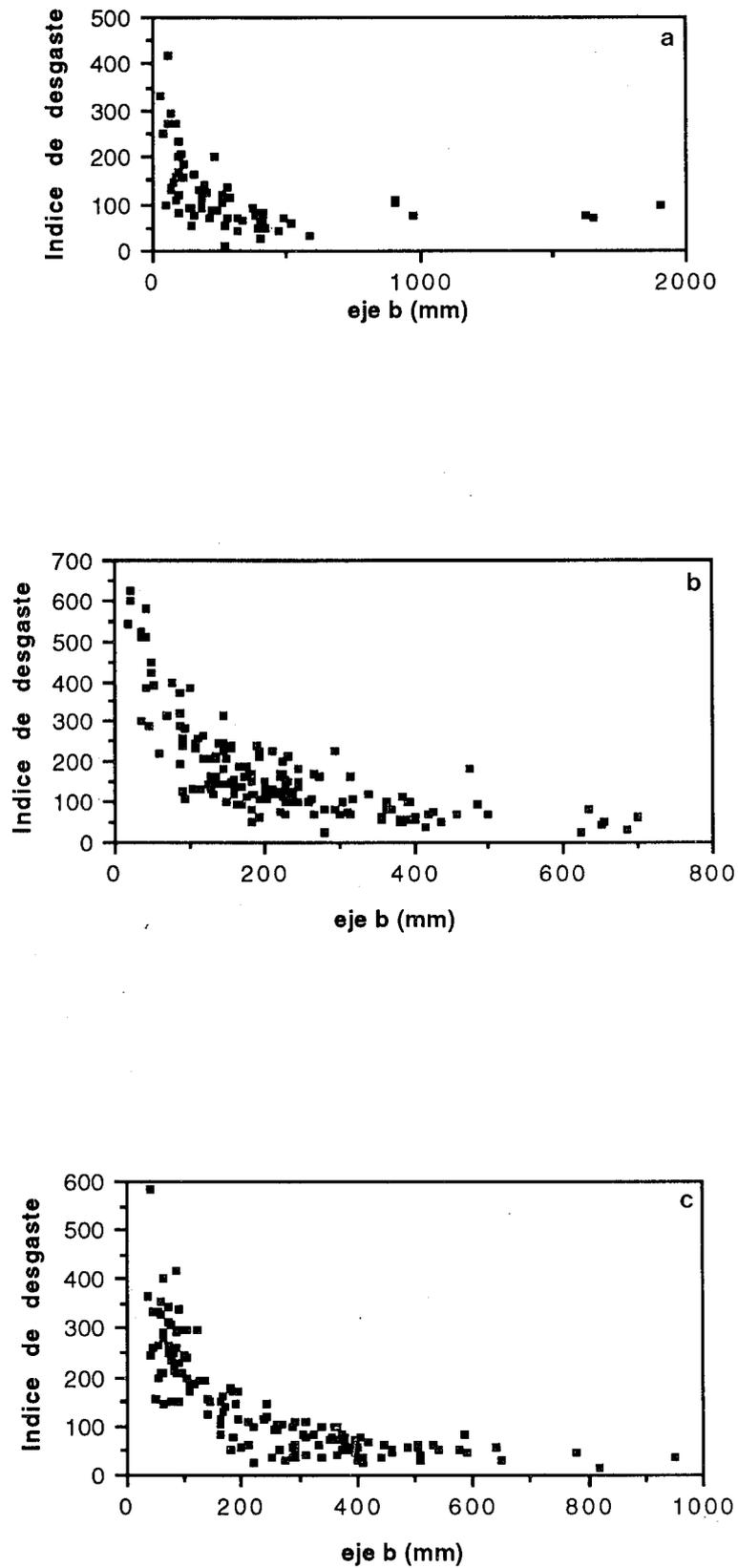


Fig. 8. Relaciones entre el índice de desgaste y el tamaño de los cantos en el cauce de los conos. a. Escuer, b. Orós, c. Oliván.

GOMEZ VILLAR

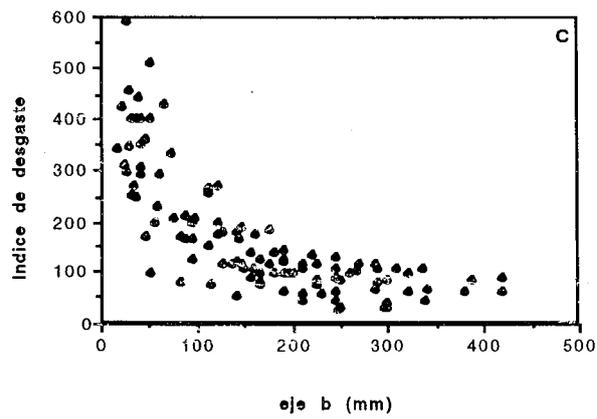
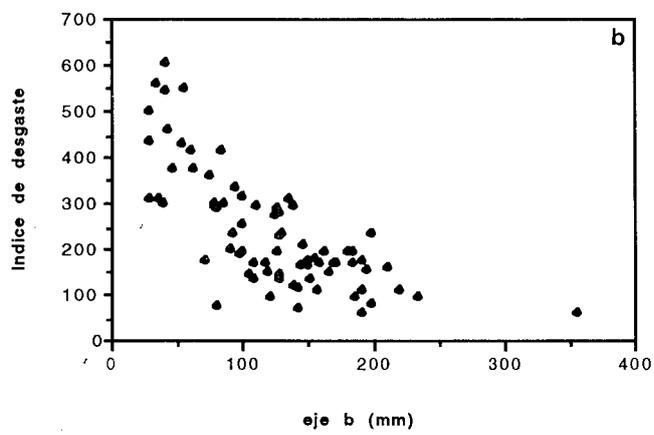
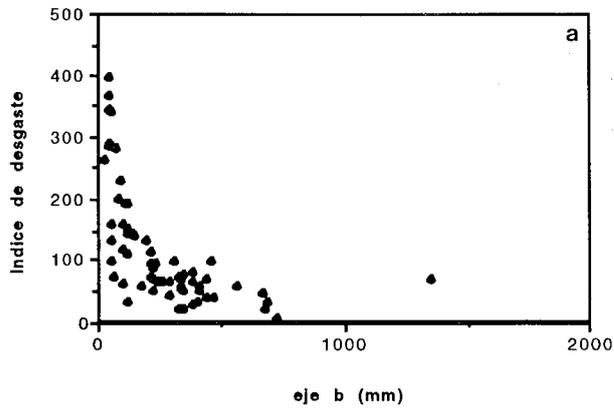


Fig. 9. Relaciones entre el índice de desgaste y el tamaño de los cantos en la superficie de los conos: a. Escuer, b. Orós, c. Oliván.

la variación de la proporción agua/sedimento, actúan y varían como abajo (PIERSON & SCOTT, 1985). La dinámica y características de los mecanismos que intervienen en la formación de los conos explican la diferente distribución superficial de los sedimentos en cada uno de ellos, así como la influencia de las características topográficas, dinámica geomorfológica de sus áreas-fuente y también los factores climáticos, que a su vez han intervenido en la producción de sedimentos dentro de sus cuencas (HARVEY, 1984, 1987; SCHUMM, MOSLEY & WEAVER, 1987).

De los análisis llevados a cabo en los tres conos pueden establecerse algunos puntos generales sobre la distribución lineal del tamaño y desgaste de los cantos:

1. Existe una clara disminución del calibre de sedimentos, de forma más marcada en los de grandes dimensiones, tanto en la superficie como en el canal funcional de los conos; con el aumento de la distancia, la potencia del medio de transporte disminuye y la sedimentación del material se produce escalonadamente según su tamaño.

2. El desgaste de los cantos aumenta considerablemente con la distancia, relacionado también con el tamaño de los mismos.

Las relaciones entre procesos y tamaño de partículas se debe a diferencias en la competencia y mecanismos entre los procesos de transferencia de material en la cuenca. Los sedimentos "dispuestos" para ser transportados en un área montañosa, normalmente tienen una amplia proporción de tamaños (BLISSENBACH, 1954), relacionados estrechamente con las características del área-fuente: las rigolas, desprendimientos y áreas acarcavadas, conectadas en muchas ocasiones directamente con los cauces, y las cabeceras activas de barrancos (que presentan la típica forma cóncava, muy apropiada para la concentración del agua de lluvia, con gran capacidad para arrastrar material dada su fuerte pendiente), aportan gran cantidad de material, especialmente de gruesos, hacia los canales principales de los barrancos de Escuer, Orós y Oliván; además, las laderas con arroyamiento difuso localizadas principalmente en zonas de campos de cultivos actualmente abandonados (y en los que frecuentemente se encuentran áreas de arranque y pequeñas incisiones — erosión severa —) suponen una importante fuente de material fino (RUIZ FLAÑO *et al*, 1991, 1992). Los depósitos de origen glaciar (morrenas y rellanos de obturación) constituyen otra fuente de alimentación de sedimentos heterométricos y finos muy importante. Así, la considerable variación en el grado de clasificación de este material exportado por los cauces hacia los conos puede registrarse como una función de la proporción del tamaño de los distintos sedimentos aportados, tipo de agente y transporte deposicional y distancia de transporte.

Las curvas de distribución del tamaño de las partículas a lo largo de perfiles radiales en los conos de Escuer, Orós y Oliván son bastante típicas de estos ambientes deposicionales: reflejan que la tendencia normal es la disminución del calibre como abajo (BLISSENBACH, 1952; BULL, 1964). Las gravas más gruesas predominan cerca del ápice, partículas de tamaño más pequeño ocupan la zona

central y los sedimentos más finos, la base del cono. El cambio de calibre es rápido cerca del ápice (los depósitos en este sector han sido transportados solamente en distancias cortas y no están bien clasificados) y para las piedras más grandes. Además, la proporción de disminución del tamaño de los sedimentos es más rápida en estos conos, de dimensiones relativamente reducidas, que sobre conos más grandes, tal como observó ECKIS (1928) en los conos de regiones áridas; por otro lado, la proporción de cambio del tamaño de las partículas con respecto a la distancia disminuye en dirección cono abajo. La disminución se hace incluso de forma exponencial (KRUMBEIN, 1935) en algunos conos.

Las diferencias en la evolución del tamaño de los sedimentos en los cauces de Escuer y Orós está en relación con la dinámica de ambos cauces (están sometidos a grandes fluctuaciones de caudal y sólo llevan agua en períodos de grandes avenidas facilitando el movimiento de grandes bloques procedentes de las laderas y acumulados en el cauce principal, especialmente en Escuer) y con los sedimentos aportados desde las áreas-fuente. La mayor superficie ocupada por los depósitos de origen glaciario en la cuenca de Escuer supone un notable incremento del aporte de grandes cantos al cauce, y al cono en general, hecho que está además favorecido por las características del barranco, que aunque presenta una pendiente similar al de Orós (15,8%), tiene un recorrido más corto facilitando la accesibilidad del material al cono y que hace que se comporte como un río de montaña, muy pendiente, salvando fuertes desniveles en una corta distancia. Por otro lado, la rápida disminución del tamaño de sedimentos confiere al perfil un aspecto más cóncavo que el de Orós, donde los materiales mejor clasificados siguen una evolución lineal, formando un perfil recto desde el ápice a la base, indicando que los sedimentos —la proporción de aportes morrénicos es muy inferior— han recorrido una mayor distancia dentro de la cuenca (Fig. 3) antes de su salida al valle principal y son depositados en condiciones fluviales menos torrenciales. Como el tamaño de los sedimentos es en cierto modo una medida de la energía del medio deposicional, los sedimentos más gruesos de Escuer indican un ambiente de mayor energía.

La mayor extensión de la cuenca de Oliván permite el desarrollo en sus laderas de un mayor número de procesos erosivos, fundamentalmente cabeceiras activas, desprendimientos y áreas acaravadas, localizadas próximas al ápice del cono. Este factor, unido a la mayor extensión de depósitos morrénicos, explica la gran producción de sedimentos gruesos y su presencia en el canal en la zona proximal. La rápida disminución del calibre de los cantos en la parte distal está relacionada con la dinámica del cauce, que se divide en varios canales y realiza un transporte más selectivo de los materiales. No obstante, esta disminución es menos notable que en los conos anteriores. De hecho, la parte distal del cauce funciona como un pequeño cono, depositando material.

Aunque el desgaste es un parámetro que según algunos autores no proporciona ningún indicio directo del ambiente deposicional (REINECK & SINGH, 1975) podemos apuntar una serie de conclusiones globales:

ORGANIZACION ESPACIAL DE SEDIMENTOS EN CONOS ALUVIALES

En la superficie de los conos, los sedimentos (bloques y cantos más pequeños) son transportados por coladas, en la zona proximal. A pesar de la gran dispersión del tamaño de los materiales, que podrían presentar índices de desgaste muy diversos, la escasa distancia recorrida por los materiales y la propia dinámica interna de las coladas (formadas por abundante material fino y barro que permiten que los cantos más grandes se "hundán" en ese flujo más o menos viscoso y rara vez choquen entre sí, tal como comprobó WASSON (1981) en las coladas activas, impiden un elevado desgaste del material.

Hacia la zona distal el desgaste de los sedimentos aumenta de forma considerable, especialmente para los muestreados en los cauces. Este hecho contrasta con los resultados obtenidos por algunos autores, (como BLISSENBACH, 1954, en California, donde la función es aproximadamente lineal). Sin duda, el carácter más torrencial de los conos del Gállego favorece un desgaste más rápido en distancias cortas.

Finalmente conviene precisar que el modelo de muestreo al azar empleado en este estudio puede no ser el más adecuado para casos como el aquí presentado (MIALL, 1970). El desgaste varía y aumenta considerablemente con pequeños cambios en el tamaño, reflejando que las muestras fueron tomadas en una proporción de tamaños muy amplia, especialmente en el sector del ápice y zona media. En la parte distal, por el contrario, donde los cantos son más pequeños debido a la mayor distancia recorrida y al tipo de transporte recibido (procesos fluviales que realizan una mayor selección del material) existe invariablemente en los tres conos, tanto en el canal como en la superficie, un marcado aumento de los índices de desgaste.

Referencias bibliográficas

- BARRERE, P. (1966). "Le morphologie quaternaire dans la région de Biescas et de Sabiñánigo (Haut Aragon)". *Bull. Ass. Fr. Et. Ouest*, 2: 83-92. Paris.
- BLISSENBACH, E. (1952). "Relation of surface angle distribution to particle size distribution on alluvial fans". *Journal of Sedimentary Petrology*, 22 (1): 25-28.
- BLISSENBACH, E. (1954). "Geology of alluvial fans in semiarid regions". *Bulletin of the Geological Society of America*, 65. 176-190.
- BULL, W. B. (1964). "Geomorphology of segmented alluvial fans in Western Fresno County, California". *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 352 E: 89-129.
- CAILLEUX, J. y TRICART, J. (1963). "Initiation à l'étude des sables et des galets". Centre de Documentation Universitaire, 369 pp. Paris.
- CREUS, J. (1983). "El clima del Alto Aragón occidental". Instituto de Estudios Pirenaicos, 223 pp. Jaca.
- ECKIS, R. (1928). "Alluvial fans in the Cucamonga district". *Journal of Geology*, 36: 111-141.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. y PUIGDEFABREGAS, J. (1982). "Formas de erosión en el Flysch eoceno surpirenaico". *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 8: 85-128.
- GÓMEZ VILLAR, A. y MARTÍNEZ CASTROVIEJO, R. (1991). "Channel degradation as a response to erosion control works: a case study". *Soil Erosion Studies in Spain*. M. Sala, J. L. Rubio y J. M. García-Ruiz (Eds.): 109-122. Geofoma Ediciones. Logroño.

GOMEZ VILLAR

- GÓMEZ VILLAR, A.; MONSERRAT MARTI, G.; GARCÍA RUIZ, J. M. y ORTIGOSA, L. M. (1989). "Patterns of plant colonization in semiactive alluvial fans of the Central Spanish Pyrenees". *Second International Conference on Geomorphology*. September 1989. Frankfurt (Germany).
- HARVEY, A. M. (1984). "Debris flows and fluvial deposits in Spanish Quaternary alluvial fans: Implications for fan morphology". In: E. H. Koster and R. J. Steel (Eds.). *Sedimentology of gravels and conglomerates. Canadian Society of Petroleum Geologist Memoir*, 10: 123-134.
- HARVEY, A. M. (1987). "Alluvial fan dissection: relationship between morphology and sedimentation". In: L. FROSTICK and I. REID, (Eds.): *Desert sediments, ancient and modern*. Geol. Soc. London.
- HOOKE, R. L. B. (1967). "Processes on arid region alluvial fans". *Journal of Geology*, 75: 438-460.
- MIALL, A. D. (1970). "Devonian alluvial fans. Prince of Wales Island, Arctic Canada". *Journal of Sedimentary Petrology*, 40: 556-571.
- PIERSON, T. C. y SCOTT, K. M. (1985). "Downstream dilution of a lahar: transition from debris flows to hyperconcentrated streamflow". *Water Resources Research*, 21: 1.511-1.524.
- REINECK, H. E. y SINGH, I. B. (1975). *Depositional sedimentary environments*. Springer Verlag, 439 pp. Berlin.
- RUIZ FLAÑO, P.; LASANTA, T. y ORTIGOSA, L. M. (1991). "The diversity of sediment yield from abandoned fields of the Central Spanish Pyrenees". *I.A.H.S. Publ.*, 203: 103-110.
- RUIZ FLAÑO, P.; LASANTA, T. y GARCÍA-RUIZ, J. M. (1992). "La variabilidad espacial de la producción de escorrentía y sedimentos como base para la gestión de campos abandonados". *Estudios de Geomorfología en España*. Actas de la II Reunión Nacional de Geomorfología. Murcia, 23-25 de septiembre de 1992: 221-232.
- SCHUMM, S. A.; MOSLEY, M. P. y WEAWER, W. E. (1987). "Experimental fluvial Geomorphology". John Wiley & sons. 413 pp.
- SERRANO, E. (1991). "Geomorfología glaciar de las montañas y valles de Panticosa y la Ribera de Biescas (Pirineo aragonés)". Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. 940 pp.
- WOLMAN, M. G. (1954). "A method of sampling coarse river-bed material". *Transactions American Geophysical Union*, 35: 951-956.