

**DATACIÓN DE DEPÓSITOS DE DERRUBIOS GRAVITATORIOS  
A PARTIR DE TÉCNICAS LIQUENOMÉTRICAS  
(ALTA RIBAGORZA, PIRINEO ORIENTAL OSCENSE)**

Javier CHUECA CÍA<sup>1</sup>  
Asunción JULIÁN ANDRÉS<sup>1</sup>

RESUMEN.—El objetivo fundamental del presente trabajo queda centrado en el análisis y caracterización cronológica —mediante la utilización de técnicas de datación liquenométricas— de diversos depósitos de derrubios gravitatorios funcionales localizados en la Alta Ribagorza aragonesa (valles de Benasque y Llauset). Tras llevar a cabo su descripción general, exponemos los resultados obtenidos a partir de la elaboración de la curva de crecimiento del subgénero *Rhizocarpon* para el sector y su aplicación puntual en cuatro espacios de muestreo con dispares características morfodinámicas: Macizos de Vallibierna y del Turbón y Picos de Cerler y del Cap de la Pala del Estany. El tratamiento estadístico detallado —a través del empleo combinado de técnicas multivariantes (análisis de conglomerados, análisis discriminantes)— de los parámetros registrados en cada uno de ellos permite extraer algunas conclusiones interesantes de tipo evolutivo.

---

<sup>1</sup> Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. E-50009 ZARAGOZA.

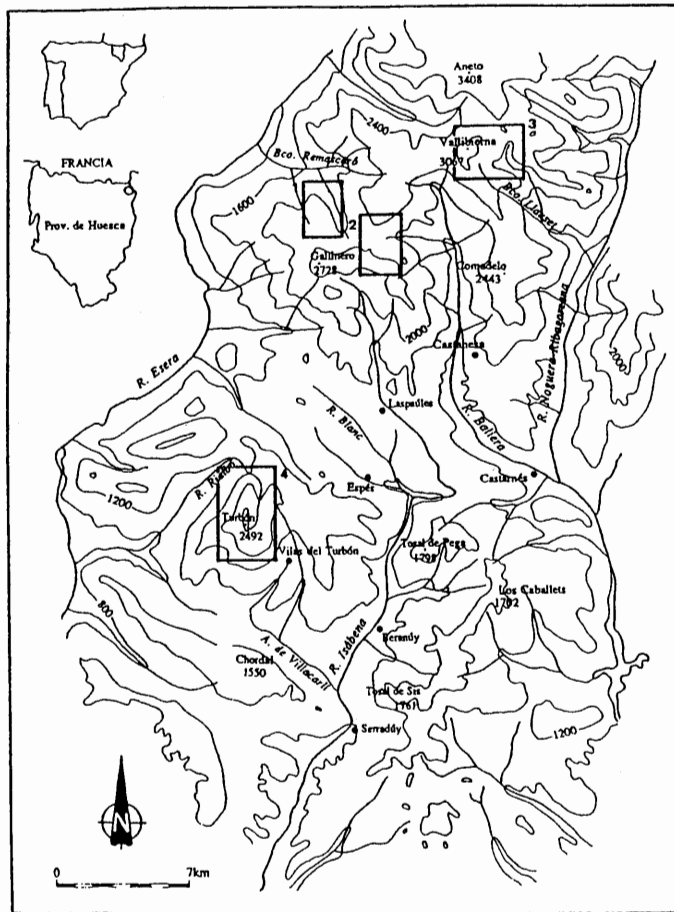
ABSTRACT.—This work is centered in the analysis and chronological characterization —by using lichenometrical dating techniques— of several talus slope deposits placed in the Aragonese Alta Ribagorza (Benasque and Llauset valleys). After a general introduction to this kind of deposits, we show the results obtained through the use in the sector of a growth-curve for the *Rhizocarpon* subgenus, and its application in four test-areas with different morphodynamic characteristics: Vallibierna and Turbón massifs, and Cerler and Cap de la Pala del Estany peaks. The detailed statistical treatment —by using combined multivariate techniques (cluster analysis, discriminant analysis)— of the parameters registered in them allows us to get some interesting conclusions of evolutive type.

KEY WORDS.—Lichenometry, *Rhizocarpon* subgenus, dating techniques, talus slope deposits, Pyrenees.

## 1. INTRODUCCIÓN: EL ÁREA DE ESTUDIO

El área examinada, geológicamente a caballo entre la Zona Axial y el sector de Sierras Interiores pirenaicas, se sitúa en el extremo nororiental de la provincia de Huesca, en la Alta Ribagorza aragonesa, dentro del interfluvio conformado por los ríos Ésera y Noguera Ribagorzana (Fig. 1). El relieve de este tramo se halla marcado por la acción de un modesto glaciario que, a lo largo de las fases frías cuaternarias, ayudó a modelar los rasgos morfológicos —en general marcadamente abruptos y escarpados— hoy predominantes. Así, en las áreas analizadas el rango altitudinal oscila entre los 2.000 y los 2.700 m, aunque llegan a registrarse elevaciones superiores a los 3.000 m en la porción más nororiental (Pico de Vallibierna, 3.067 m); los valores de pendiente más altos (41-80%; > 80%) alcanzan su mayor expresión espacial en la zona de agudos crestes de los Macizos de Vallibierna y del Turbón y en torno a los sectores de cabecera de los ríos Isábena y Baliera, donde existen vertientes prolongadas con morfologías agresivas (circos del Ampriú, Cibollés o Castanesa) en las que la presencia de depósitos de derrubios gravitatorios funcionales es relativamente abundante (CHUECA, J., 1993).

El objetivo fundamental al que aspira el presente trabajo es conseguir efectuar una caracterización cronológica de varios de estos depósitos utilizando técnicas de datación liquenométricas. Para ello, exponemos los



**Fig. 1.** Localización del área de estudio con indicación de las cuatro zonas-test elegidas:  
 1) Pico de Cerler, 2) Cap de la Pala del Estany, 3) Macizo de Vallibierna,  
 4) Macizo del Turbón.

resultados obtenidos tras la elaboración de la curva de crecimiento del subgénero *Rhizocarpon* en el valle de Benasque y su aplicación puntual en cuatro espacios de muestreo con dispares características morfodinámicas: Macizos de Vallibierna y del Turbón y Picos de Cerler y del Cap de la Pala del Estany. El tratamiento estadístico detallado —a través del empleo combinado de técnicas multivariantes (análisis de conglomerados, análisis discriminantes)— de los parámetros registrados en cada uno de ellos ha permitido extraer algunas conclusiones interesantes de tipo evolutivo. Una visión más completa de otros aspectos relacionados con los depósitos de derrubios gravitatorios de la zona (tipología, sedimentología, dinámica, etc.) aparece recogida en la memoria del proyecto de investigación «La liquenometría como técnica de datación relativa en geomorfología: aplica-

ciones en depósitos de derrubios gravitatorios (valle de Benasque, Pirineo oriental oscense)» (CHUECA, J. y JULIÁN, A., 1992 c), financiado por el Instituto de Estudios Altoaragoneses, a la que remitimos desde aquí.

## 2. LOS DEPÓSITOS DE DERRUBIOS GRAVITATORIOS

Las vertientes con derrubios de gravedad [*talus slopes, talus, scree, scree slopes, talus cones*, en la literatura anglosajona (WASHBURN, A. L., 1979; LUCKMAN, B. H., 1988); *éboulis de gravité* (y *éboulis mixtes* o *éboulis nivaux* en las formas no totalmente genuinas, aunque con presencia mayoritaria del componente gravitacional) en la francesa (TRICART, J., 1967; FRANCOU, B., 1988 a); en ocasiones denominados —aludiendo siempre a morfologías semejantes— canchales, pedreras, gleras, escombros de gravedad simples, escombros gravitatorios o derrubios de pendiente crioclásticos en la literatura geomorfológica española], a pesar de su azonalidad, alcanzan sus mejores desarrollos en los ámbitos morfogenéticos de alta y media montaña, conformando un tipo de depósito con representación constante en todos aquellos sectores con abundancia de materiales friables y escarpes verticalizados.

Típicamente, los derrubios de gravedad constituyen mantos de bloques angulosos masivos (que en ocasiones pueden adoptar morfología de conos, aislados o en coalescencia), de espesores considerables, aunque variables, con gran porosidad y una escasa presencia de matriz fina, que tapizan —regularizándolas— las zonas de contacto entre cabeceras y fondos de valle. El valor de sus pendientes se encuentra en relación directa con el coeficiente de rozamiento generado por los bloques constituyentes (estrechamente ligado a la naturaleza de la roca y su morfología) y oscila entre los 25° y los 40°. Los clastos pueden ser producidos por una amplia variedad de procesos (hidratación o humectación-secado, biogénesis, etc.), aunque como principal factor desencadenante (WASHBURN, A. L., 1973, 1979) se suele apuntar la presencia repetida de procesos de ruptura crioclásticos (*frost wedging*). El desarrollo de una cierta clasificación —de origen netamente gravitacional— en el depósito, con tendencia de los bloques mayores a disponerse al pie de los taludes, más alejados del

área fuente que las tallas menores, es en general característico (v. las recientes investigaciones efectuadas en los Alpes franceses y Andes peruanos por FRANCOU, B., 1988 a, b; 1990).

Prácticamente en todos los trabajos llevados a cabo sobre la fenomenología periglacial —y aun en otros de carácter geomorfológico más general o centrados en aspectos diferentes— del sector meridional pirenaico se menciona la existencia de amplias áreas cubiertas por derrubios de tipo gravitatorio (v. unos buenos resúmenes en las recopilaciones bibliográficas de GÓMEZ ORTIZ, A., 1982, 1983, o GONZÁLEZ MARTÍN, J. A., 1986). Sin embargo, son pocas las obras en las que se haya acometido su estudio monográfico abordando el análisis de su dinámica actual (CHUECA, J., 1990 a, 1993). En general, se suele destacar la irregularidad de su distribución espacial, favorecida no ya tanto por factores climáticos como por aquellos otros de tipo lito-estructural: elevado grado de fracturación y diaclasamiento, existencia local de litologías deleznable o altamente susceptibles a la acción de procesos crioclásticos, etc.

La extensión espacial de los derrubios de gravedad en el área de estudio prácticamente coincide con la de los grandes conjuntos montañosos mencionados en la introducción. A esos sectores tan sólo cabría añadir tramos más puntuales ubicados en las cercanías de El Picón de las Artigas o el Pico Malero (en los escarpes que rodean la superficie arrasada de La Plana del Turbón), la cara meridional de la sierra de Ballabriga o las zonas de El Gallinero-Tuca de Urmella y Tossal del Home-Pic de la Muntanya de les Cases. En buena parte de los casos —área Turbón-Ballabriga (zona-test Turbón)—, los materiales afectados corresponden a las calizas micríticas y dolomías mesozoicas, muy friables, de las Formaciones Prada-Baciero (MEY, P. H. W. *et al.*, 1968), junto a los esquistos, pizarras y calizas del Devónico de las cabeceras de los ríos Isábena, Baliera y Llauset (zonas-test Cap de la Pala del Estany y Vallibierna) o las granodioritas de Cerler (zona-test Cerler). La distribución altitudinal del fenómeno no es, por tanto, constante y oscila entre los 2.900 m de la pared meridional del Pico de Vallibierna y los 1.020-1.040 m de los depósitos ubicados al pie del Morrón del Castell Rosit, en La Plana, fuera ya del ámbito de trabajo adoptado para nuestro proyecto.

En la delimitación de las cuatro zonas-test finalmente elegidas (Fig. 1) influyeron tres factores básicos: a) en primer lugar se buscó la existencia de colonización liquénica abundante sobre los depósitos analizados (perteneciente al subgénero *Rhizocarpon*, en un sentido lato), actual o subactual, que facilitara las tareas de muestreo y la posterior adscripción cronológica; b) se pretendió trabajar en depósitos de derrubios de génesis esencialmente gravitacional, aunque sujetos a la acción estacional o episódica de otro tipo de procesos (nivación, flujos de derrubios, aludes/avalanchas), de cara a poder comparar sus pautas morfodinámicas de desarrollo, y c) se intentó evitar sectores potencialmente afectados por elementos ajenos a la dinámica natural (cercanía a pistas o caminos forestales, áreas sujetas a sobrepastoreo, etc.); este hecho repercutió en la facilidad de acceso a las zonas elegidas —a excepción del Pico de Cerler (ubicada a pie de carretera), la aproximación al resto de los emplazamientos precisa de marchas considerables—, incrementando notablemente la dureza del proceso de muestreo.

### 3. CRONOLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS: UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS DE DATACIÓN LIQUENOMÉTRICAS

De cara a efectuar una caracterización cronológica absoluta de los depósitos de derrubios gravitacionales presentes en el entorno analizado, adoptamos la utilización de técnicas de datación liquenométricas, estableciendo los valores de la curva de crecimiento del subgénero *Rhizocarpon* para el ámbito del valle de Benasque y extrapolando posteriormente sus resultados a las diversas localidades de medición-test.

#### 3.1. *Curva de crecimiento del subgénero Rhizocarpon para el valle de Benasque*

El potencial de la liquenometría como técnica de datación absoluta o relativa ha sido reconocido desde antiguo por los geomorfólogos. Con frecuencia se ha utilizado para determinar el grado de dinamismo de ciertos procesos o para cuantificar las tasas de movimiento diferencial en distin-

tas morfologías fundamentalmente presentes en el dominio ártico-alpino (morrenas, glaciares rocosos, canchales, deslizamientos, etc.). La longevidad de los líquenes en estos ámbitos puede alcanzar —en casos extremos— varios milenios, aunque en la mayoría de las ocasiones su utilidad con porcentajes de fiabilidad elevados se ve limitada a los últimos 700-500 años. Los depósitos recientes asociados a la pulsación fría marcada por la Pequeña Edad del Hielo han sido, de esta forma, los más frecuentemente analizados a partir de técnicas liquenométricas.

En el presente apartado, describiremos con detalle el proceso de elaboración de la curva de crecimiento del subgénero *Rhizocarpon* llevado a cabo para el valle de Benasque, base —como ya hemos mencionado— en la que se asientan las estimaciones cronológicas realizadas con posterioridad. En nuestro país y en los Pirineos en particular este tipo de aproximaciones cuenta con escasa tradición, pese a la indudable utilidad y validez de sus resultados y a lo extendido de su empleo fuera de nuestras fronteras. Dentro del seno del Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza se ha iniciado recientemente una línea de trabajo centrada en la aplicación de esta metodología para conseguir la datación de depósitos holocenos localizados en espacios de media y alta montaña pirenaicos [aunque, en colaboración con diversos centros universitarios extranjeros (Departamento de Geografía de la *Queen's University* de Belfast; Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Reykjavik), se han ejecutado proyectos en otras áreas: CHUECA, J., 1990 b, 1991 b)]. La Alta Ribagorza aragonesa ha sido el escenario elegido para desarrollar la mayoría de estos análisis, tanto elaborando curvas de crecimiento específicas (CHUECA, J. y JULIÁN, A., 1992 a, b) como aplicando sus resultados a zonas y morfologías concretas (CHUECA, J., 1990 a, 1991 a, 1993; CHUECA, J. *et al.*, 1992 a, b).

### 3.1.1. Taxonomía

Pese a existir varios trabajos dedicados específicamente a la identificación del subgénero *Rhizocarpon* y sus agregados (RUNEMARK, H., 1956; THOMSON, J. W., 1967; INNES, J. L., 1982, 1983 b, 1985 b; BENEDICT,

J. B., 1988; POELT, J., 1988), la caracterización en el campo del *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC a un nivel de especie es especialmente complicada, al requerir la utilización de análisis microscópicos y químicos de detalle que harían difíciles las tareas de muestreo. Así, en una buena parte de estudios liquenométricos —y el nuestro entre ellos— se trabaja conjugando diferentes especies de *Rhizocarpon* y asumiendo que, probablemente, los talos de mayor tamaño pertenecen a una misma especie de crecimiento más rápido y diferenciado [*R. geographicum sensu lato* (*s. l.*)]. Sin embargo, en algunos trabajos se ha demostrado que no todos los especímenes del subgénero *Rhizocarpon* crecen a la misma velocidad (LUCKMAN, B. H., 1977; DUFORD, J. M. y OSBORN, G. D., 1978) y que incluso pueden existir importantes diferencias en las pautas de desarrollo de la sección *Alpicola* y la sección *Rhizocarpon* (INNES, J. L., 1982, 1983 b). De hecho, INNES, J. L. (1982), basándose en estudios llevados a cabo en Escandinavia, comprobó que hasta alcanzar diámetros de aproximadamente 70 mm el grupo *R. geographicum* crece más rápido que el grupo *R. alpicola*; en ese momento se invierte la tendencia. La utilización de más de una especie de *Rhizocarpon* en una datación puede dar lugar, por tanto, a interpretaciones equivocadas puesto que la curva de crecimiento obtenida con especies agregadas adquiere una morfología sigmoideal que altera la proyección de las verdaderas tasas de desarrollo.

Para intentar cuantificar la presencia de diferentes especies de *Rhizocarpon* en nuestra zona de análisis procedimos a la identificación posterior en el laboratorio —siguiendo la metodología propuesta por BENEDICT, J. B. (1988) y las claves de POELT, J. (1988)— de 50 muestras recogidas aleatoriamente en distintos sectores de las diversas estaciones de control. Cada una de ellas fue clasificada a un nivel de sección, localizándose así ejemplares de las secciones *Rhizocarpon* (74% del total muestral), *Alpicola* (22%) y *Superficiale* (4%) y constatándose la total ausencia de especies de la sección *Viridiatrum*. Los datos vienen a ser similares a los expuestos por ANDRE, M. F. (1986) o WERNER, A. (1990) en sus trabajos llevados a cabo en las islas Spitsbergen o por GORDON, J. E. y SHARP, M. (1983), THOMPSON, A. y JONES, A. (1986) y CHUECA, J. (1991 b) en Islandia. En nuestro estudio, por otro lado, buena parte de las dificultades mencionadas con anterioridad han quedado obviadas, puesto que en nin-



gún caso los valores máximos de los especímenes de *Rhizocarpon* medidos excedían los 70 mm, situados pues dentro de los márgenes de confianza que INNES, J. L. (1982) considera aceptables para la totalidad del grupo *R. geographicum*. La curva establecida adquiere, por tanto, una fiabilidad elevada en estimaciones para los últimos 190 años, mientras que las proyecciones realizadas para fechas anteriores pueden sufrir los efectos de la inclusión combinada de especies de *Rhizocarpon* con pautas de crecimiento diferenciadas.

### 3.1.2. Metodología y estaciones de control

Para construir una curva de crecimiento liquenométrica determinada pueden adoptarse dos tipos de estrategias: aquella en la que se determinan de forma directa, generalmente a través de tomas fotográficas repetidas, las tasas temporales de crecimiento de una especie dada (v. una aproximación a la problemática de esta técnica en HAWORTH, L. A. *et al.*, 1986) o la que emplea métodos de medición indirectos, en los que se calculan las dimensiones de especímenes desarrollados sobre superficies de edad conocida. Esta última aproximación es la más frecuentemente utilizada y la empleada para llevar a cabo nuestro estudio.

Por otro lado, la mecánica que debe adoptarse de cara a la cuantificación de las dimensiones idóneas que hay que medir en cada una de las estaciones de control ha sido hasta la fecha frecuente objeto de controversia. Un buen resumen de las distintas opciones disponibles puede encontrarse en los trabajos recopilatorios de LOCKE, W. W. *et al.* (1979) o INNES, J. L. (1985 a). Como aproximación general, los primeros proponen la medición del círculo mayor inscrito (parámetro equivalente al diámetro menor) en un número determinado de especímenes —generalmente del orden de 5 a 10, seleccionados entre los de mayores dimensiones presentes en cada una de las localidades de estudio— mientras que el segundo aboga por el empleo de los diámetros mayores como medida estadística y racionalmente más adecuada. Otra posibilidad —bastante más laboriosa y de interpretación algo más complicada— utilizada desde hace relativamente poco tiempo (INNES, J. L., 1983 a, 1986 c; LOCKE, W. W., 1983;

BALLANTYNE, C. K., 1990) tiene en cuenta las distribuciones de tamaño-frecuencia (*size-frequency distributions*) desarrolladas en una población completa de líquenes localizable en un espacio dado y generalmente coincidente con cada uno de los puntos de control elegidos para el estudio (INNES, J. L., 1986 c).

En nuestro trabajo, partiendo de una litología de asentamiento prácticamente uniforme en todos los casos (granodioritas pertenecientes al gran batolito tectónico tardío de la Maladeta; CHARLET, J. M., 1982), procedimos a la identificación, siguiendo las recomendaciones de INNES, J. L. (1986 a), de los diez diámetros más largos de *Rhizocarpon* ubicados en cada una de las estaciones de control, midiéndolos mediante un calibre con una precisión aproximada de  $\pm 0,1$  mm y obteniendo posteriormente su valor medio. El examen global de cada localidad hizo prácticamente irrelevantes los problemas asociados a la existencia de talos anómalos, ajustándonos así a las indicaciones de INNES, J. L. (1984) acerca del tamaño muestral óptimo. El problema de los talos múltiples o coalescentes se evitó seleccionando únicamente aquellos que presentaban morfologías circulares o cuasi-circulares (INNES, J. L., 1986 b) y procurando que todo tipo de microambientes tuviera una adecuada representación.

Las localidades de estudio de cuya adscripción cronológica teníamos certeza ascendieron a un total de 18, distribuidas a lo largo del tramo de cabecera del río Ésera, dentro del valle de Benasque (Fig. 2). El número es elevado si lo comparamos con distintos análisis de temática similar, donde no suele superarse nunca la veintena de testigos (CASELDINE, C. J., 1983; OROMBELLI, G. y PORTER, S. C., 1983; THOMPSON, A. y JONES, A., 1986; WERNER, A., 1990). La elección de la zona vino motivada por la abundancia de cubierta líquénica en ruinas históricas (hospitales, ermitas, capillas, etc.; v. JUSTE, V., 1991), edificios de abandono más reciente, lindes de caminos y campos de cultivo o construcciones de infraestructuras (embalses, desmontes y túneles en carreteras), siempre bien documentadas y con dataciones que oscilaban entre finales del siglo XVIII y la actualidad. Lamentablemente, la utilización de uno de los elementos de datación más profusamente mencionados en la literatura especializada —lápidas de cementerios— arrojó resultados prácticamente nulos, al encontrarse éstas

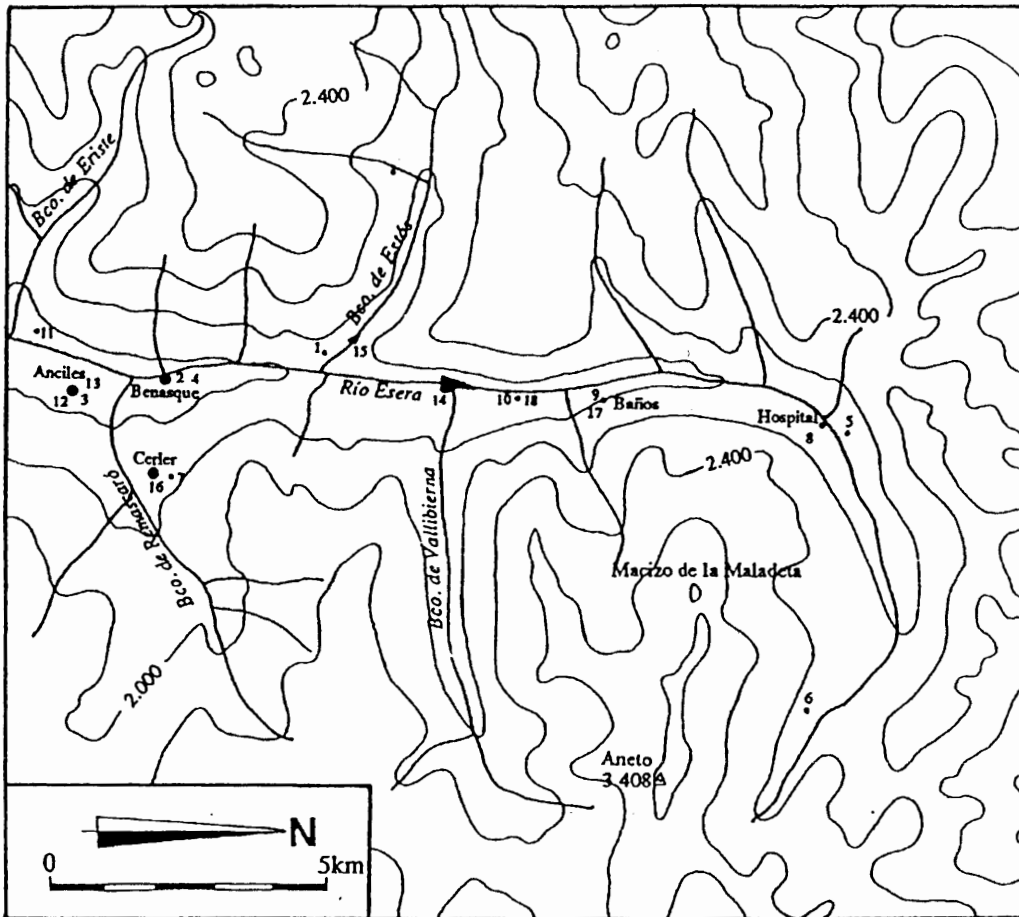


Fig. 2. Localización de las estaciones de control utilizadas (números 1 a 18).

elaboradas en la mayor parte de las ocasiones en materiales calcáreos (mármoles, calizas pulidas) sobre los que los *Rhizocarpon* tienden a evitar su asentamiento. La antigüedad de los puntos de control (Tabla I) oscila así entre los 199 años de las ruinas de la pequeña capilla de Santa Ana, situada a la entrada del valle de Estós y cuya fecha de demolición está bien establecida, y los 10 años de los barracones de la Guardia Civil ubicados en el Plan de Senarta, de reciente abandono. La estación de muestreo más elevada se sitúa a 2.140 m, en el refugio de La Renclusa, y las mínimas en las proximidades de la localidad de Anciles, hacia los 1.110 m. No obstante, el predominio corresponde a las franjas altitudinales de los 1.600-1.800 m y 1.000-1.200 m, intervalos donde se localizan 10 de las estaciones de control.

		Construcción/abandono	Antigüedad	Eje mayor (mm)	Litología	Altitud
1	Capilla Santa Ana	1792	199	43	Granitos	1280
2	Muros castillo Benasque	1858	133	34	Granitos	1200
3	Camino cementerio Anciles	1858	133	30	Granitos	1110
4	Camino cementerio Benasque	1865	126	32	Granitos	1140
5	Hospital antiguo	1882	109	29	Granitos	1770
6	Refugio La Renclusa	1914	77	24	Granitos	2140
7	Minas Cerler	1932	59	17	Esquistos	1720
8	Hospital de Benasque	1936	55	16	Granitos	1760
9	Baños de Benasque	1940	51	14	Granitos	1680
10	Casa G. Civil Plan de Senarta	1940	51	14	Granitos	1440
11	Capilla San José Montaña	1945	46	15	Granitos	1120
12	Escuela Anciles	1956	35	13	Granitos	1110
13	Camino a Anciles	1964	27	8	Granitos	1100
14	Embalse Paso Nuevo	1969	22	9	Granitos	1340
15	Embalse Santa Ana	1970	21	7	Granitos	1360
16	Muros estación esquí Cerler	1974	17	4	Granitos	1520
17	Muro aparcamiento Baños	1976	15	4	Granitos	1680
18	Casa G. Civil Plan de Senarta	1981	10	3	Granitos	1440

**Tabla I.** Características de las estaciones de control utilizadas.

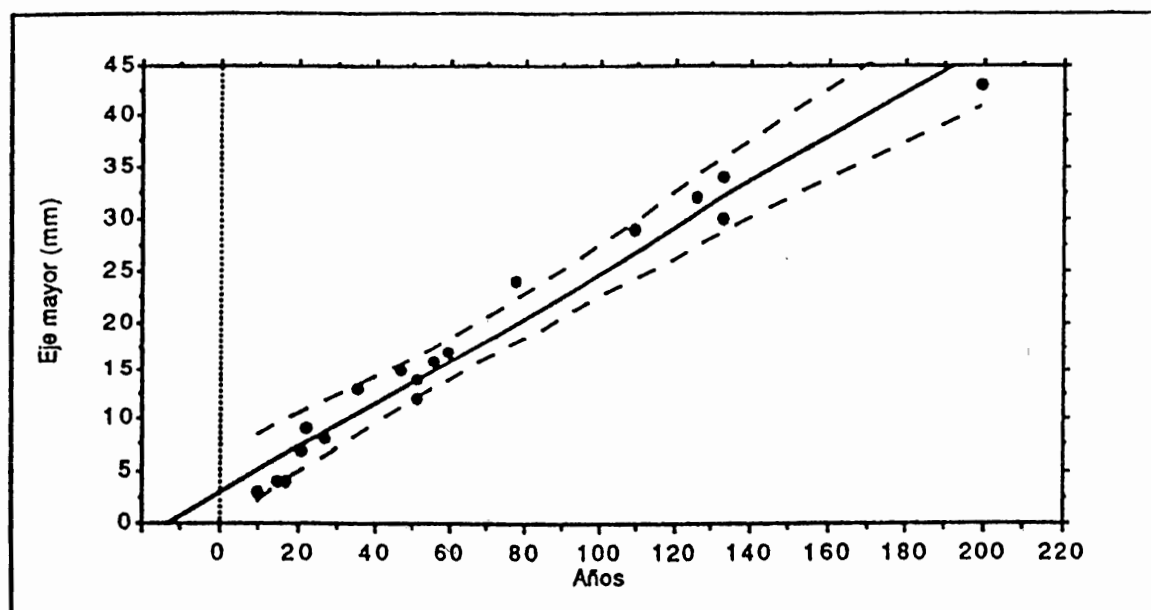
Entre los problemas que fueron surgiendo mientras llevábamos a cabo el proceso de muestreo podemos destacar los siguientes: a) presencia de un crecimiento inducido de los *Rhizocarpon* siguiendo diferencias microtexturales en la superficie de la roca que provocan alteraciones en el desarrollo elipsoideo normal del talo (INNES, J. L., 1986 b); b) existencia de sectores concretos (La Renclusa y Llanos del Hospital, básicamente; Baños de Benasque, ya en menor medida) en los que el estado de deterioro de los granitos —en esencia debido a la aparición estacional de un potente manto nivoso— hace imposible el crecimiento de los líquenes o coadyuva a su desaparición (BENEDICT, J. B., 1990); c) funcionamiento de activos procesos crioclásticos que han podido provocar que los líquenes de mayor tamaño estén actualmente confinados en los bloques más grandes, a pesar de que éstos pueden no haber sido los asentamientos de la colonización más antigua (INNES, J. L., 1985 a); y d) localización de diferencias en las dimensiones y porcentajes de cubrimiento de localidades próximas ligadas a factores microclimáticos-topográficos locales (el efecto *green zone* de HAINES-YOUNG, R. H., 1983, mencionado con posterioridad por varios autores; v. INNES, J. L., 1985 c).

### 3.1.3. Curva de crecimiento y aplicabilidad

La curva inferida de crecimiento del *R. geographicum* (*s. l.*) en el valle de Benasque fue elaborada a partir de los datos que aparecen resumidos en la tabla I. Para su ejecución empleamos un análisis de regresión lineal simple, correlacionando los valores de diámetro mayor medio y edad atribuida para cada una de las 18 estaciones de control. Lo elevado del ajuste (coeficiente de correlación R de Pearson: 0,983; coeficiente de determinación  $R^2$ : 0,966) y el estudio de su significación estadística (test F de Snedecor: 457,75; probabilidad: 0,0001) permiten aceptar con un notable grado de fiabilidad su validez global. En la figura 3 se ha representado gráficamente la recta de regresión obtenida ( $y = 0,219x + 2,991$ ), así como los intervalos de confianza superior e inferior para un porcentaje del 99,9%; se aprecian márgenes de error reducidos para el período inicial de desarrollo que tienden a aumentar progresivamente al llevarse a cabo extrapolaciones por encima de los 200 años. El *factor liquenométrico*

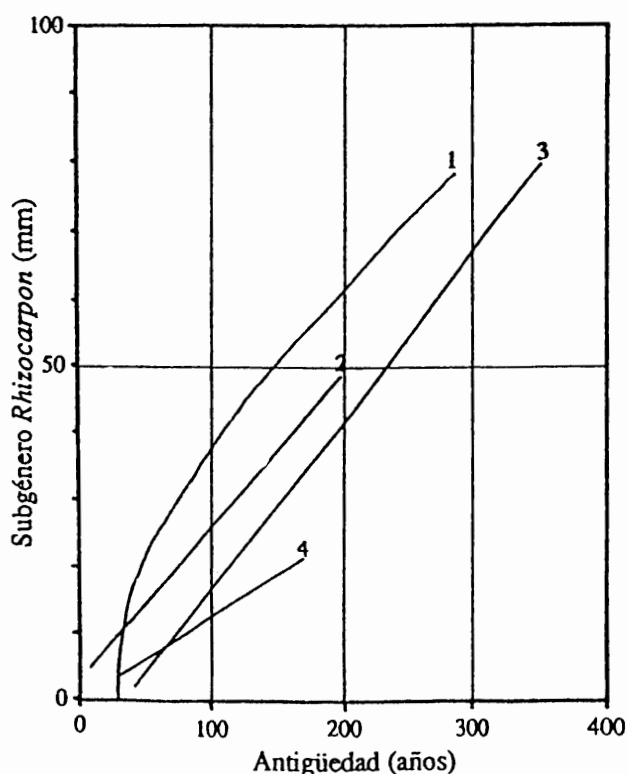
(tasas de crecimiento expresadas en  $\text{mm}/100 \text{ años}^{-1}$ ) se cifra en  $21 \text{ mm}/100 \text{ años}^{-1}$  y pueden aventurarse proyecciones con valores estimados de hasta  $56 \text{ mm}$  para los diámetros mayores medios a los  $300 \text{ años}$ ,  $67 \text{ mm}$  a los  $500 \text{ años}$  o  $99 \text{ mm}$  a los  $1.000 \text{ años}$ . Debe destacarse, sin embargo, que en el ámbito de trabajo la presencia de líquenes del subgénero *Rhizocarpon* con tamaños de eje mayor superiores a los  $120\text{-}140 \text{ mm}$  es prácticamente nula, lo que muestra una tendencia clara y acelerada hacia la total degradación del talo al alcanzar estas dimensiones.

La configuración lineal de nuestra curva de crecimiento es semejante a las propuestas por otros autores en ámbitos bioclimáticamente muy variados, de subárticos a alpinos (BESCHEL, R. E., 1958; ANDERSEN, J. L. y SOLLID, J. L., 1971; BELLONI, S., 1973; CASELDINE, C. J., 1983; GORDON, J. E. y SHARP, M., 1983, etc.). Con probabilidad, la inflexión de los valores de crecimiento mencionada a menudo en la literatura y asimilada a una fase de desarrollo liquénico avanzada (Fase III post-lineal de INNES, J. L.,



**Fig. 3.** Curva de crecimiento (línea continua) del subgénero *Rhizocarpon* en el área de estudio (en línea discontinua aparecen los intervalos de confianza inferior y superior de la recta de regresión para un porcentaje del 99,9%).

1985 a) pudiera registrarse igualmente en el espacio de estudio, aunque la carencia de puntos de control más antiguos impide corroborar tal extremo. El cotejo de la curva de crecimiento obtenida en el valle de Benasque con las establecidas para diversos sectores de los Alpes italianos (Fig. 4) en tramos con características termopluviométricas y ambientales muy similares a las nuestras aporta elementos de comparación útiles reveladores del carácter y validez hasta cierto punto restringidos de todas ellas, al apreciarse diferencias elevadas en sus pautas de desarrollo aun en espacios relativamente próximos, posiblemente ligadas a pequeñas variaciones locales de carácter meso o microclimático. De esta forma, pensamos que la fiabilidad de la curva aquí desarrollada podría extenderse tan sólo a las cabeceras de los valles más próximos (alto Cinca oriental, Isábena, Baliera, Noguera Ribagorzana) y se reduciría notablemente su aplicabili-



**Fig. 4.** Comparación de diversas curvas de crecimiento del subgénero *Rhizocarpon* en ámbitos de alta montaña europeos (Pirineos y Alpes italianos): 1) curva de OROMBELLI, G. y PORTER, S. C. (1983) para el macizo del Mont Blanc; 2) curva de CHUECA, J. y JULIÁN, A. (1992 b) para el valle de Benasque; 3) curva de BESCHEL, R. E. (1958) para el Parque Nacional del Gran Paradiso; 4) curva de BELLONI, S. (1973) para el valle de Solda.

dad en aquellas zonas pirenaicas que muestran la existencia de unos rasgos oceánicos o mediterráneos más marcados.

### 3.2. *Establecimiento de facies morfodinámicas/morfocronológicas*

El uso de análisis estadísticos complejos —a partir de la utilización de aplicaciones específicas ya tradicionales en este campo: CHARANAL (*Character Analysis*), GRAPH (*Similarity Cluster Analysis*), CLUSTR (*Cluster Analysis*); o de los paquetes estadísticos más generales: SPSS, BMDP, MINITAB, Stat View 512 +— en los trabajos de geomorfología relacionados con el empleo de técnicas de datación relativa es abundante. La mayoría de los estudios utiliza diversos métodos de clasificación (análisis de asociación, análisis discriminantes y de conglomerados) o de condensación de los datos (análisis factorial, componentes principales, etc.) para conseguir agrupar y delimitar en lo posible conjuntos homogéneos localizables en las distintas áreas de trabajo. La elaboración de mapas de facies dentro de espacios reducidos, apoyándose en criterios fundamentalmente cronológicos, es uno de los fines más perseguidos (CARROLL, T., 1974; MILLER, C. D., 1979; DOWDESWELL, J. A., 1982, 1984; DOWDESWELL, J. A. y MORRIS, S. E., 1983; HARBOR, J. M., 1986), centrado —como es lógico— en las últimas etapas del Cuaternario. Así, las técnicas de datación relativa suelen emplearse en depósitos superficiales holocenos, basándose en la asunción de que el desarrollo mayor o menor de determinados parámetros (en general ligados a procesos de meteorización o colonización vegetal) guarda una estrecha relación con el paso del tiempo y puede, por consiguiente, utilizarse para definir localidades de edades similares.

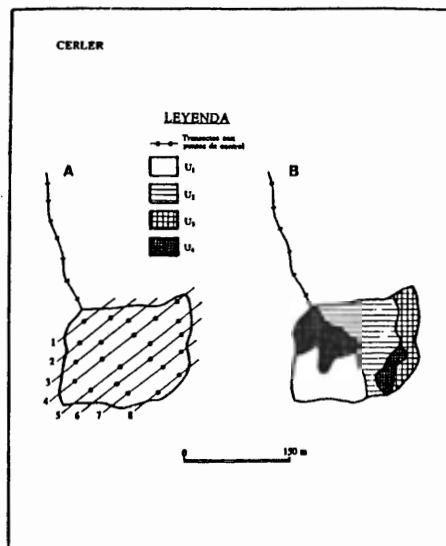
#### 3.2.1. Metodología adoptada: análisis de conglomerados y análisis discriminantes

En nuestro caso (v. un análisis previo, llevado a cabo con una técnica similar, en CHUECA, J., 1992), intentamos obtener una cartografía de las facies morfodinámicas/morfocronológicas presentes en las acumulaciones

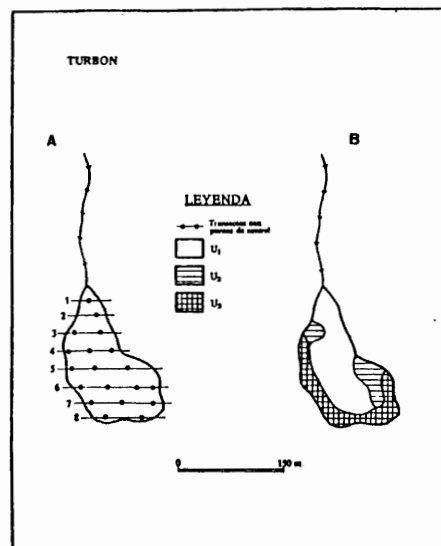


de derrubios gravitatorios de las cuatro zonas-test analizadas. Para ello, optamos por el uso del análisis clasificatorio de conglomerados CLUSTER (*Cluster Analysis*), utilizando en el proceso diversos criterios con valor cronológico relativo. La significación estadística de los resultados generados de esta forma fue refrendada con posterioridad mediante el empleo de una aplicación de análisis discriminante (*Discriminant Analysis*).

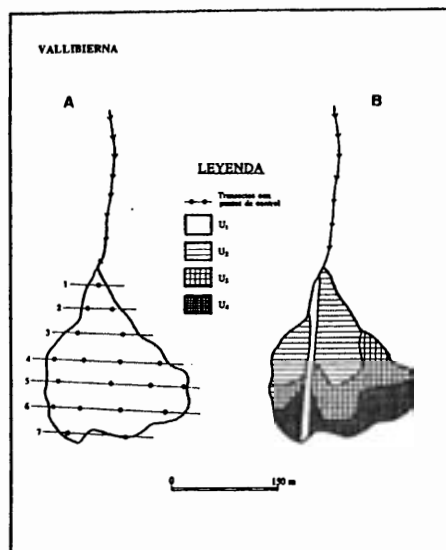
En la ejecución del trabajo se muestreó un abundante número de puntos de control repartidos en la totalidad de la superficie de los canchales elegidos [23 en la zona-test Cerler (Fig. 5 a), 19 en la zona-test Turbón (Fig. 6 a), 19 en la zona-test Vallibierna (Fig. 7 a) y 22 en la zona-test Cap de la Pala del Estany (Fig. 8 a)], siguiendo transectos realizados en dirección normal a la de acumulación e incluyendo íntegramente los extremos distal y proximal; se obtienen así en cada uno valores de los siguientes apartados (los dos últimos fueron tan sólo utilizados en la zona-test Turbón): a) medida de los diez ejes mayores de *Rhizocarpon* (*s. l.*) en cada una de las localidades de estudio por medio de un calibre; b) cuantificación del porcentaje de cubrimiento en 20 bloques (caras expuestas) de cada una de las localidades, siguiendo el método propuesto por LOCKE, W. W. *et al.* (1979); c) grado de colonización vegetal: asumiendo un desarrollo potencialmente mayor de la cubierta vegetal en áreas morfodinámicamente estables, se determinó el porcentaje de cobertura existente en espacios de 4 m<sup>2</sup> de superficie en cada localidad; d) angulosidad de los bloques: la acción continuada de procesos de meteorización puede tener una importancia considerable en el modelado final de los clastos, por lo que es un buen indicador de edades relativas (v. DOWDESWELL, J. A., 1982); para determinar el grado de angulosidad utilizamos los gráficos visuales de los autores mencionados con anterioridad, trabajando sobre 50 clastos de cada punto de control; e) *ratio* lapiaz presente/lapiaz ausente: en cada localidad se cuantificó el porcentaje de clastos (50, de dimensiones similares) con síntomas de karstificación sobre aquellos otros que permanecían inalterados; f) profundidad del microlapiaz: medida desde el fondo a la actual superficie (precisión  $\pm 0,1$  cm) en la depresión más profunda desarrollada en 25 bloques karstificados de cada localidad.



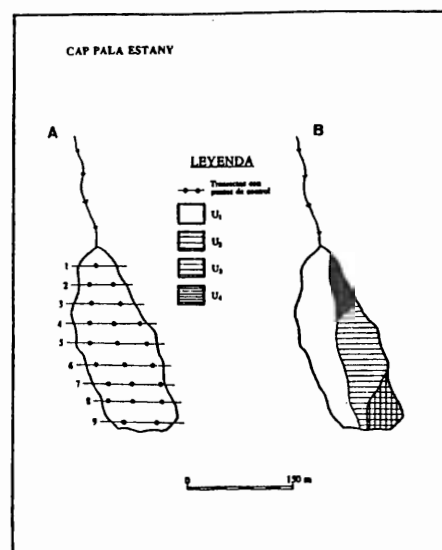
**Fig. 5.** Localización de los puntos de control muestreados en la zona-test Pico de Cerler (a) y delimitación de facies morfodinámicas/morfocronológicas (b). *Leyenda:* U<sub>1</sub>- unidad morfodinámica 1, U<sub>2</sub>- unidad morfodinámica 2, U<sub>3</sub>- unidad morfodinámica 3, U<sub>4</sub>- unidad morfodinámica 4.



**Fig. 6.** Localización de los puntos de control muestreados en la zona-test Macizo del Turbón (a) y delimitación de facies morfodinámicas/morfocronológicas (b). *Leyenda:* U<sub>1</sub>- unidad morfodinámica 1, U<sub>2</sub>- unidad morfodinámica 2, U<sub>3</sub>- unidad morfodinámica 3.



**Fig. 7.** Localización de los puntos de control muestreados en la zona-test Macizo de Vallibierna (a) y delimitación de facies morfodinámicas/morfocronológicas (b). *Leyenda:* U<sub>1</sub>- unidad morfodinámica 1, U<sub>2</sub>- unidad morfodinámica 2, U<sub>3</sub>- unidad morfodinámica 3, U<sub>4</sub>- unidad morfodinámica 4.



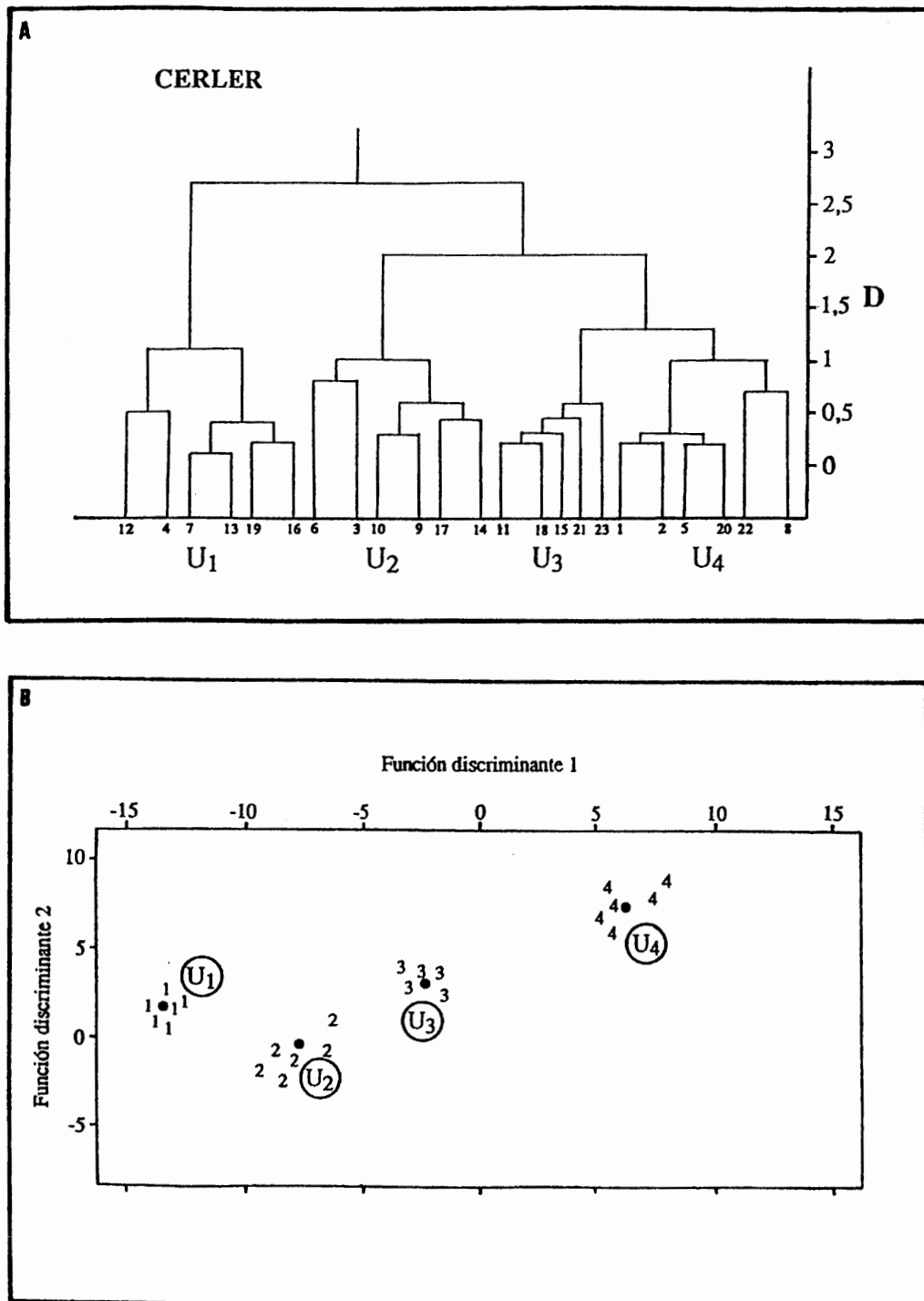
**Fig. 8.** Localización de los puntos de control muestreados en la zona-test Cap de la Pala del Estany (a) y delimitación de facies morfodinámicas/morfocronológicas (b). *Leyenda:* U<sub>1</sub>- unidad morfodinámica 1, U<sub>2</sub>- unidad morfodinámica 2, U<sub>3</sub>- unidad morfodinámica 3, U<sub>4</sub>- unidad morfodinámica 4.

### 3.2.2. Resultados

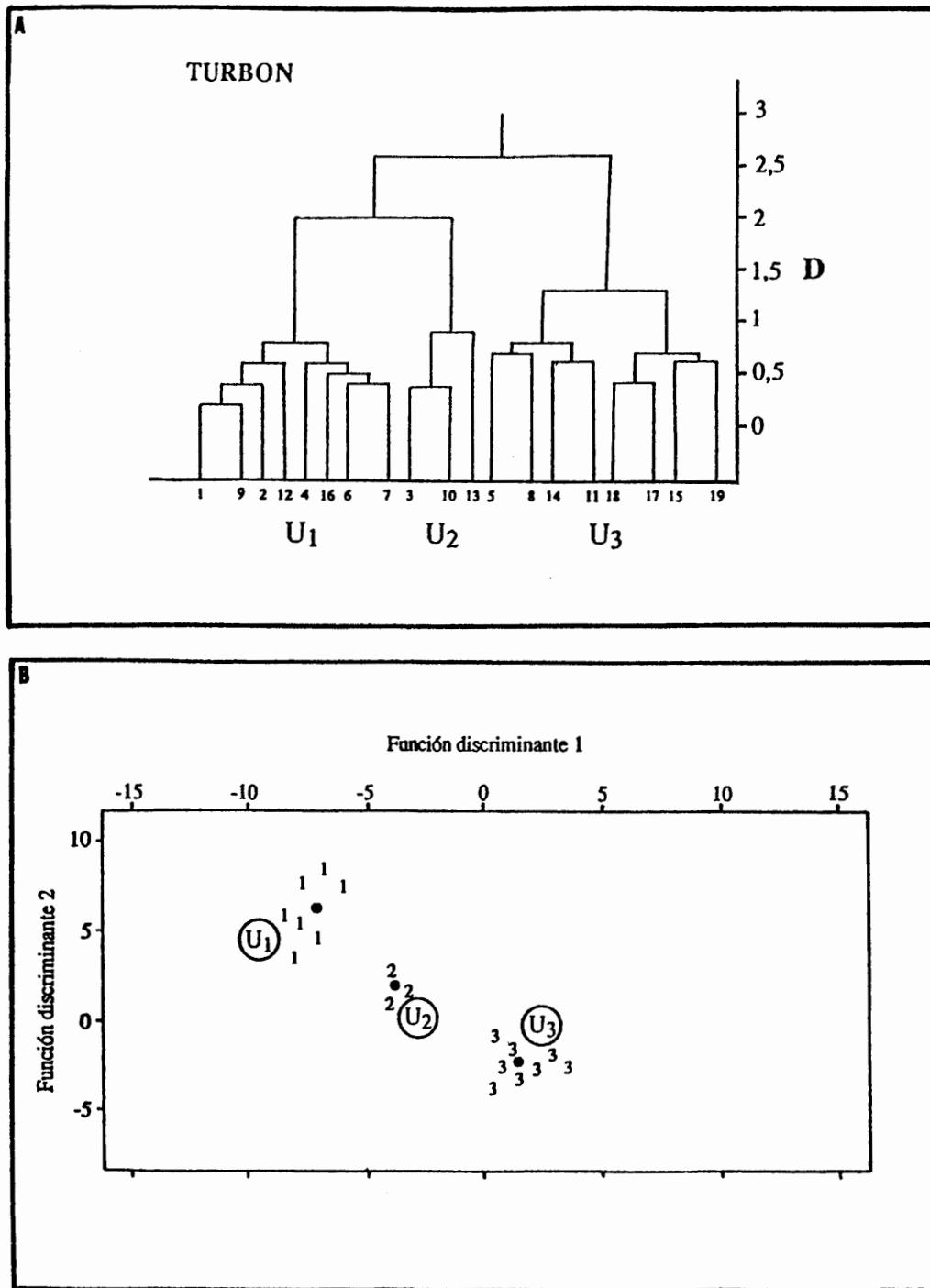
La rutina de la aplicación CLUSTR empleada en nuestro estudio y en otros de similar contenido (NELSON, A. R., 1980; DOWDESWELL, J. A., 1982, 1984; DOWDESWELL, J. A. y MORRIS, S. E., 1983, etc.), a diferencia de los programas CHARANAL o GRAPH, permite la inclusión de datos a escala de intervalos, con lo que se disminuye el porcentaje de pérdida de información inherente a toda transformación de los datos brutos en clases ordinales y se facilita la ulterior comprobación de la validez estadística de los resultados mediante análisis discriminantes. CLUSTR ofrece dos opciones para conseguir la delimitación de localidades homogéneas: trabajar con la matriz de las distancias entre localidades o hacerlo con la matriz de las correlaciones entre localidades. En nuestro caso, optamos por la primera de las posibilidades, que parece mostrar un menor nivel de distorsión en el proceso de agrupamiento.

Con anterioridad a calcular las medidas entre distancias, los datos brutos obtenidos en cada estación fueron estandarizados en valores  $z$  y sometidos a un análisis de componentes principales que asegura la ortogonalización de los resultados y su inclusión en un sistema de coordenadas uniforme. La aplicación CLUSTR procede a combinar los valores de las distintas localidades en busca de una jerarquía de grupos de similitud decreciente. Los puntos con la mayor similitud mutua, con coeficientes de distancia inferiores, se combinan en primer lugar, seguidos por las localidades —o conjuntos de localidades— más distantes entre sí, hasta que todos los puntos de control quedan clasificados. Los resultados del análisis de conglomerados se muestran en forma de dendrograma, en el que aparece representada la red de enlaces existente entre las diversas localidades y agrupamientos (Figs. 9 a, 10 a, 11 a, 12 a).

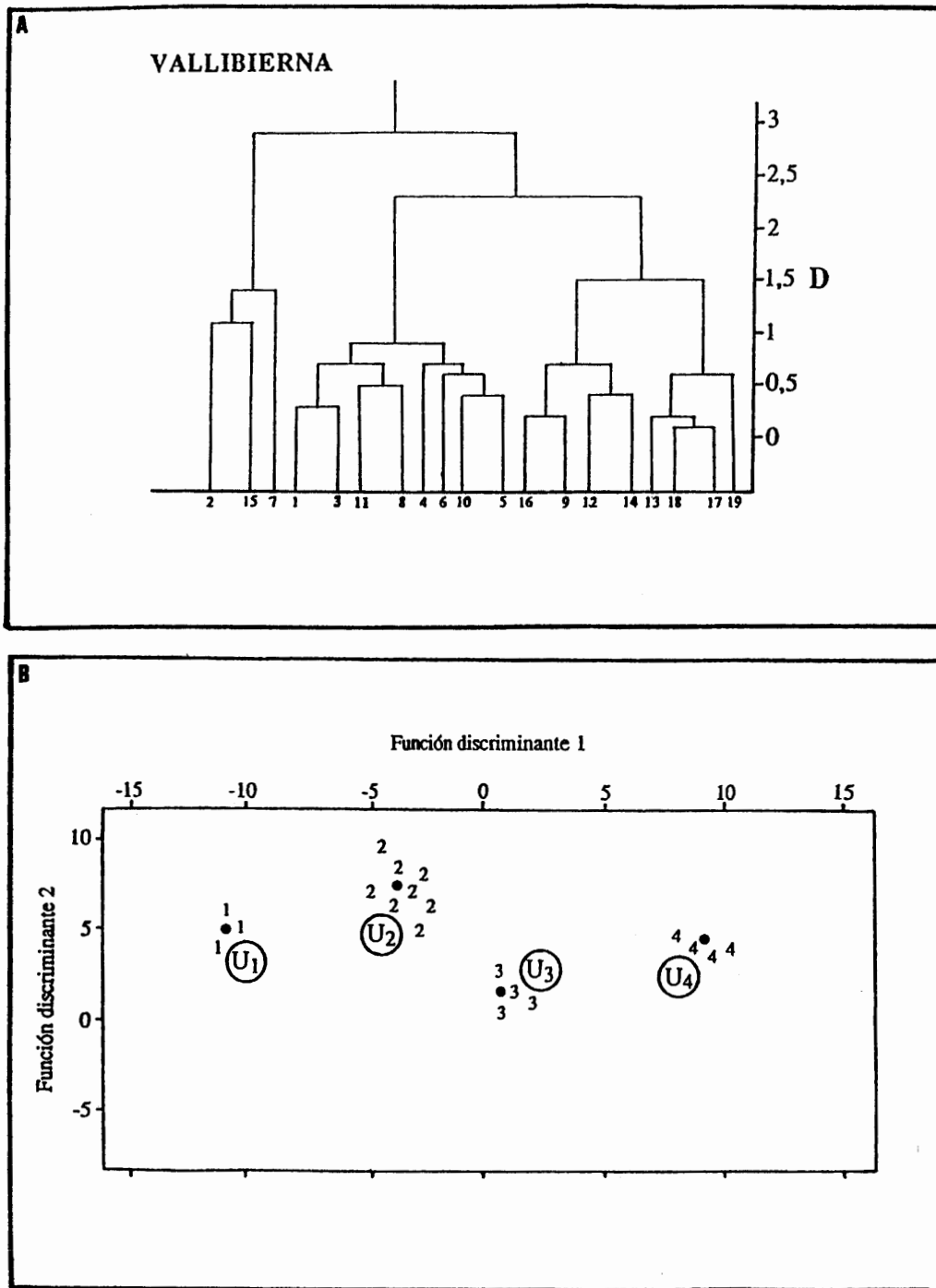
Resaltemos que la interpretación de los dendrogramas debe llevarse a cabo con cautela ya que, inicialmente, no muestran más que una red topológica de similitudes. Se hace necesario así acudir a los datos brutos originales de edades relativas para asegurar la ordenación adecuada del conjunto de conglomerados en el dendrograma (en este caso dispuestos de menor a mayor antigüedad de izquierda a derecha). A partir de su inspección visual queda patente la existencia de varios agrupamientos (unidades



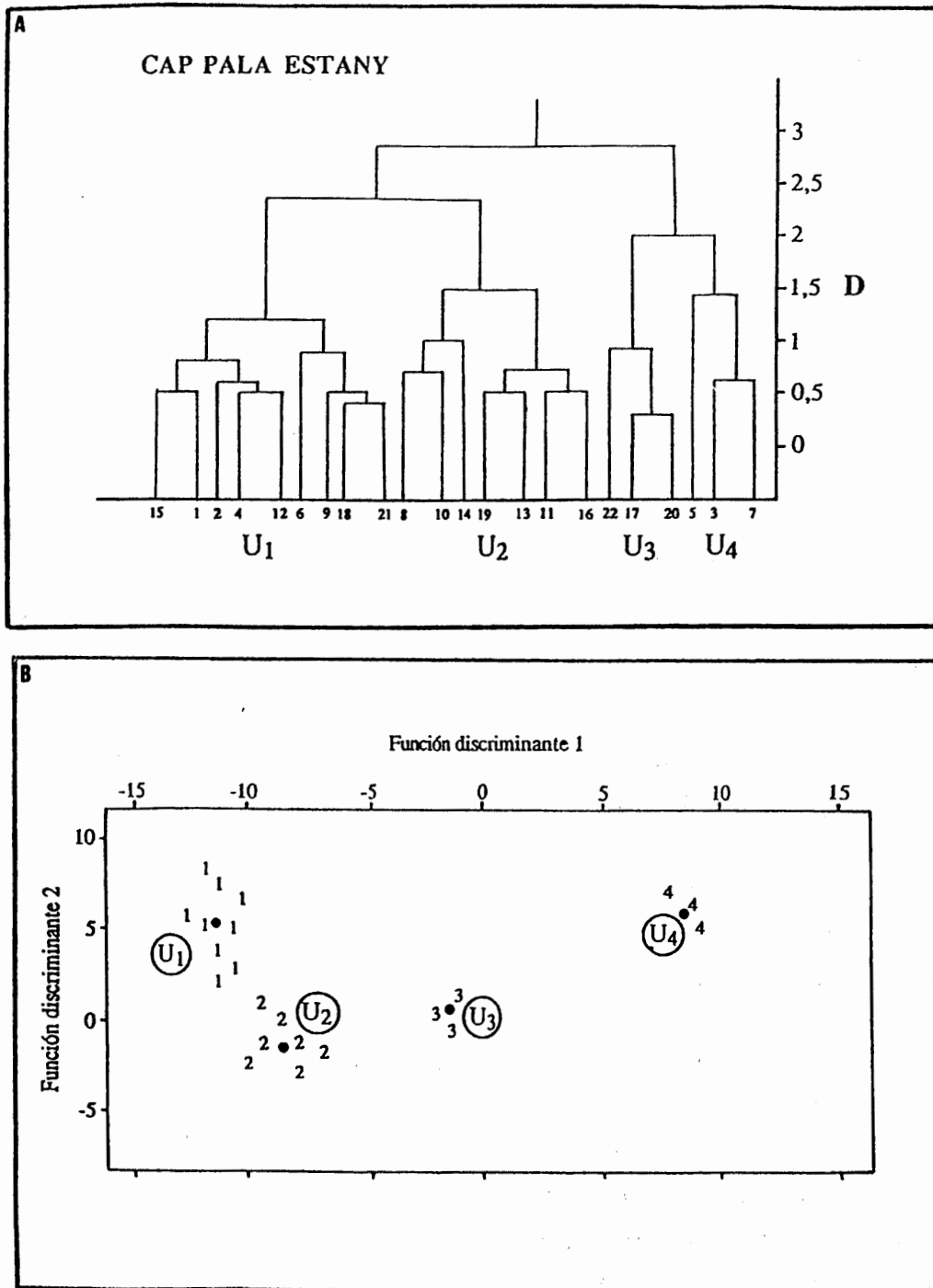
**Fig. 9.** Zona-test Pico de Cerler. A.- Dendrograma producido por CLUSTER. *Leyenda:* D.- coeficiente euclidiano de distancia; U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, U<sub>3</sub> y U<sub>4</sub>.- agrupamientos identificados. B.- análisis discriminante de los 23 puntos de control empleados en el estudio, representados atendiendo a los valores de las dos primeras funciones discriminantes. Los parámetros utilizados fueron la medida de los ejes mayores de *Rhizocarpon* y el porcentaje de cubrimiento. Los puntos indican el centroide de cada uno de los agrupamientos identificados (estadísticamente significativos con un nivel de probabilidad del 99%).



**Fig. 10.** Zona-test Macizo del Turbón. A.- dendrograma producido por CLUSTER. *Leyenda:* D.- coeficiente euclidiano de distancia; U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, y U<sub>3</sub>.- agrupamientos identificados. B.- análisis discriminante de los 19 puntos de control empleados en el estudio, representados atendiendo a los valores de las dos primeras funciones discriminantes. Los parámetros utilizados fueron la medida de los ejes mayores de *Rhizocarpon* y la *ratio* lapiaz presente/lapiaz ausente. Los puntos indican el centroe de cada uno de los agrupamientos identificados (estadísticamente significativos con un nivel de probabilidad del 99%).



**Fig. 11.** Zona-test Macizo de Vallibierna. A.- dendrograma producido por CLUSTER. *Leyenda:* D.- coeficiente euclidiano de distancia; U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, U<sub>3</sub> y U<sub>4</sub>- agrupamientos identificados. B.- análisis discriminante de los 19 puntos de control empleados en el estudio, representados atendiendo a los valores de las dos primeras funciones discriminantes. Los parámetros utilizados fueron la medida de los ejes mayores de *Rhizocarpon* y el porcentaje de cubrimiento. Los puntos indican el centroide de cada uno de los agrupamientos identificados (estadísticamente significativos con un nivel de probabilidad del 99%).



**Fig. 12.** Zona-test Cap de la Pala del Estany. A.- dendrograma producido por CLUSTER. *Leyenda:* D.- coeficiente euclidiano de distancia; U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, U<sub>3</sub> y U<sub>4</sub>- agrupamientos identificados. B.- análisis discriminante de los 22 puntos de control empleados en el estudio, representados atendiendo a los valores de las dos primeras funciones discriminantes. Los parámetros utilizados fueron la medida de los ejes mayores de *Rhizocarpon* y el grado de colonización vegetal. Los puntos indican el centroide de cada uno de los agrupamientos identificados (estadísticamente significativos con un nivel de probabilidad del 95%).

$U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ , etc.), cuya significación estadística confirmamos mediante el empleo de la aplicación de análisis discriminante *Discriminant Analysis*. En esencia, ésta está basada en la comparación entre una clasificación subjetiva de los distintos *clusters* —obtenida tras la inspección visual del dendrograma— y la generada mediante una serie de funciones discriminantes. Los pesos de los coeficientes de discriminación se estiman internamente para maximizar las distancias entre grupos, en relación con los valores de varianza existentes dentro de los grupos. Las funciones discriminantes así halladas representan, de este modo, variables abstractas asimilables a componentes principales. En nuestro caso, los agrupamientos definidos tras el análisis de conglomerados quedaron confirmados en el posterior análisis discriminante (Figs. 9 b, 10 b, 11 b, 12 b): todas las unidades son significativamente diferentes entre sí con un nivel de probabilidad del 99% [a excepción de la zona-test Cap de la Pala del Estany, con diferencias significativas entre unidades algo menores (95%)].

A. Zona-test Cerler. En la zona-test Pico de Cerler, la cartografía detallada de facies del cono de derrubios analizado —que aparece plasmada en la figura 5 b— ha permitido delimitar cuatro unidades con valor cronológico diferenciado que, por extensión, son igualmente indicativas del esquema morfodinámico deposicional del fenómeno analizado. La disposición espacial de los agrupamientos muestra la existencia de un sector pseudoestabilizado en el margen nororiental (unidades  $U_2$  y  $U_3$ ), con edades absolutas oscilantes entre finales del XVIII y la actualidad. Puede adquirir un dinamismo puntual en ocasiones y tramos concretos aunque, en general, su movilización es mínima. La unidad  $U_4$ , por contra, se sitúa fuera de los límites de datación fiables ofrecidos por nuestra curva de crecimiento, pues se registra ya un abundante número de casos con talos degradados; se trata de un sector muy estable, fijado incluso por vegetación de porte arbustivo y arbóreo, que se dispone básicamente en torno al extremo proximal occidental. La transición hacia la unidad  $U_1$  —extremadamente funcional— se realiza de forma brusca y viene motivada por la acción socavadora basal del cauce del arroyo del Ampriú, que altera estacionalmente la morfología del tramo distal del cono, modificando su perfil y destruyendo la línea de equilibrio. La renovación casi constante de los materiales de superficie así producida arroja unas edades absolutas muy bajas, entre 30-0 años.



B. Zona-test Turbón. La zona-test Macizo del Turbón exhibe unas pautas deposicionales más típicas, donde los tres agrupamientos identificados aparecen en forma de orlas concéntricas de edad creciente hacia la base (Fig. 6 b). La unidad más antigua ( $U_3$ ) se corresponde con el cinturón de derrubios de nivación externo que contornea al cono. Su edad, pese a que en ciertos sectores muestra una relativa funcionalidad, es en términos generales atribuible al período ubicado entre finales del XV y el XVIII (similar a la facies más abundante identificada al otro lado de la coma de San Adrián, al pie de la pared interna oriental del macizo; v. CHUECA, J., 1991 a), con valores de eje mayor entre 50-110 mm, porcentajes de cubrimiento por encima del 35% y morfologías muy marcadas de karstificación. Los otros dos conjuntos ( $U_1$  y  $U_2$ , este último de escasísima extensión espacial) están caracterizados por su funcionalidad actual ( $U_1$ ) o subactual ( $U_2$ ), con cronologías localizadas entre principios del XIX y la actualidad, indicadas por unos valores de cubrimiento prácticamente nulos (0-4%), diámetros mayores entre 10-35 mm y escaso desarrollo de mecanismos de disolución identificables en los clastos, en muchos casos aún sin alterar.

C. Zona-test Vallibierna. La zona-test Macizo de Vallibierna (Fig. 7 b) es de apariencia muy similar a este último caso. Morfodinámicamente, sin embargo, su disposición en orlas se ve alterada por un canal excavado episódicamente por procesos de flujos de derrubios que cruza longitudinalmente el cono ( $U_1$ ). Su dinamismo es constatable y se traduce en una edad prácticamente actual, sin rastros aún de colonización líquénica. El resto de agrupamientos va aumentando su antigüedad —y disminuyendo, por tanto, sus tasas de movilización— desde la unidad  $U_2$  (subactual: siglos XIX-XX) hasta las  $U_3$  y  $U_4$  [claramente fuera de las posibilidades de datación ofrecidas por nuestra curva de crecimiento, al haberse registrado valores de eje mayor en todas las localidades nunca inferiores a los 80 mm y porcentajes de cubrimiento muy elevados (> 60%)].

D. Zona-test Cap de la Pala del Estany. Tal y como ya detectamos en depósitos de similares características ubicados en el sector de La Plana del Turbón (v. CHUECA, J., 1992, 1993), los canchales afectados por la acción repetida de mecanismos de aludes/avalanchas muestran en el área de estu-

dio unas pautas de actividad cíclicas. En el sector analizado (Fig. 8 b) se registran dos tipos de actuación: a) episodios menores y regulares, mucho más activos y de carácter posiblemente anual (tipificados en este caso por los depósitos transgresivos de la unidad  $U_1$ , de edad histórica, entre 50-0 años de antigüedad), y b) episodios de magnitud creciente ( $U_2$  a  $U_3$ ) representativos de eventos con una mayor competencia en los procesos de transporte y acumulación y más espaciados en el tiempo, que muestran ya progresivos indicios de estabilización en la cobertera herbácea y tamaños de eje mayor y cubrimiento considerables (fuera del alcance de datación de la curva establecida; la unidad  $U_4$  superior se correspondería con un retazo relicto de edad incluso superior).

#### 4. CONCLUSIONES

Con el presente artículo hemos pretendido llevar a cabo un estudio de las interesantes acumulaciones de depósitos de derrubios gravitacionales existentes en la Alta Ribagorza. Además de efectuar un examen general de estos depósitos, la utilización de técnicas de datación liquenométricas nos ha permitido constatar la presencia de diferentes facies con valor morfodinámico y morfocronológico en las cuatro zonas-test. De hecho, éstas muestran acusadas divergencias en sus pautas espaciales de movilización-estabilidad, ligadas a la actuación de procesos diversos (nivación, flujos de derrubios, aludes/avalanchas) cuya funcionalidad actual es manifiesta. Cronológicamente, sin embargo, queda patente la existencia de períodos recientes —atribuibles al marco de la climáticamente más cruda Pequeña Edad del Hielo— en los que la intensidad de estos mecanismos y su extensión llegaron a ser mucho mayores.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Para la elaboración de este trabajo contamos con una ayuda concedida por el Instituto de Estudios Altoaragoneses (Diputación Provincial de Huesca) al proyecto de investigación «La liquenometría como técnica de datación relativa en geomorfología: aplicaciones en depósitos de derrubios gravitatorios (valle de Benasque, Pirineo oriental oscense)».

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, J. L. y SOLLID, J. L. (1971), Glacial chronology and glacial geomorphology in the marginal zones of the glaciers Midtdalsbreen and Nigardsbreen, south Norway, *Norsk geografisk Tidsskrift*, 25, pp. 1-38.
- ANDRE, M. F. (1986), Dating slope deposits and estimating rates of rock wall retreat in northwest Spitsbergen by lichenometry, *Geografiska Annaler*, 68A, pp. 65-75.
- BALLANTYNE, C. K. (1987), Some observations on the morphology and sedimentology of two active proglacial ramparts, Lyngen, northern Norway, *Arctic and Alpine Research*, 19, 2, pp. 167-174.
- BALLANTYNE, C. K. (1990), The Holocene glacial history of Lyngshalvöya, northern Norway: chronology and climatic implications, *Boreas*, 19, pp. 93-117.
- BELLONI, S. (1973), Ricerche lichenometriche in Valfurva e nella Valle di Solda, *Bollettino Comitato Glaciologico Italiano*, 21, pp. 19-33.
- BENEDICT, J. B. (1988), Techniques in lichenometry: identifying the yellow *rhizocarpons*, *Arctic and Alpine Research*, 20, 3, pp. 285-291.
- BENEDICT, J. B. (1990), Lichen mortality due to late-lying snow: results of a transplant study, *Arctic and Alpine Research*, 22, 1, pp. 81-89.
- BESCHEL, R. E. (1958), Ricerche lichenometriche sulle morene del Gruppo del Gran Paradiso, *Nuovo Giornale Botanico Italiano*, 65, pp. 538-591.
- CARROLL, T. (1974), Relative dating techniques: a late quaternary chronology, Arikaree Cirque, Colorado, *Geology*, 2, pp. 321-325.
- CASELDINE, C. J. (1983), Resurvey of the margins of Gljúfurárjökull and the chronology of recent deglaciation, *Jökull*, 33, pp. 111-118.
- CHARLET, J. M. (1982), Les grands traits géologiques du Massif de la Maladeta (Pyrénées centrales espagnoles), *Pirineos*, 116, pp. 57-66.
- CHUECA, J. (1990 a), *Análisis geomorfológico de la fenomenología glaciar y periglacial en el Macizo del Turbón-Sierra de Ballabriga (Pirineo oscense)*, Memoria de Licenciatura, Universidad de Zaragoza, 245 pp. (+ anexo cartográfico).
- CHUECA, J. (1990 b), Aplicación de técnicas liquenométricas para la determinación de líneas de flujo diferencial en un glaciar rocoso activo (Skjöldalur, Islandia), panel-comunicación presentado a la *I Reunión Nacional de Geomorfología*, Teruel.
- CHUECA, J. (1991 a), El sistema de *proglacial ramparts* de la Coma de San Adrián (Macizo del Turbón, Huesca): caracterización cronológica mediante la utilización de técnicas liquenométricas, *Actas XIV Encuentro Jóvenes Geógrafos*, Zaragoza, pp. 114-128.
- CHUECA, J. (1991 b), Pautas de flujo en un glaciar rocoso activo (Skjöldalur, Islandia): aplicación de técnicas liquenométricas, *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 17, 1-2, pp. 47-67.

- CHUECA, J. (1992), Aplicación de análisis de conglomerados y análisis discriminantes en la delimitación de facies morfodinámicas en conos de aludes, *V Coloquio de Geografía Cuantitativa*, AGE, Zaragoza, pp. 359-372.
- CHUECA, J. (1993), *Geomorfología de la Alta Ribagorza: análisis de la dinámica de procesos en el ámbito supraforestal*, Serie «Estudios geográficos», nº 1, Asociación Guayente, Benasque, Huesca, 250 pp.
- CHUECA, J. y JULIÁN, A. (1992 a), Lichenometry: some difficulties in the establishment of reliable lichen growth curves. En STANKOVIANSKY, M. (ed.), *Abstracts International IGU Symposium on Time, Frequency and Dating in Geomorphology*, Bratislava-1992, p. 12.
- CHUECA, J. y JULIÁN, A. (1992 b), Establecimiento de una curva de crecimiento para el subgénero *Rhizocarpon* en el valle de Benasque (Pirineo Central aragonés): aspectos metodológicos y resultados, *II Reunión Nacional de Geomorfología*, Murcia, pp. 729-739.
- CHUECA, J. y JULIÁN, A. (1992 c), *La liquenometría como técnica de datación relativa en geomorfología: aplicaciones en depósitos de derrubios gravitatorios (valle de Benasque, Pirineo oriental oscense)*, Memoria del Proyecto de Investigación, Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca, 72 pp.
- CHUECA, J.; JULIÁN, A. y LAMPRE, F. (1992 a), Resultados de la I.<sup>a</sup> y II.<sup>a</sup> Campañas de control de la dinámica superficial del glaciar rocoso activo de Besiberris (Pirineo Central), panel-comunicación presentado a la *II Reunión Nacional de Geomorfología*, Murcia.
- CHUECA, J.; JULIÁN, A. y LAMPRE, F. (1992 b), Measurement of surficial dynamics in Besiberris active rock glacier, *Lurralde*, 15, pp. 45-50.
- DOWDESWELL, J. A. (1982), Relative dating of Late Quaternary deposits using cluster and discriminant analysis, Audubon Cirque, Mt. Audubon, Colorado Front Range, *Boreas*, 11, pp. 151-161.
- DOWDESWELL, J. A. (1984), Late quaternary chronology for the Watts Bay area, Frobisher Bay, southern Baffin Island, NWT, Canada, *Arctic and Alpine Research*, 16, 3, pp. 311-320.
- DOWDESWELL, J. A. y MORRIS, S. E. (1983), Multivariate statistical approaches to the analysis of late Quaternary relative age data, *Progress in Physical Geography*, 7, pp. 157-176.
- DUFORD, J. M. y OSBORN, G. D. (1978), Holocene and Pleistocene cirque glaciations in the Shuswap Highland, British Columbia, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15, pp. 865-873.
- FRANCOU, B. (1988 a), *L'ébouilisation en haute montagne (Alpes, Andes). Contribution à l'étude du système corniche-éboulis en milieu périglaciaire*, Thesis, Editec, Caen, 696 pp.

- FRANCOU, B. (1988 b), Température de parois rocheuses et gélifraction dans les Andes Centrales du Pérou. Étude à partir de deux sites: Huampar (5.150 m) et Wallumaraju (5.500 m), *Bull. Centre Géomorphologie*, 28, pp. 159-180.
- FRANCOU, B. (1990), Stratification mechanisms in slope deposits in high subequatorial mountains, *Permafrost and Periglacial Processes*, 1, 3-4, pp. 249-264.
- GÓMEZ ORTIZ, A. (1982), Nota sobre la evolución de los estudios de geomorfología glacial y periglacial en el Pirineo Oriental a partir de 1957. La labor de la Escuela de Barcelona, *Notes de Geografía Física*, 8, pp. 33-38.
- GÓMEZ ORTIZ, A. (1983), Bibliografía fundamental sobre geomorfología glacial y periglacial del Pirineo Oriental a partir de 1957, *Notes de Geografía Física*, 9, pp. 15-19.
- GONZÁLEZ MARTÍN, J. A. (1986), Rasgos generales del periglaciario de la Península Ibérica y áreas insulares. IV y V. Dominio pirenaico y dominio subtropical de las islas Canarias, *Munibe (Ciencias Naturales)*, 38, pp. 133-154.
- GORDON, J. E. y SHARP, M. (1983), Lichenometry in dating recent glacial landforms and deposits, southeast Iceland, *Boreas*, 12, pp. 191-200.
- HAINES-YOUNG, R. H. (1983), Size variations of *Rhizocarpon* on moraine slopes in southern Norway, *Arctic and Alpine Research*, 15, 3, pp. 295-305.
- HARBOR, J. M. (1986), A comment on certain multivariate techniques used in the analysis of late Quaternary relative age data, *Progress in Physical Geography*, 10, 2, pp. 215-225.
- HAWORTH, L. A.; CALKIN, P. E. y ELLIS, J. M. (1986), Direct measurement of lichen growth in the Central Brooks Range, Alaska, USA, and its application to lichenometric dating, *Arctic and Alpine Research*, 18, 3, pp. 289-296.
- INNES, J. L. (1982), Lichenometric use of an aggregated *Rhizocarpon* 'species', *Boreas*, 11, pp. 53-57.
- INNES, J. L. (1983 a), Size frequency distributions as a lichenometric technique: an assessment, *Arctic and Alpine Research*, 15, 3, pp. 285-294.
- INNES, J. L. (1983 b), Use of an aggregated *Rhizocarpon* 'species' in lichenometry: an evaluation, *Boreas*, 12, pp. 183-190.
- INNES, J. L. (1984), The optimal sample size in lichenometric studies, *Arctic and Alpine Research*, 16, 2, pp. 233-244.
- INNES, J. L. (1985 a), Lichenometry, *Progress in Physical Geography*, 9, pp. 187-254.
- INNES, J. L. (1985 b), A standard *Rhizocarpon* nomenclature for lichenometry, *Boreas*, 14, pp. 83-85.
- INNES, J. L. (1985 c), An examination of some factors affecting the largest lichens on a substrate, *Arctic and Alpine Research*, 17, 1, pp. 99-106.

- INNES, J. L. (1986 a), Influence of sampling design on lichen size-frequency distributions and its effect on derived lichenometric indices, *Arctic and Alpine Research*, 18, 2, pp. 201-208.
- INNES, J. L. (1986 b), Dating exposed rock surfaces in the Arctic by lichenometry: the problem of thallus circularity and its effect on measurement errors, *Arctic*, 39, 3, pp. 253-259.
- INNES, J. L. (1986 c), The use of percentage cover measurements in lichenometric dating, *Arctic and Alpine Research*, 18, 2, pp. 209-216.
- JUSTE, V. (1991), *Aproximación a la historia de Benasque*, Antena del Pirineo, Benasque, 359 pp.
- LOCKE, W. W. III (1983), Discussion of 'Size frequency distributions as a lichenometric technique: an assessment' by J. L. Innes, *Arctic and Alpine Research*, 15, p. 419.
- LOCKE, W.W. III; ANDREWS, J. T. y WEBBER, P. J. (1979), *A manual for lichenometry*, British Geomorphological Research Group Technical Bulletin, 26, 47 pp.
- LUCKMAN, B. H. (1977), Lichenometric dating of Holocene moraines at Mount Edith Cavell, Jasper, Alberta, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 14, pp. 1809-1822.
- LUCKMAN, B. H. (1988), Debris accumulation patterns on talus slopes in Surprise valley, Alberta, *Geogr. Phys. et Quaternaire*, 42, 3, pp. 247-278.
- MEY, P. H. W.; NAGTEGAAL, P. J. C.; ROBERTI, K. J. y HARTEVELT, J. J. A. (1968), Lithostratigraphic subdivision of post-hercynian deposits in the south-central Pyrenees, Spain, *Leidse Geol. Med.*, 41, pp. 221-228.
- MILLER, C. D. (1979), A statistical method for relative-age dating of moraines in the Sawatch Range, Colorado, *Geological Soc. of America Bull.*, I, 90, pp. 1153-1164.
- NELSON, A. R. (1980), Chronology of Quaternary landforms, Qivitu Peninsula, northern Cumberland Peninsula, Baffin Island, NWT, Canada, *Arctic and Alpine Research*, 12, pp. 265-286.
- OROMBELLI, G. y PORTER, S. C. (1983), Lichen growth curves for the southern flank of the Mont Blanc Massif, western Italian Alps, *Arctic and Alpine Research*, 15, 2, pp. 193-200.
- POELT, J. (1988), *Rhizocarpon* Ram. em. Th. Fr. subgen. *Rhizocarpon* in Europe, *Arctic and Alpine Research*, 20, 3, pp. 292-298.
- RUNEMARK, H. (1956), Studies in *Rhizocarpon*. I: taxonomy of the yellow species in Europe; II: distribution and ecology of the yellow species in Europe, *Opera Botanica*, 2, 1-2.
- THOMPSON, A. y JONES, A. (1986), Rates and causes of proglacial river terrace formation in southeast Iceland: an application of lichenometric dating techniques, *Boreas*, 15, pp. 231-246.

- THOMSON, J. W. (1967), Notes on *Rhizocarpon* in the arctic, *Nova Hedwigia*, 14, pp. 421-481.
- TRICART, J. (1967), *Le modelé des régions périglaciaires. Traité de géomorphologie*, tomo II, SEDES, 512 pp.
- WASHBURN, A. L. (1973), *Periglacial processes and environments*, Arnold, 320 pp.
- WASHBURN, A. L. (1979), *Geocryology. A survey of periglacial processes and environments*, Arnold, 406 pp.
- WERNER, A. (1990), Lichen growth rates for the northwest coast of Spitsbergen, Svalbard, *Arctic and Alpine Research*, 22, 2, pp. 129-140.