

Medios dinámicos en la cabecera del río Ésera (Pirineo Central)

José Antonio Cadiñanos Aguirre
María José González Amuchástegui
Guillermo Meaza Rodríguez
Alfredo Ollero Ojeda
Orbange Ormaetxea Arenaza

Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología
Euskal Herriko Unibertsitateal/Universidad del País Vasco

Introducción

Las áreas de montaña se caracterizan por su intensa dinámica ambiental derivada de unas elevadas complejidad e inestabilidad y manifestada en variados y eficientes procesos hidrológicos, geomorfológicos y de colonización y desarrollo vegetal. Cualquier iniciativa de planificación o gestión del territorio debe considerar esta dinámica, que no sólo afecta al área específica en la que se registra, sino que, a través de la red fluvial, se transmite hacia otros espacios.

Así, en el presente proceso de investigación, que abarcaba un espacio considerablemente más amplio, se procedió a definir la dinámica ambiental de la cuenca alta del Ésera, con el objetivo de dilucidar su papel en el comportamiento hidrogeomorfológico aguas abajo.

Entre los medios dinámicos estudiados se comenzó por el cauce del Ésera (GONZÁLEZ *et al.*, 1998), desde cuyo análisis quedó patente una mayor importancia de los procesos laterales (laderas y afluentes) respecto de los longitudinales (propiaamente fluviales). Ello llevó al equipo investigador a analizar con

mayor profundidad estos procesos laterales y los medios dinámicos de las vertientes del valle, así como la colonización vegetal de tales ambientes inestables, sometidos a los procesos geomorfológicos activos habituales de la alta montaña. A tal fin, se seleccionaron ejemplos representativos de dinámica interactiva geomorfológica y vegetal en canchales, laderas y canales de aludes y conos aluviales.

Se escogieron para el estudio (fig. 1) los canchales fosilizados del Tosal del Cuera (1a y 1b), las pedrizas calizas de Chía (1c, 1d, 1e y 1f), el canchal granítico al pie de la vertiente NE del pico Cerler (1g), zonas afectadas por un alud de baja y media intensidad (2a y 2b, respectivamente) en el Tosal de Cuera, una vertiente de la Tuca d'Estatats (2c) arrasada por una avalancha de nieve de alta intensidad, la torrentera de Canal Seca (2d y 2e) y el cono del barranco Remascaró (3a y 3b). También se analizó la dinámica vegetal de los bancales abandonados de La Solana (4a y 4b).

Área de estudio

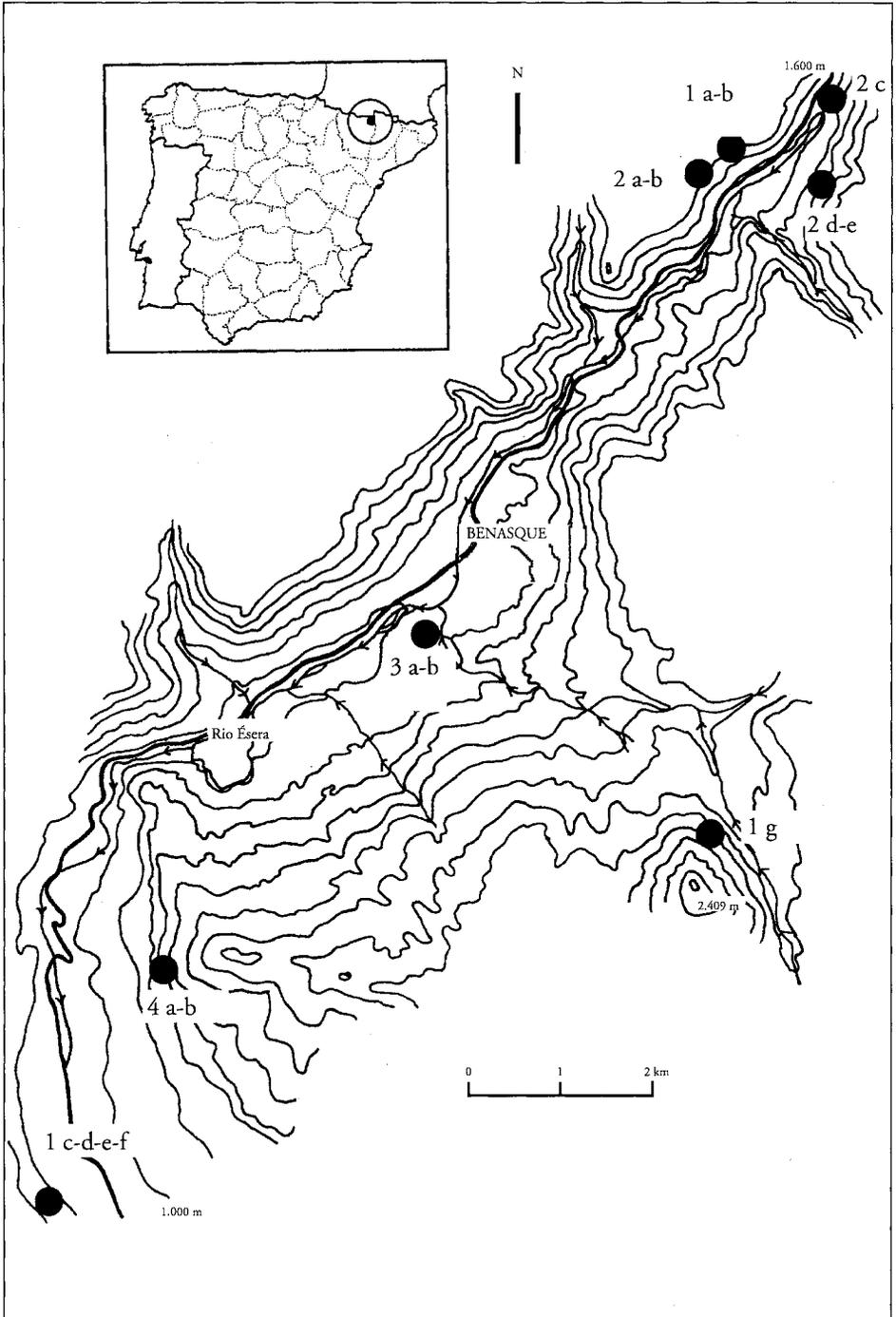
Contexto morfoestructural

El río Ésera, afluente del Cinca, alcanza 98 km de longitud y drena una cuenca de 1.531 km². En su cabecera se encuentran las máximas alturas de la cordillera pirenaica, los macizos de Aneto-Maladeta (3.404 m) y Posets (3.375 m). El presente trabajo se limita a esa cabecera o cuenca alta, en la que el Ésera circula por un valle glaciar (fig. 1). Se puede definir como un área de alta montaña con gran variedad e intensidad de procesos geomorfológicos —glaciares, periglaciares, kársticos, fluviales, etc.—, tanto actuales como pasados (MARTÍNEZ DE PISÓN, 1990, 1991; GARCÍA RUIZ *et al.*, 1992; CHUECA, 1993; SERRANO y MARTÍNEZ DE PISÓN, 1994).

El Ésera en su curso superior atraviesa fundamentalmente terrenos del Pirineo axil, materiales paleozoicos intensamente plegados, desplazados y fracturados, a los que cabe añadir las importantes intrusiones graníticas de Perdiguero, Posets, Maladeta y el pico Cerler (GARCÍA RUIZ *et al.*, 1992). Además de granitos, afloran esquistos, pizarras y calizas. Los esquistos son cambro-ordovícicos y silúricos y dominan en el extremo septentrional del valle del Ésera. A costa de las pizarras silúricas, devónicas y carboníferas se abre el valle a la altura de Benasque-Cerler. Las calizas devónicas se muestran muy dispersas en afloramientos menores, creando los importantes sistemas kársticos de cabecera, así como algunos estrechamientos del valle aguas arriba de Benasque.

Es en la sierra de Chía, en el curso inferior del valle glaciar del Ésera, donde se alcanzan las Sierras Interiores, que constituyen la cobertera de calizas cretácicas también plegadas y con estructuras cabalgantes. Más al Sur adquieren mayor protagonismo en los macizos de Cotiella y Turbón, entre los que el Ésera labra el congosto de Ventamillo.

Figura 1
Localización de los puntos de estudio



En suma, las litologías mejor representadas en la cuenca alta del Ésera (hasta la localidad de Campo) son las calizas (46,66% de la superficie), las pizarras (17,2%), los granitos (17,05%) y otras rocas metamórficas (8,82%) (GARCÍA RUIZ *et al.*, 1985).

Impronta glaciár en el valle de Benasque

El valle alto del Ésera fue labrado por los glaciares cuaternarios que cubrían los macizos de Maladeta, Perdiguero y Posets, desarrollándose la lengua glaciár a lo largo de 36 km desde el valle de Barrancs hasta el inicio del congosto de Ventamillo (El Rún). La forma de artesa glaciár se conserva en numerosos tramos del Ésera y en valles afluentes como los de Estós y Vallibierna. La localidad de Benasque se ubica en una cubeta de sobreexcavación abierta a costa de las pizarras que, tras la retirada del hielo, funcionó —de manera similar a las cubetas de Bono en el Noguera Ribagorzana o de Barruera en el Noguera de Tor— como ambiente lacustre proglaciár de 290 m de profundidad (BORDONAU, 1992). A los depósitos glaciólacustres se superponen acumulaciones fluvio-deltaicas y finalmente depósitos aluviales subactuales.

El complejo morrénico lateral se desdobló en tres niveles con potencias máximas de hielo de 300 m en Sahún, 500 m en Eriste y 800 m en Benasque. La morrena lateral izquierda alcanza su mayor desnivel sobre el fondo del valle en la confluencia con Vallibierna, y después de Cerler sigue su descenso continuado hasta la cubeta de Castejón de Sos (GARCÍA RUIZ y MARTÍ BONO, 1994). Hay interesantes complejos de obturación lateral en Arasán, Llisat y Cerler, este último interferido por los arcos frontales de Remascaró y Ampriú. Bordonau (1991) interpreta una sucesión de fases desde un periodo pre-máximo (antes de 70.000 B.P.) en el que no confluían los glaciares de Remascaró, Ampriú y Ésera, generándose un primer relleno glaciólacustre, para luego en el máximo (entre 70.000 y 50.000 B.P.) confluír las tres lenguas. Por otro lado, se encuentran numerosos cordones morrénicos de retroceso en los valles del Estós, Vallibierna, Eriste y en todo el Ésera aguas arriba de Benasque.

El frente de los glaciares pleistocenos del Ésera se ubica a 900 m de altitud, difluyendo en una corriente menor que ocasionó los complejos de obturación de Bisaurri, que señalan un espesor de hielo de 225 m en el frente glaciár retenido por la barrera morfoestructural de Ventamillo (SERRANO y MARTÍNEZ de PISÓN, 1994). El hielo también dejó restos morrénicos sobre el escalón de Chía.

Esquema general de la vegetación. Vegetación de medios dinámicos

En el área de estudio, por encima de los 3.000 m —piso nival—, la escasa vegetación se refugia en rellanos, grietas y gelifractos de suelos iniciales y pedregosos sometidos a procesos de crioturbação y solifluxión. Sólo algunas pio-

neras, agrupadas en pulvínulos, soportan las inclemencias climáticas y la indigencia edáfica.

En el piso alpino, con altitudes superiores a los 2.500 m, el rigor climático sigue siendo extremo, con períodos de inactividad vegetal por frío superiores a 9 meses, amplia oscilación térmica diaria, viento persistente y violento, alta radiación solar y fuerte actividad periglaciaria. Ello imposibilita la instalación de especies de porte arbóreo, por lo que se adscribe, al igual que el nival, al piso supraforestal, donde la cubierta de nieve juega un decisivo papel de interfase protectora para un buen número de plantas.

En los relieves trabajados por los glaciares en rocas duras silíceas se impone un pastizal alpino silicícola de cárices, distinguible al final del verano por sus tonalidades rojizas. Se trata de céspedes visitados en verano por la oveja, aunque el grado de apetencia es escaso por su carácter coriáceo y poca presencia de leguminosas forrajeras. Al pie de roquedos sombríos y en pequeñas depresiones, se forman ventisqueros, donde la nieve sólo desaparece bien entrado el verano, habitados por quionófilas, cervunales y diversas agrupaciones de cárices.

Por debajo de los 2.500 m, el oroclima se vuelve más benigno, lo que permite el desarrollo de vegetación forestal. Sin embargo, el clima de este piso subalpino es todavía tan duro que un único tipo de árbol y agrupación forestal es capaz de hacerle frente: el pinar de pino negro de montaña (*Pinus uncinata*). En laderas orientadas a umbría, en enclaves innivados y en terrenos deprimidos donde se acumula el suelo, se impone la facies esciófila y nivícola: el pinar de pino negro con rododendro (*Rhododendron ferrugineum*). En exposiciones a solana, a resguardo de la nieve y en espolones rocosos, principalmente calizos, batidos por el viento el pinar configura una formación de escasa densidad en el estrato superior, lo que le otorga un aspecto francamente «hueco». En tales circunstancias, el pinar heliófilo se asocia con la gayuba (*Arctostaphylos uva-ursi*) y el enebro enano (*Juniperus alpina*).

En el tren sucesional, el pinar da paso a matorrales densos de rododendro en la facies esciófila, o más laxos de enebro y gayuba en la heliófila; ambos juegan un importante papel estabilizador de las vertientes, pues fijan el terreno y contribuyen a obstaculizar las avalanchas de nieve. Ahora bien, el matorral subalpino ha sido en su mayor parte eliminado en favor de las comunidades rasas de prados de diente allí donde el desarrollo edáfico es mayor y la innivación más frecuente y duradera. En los recuencos más húmedos, este cespel subalpino presenta aspecto de cervunal de *Nardus stricta*.

En el piso montano, por debajo de los 1600 m, se detecta la presencia de robledales de roble albar (*Quercus petraea*) sobre suelos sueltos, bien aireados y no encharcables de roquedos silíceos a solana, y de bosques de abeto (*Abies alba*) preferentemente sobre suelos ácidos de laderas sombrías. La continentalidad imperante en el Pirineo central explica la escasa presencia de *Fagus sylvatica*, que se refugia exclusivamente en las umbrías más húmedas. En condiciones de mayor sequedad ambiental (piso supramediterráneo) y de

litología mayoritariamente carbonatada, medran los quejigales de *Quercus humilis* y sus híbridos (*Quercus x cerrioides*), que se alían con el boj (*Buxus sempervirens*) en terrenos escarpados, parcos en suelo y humedad edáfica. El pino albar (*Pinus sylvestris*) llega a desplazar al quejigo en las zonas más problemáticas.

La orla forestal de robledales y quejigales suele estar constituida en las versiones más húmedas por el espinal-zarzal, y en las más xéricas y térmicas por el bujedo. Una mayor degradación conduce a la instalación de herbazales de gramíneas bastas moteados de endrinos (*Prunus spinosa*) y majuelos (*Crataegus monogyna*). En el confín de las etapas seriales, los enclaves en los que predomina la roca caliza aflorante se malcubren de comunidades pioneras adaptadas al ambiente petrano.

Los medios más dinámicos e inestables de la zona, que constituyen el centro de atención del presente trabajo (tabla 1), presentan comunidades vegetales que forman parte muy destacada del paisaje vegetal del Pirineo central, sea en el papel de etapas previas a la clímax, sea en el de comunidades de carácter más o menos permanente (RIVAS MARTÍNEZ y COSTA, 1998; CADIÑANOS *et al.*, 2000).

En el primer caso, configuran agrupaciones de porte arbóreo-arborescente que señalan el estadio inmediatamente anterior al de los bosques potenciales arriba citados. Están integradas por árboles de los géneros *Betula*, *Populus*, *Fraxinus*, *Sorbus*, *Acer*, etc. acompañados por diversos arbustos altos (*Corylus*, *Salix*, *Sambucus*) de rápido crecimiento y, consecuentemente, madera blanda. Debido a su carácter marcadamente oportunista y heliófilo y a su facilidad de germinación, cicatrizan rápidamente los claros y orlas del bosque potencial; en dinámica progresiva, preparan un ambiente propicio para la regeneración del bosque maduro, en el que terminan por ser sobrepasados en talla y frondosidad y, finalmente, ahogados. La vegetación de ambientes trastocados por usos seculares hoy periclitados, caso de las laderas abancaladas mayoritariamente para prados de siega, presentan pareja estructura y significado dinámico: a partir de los antiguos setos vivos y en razón de la edad del abandono, los bancales son colonizados por abedulares, fresnedas y avellanedas que, con el tiempo, son sustituidos por las comunidades forestales titulares del territorio.

El segundo caso se manifiesta en aquellos enclaves en los que la delgadez e inestabilidad de los suelos, sea por erosión, topografía pronunciada o degradación, impide el desarrollo del exigente bosque maduro. Tal circunstancia es aprovechada por las citadas comunidades vegetales que, dotadas de morfología y mecanismos adaptados a tan precarias situaciones, colonizan de manera permanente ambientes sometidos a una dinámica geomorfológica muy activa; por lo general, a diferencia del caso anterior, presentan fisonomía o talla mayoritariamente arbustiva y menor densidad de recubrimiento. Los medios petranos de movilidad más manifiesta —cancales funcionales—, limitan drásticamente la colonización vegetal, que está protagonizada por herbáceas glareícolas, por lo general, poco conspicuas y de ralo recubrimiento.

Dinámica en vertientes

Canchales y movimientos en masa

La dinámica geomorfológica de las vertientes de la cabecera del Ésera se encuentra sometida a un claro control litológico y estructural, de modo que son la resistencia de la roca y la presencia de fisuras y diaclasas las que determinan la eficacia morfológica de unos elementos climáticos específicos de las áreas de montaña. En efecto, la dinámica ambiental determina la presencia de un conjunto de procesos cuya eficacia y magnitud están en estrecha relación con los tipos litológicos que aquí aparecen, y siempre guiados por la red de fracturación.

Predominan los procesos de gelifración ligados a las pendientes más marcadas, que superan en amplios sectores el 70%, desarrolladas sobre las litologías más resistentes, lo que da como resultado la presencia de abundantes mantos de derrubios tapizando las laderas de los macizos graníticos y calizos, como en los casos de las laderas de Cerler, Cregüña o Chía. Sin embargo, las diferencias altitudinales, de pendientes y litológicas marcan, a su vez, importantes contrastes en la eficacia de los procesos entre unos puntos y otros.

Las pedrizas calizas de Chía (1c, 1d, 1e y 1f) cubren la ladera vertiente hacia el Ésera, con orientación NE, del escalón inferior —desplazado por un doble cabalgamiento en la orogenia alpina— de la sierra de Chía, de materiales calizos cretácicos, integrada en las Sierras Interiores. Destacan por su extensión, alcanzando 2 km de frente entre Castejón de Sos y Villanova, bajo los topónimos locales de «Lleras» y «Llerons» (derivados de «glera»). La pendiente de estos canchales se sitúa entre el 60 y el 80%. El material suelto es, lógicamente, calizo, más homométrico y de menor tamaño (bloques de 30-40 cm) que el de los canchales graníticos del pico Cerler (1g) y los fosilizados del Tosal del Cuera (1a y 1b). La adscripción litológica de estos últimos, a diferencia de la de los demás estudiados, es variopinta, pues a lo largo de la ladera se suceden esquistos, silininitas, pizarras micáceas, microconglomerados, areniscas y calizas (en este lugar, los únicos materiales carbonatados) del Devónico superior, junto con bloques de granito y areniscas de aporte gravitatorio o procedentes de antiguas morrenas dismanteladas.

El pico Cerler (2.406 m), de llamativa forma cónica, es una intrusión granítica de marcado carácter aplítico. Al pie de su vertiente NE se extiende un canchal de material granítico y muy heterométrico. Las fisuras previas y las temperaturas negativas que pueden alcanzarse en la vertiente, cuya altitud abarca entre los 2.400 y los 1.800 m, son los principales factores del proceso (gelifración). La pendiente media del canchal asciende al 75%.

En lo tocante al transporte del material de los canchales, éste se produce por simple gravedad o se ve acelerado por la presencia de aludes y avalanchas que lo transportan hasta el fondo de los valles (Vallibierna, Eriste). Éstos deben ser interpretados, por tanto, como sucesos excepcionales, que sirven como agentes de

transporte del material desde las cornisas superiores a los fondos de valle, desencadenados bajo especiales condiciones termopluiométricas, con una capacidad de transporte de importantes volúmenes. Sin embargo, en ocasiones este material queda retenido temporalmente en las laderas, a modo de formas desconectadas de las zonas más bajas, que actúan como almacenes de sedimentos.

En los sectores ocupados por los materiales menos resistentes, las pizarras, dominan los movimientos en masa, sobre todo los procesos de solifluxión y los deslizamientos. En estas zonas hay dos factores estructurales que subyacen a la dinámica y ejercen un importante control: la litología y la red de fracturación. En este sentido, hay que señalar la fácil meteorización de las pizarras, materiales menos resistentes, en las que son frecuentes los movimientos en masa, guiados generalmente por la red de fracturas. Destacan los procesos de solifluxión y las largas lenguas de despegue, de dimensiones en ocasiones kilométricas, como las del sector de Benasque y Cerler que parten de importantes cicatrices de arranque. Los lóbulos de solifluxión, aunque tienen menor entidad morfológica, son también muy frecuentes en numerosas laderas labradas sobre las pizarras.

Por otro lado, la presencia de materiales inestables vinculados genéticamente a dinámicas pretéritas, como son las morrenas que tapizan las laderas de este sector, constituyen un almacén de sedimentos altamente inestable que es objeto de numerosos procesos de deslizamiento; en este caso influyen su situación, su carácter poco consistente y su elevado contenido en materiales lutíticos. Ejemplos espectaculares de cómo las morrenas constituyen importantes focos de inestabilidad pueden observarse en Cerler o en las laderas del cauce del Ésera próximo a la localidad de Benasque, que aparecen cubiertas de derrubios de origen morrénico. Es precisamente en este contexto en el que la funcionalidad de los desprendimientos se hace patente, sobre todo relacionada con sucesos de precipitación intensa.

En lo que respecta a la vegetación, las comunidades permanentes de canchales constituyen un medio difícil y selectivo, solo parcialmente colonizable por la vegetación pero con una diversidad de situaciones de detalle que pueden ser aprovechadas por un número elevado de especies vegetales. Parte de éstas es propia de medios no rupestres, pero que puede adaptarse a situaciones rupícolas o invadir los enclaves con suelo más profundo. Otras, sin ser propiamente rupícolas, han quedado relegadas a estos medios hostiles al ser expulsadas del resto por otras más competitivas. Finalmente, están las especies propiamente rupícolas plenamente adaptadas y que faltan, o son muy raras, fuera de estos ámbitos. Estas adversas circunstancias ambientales se acrecientan donde el roquedo se encuentra sometido a la acción del viento encauzado («efecto Venturi»), especialmente desecante en verano y abrasivo a causa de la ventisca en invierno, lo que se suma a los habituales contrastes térmicos, xericidad fisiológica e indigencia edáfica.

La colonización vegetal de los coluviones estabilizados ha sido estudiada en una ladera del citado Tosal del Cuera, aguas arriba del pueblo de Benasque. A pesar de tratarse de una ladera mayoritariamente estabilizada, localmente se aprecian derrubios superficiales todavía móviles; además, el acodamiento de

muchos pies indica procesos activos de reptación. Con carácter más episódico, aunque también más catastrófico, se producen eventos de desprendimiento de bloques y de aludes, que estudiaremos más adelante, en el apartado dedicado a las avalanchas.

En estas vertientes, el suelo, algo ácido (pH entre 5 y 6'1) es un regosol constituido por un horizonte A oscuro, humífero y de estructura migajosa, sobre un horizonte C de derrubios con una mayor o menor presencia de finos. En los rellanos o zonas menos pendientes puede aparecer un horizonte B incipiente, que marca la transición hacia cambisoles dístricos. La naturaleza silíceo de la mayoría de los materiales, junto con el lavado al que se ven sometidos los coluviones, muy permeables, explican la acidez del suelo. Precisamente, esta permeabilidad y la abundancia de rezumes de fusión nival compensa, a nivel edáfico, la alta insolación propia de vertientes tan inclinadas, cuyo balance final explica el predominio de especies forestales de tipo mesófilo en lo que respecta a los requerimientos hídricos y de tendencia acidófila en cuanto a los edáficos.

Se han seleccionado dos enclaves (tabla 1, 1a y 1b), con escasa variación altitudinal, que reflejan las dos facies predominantes de recubrimiento vegetal que se dan en estos ambientes. Por un lado, una avellaneda acidófila muy característica de estos ambientes y lógicamente dominada por el avellano (*Corylus avellana*), que se deja acompañar por el fresno (*Fraxinus excelsior*) y los omnipresentes tremolín (*Populus tremula*) y roble albar (*Quercus petraea*). Estas últimas especies pasan a predominar en determinados puntos de la ladera, lo que determina islas de tremolinar-robleal de consideración preclimática —el bosque maduro sería un robleal de albar— en medio de la preponderante avellaneda. No faltan, por supuesto, otros elementos propios de la montaña pirenaica, como el abeto (*Abies alba*) y el arce (*Acer platanoides*), pero se echa de menos al abedul (*Betula pendula*), corriente en otros lugares de la zona, y el haya, lo que quizá explica, de paso, el mencionado predominio del avellano.

Los canchales activos sobre pendientes más pronunciadas y en fase de regularización del piso montano sobre materiales calizos están bien representados en Chía, donde presentan una amplitud espacial y una regularidad en cuanto a litología, pendiente y exposición, inmejorables para estudios de esta índole. Bajo el depósito de clastos se ha conformado un suelo inestable, somero y heterogéneo, tipo regosol calizo (o rendsina de canchal) que, pese a todo, la vegetación pugna por colonizar; lo que se explica si se toman en consideración algunas cualidades positivas para la vida vegetal, tales como la riqueza en minerales y nutrientes a causa de su carácter eutrófico y la relativa humedad que conserva debido a su alta permeabilidad y protección frente a la evaporación que ofrece la cubierta coluvial.

En consecuencia, la vegetación es más o menos abundante y más o menos «madura» en función de los siguientes factores:

—estabilidad-deposición: lógicamente mayor en las bandas ligeramente sobre-elevadas y en las zonas más bajas. También la zona alta está sometida a más

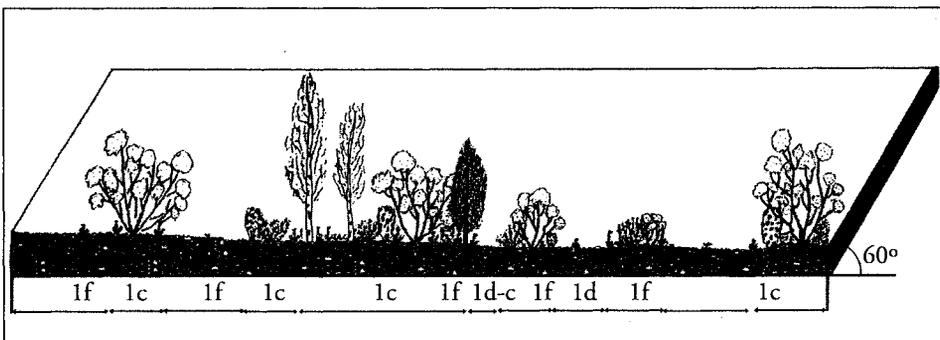
frecuencia de impacto, aunque los derrubios más grandes alcanzan, con relativa facilidad aunque con energía cinética menor, las partes inferiores. Por ello, las bandas en depresión situadas a mayor altitud serán las menos provistas de vegetación; contrariamente, la cobertura vegetal es siempre mayor hacia la base de la glera.

- escorrentía y humedad de la fracción fina: por gravedad es más alta en la zona inferior.
- la propia dinámica de la vegetación, ya que el enraizamiento más o menos al azar de un taxon leñoso propicia sin duda el asentamiento de otras plantas, por su función de «parapeto», refugio y sombra.
- distancia o ubicación respecto a los bancos de semillas, tanto superiores (los que proceden del cantil), laterales (de vertientes estables situadas a los costados), inferiores (la vegetación que va ascendiendo desde la línea de ruptura de pendiente inferior) como interiores, según lo expuesto en el párrafo anterior.

Habida cuenta de ello, hemos diferenciado los siguientes 4 tipos de ambientes vegetales (fig. 2; tabla 1) que, por lo general, se disponen en bandas o pasillos más o menos regulares a favor de la pendiente:

- bandas arboladas de abedular-quejigal-avellanada, en cuyo sotobosque encuentra acomodo alguna nemoral de presencia muy significativa —*Hepatica nobilis*—, que señalan las zonas de canchal de las cotas inferiores y en las hace más tiempo fitoestabilizadas. Conforman comunidades vegetales relativamente cercanas a la consideración de preclímax —el estadio más maduro estaría representado por el quejigal de *Quercus gr. cerrroides*— (1c).
- bandas arbustivas altas de bujedo (*Buxus sempervirens*) asociado a las rosáceas *Prunus mahaleb* y *Amelanchier ovalis*. Colonizan sectores de pedriza algo menos estabilizados, más expuestos y de colonización más reciente (1d).
- bandas arbustivas bajas de bujedo con importante presencia de glareícolas estrictas: *Satureja montana*, *Lavandula angustifolia*, *Ononis aragonen-*

Figura 2
Perfil transversal de los canchales de Chía



sis -en las cotas superiores-, etc. (1e) a las que se suma algún elemento leñoso. Conforman comunidades de carácter inequívocamente permanente. —bandas herbáceas con significado dinámico parejo al anterior, que consiguen enraizar en los sectores más móviles del canchal. Acogen a las glareícolas antes citadas —no leñosas, exclusivamente—, pero de forma, por lo general, tan dispersa que difícilmente llegan siquiera a parchear el terreno (1f).

Los canchales del piso subalpino sobre materiales silíceos se han estudiado en la ladera occidental del monte Cerler. Más que una pedriza en el sentido clásico, donde suele darse una marcada decantación de materiales y formación de finos subsuperficiales —como los anteriormente analizados de Chía, por ejemplo—, amén de una tendencia a formas de equilibrio, se trata de un caos de bloques decimétricos —incluso métricos— con escasa retención de arcillas y limos y de topografía menos regularizada. Esta diferencia sedimentológica obedece a unas condiciones climáticas diferentes, más severas, plenamente subalpinas y, por tanto, con un protagonismo mucho mayor de la gelifracción, la cual actúa sobre la amplia red de diaclasas de estructura poligonal y densidad métrica del domo granítico de Cerler.

En los intersticios de los bloques y anclada en unos suelos aún más incipientes que en el caso anterior —se pueden catalogar como litosuelos esqueléticos—, la vegetación presenta aspecto de abedular de *Betula pendula* con *Populus tremula*, que no sobrepasa el porte arborescente. Hay que descender al estrato arbustivo para que los matices climáticos y litológicos permitan separar esta comunidad del resto de las colonizadoras de medios inestables de alta montaña: por una parte, es especialmente llamativa la densidad alcanzada en el sotobosque por el *Rhododendron ferrugineum*, elemento subalpino de carácter quionófilo-higrófilo que, en algunos puntos, alcanza máxima cobertura; por otra, la presencia del sili-cícola *Vaccinium myrtillus* deja patente la naturaleza ácida del suelo (tabla 1, 1g).

Laderas y canales de aludes

La dinámica geomorfológica de laderas y canales de aludes cobra en este sector especial relevancia. Las avalanchas de nieve son importantes agentes de transporte del material derrubiado desde las cornisas superiores a los fondos de valle; son procesos excepcionales desencadenados bajo especiales condiciones termopluiométricas, con una capacidad destructiva y de transporte de importantes volúmenes de material. Por otra parte, en el caso de los canales se trata de una dinámica que puede considerarse tanto de vertiente como fluvial, ya que presenta un encajamiento que es compartido por los aludes y, en los periodos de fusión, por el flujo hídrico. Los ejemplos escogidos para el presente trabajo son tres: una ladera recientemente afectada por un alud de baja y media intensidad

en el Tosal de Cuera (2.160); otra en la vertiente noroccidental de la Tuca d'Estatats (2.945 m), arrasada por una avalancha de alta intensidad en diciembre de 1995; y, en tercer lugar, el canal-torrentera de Canal Seca, con un 63% de pendiente media, encajada en la vertiente occidental de la misma Tuca.

Respecto al primero de ellos (2a y 2b), desconocemos la fecha en que se produjo pero parece reciente (hace 3 ó 4 inviernos). La masa nivosa procedió del Tosal de Cuera (2.160 m), pero las distintas rupturas de pendiente en esta vertiente, que cuenta con fajas horizontales y una cuenca de barranco no encajada, sino abierta, favorecieron que la avalancha en lugar de concentrarse se dispersara, «pulverizándose» sobre una amplia extensión.

El alud de alta intensidad arrasó una ladera de la Tuca d'Estatats (2c) en la margen izquierda del valle del Ésera cuya pendiente media supera los 40 grados. La masa nivosa procedió de la vertiente noroccidental de la Tuca d'Estatats (2.945 m) y se concentró en varios canales de avalancha paralelos para a continuación extenderse en manto sobre la ladera inferior, en la que arrasó un amplio pasillo forestal. La avalancha alcanzó el cauce del Ésera y afectó también, aunque en menor medida, a los metros inferiores de la vertiente opuesta (derecha) del valle.

La torrentera de Canal Seca (2d y 2e), carente de caudal permanente, constituye un canal de desagüe rectilíneo que drena una cuenca de poco más de 1 km² de superficie, encajada en la vertiente occidental de la Tuca d'Estatats (2.945 m). En sólo 2,1 km de recorrido la torrentera salva 1.320 m de desnivel, por lo que su pendiente media es del 63%. En su tramo inferior descien- de la pendiente y forma un pequeño cono entre los planes de Rosec y Senarta. Esporádicamente, esta pronunciada torrentera canaliza avalanchas, pero su principal agente geomorfológico es el agua, que fluye superficialmente en periodos de fusión o a raíz de precipitaciones, y que ha labrado un valle con perfil transversal en V y un cauce de gravas y grandes bloques que demuestran la enorme competencia de la corriente. Son responsables de esta competencia la torrencialidad hídrica (fuertes picos de caudal) y la fuerte pendiente, que favorecen una enorme capacidad de arrastre.

Las comunidades vegetales que colonizan estos ambientes presentan disparidades ligadas a la desigual intensidad de la citada dinámica geomorfológica, lo que se traduce en diferentes grados de «potencialidad» —término que utilizamos dada la recurrencia del evento— de recuperación de la vegetación.

En la ladera del Tosal de Cuera (tabla 1, 2a y 2b), afectada por una avalancha de media y baja intensidad, la vegetación pudo, en líneas generales, sobrevivir sin llegar a ser descuajada más que en contados individuos, aunque el impacto de la nube de nieve provocó el doblegamiento general en el sentido de la pendiente de los brinzales —su talla arbustivo/arborescente delata recurrencia de aludes en esta ladera— de robledal-tremolinar de *Quercus petraea* (2a) y *Populus tremula* (2b). Es de subrayar la presencia de diversas pioneras y oportunistas de querencia petrana (*Centranthus lecoquii*, *Rubus idaeus*, etc.), que señalan la ruptura más o menos episódica de la situación de fitoestabilidad de la ladera.

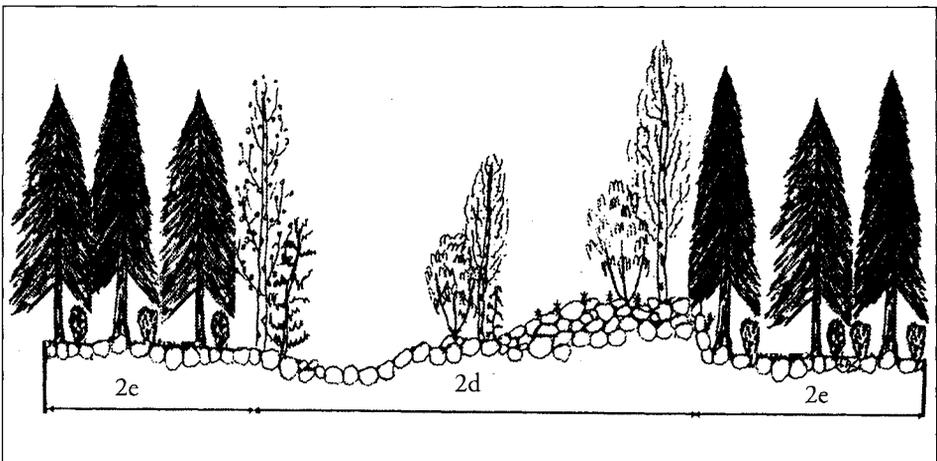
El alud de alta intensidad acaecido en la vertiente noroccidental de la Tuca d'Estatats (2.945 m), arrasó un amplio pasillo de abetal (*Abies alba*) de la Canal Seca (tabla 1, 2c) alcanzando el fondo de valle e, incluso, la parte inferior de la vertiente opuesta. Cinco años después, el boj (*Buxus sempervirens*) y retoños dispersos de *Betula pendula*, *Quercus petraea* y *Abies alba* comienzan a cicatrizar el claro. Sin embargo, lo más llamativo en esta primera fase dinámica es la pujanza de una comunidad de megaforbios nitrófilos (*Atropa bella-donna*, *Scrophularia canina*) y otras oportunistas (*Rubus idaeus*, *Sambucus racemosa*) que se benefician de la remoción y alteración de los suelos consecuente al desarraizamiento generalizado producido por el alud y al posterior trozado y extracción parcial del caos de fustes y ramas desgajados.

El sector central del cauce (tabla 1, 2d) del canal de aludes-torrentera de la «Canal Seca», en primera línea de choque, presenta un magro revestimiento de plantones de *Betula pendula*, *Populus tremula* y diversas herbáceas pioneras, en tanto que las márgenes externas dibujan un pasillo muy neto de abedular que, al alejarse del talweg, termina por enlazar con el abetal potencial (tabla 1, 2e). De la misma manera, en las áreas menos afectadas por las avalanchas y en los canales laterales y menos expuestos que se abren en el pequeño cono terminal, la vegetación zonal, representada por brinzales de *Abies alba* y *Pinus sylvestris*, tiende poco a poco a reclamar este espacio.

Bancales abandonados

Uno de los elementos que más llaman la atención en el paisaje del alto Ésera lo constituyen, sin duda, las laderas abancaladas. Su funcionalidad y labores de mantenimiento han ido menguando progresivamente en las últimas déca-

Figura 3
Perfil transversal del canal de aludes de la Canal Seca, Benasque



das, lo que conlleva el desencadenamiento de procesos dinámicos puntualmente delatados por la recolonización vegetal. En efecto, las comunidades vegetales de estos bancales abandonados que, en otro tiempo, fueron acondicionados, mayoritariamente, para prados de siega, presentan aspecto progresivamente forestal: a partir de los antiguos setos vivos y en razón de la edad del abandono, son cicatrizadas por abedulares, fresnedas y avellanadas.

Su vinculación con la explotación ganadera era manifiesta y mutuamente beneficiosa: la hierba segada, en fresco o henificada, constituía el principal sustento del vacuno —en ocasiones también ovino— al tiempo que la comunidad herbácea se beneficiaba del aporte de nitrógeno suministrado por el abono orgánico. Estos prados presentaban aspecto de formaciones herbáceas siempreverdes en las que dominaban las gramíneas. A principios del verano, en el momento anterior a la siega, podían alcanzar hasta un metro de altura, pero la mayor parte del año presentaban aspecto de tupida alfombra de hierba corta. El parcelario de prados se encontraba marcado por una retícula de setos vivos a base de árboles y arbustos plantados (*Populus nigra*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*...) que, si antaño jugaron un importante papel como surtidores de madera y forraje de invierno, hoy lo hacen en la cicatrización forestal de las tan frecuentes praderías abandonadas.

Los hemos estudiado en un sector de La Solana, presentando facies de abedular-quejigal (tabla 1, 4a) o avellanada—abedular (tabla 1, 4b) en función tanto de la edad del abandono como del grado de estabilidad y tipología del material sobre el que se asientan.

Dinámica fluvial

El trazado del Ésera sigue a grandes rasgos una disposición estructural. Apenas quedan retazos de depósitos fluviales antiguos, desmantelados por la acción glaciaria. El cauce del Ésera presenta un modelo anastomosado en los rellanos glaciares superiores, sectores encajados con saltos y cascadas al atravesar los granitos y algunos tramos trenzados aguas abajo de Benasque, muy alterados por las obras de defensa y extracciones de áridos. Desde El Rún, donde concluía la lengua glaciaria del valle, el Ésera se enfrenta a una sucesión de congostos y de valles amplios en los que desarrolla modelos recto-meandriiformes y meandriiformes de baja sinuosidad (GONZÁLEZ *et al.*, 1998).

Por lo que respecta al funcionamiento hidrológico, García Ruiz *et al.* (1985) señalan un caudal de 12,05 m³/s en Villanova, con máximo en junio y mínimo en febrero. Esta marcada tendencia nival, que introduce una gran regularidad, sería aún más acusada si no se perdiera la mayor parte del caudal de cabecera por el Forau d'Aigualluts. Estas pérdidas representan entre un 12 y un 20% de la aportación, según los años, siendo superiores en años secos. Las aguas bajas son invernales por retención y las crecidas poco frecuentes en comparación con otros ríos pirenaicos. Se ha estimado en Santa Liestra

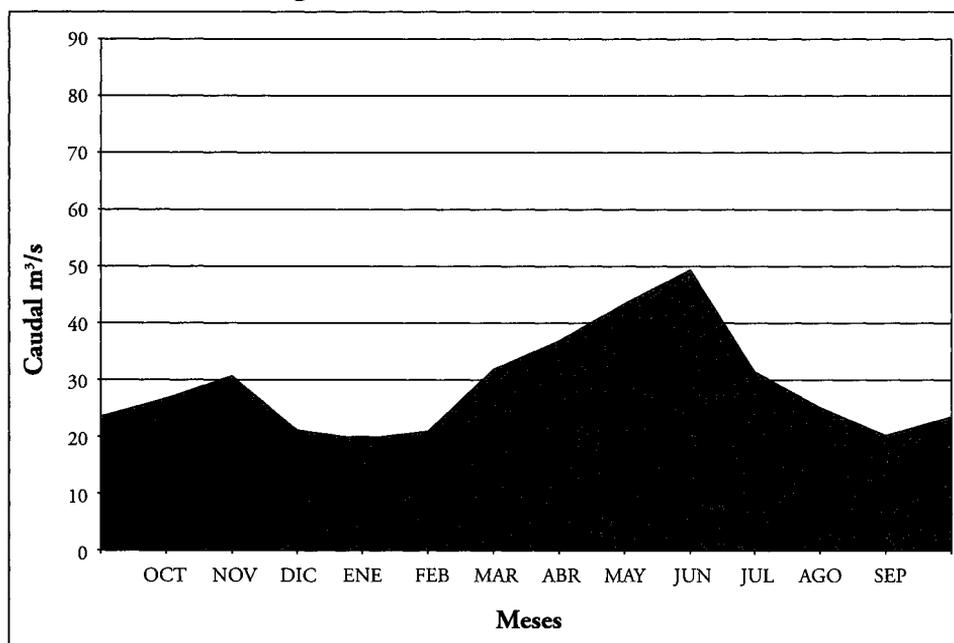
un caudal punta de $437,5 \text{ m}^3/\text{s}$ para la crecida de 5 años y de $1.168,7 \text{ m}^3/\text{s}$ para la de 500 años (C.H.E., 1994). Por Graus, una vez recibido su principal afluente, el Isábena, se duplica el caudal de Villanova, reduciéndose el coeficiente de escorrentía a $0,54$ y a $25,88 \text{ l/s/km}^2$ el caudal relativo. El Ésera, tras sus casi 100 km de recorrido y regulado por el embalse de Barasona, aporta al Cinca $811,9 \text{ hm}^3$ anuales ($25,73 \text{ m}^3/\text{s}$) y ratifica su ponderación y régimen nivo-pluvial (fig. 4) con un estiaje poco marcado que se retrasa hasta septiembre (OLLERO, coord., 2001).

Las mayores crecidas del Ésera a lo largo del siglo XX fueron las de agosto de 1938, las de 1963, año en que se sucedieron eventos extremos en abril, agosto ($1.100,4 \text{ m}^3/\text{s}$ en Barasona) y noviembre (DAUMAS, 1964), y la de noviembre de 1982, en la que fue preciso evacuar Benasque. García Ruiz *et al.* (1983) señalan que esta crecida para el Ara, Cinca y Ésera fue la de 25 años de recurrencia.

El cauce del Ésera presenta una interesante dinámica fluvial, intensamente influenciada por los procesos laterales que tienen lugar en las laderas y en los afluentes. De hecho, la componente lateral es más importante en la dinámica del Ésera que la longitudinal.

El estudio de la dinámica del Ésera a partir del análisis de su cauce parte del concepto de cuenca como un sistema abierto en el que el eje de drenaje resume la dinámica y reacciona a los cambios producidos en cada uno de sus componentes: dinámica de vertientes, vegetación, precipitaciones, pendiente, usos de suelo, etc. El análisis de la dinámica fluvial entraña una gran dificultad dada la

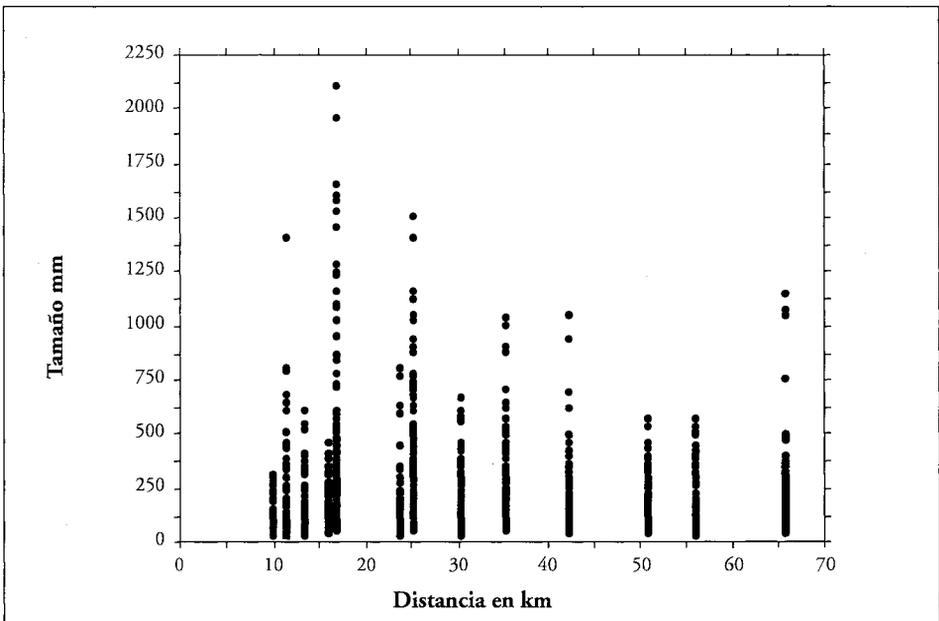
Figura 4
Régimen del Ésera (serie 1949-72)



enorme complejidad del sistema, dificultad que se incrementa en ríos de montaña, donde el control estructural ejerce una gran influencia, siendo además un medio caracterizado por su alta energía (fuertes pendientes, elevados caudales y activa dinámica de vertientes). Los ríos de montaña son, por tanto, importantes vías de evacuación de escorrentía y sedimentos en zonas especialmente activas desde el punto de vista geomorfológico, todo lo cual se plasma en la geometría y dimensiones del cauce como expresión del ajuste entre forma y dinámica.

El curso alto del Ésera presenta un modelo de cauce transicional, cuya evolución hacia el trenzamiento se ve truncada por causas estructurales de índole litológica. Este inicio de trenzamiento es la manifestación de la interrelación que se establece con la cuenca, ya que responde a la llegada al cauce de importantes acarreos procedentes de una activa dinámica de laderas, así como de las distintas subcuencas que constituyen, a su vez, subsistemas con una dinámica propia que muestra cierto desequilibrio con respecto al cauce principal. Así, la presencia de cantos sueltos de valores granulométricos altos (fig. 5) está manifestando los continuos aportes de grandes bloques desde las vertientes hacia el cauce, material que no puede ser movilizadado por el río salvo en momentos de muy fuerte actividad y escasa recurrencia. Esto ocurre, sobre todo, en el curso alto entre el Hospital de Benasque y Anciles, donde el cauce es estrecho y se produce la llegada de arroyos afluentes muy activos en sus cabeceras y canales que desembocan a través de conos de deyección.

Figura 5
Evolución del tamaño de los cantos a lo largo del curso fluvial



El estudio granulométrico y morfométrico de la carga de fondo (GONZÁLEZ *et al.*, 1998) caracteriza una dinámica fluvial con episodios de carácter torrencial y donde la fuerte influencia lateral impide al Ésera llevar a cabo la clasificación del material.

Los valores de rodamiento indican una evolución progresiva de incremento del desgaste (figs. 6 y 7), aunque las fluctuaciones que aparecen en la evolución de los valores de las medianas llevan a asumir que la dinámica del Ésera no es la única responsable de dicho desgaste. Se trata, más bien, de unos valores claramente influidos por los aportes de los barrancos emisarios, material que refleja una dinámica originada bajo condiciones más violentas, y depositados posteriormente en el lecho principal.

También hay importantes alteraciones en la dinámica fluvial introducidas por las distintas presas que se han levantado a lo largo del cauce. Fundamentalmente, se trata de fuertes ascensos en los valores granulométricos: mediana 325 mm al pie de la presa de Paso Nuevo y mediana 304 mm al pie de la de Linsoles (GONZÁLEZ *et al.*, 1998). Al haberse producido un abandono de la carga sedimentaria en el vaso del embalse, el río tiene una mayor energía provocando una incisión en el lecho y una evacuación de los cantos medianos y pequeños, quedando un armazón de grandes bloques —«*armouring*»— tan sólo movilizable ante sucesos de gran energía y largo periodo de retorno; son consecuencias ya comprobadas en otros cauces pirenaicos (GARCÍA RUIZ y PUIGDEFÁBREGAS, 1985).

En lo que concierne a la vegetación ribereña del alto Ésera, las comunidades permanentes que la conforman se estructuran en secuencias cuya estructura, composición florística y dinámica están estrechamente ligadas a su ubicación respecto al eje fluvial y a la variación del nivel freático. Por otra parte, las facies y variantes se emparejan tanto más a la vegetación climática cuanto más alta es la cota altitudinal.

Las saucedas o «sarguerales» presididas por diversas especies del género *Salix* están perfectamente adaptadas a soportar un nivel elevado de «stress» hídrico, lo que explica su característico emplazamiento en primera línea de choque y en cascajeras fluviales de gravas y cantos rodados intensamente caldeadas en verano. En la zona de estudio dominan *Salix purpurea*, *S. eleagnos* subsp. *angustifolia*, *S. triandra*, *S. alba*, *S. bicolor* —en el subalpino— y *S. atrocinerea*. Especial atención merece, por su rareza y papel ecológico, la facies de saucedamatorral espinoso (con *Berberis vulgaris* subsp. *seroi*, *Rosa* ssp., *Rubus caesius* y *Myricaria germanica*), que coloniza graveras y derrubios de algunos conos de deyección de torrenteras de la zona.

Las fresnedas-olmedas de *Fraxinus excelsior*, *F. angustifolia* y *Ulmus minor* configuran la banda más externa de la vegetación riparia. El nivel freático se encuentra, por consiguiente, a mayor profundidad que en el caso de las saucedas, por lo que en su composición florística juega un papel preponderante la vegetación climática de la zona en la que se emplazan.

Figura 6
Evolución del índice de desgaste de los cantos a lo largo del curso fluvial

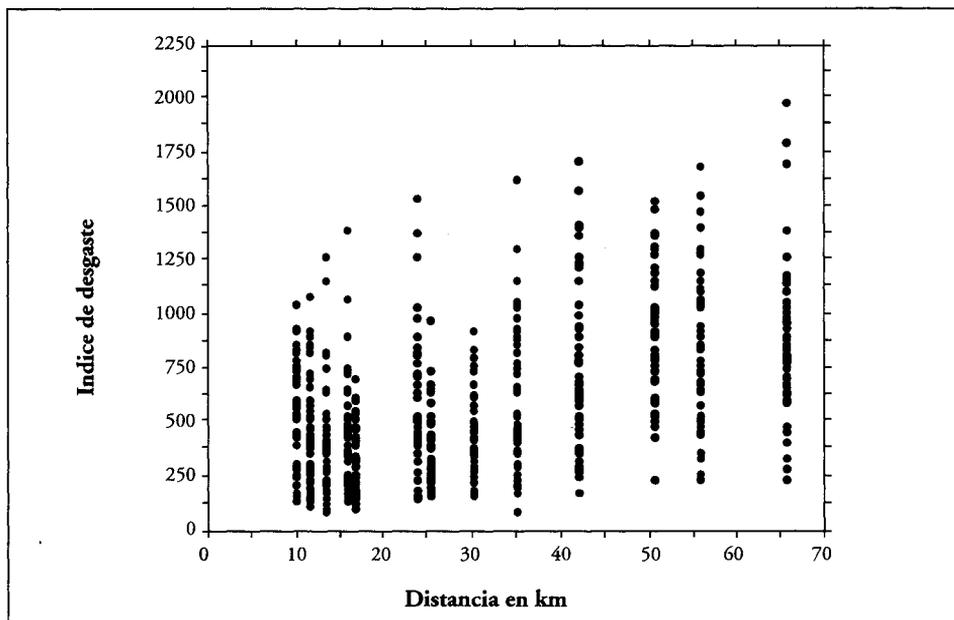
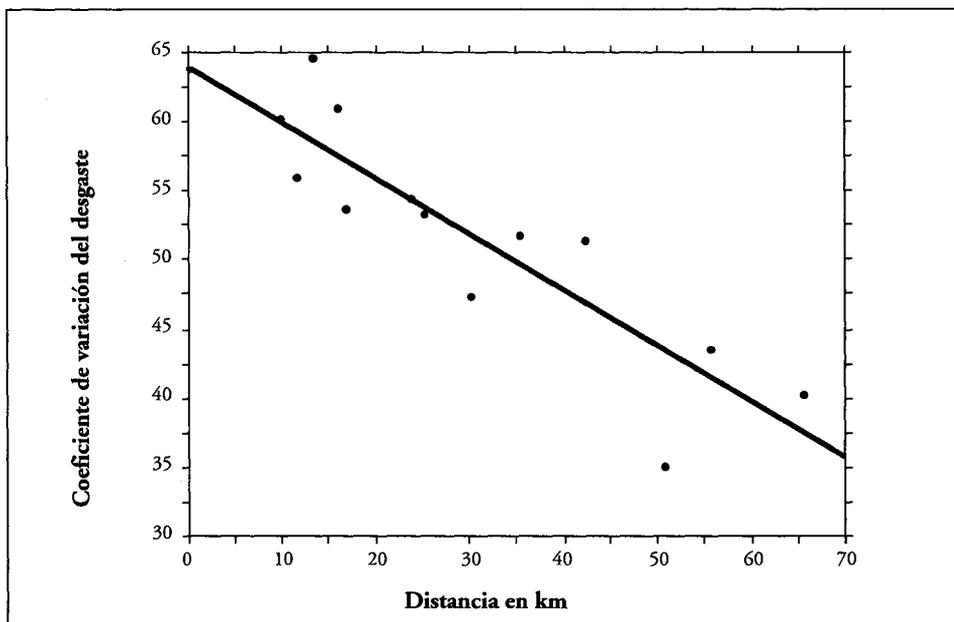


Figura 7
Relación entre el coeficiente de variación del desgaste y la distancia



Ambientes de transición: los conos aluviales

Los conos aluviales son formas comunes en el paisaje del Alto Ésera, ligadas a la acción de cauces con un régimen generalmente torrencial en su desembocadura en el cauce principal. Actúan como elementos de conexión entre montañas y llanuras, constituyendo formas deposicionales de transición entre las vertientes en las que se da una importante actividad geomorfológica y, por ello, conforman importantes áreas fuente de sedimento, y las cuencas deposicionales.

En consecuencia, a fin de completar el abanico de medios dinámicos del alto Ésera era fundamental analizar los ambientes fluvio-torrenciales y, más concretamente, un cono aluvial activo. Se seleccionó el más extenso e interesante del área de estudio: el que se forma 1 km al sur de la localidad de Benasque el barranco Remascaró (3a y 3b), afluente del Ésera por la izquierda. Se trata de un complejo edificio fluvio-torrencial de 19 hectáreas, probablemente el cono funcional más extenso de todo el Pirineo central, que se mantiene poco alterado por la acción humana y que muestra con claridad una intensa dinámica ligada a procesos primarios de carácter catastrófico y escasa frecuencia (crecidas, deslizamientos, coladas de barro y piedras...) y secundarios (removilización del sedimento, desarrollo de suelos...) que contribuyen a la degradación del cono (fig. 8).

Ubicado entre Benasque y Anciles, sobre él discurre la carretera que une ambas localidades, vía que ha sufrido a lo largo de la historia múltiples inundaciones y desperfectos, del mismo modo que el puente por el que se cruza el barranco.

El proceso actual más activo es la incisión, próxima a los 4 m, del canal de estiaje en la zona apical (es un proceso de erosión selectiva, relacionada con el almacenamiento de material en la parte superior de las presas existentes inmediatamente aguas arriba del cono, y el reducido aporte de sedimentos) debida fundamentalmente a la reducción de los sedimentos que acceden al cauce, ya que existe una presa de retención en el arranque del cono y dos diques longitudinales en el ápice (fig. 9).

Esta incisión genera aguas abajo la deposición de los propios materiales excavados, por lo que la corriente en el tramo medio y bajo se bifurca y migra lateralmente desarrollando procesos de avulsión. Este tipo de dinámica se registra en la actualidad en todos los conos pirenaicos activos (GÓMEZ VILLAR, 1996). Por otra parte, se han realizado una serie de medidas granulométricas en el canal funcional, destacando en todas ellas la heterometría y la nula clasificación del material.

Los conos aluviales son ambientes de alta energía y de almacenamiento temporal de sedimentos que reflejan muy bien las características de la cuenca de drenaje (GÓMEZ VILLAR, 1996). En el caso del Remascaró la cuenca, en la que se ubica la mayor parte de la estación invernal de Cerler, alcanza una superficie de 34,7 km², con un desnivel de 1.780 m, una altitud media de 2.117 m

Figura 8
Unidades dinámicas del cono de Remascaró

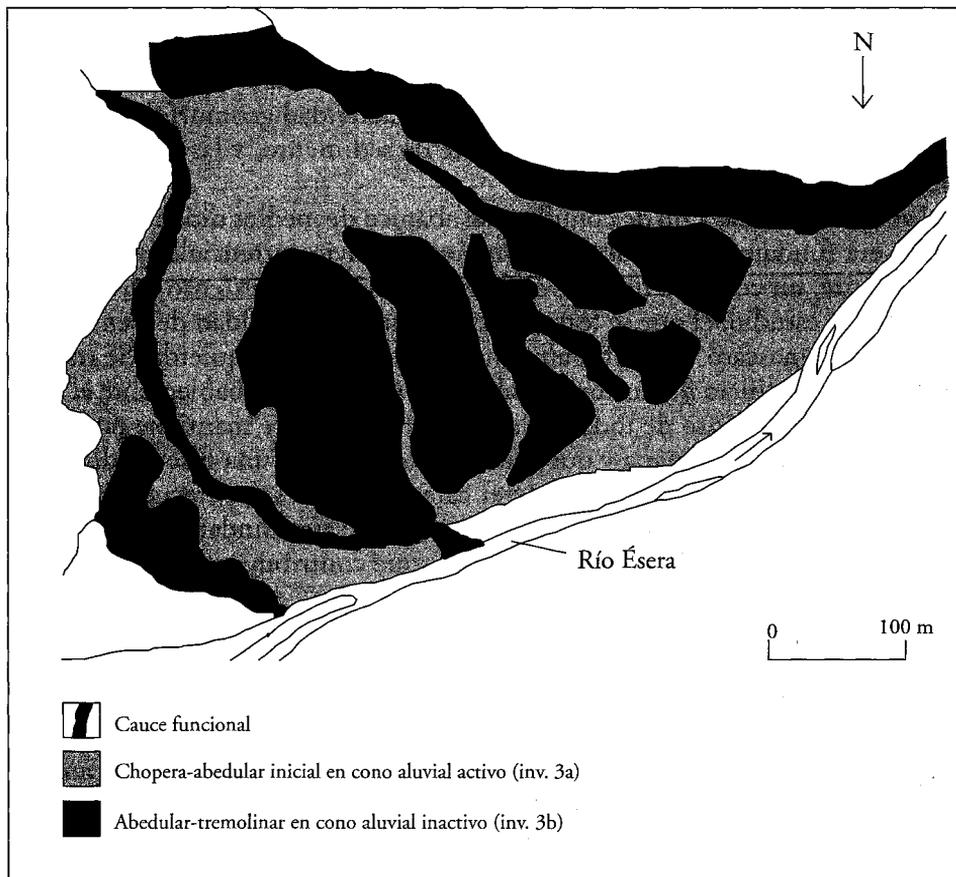
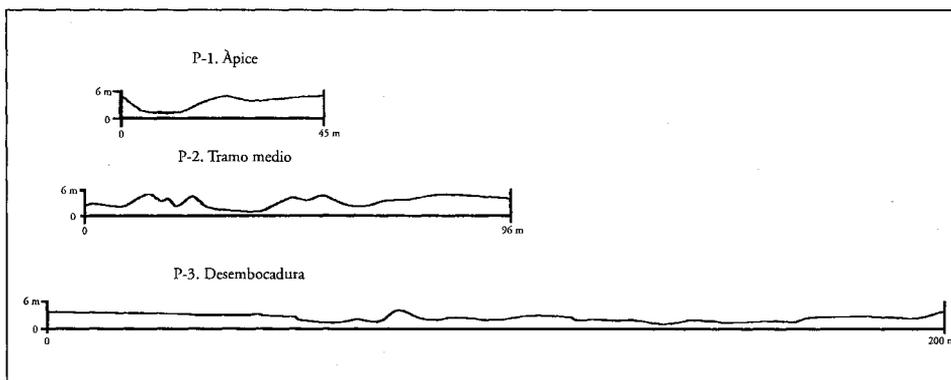


Figura 9
Perfiles topográficos del cono de Remascaró



(JORGE, 1999) y una precipitación media anual de 1.535 mm (a partir de las correlaciones de DEL VALLE, 1997). Su forma es aproximadamente circular, con un índice de compacidad de 1,197.

El barranco de Remascaró, cuyo principal afluente es el Ampriú, alcanza una longitud de 9,5 km y una pendiente media del 18,7%, ya que salva 1.780 m de desnivel. Su red de drenaje alcanza una longitud total de 263 km y presenta un cauce de orden 6, 2 de orden 5 ($R_b=2$), 5 de orden 4 ($R_b=2,5$), 21 de orden 3 ($R_b=4,2$), 83 de orden 2 ($R_b=3,95$) y 378 de orden 1 ($R_b=4,55$).

La densidad de drenaje es de 7,58 km/km, el coeficiente de torrencialidad de 11,15, más alto que el del conjunto de la cuenca del Ésera, y el tiempo de concentración de un aguacero hasta su salida por el cono es de 43 minutos. A partir de la fórmula racional y aplicando un coeficiente de escorrentía de 0,8, hemos estimado el caudal medio del barranco en el cono en 1,35 m³/s, lo cual implica un elevado caudal específico de 38,9 l/s/km². A raíz de las notables precipitaciones pirenaicas de noviembre de 1982, Martí y Puigdefábregas (1983) estimaron un pico de crecida en este barranco de 108 m²/s.

El Remascaró supone el 10,7% de la cuenca drenada por el Ésera hasta el aforo de Villanova (323 km²), pero su aportación constituye el 11,2% de lo que lleva el Ésera por dicho aforo, 12,05 m³/s según datos de García Ruiz *et al.* (1985). Hay que recordar las importantes pérdidas kársticas del Ésera en su cabecera, que reducen su coeficiente de escorrentía a 0,63.

En julio de 1999 realizamos mediciones de caudal con un molinete Ott tipo 0,2 «10150», resultando caudales de 115 l/s en el puente del Ampriú, 164 l/s en el puente de Cerler y 400 l/s (caudal específico de 11,527 l/s/km²) en el puente sobre el cono. Los valores son bajos, correspondiendo a una situación de estiaje. Los 400 l/s registrados en el cono suponen el 29,6% del caudal medio de 1.350 l/s estimado por el método racional. En una cuenca de estas dimensiones y en una fecha en la que no quedaba manto nival, es suficiente con un periodo de varios días sin precipitación para que descienda el caudal de forma notable. Más sorprendente resulta el escaso caudal registrado en el puente de la localidad de Cerler, pero se debe a la derivación de agua que es devuelta aguas abajo del punto de medida.

Las grandes dimensiones del cono se explican por la relativa extensión de la cuenca de recepción, su escasa vegetación arbórea y arbustiva y la disponibilidad de materiales morrénicos. Los sectores más elevados y alejados del cauce han sido colonizados por la vegetación, pero aún quedan extensas superficies cubiertas por gravas y bloques que se relacionan con la actividad del cauce, cuyos desbordamientos extienden los materiales sobre el cono en forma de abanico.

A lo largo de todo el siglo XX se han redactado proyectos de defensa y se han llevado a cabo obras de protección. La más notable es una presa de retención de sedimentos en el mismo ápice del cono, prácticamente colmatada en la actualidad. La actuación más reciente consiste en el levantamiento de un dique de material suelto en cada orilla desde la presa hasta el puente de la carretera, con el objetivo de fijar el cauce del barranco en la mitad superior y de mayor

pendiente del cono. Aguas abajo del puente el cauce, ya libre, se separa en varios brazos.

Las comunidades vegetales permanentes de conos aluviales activos, caso del de Remascaró, presentan gran dinamismo, haciendo posible apreciar de manera palmaria la relación interactiva entre las diferentes unidades morfodinámicas y sus correspondientes comunidades vegetales.

Ha de tenerse en cuenta que, como se acaba de señalar, la dinámica natural del cono aluvial se ha visto en los últimos tiempos alterada por la intervención humana: presas de retención que limitan el aporte de sedimentos y diques de contención que canalizan el cauce en tanto que desactivan, en buena medida, la circulación en los regueros naturales. Por otra parte, la instalación de un vertedero aguas arriba del cono conlleva, con toda probabilidad, la eutrofización de las aguas, lo que explicaría el protagonismo de taxones de carácter banal y nitrófilo en los sectores en los que aquella circula de manera, siquiera, episódica.

El diferente grado de actividad de las diversas zonas del cono tiene su reflejo en la dispar estructura, dinámica y cobertura de la vegetación que las reviste (fig. 8): en los regueros y sectores proximales con ambiente de cascajal nitrificado medra una rala vegetación permanente de tipo banal y ruderal, salpicada de plantones de *Populus nigra* y *Salix eleagnos* subsp. *angustifolia* titulares del medio ribereño, amén de un nutrido listado de primocolonizadoras y oportunistas, como la propia *Betula pendula* (tabla 1, 3a); en los cordones aluviales y, en general, zonas más elevadas y distales (tabla 1, 3b), progresan bosquetes de *Betula pendula* y *Populus tremula* con *Fraxinus excelsior* que coadyuvaron a su fitoestabilización y señalan una etapa dinámica próxima a la consideración de preclímax.

Consideraciones finales

La presente aportación ha tratado de poner de manifiesto la estrecha interactividad que se establece entre las dinámicas geomorfológica, hidrológica y vegetal propias de los medios más inestables de media y alta montaña.

En lo que se refiere a los procesos geomorfológicos e hidrológicos, cabe destacar la notable dinámica que se registra en el área de estudio, en la que se reúne un variado conjunto de ejemplos de medios inestables, destacando los que derivan de la gelifracción, de los aludes y de los sistemas fluviales laterales de carácter torrencial.

La investigación biogeográfica, elemento central de la presente aportación, se ha llevado a cabo considerando a la vegetación no sólo como receptora, sino también como generadora de influencias sobre los demás componentes del sistema. Desde esta perspectiva, se ha destacado el papel de la vegetación como fiable y preciso indicador de circunstancias y episodios de inestabilidad, así como su capacidad para prosperar y, en su caso, contribuir a una estabilización progresiva de estos ambientes dinámicos, bien como comunidades preforestales bien como comunidades permanentes.

En el primer caso, configuran agrupaciones arbóreo-arborescentes encabezadas por *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Fraxinus excelsior* y *Corylus avellana*, como es lógico todos ellos de rápido crecimiento y madera blanda. En el segundo, la delgadez e inestabilidad del suelo acotan el revestimiento vegetal a comunidades permanentes de talla mayoritariamente arbustiva, forzosamente dotadas de morfología y mecanismos adaptados a colonizar ambientes muy dinámicos; en circunstancias extremas (medios petranos de movilidad más manifiesta —en particular canchales funcionales—), la colonización vegetal queda restringida a comunidades herbáceas glareícolas poco conspicuas y de ralo recubrimiento.

En último término, la consideración del papel indicador de especies y comunidades vegetales con respecto a los procesos dinámicos del sistema permite desentrañar aspectos directamente ligados con la estructura y funcionamiento de estos últimos y, consiguientemente, contribuye a optimizar la diagnosis y el establecimiento de unas bases de gestión territorial adecuados.

Tabla 1
Tabla sintética de inventarios de vegetación

nº orden orientación pendiente (°) altitud (m) nº especies	canchales							laderas y canales de aludes					conos aluviales		bancales abandonados	
	1a E	1b NE	1c E	1d E	1e E	1f E	1g NW	2a E	2b E	2c W	2d W	2e W	3a W	3b W	4a W	4b W
	22	20	45	45	45	45	20	35	35	34	34	20	14	14	30	34
	1500	1480	1140	1140	1140	1140	1815	1490	1490	1440	1510	1440	1195	1195	1390	1375
	45	18	29	30	22	10	14	25	22	13	16	11	36	18	34	16
especies de ambiente petrano más inestable																
<i>Amelanchier ovalis</i>			1	2	+	+					+				+	1
<i>Antennaria dioica</i>							+									
<i>Biscutella laevigata</i>						+					+		+	+	+	
<i>Centranthus lecoquii</i>								+	1		+					
<i>Crepis pygmaea</i>				+	+	+										
<i>Festuca gautieri</i>						+	+									
<i>Lavandula angustifolia</i>					+	2										
<i>Linaria supina</i> var. <i>pyrenaica</i>						+	+									
<i>Ononis aragonensis</i>					+	1										
<i>Rumex scutatus</i>	+					+	+				+					
<i>Satureja montana</i>				+	1	3										
<i>Sedum album</i>						+	+									
<i>Sedum dasyphyllum</i>														+		
<i>Sedum sediforme</i>						+	+									
<i>Silene vulgaris</i> subsp. <i>glareosa</i>					+	+	+									
especies de ambiente petrano menos inestable																
<i>Anthyllis vulneraria</i>				+										+		
<i>Betula pendula</i>				2	+		4			1	1	2	1	3	4	2
<i>Buxus sempervirens</i>	+	2	1	2	1			2	2	1	+	1			2	4
<i>Campanula persicifolia</i>				+	+											
<i>Colutea arborescens</i>					+	+										
<i>Corylus avellana</i>	5	1	1	+							+		+		2	4
<i>Criptogramma crispa</i>							+									
<i>Erius alpinus</i>																+
<i>Globularia vulgaris</i>					+											+
<i>Hieracium</i> gr. <i>murorum</i>	1															
<i>Helianthemum nummularium</i> subsp. <i>pyrenaicum</i>													+		+	
<i>Lonicera pyrenaica</i>					+	+										
<i>Pinus sylvestris</i>				1	1							+	+	1	+	

nº orden orientación pendiente (°) altitud (m) nº especies	canchales							laderas y canales de aludes					conos aluviales		bancales abandonados	
	1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2a	2b	2c	2d	2e	3a	3b	4a	4b
	E	NE	E	E	E	E	NW	E	E	W	W	W	W	W	W	W
	22	20	45	45	45	45	20	35	35	34	34	20	14	14	30	34
	1500	1480	1140	1140	1140	1140	1815	1490	1490	1440	1510	1440	1195	1195	1390	1375
	45	18	29	30	22	10	14	25	22	13	16	11	36	18	34	16
<i>Populus tremula</i>	2	4	+				2	1	5		+	+	3	+	+	+
<i>Potentilla rupestris</i>																
<i>Prunus mahaleb</i>			+	1	+											
<i>Quercus petraea</i>	1	3						3	1	+						
<i>Rhamnus alpinus</i>	+										+	+				
<i>Rosa pendulina</i>							+									
<i>Rubus idaeus</i>								1	2	2						
<i>Sambucus racemosa</i>										2	+					
<i>Saxifraga paniculata</i>															1	
<i>Semperivum tectorum</i>							+									
<i>Sorbus aria</i>	+	+	+	+				+	+			+				
<i>Teucrium chamaedrys</i>			+	+											+	
<i>Tilia platyphyllos</i>	+															
<i>Vincetoxicum hirsutinaria</i>			+	1	+										1	
megaforbios																
<i>Aquilegia vulgaris</i>	1							+	+							
<i>Asphodelus albus</i>	+							+	+							
<i>Atropa bella-donna</i>										1						
<i>Laserpitium latifolium</i>	1															
<i>Lathyrus laevigatus</i>	1	+						+	+							
<i>Lathyrus latifolius</i>													+			
<i>Lilium martagon</i>	1	+						1	+							
<i>Phyteuma spicatum</i>	+							+								
<i>Scrophularia canina</i>										2	+					
<i>Valeriana montana</i>	+												+			
especies de bosque																
<i>Abies alba</i>	+	1						+	+	+	+	2				
<i>Acer platanoides</i>	+	+						+	+							
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	3	1						+	+							
<i>Cephalanthera longifolia</i>	+														+	
<i>Cephalanthera rubra</i>	+															
<i>Clematis vitalba</i>													2	+	+	+
<i>Cornus sanguinea</i>			+	+												
<i>Cruciata glabra</i>	1						1	+							1	
<i>Deschampsia flexuosa</i>							1									
<i>Epipactis helleborine</i>														+	+	
<i>Festuca heterophylla</i>	3															
<i>Fragaria vesca</i>	+	+						+	+						1	
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	+	+	+	+			+	+	+			+	1	1	1
<i>Hepatica nobilis</i>	+	+	+												2	
<i>Ilex aquifolium</i>	+															
<i>Lonicera xylosteum</i>			+												+	+
<i>Luzula nivea</i>	+	1						1								
<i>Melica uniflora</i>	+												+	+		
<i>Oxalis acetosella</i>							+									
<i>Paris quadrifolia</i>							+									
<i>Platanthera clorantha</i>	+														+	
<i>Prenanthes purpurea</i>							+									
<i>Primula veris</i> subsp. <i>columnae</i>	+															
<i>Pulmonaria affinis</i>	+							+	+		+	+				
<i>Quercus gr. cerrisoides</i>			2	+											3	1
<i>Rosa arvensis</i>	+		+	+				1	+							
<i>Rosa gr. canina</i>													+	+	+	+
<i>Salix caprea</i>										+	1	1				
<i>Sorbus aucuparia</i>							+	+	+			+				
<i>Stellaria holostea</i>	+	+														
<i>Tamus communis</i>	+															
<i>Ulmus glabra</i>										+						
<i>Vaccinium myrtillus</i>							4									
especies de matorral y herbazal																
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+	+														
<i>Arvenaria grandiflora</i>													1			

nº orden orientación pendiente (°) altitud (m) nº especies	canchales							laderas y canales de aludes					conos aluviales		bancales abandonados	
	1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	2a	2b	2c	2d	2e	3a	3b	4a	4b
	E	NE	E	E	E	E	NW	E	E	W	W	W	W	W	W	W
	1500	1480	1140	1140	1140	1140	1815	1490	1490	1440	1510	1440	1195	1195	1390	1375
<i>Brachypodium pinnatum</i>			+	+	+	+								+	+	4
<i>Calamintha sylvatica</i>																+
<i>Crataegus monogyna</i>	+															+
<i>Galium lucidum</i>					+	+										
<i>Genista scorpius</i>			+	+										+	2	
<i>Geranium robertianum</i> subsp. <i>robertianum</i>								+	1							
<i>Helleborus foetidus</i>	+		+	+	+											1
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>communis</i>			+	+												
<i>Ligustrum vulgare</i>			+	+												
<i>Lonicera etrusca</i>			+	+											+	+
<i>Melosperrum peloponnesiacum</i>	+															
<i>Polygala vulgaris</i>			+					+	+							
<i>Potentilla micrantha</i>	1							+	+							
<i>Prunus spinosa</i>																+
<i>Pteridium aquilinum</i>	+															
<i>Rhododendron ferrugineum</i>							5									
<i>Rubus submissifolius</i>																+
<i>Scabiosa columbaria</i>														+		+
<i>Thymus vulgaris</i>			+	+										+		+
<i>Veronica chamaedrys</i>	+	+						1	+							
<i>Viburnum lantana</i>			+	+												
<i>Vicia cracca</i>														+	+	+
<i>Vicia pyrenaica</i>	+	+			+					+						
<i>Viola riviviana</i>	1															
especies higrófilas																
<i>Carex flacca</i>																+
<i>Epilobium anagallidifolium</i>											1					
<i>Epilobium angustifolium</i>											+					
<i>Populus nigra</i>														2	+	
<i>Salix eleagnis</i> subsp. <i>angustifolia</i>														1		
<i>Salix fragilis</i>														+	+	
<i>Tetragolobus maritimus</i>														+		
especies nitrófilas																
<i>Achillea millefolium</i>														+		+
<i>Chaenorrhinum origanifolium</i>														+		
<i>Coronilla minima</i>														2	1	+
<i>Daucus carota</i>														+		
<i>Echium vulgare</i>														+		
<i>Leucanthemum vulgare</i>														+		
<i>Melilotus alba</i>														1	1	
<i>Onobrychis supina</i>														1	+	
<i>Ononis natrix</i>				+										+		
<i>Plantago lanceolata</i>														+		
<i>Raphanus sativus</i>														+		
<i>Reseda lutea</i>														+		
<i>Rubus caesius</i>	+													+		
<i>Silene alba</i>														+		
<i>Tussilago farfara</i>														+		
<i>Verbascum thapsus</i>														+		
<i>Viola hirta</i>																+

1a: avellaneda en canchal fosilizado del Tosal de Cuera, 31TCH0024. 1b: tremolinar-robleal de albar en canchal fosilizado del Tosal de Cuera, 31TCH0024. 1c: banda arbolada de abedular-quejigal-avellaneda en canchal calizo estabilizado de Chía, 31TBH9112. 1d: banda arbustiva alta de bujedo con guillomo en canchal calizo estabilizado de Chía, 31TBH9112. 1e: banda arbustiva baja de bujedo en canchal calizo relativamente estabilizado de Chía, 31TBH9112. 1f: banda herbácea rala en canchal calizo no estabilizado de Chía, 31TBH9112. 1g: abedular-tremolinar subalpino en canchal granítico estabilizado del pico Cerler, 31TBH9916. 2a: robleal de albar-tremolinar en alud reciente de baja intensidad del Tosal de Cuera, 31TBH9924. 2b: tremolinar-robleal de albar en alud reciente de mediana intensidad del Tosal de Cuera, 31TBH9924. 2c: vegetación de megaforbios en alud reciente de alta intensidad de Canal Seca, 31TCH0125. 2d: abedular inicial ralo en canal de aludes - torrentera funcional de Canal Seca, 31TCH0124. 2e: abedular-abetal en canal de aludes - torrentera no funcional de Canal Seca, 31TCH0124. 3a: chopera-abedular inicial en cono aluvial activo de Remascaró-Anciles, 31TBH9618. 3b: abedular-tremolinar en cono aluvial inactivo de Remascaró-Anciles, 31TBH9618. 4a: abedular-quejigal de bancal abandonado de La Solana, 31TBH9315. 4b: avellaneda-abedular en caos de grandes bloques graníticos de bancal abandonado de La Solana, 31TBH9315.

La presente investigación se ha enmarcado en el proyecto *Estudio hidrológico, jurídico, ecológico y económico de los recursos hídricos de la cuenca del Cinca para el diseño de un modelo de gestión sostenible*, del Programa Nacional de Recursos Hídricos (CYCIT, HID96-1882).

Bibliografía

- BORDONAU, J. (1992). *Els complexos glàcio-lacustres relacionats amb el darrer cicle glacial als Pirineus*. Logroño: Geoforma.
- CADIÑANOS, J.A.; DÍAZ, E.; GONZÁLEZ, M.J.; MEAZA, G.; OLLERO, A.; ORMAETXEA, O. (2000). «Colonización vegetal en medios dinámicos de la cabecera del río Ésera (Pirineo Aragonés)». *I Congreso Español de Biogeografía*. Nuria (en prensa).
- CHUECA, J. (1993). *Geomorfología de la Alta Ribagorza: análisis de la dinámica de procesos en el ámbito supraforestal*. Benasque: Asociación Guayente.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (1994). *Proyecto de presa del Ésera en término municipal de Santa Liestra (Huesca)*.
- DAUMAS, M. (1964). «Les crues du 3 août dans les hautes vallées aragonaises et catalanes». *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, XXXV, p. 305-310.
- DEL VALLE, J. (1997). «La precipitación media anual en el sector alto de la cuenca del Cinca (Pirineo Aragonés)». *Pirineos* [Jaca], 149-150, p. 121-144.
- GARCÍA RUIZ, J.M.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; MARTÍN, M.C. (1983). «Diferencias espaciales en la respuesta hidrológica a las precipitaciones torrenciales de noviembre de 1982 en el Pirineo Central». *Estudios Geográficos* [Madrid], 170-171, p. 291-310.
- GARCÍA RUIZ, J.M.; PUIGDEFÁBREGAS, J. (1985). «Efectos de la construcción de pequeñas presas en cauces anastomosados del Pirineo Central». *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 10, p. 91-102.
- GARCÍA RUIZ, J.M.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; CREUS, J. (1985). *Los recursos hídricos superficiales del Alto Aragón*. Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- GARCÍA RUIZ, J.M.; BORDONAU, J.; MARTÍNEZ DE PISÓN, E.; VILAPLANA, J.M. (1992). *Benasque (M.T.N. 180). Mapa geomorfológico*. Logroño: Geoforma.
- GARCÍA RUIZ, J.M.; MARTÍ BONO, C.E. (1994). «Rasgos fundamentales del glaciario cuaternario en el Pirineo aragonés». En: MARTÍ BONO, C.E.; GARCÍA RUIZ, J.M. [eds.]: *El glaciario surpirenaico: nuevas aportaciones*. Logroño: Geoforma.
- GÓMEZ VILLAR, A. (1996). *Conos aluviales en pequeñas cuencas torrenciales de montaña*. Logroño: Geoforma.
- GONZÁLEZ, M.J.; MEAZA, G.; OLLERO, A.; ORMAETXEA, O. (1998). «Caracterización de la dinámica del Ésera alto y medio (Pirineo Aragonés). Primeros resultados». En: GÓMEZ ORTIZ A.; SALVADOR, F. [eds.]: *Investiga-*

- ciones recientes de la Geomorfología española*. Barcelona: Sociedad Española de Geomorfología.
- JORGE, I. (1999). *Análisis integrado de la cuenca del Remascaró (Pirineo Aragonés)*. Proyecto Fin de Carrera (inédito). Licenciatura de Geografía, Universidad del País Vasco.
- MARTÍ BONO, C.E.; PUIGDEFÁBREGAS, J. (1983). «Consecuencias geomorfológicas de las lluvias de noviembre de 1982 en las cabeceras de algunos valles pirenaicos». *Estudios Geográficos* [Madrid], 170-171, p. 275-289.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1990). «Unidades fisiográficas y morfológicas del Valle de Benasque (Pirineo Aragonés)». *Estudios Geográficos* [Madrid], 199-200, p. 559-575.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1991). *Geomorfología del Valle de Benasque*, Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- OLLERO, A. [coord.]. (2001). *Análisis, evolución y diagnóstico del río Cinca en el tramo Presa de El Grado-Confluencia del Vero como base científica de un programa de acción*. CEDER Somontano (informe inédito).
- RIVAS MARTÍNEZ, S.; COSTA, M. (1998). «Datos sobre la vegetación y el bioclima del Valle de Arán». *Homenatge a Oriol de Bolòs*, p. 473-499.
- SERRANO, E.; MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1994). «Geomorfología y evolución glaciaria en el Pirineo Aragonés oriental». En: MARTÍ BONO, C.E.; GARCÍA RUIZ, J.M. (Eds.): *El glaciario surpirenaico: nuevas aportaciones*. Logroño: Geoforma, p. 33-64.