

EL GLACIAR DE FRONDIELLAS (Macizo de Balaitus, Pirineo Central Aragonés) Y SU COMPLEJO MORRENICO: UN EJEMPLO DE DINAMICA DEPOSICIONAL MIXTA GLACIO-NIVAL

J. CHUECA CÍA & A. JULIÁN ANDRÉS

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio
Universidad de Zaragoza; 50009-Zaragoza

Resumen. El estudio del glaciar de Frondiellas (Macizo de Balaitús; Pirineo Central aragonés), y el análisis morfológico y sedimentológico de su complejo morrénico, permiten afirmar la singularidad de la dinámica deposicional del sistema, ligada a procesos de acumulación y transporte mixtos: a) de origen estrictamente glacial, y b) de origen nival (derrubios de nivación/protalus rampart, aludes).

Palabras clave. Glaciar de Frondiellas, complejo morrénico, dinámica deposicional, Pirineo Central aragones.

Abstract. The study of Frondiellas glacier (Balaitus Massif; Aragonese Central Pyrenees), and the morphological and sedimentological analysis of its morainic complex, lets affirm the singularity of its depositional dynamics, linked to mixed processes of transport and accumulation: a) of strictly glacial origin, and b) of nival origin (protalus rampart, snow avalanches).

Key words. Frondiellas glacier, morainic complex, depositional dynamics, Aragonese Central Pyrenees.

1. Introducción

El glaciar de Frondiellas se localiza en la vertiente meridional (española) del Macizo de Balaitús, abrupta elevación montañosa ubicada en el Pirineo Central aragonés, en la cabecera del valle del río Gállego (Hoja nº 145, Sallent de Gállego, del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000) (Fig. 1). El macizo, de gran energía de relieve, alcanza cotas superiores a los 3.000 m s.n.m. en diversos sectores (Balaitús, 3.144 m; Frondiellas NE, 3.071 m; Frondiellas SO, 3.001 m, etc.), y el propio aparato glacial de Frondiellas y su complejo morrénico anexo se extienden a altura considerable, entre los 2.800 y los 2.600

4 Chueca & Julián

m s.n.m.; geológicamente, el área de estudio está inscrita en su práctica totalidad en el tramo meridional del batolito granítico tardihercínico de Cauterets (Debon, 1980), y únicamente en la zona cimera del pico de Balaitús puede encontrarse un retazo-testigo poco potente de areniscas y calizas detríticas del Cretácico Superior (Wensink, 1962). Toda la zona analizada en este trabajo se enmarca así en el dominio de los geo-complejos subnival y nival, caracterizados por la importancia que en ellos adquieren los mecanismos de erosión y transporte relacionados con la acción del hielo y de la nivación: las temperaturas medias anuales son muy bajas, de extremadamente frías a muy frías (TMAA: $<0^{\circ}-2,5^{\circ}\text{C}$; Índice Cong.: $250^{\circ}-500^{\circ}\text{C}$), y la cobertera nival considerable, permaneciendo sobre el suelo del orden de los 190-200 días/año; en estos medios, donde reina mayoritariamente la roca desnuda, la vegetación es casi inexistente y limita su presencia a especializadas comunidades pioneras de la asociación silicícola *Minuartio sedoidis-Androsacetum ciliatae* (Chueca, 1993).

El análisis de la historia glacial del alto valle del Gállego, aparte de los estudios clásicos de Barrère (1952, 1953, 1966), ha sido recientemente abordado en las investigaciones de Serrano & Agudo (1988), Chueca (1989), García-Ruiz (1989), Serrano & Rubio (1989), o Serrano (1991 a, b); aspectos relacionados

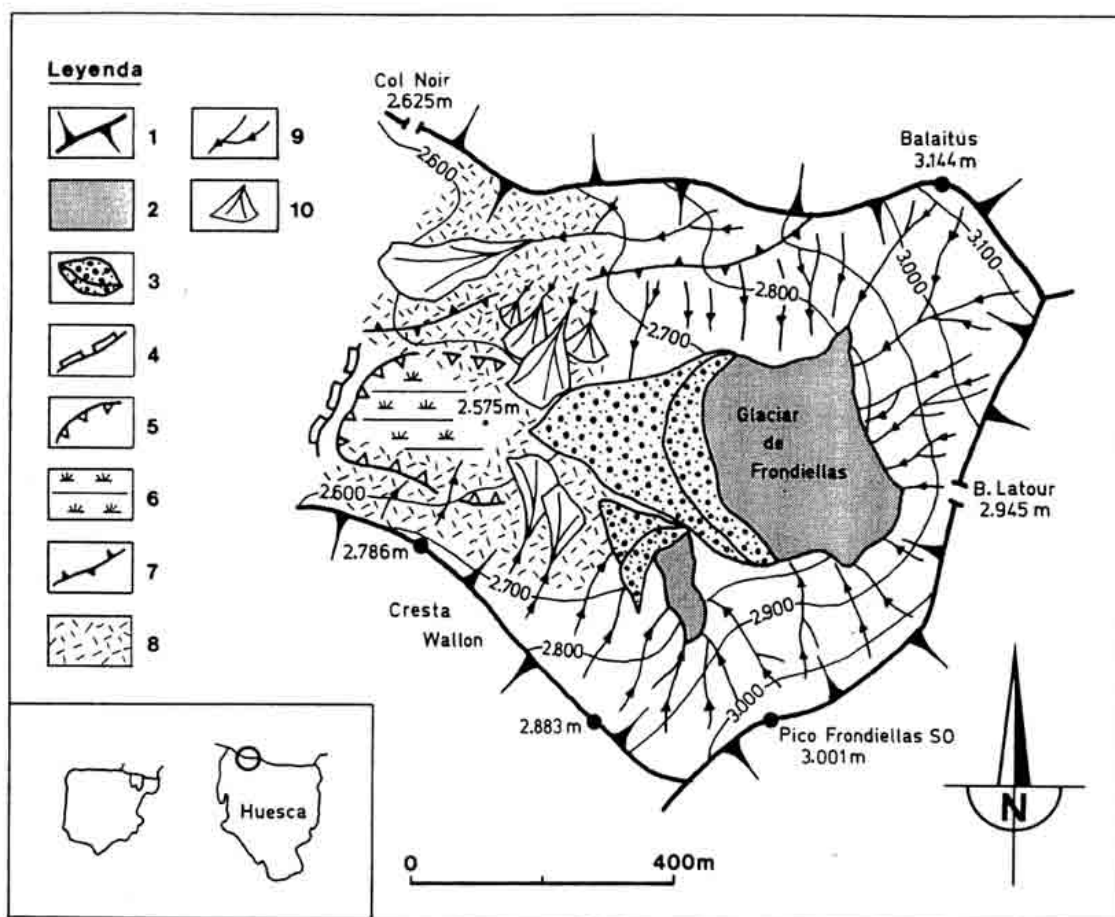


Fig. 1.- Localización del área de estudio y esquema geomorfológico del circo glacial de Frondiellas. Leyenda: 1) Divisoria de circos glaciales; 2) Glaciares-heleros; 3) Depósitos morrénicos; 4) Umbral de origen glacial; 5) Cubeta de sobreexcavación glacial; 6) Zona turbosa; 7) Divisorias menores en granitos; 8) Canchales; 9) Canales de aludes; 10) Conos de alude. Location of study area and geomorphological map of the Frondiellas glacial cirque. Legend: 1) Limits of glacial cirques; 2) Glaciers and firn fields; 3) Morainic deposits; 4) Threshold of glacial origin; 5) Overdeepened glacial basin; 6) Peat deposits; 7) Minor watersheds in granites; 8) Screes; 9) Avalanche tracks; 10) Avalanche cones.

con la dinámica histórica (Pequeña Edad del Hielo) y presente de los focos glaciales de la zona pueden encontrarse en las aportaciones de Martínez de Pisón & Arenillas (1988), o en Chueca & Lampre (1994). En la actualidad, el foco glacial del Macizo de Balaitús o Moros -el más occidental de toda la cadena pirenaica- se compone de dos modestos conjuntos ubicados en los circos de Arriel (glaciar de Frondiellas, helero de Frondiellas S) y de la Esclusera (glaciar de la Brecha Latour, helero de Balaitús SE), ambos separados por el cresterío de los Picos de Frondiellas y con una muy escasa extensión, en ningún momento superior a las 10 Ha (en la vertiente septentrional francesa del Balaitús-Cap Peytier-Hossard existen otros dos aparatos, algo mejor desarrollados: el glaciar de Pabat y el glaciar de las Néous). Estos glaciares y heleros muestran, en todos los casos, una dinámica claramente regresiva, relacionada con las modificaciones climáticas experimentadas durante la última década en la cordillera (aumento de las temperaturas y reducción y cambio del régimen de las precipitaciones), que han propiciado el retroceso manifiesto, en extensión y volumen, de numerosas masas de hielo pirenaicas (Chueca & Lampre, 1994).

El presente trabajo tiene como objetivo principal apuntar -apoyándonos en la utilización de diversos análisis morfológicos y sedimentológicos- la singularidad existente en la dinámica deposicional del complejo morrénico del glaciar de Frondiellas, que entendemos ligada a procesos de acumulación y transporte mixtos, no de origen única y estrictamente glacial, sino también nival [con formación de depósitos de derrubios de nivación (*protalus rampart*), o por desencadenamiento de aludes]. Esta génesis sería comparable a la observada en otros cuerpos morrénicos recientes -de la Pequeña Edad del Hielo, subactuales o actuales- localizados a lo largo de toda la cordillera pirenaica, y ayudaría a explicar la presencia en todos ellos de importantísimos volúmenes de derrubios emplazados a la salida o al pie de circos de muy pequeñas dimensiones, pero bien protegidos por las vertientes extremadamente verticalizadas de sus cajas glaciales: Castillo de Acher, Vignemale, Bardamina, Cregüeña, etc.

2. El glaciar de Frondiellas y su complejo morrénico

2.1. Glaciar de Frondiellas

El glaciar de Frondiellas (denominado g. de las Frondellas en la clasificación de Martínez de Pisón & Arenillas, 1988; y g. de Frondiellas N en la de Chueca & Lampre, 1994) es, junto al helero de Frondiellas S, uno de los dos modestos aparatos que se ubican en la cabecera del circo de Arriel o de Frondiellas. Orientado al O, se emplaza al pie de las alineaciones Col Noir (2.625 m)-Balaitús (3.144 m), que lo cierran por el norte; Balaitús (3.144 m)-Brecha Latour (2.945 m)-Pico Frondiellas SO (3.001 m), que hacen lo mismo por el este, y lo separan del vecino circo de la Esclusera; y Pico Frondiellas SO (3.001 m)-Cresta Wallon (2.883, 2.786 m), que actúan como límite meridional de la caja glacial (Fig. 1). El cuerpo de hielo se extiende entre las cotas de 2.690-2.820 m s.n.m., con una superficie no superior a las 6-7 Ha (según las observaciones llevadas a cabo durante la campaña glaciológica del verano de 1994). De hecho, la rápida degradación que ha experimentado durante los últimos años obliga a replantear a partir de ahora su clasificación, dado que los rasgos morfológicos que hoy en día ofrece lo aproximarían más a un simple helero de escaso dinamismo que a un auténtico glaciar (aunque muestra todavía bandeados de estratificación y rimaya de contacto, carece de grietas de tracción y su aspecto es biselado y terminal; v. Lampre *et al.*, 1991).

En planta, el glaciar de Frondiellas presenta un aspecto groseramente circular-ovoidal, con su diámetro máximo (310-320 m) localizado en el eje NE-SO, y el diámetro menor (250-260 m) en el eje E-O. El valor de las pendientes en su extremo distal es relativamente bajo, nunca por encima de los 7°-10°; sin embargo conforme ascendemos hacia las paredes del circo su concavidad se va acentuando, y la pendiente llega a acercarse a los 25°-30° en las proximidades de la rimaya; la profundidad visible de esta última, que se extiende de forma continua a lo largo de casi todo el perímetro superior del glaciar oscilaba, según los sectores, entre los 2 y los 5 m, pero carecemos de datos que permitan estimar el espesor total del cuerpo de hielo (en cualquier caso, no estaría muy alejado de los 10 m de valor medio apuntados en su catálogo por Martínez de Pisón & Arenillas, 1988).



Foto 1.- Panorámica del extremo distal del glaciar de Frondiellas y del complejo morrénico anexo: verano de 1994 (al fondo, vista del helero de Frondiellas S). *View of the distal end of Frondiellas glacier and the annexed morainic complex: 1994 summer (behind, view of the Frondiellas S firn field).*



Foto 2.- Detalle del desplazamiento de materiales (bloques y clastos) sobre la superficie del glaciar de Frondiellas.
Detail of the displacement of material (blocks and clasts) over Frondiellas glacier surface.

8 Chueca & Julián

En dos catas de 1,5 m de profundidad realizadas en la zona distal, junto al arco morrénico externo (Foto 1), se observó la presencia de neviza muy transformada - con frecuentes pasadas de hielo de hasta 5 cm de grosor - en las proximidades de la superficie (a partir de los -0,5 m), sin que se llegara a detectar la cercanía del lecho rocoso infrayacente en ninguna de ellas. El contenido en impurezas de la masa de hielo-neviza hallado en estos dos puntos fue muy escaso, limitándose al aportado por algunos bandeados milimétricos de materiales arenosos finos cortados al efectuar el perfil; ningún canto de dimensiones superiores a los 5 cm de eje mayor fue localizado durante el muestreo. Por otro lado, tampoco se encontraron salideros de clastos en el cuerpo glacial, hecho que atestiguaría la existencia en el ejemplo analizado de una carga englacial de muy reducido volumen.

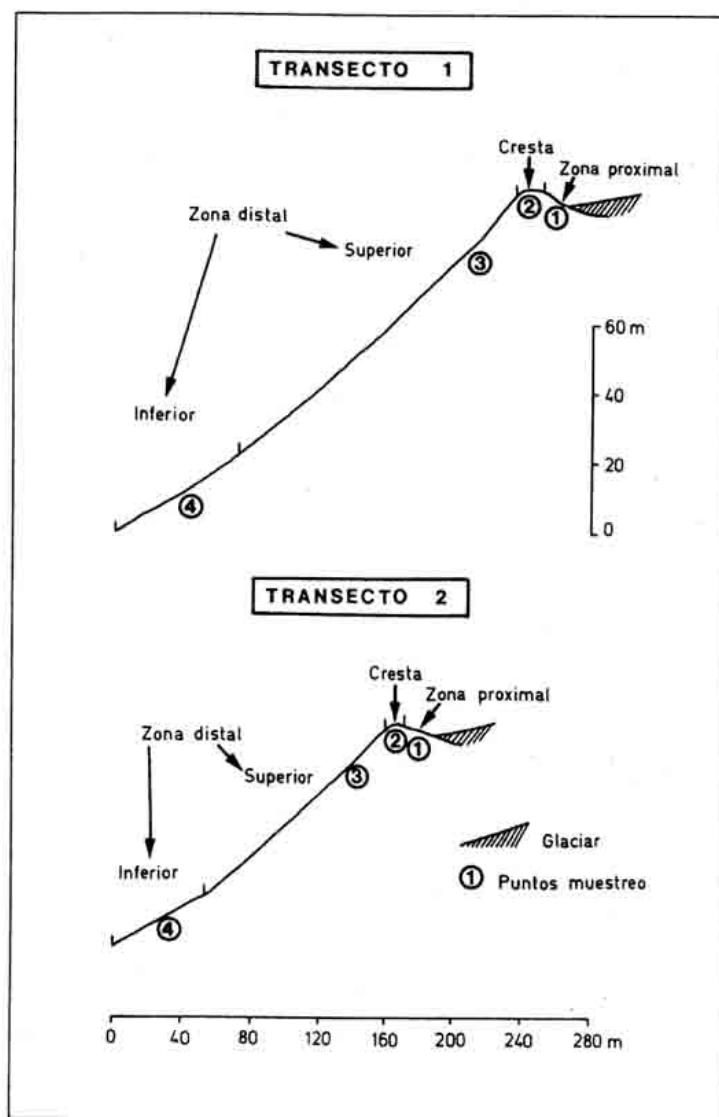


Fig. 2.- Transectos longitudinales a lo largo de la morrena del glaciar de Frondiellas con la localización de puntos de muestreo en los distintos ambientes sedimentario-morfológicos identificados. *Longitudinal transects along the Frondiellas glacier morainic deposits with the location of sample points in the different sedimentary-morphological facies identified.*

Estos datos contrastan vivamente con la relativa abundancia de derrubios emplazados sobre la superficie del glaciar, desde tamaño gravas a grandes bloques métricos (y en todas las ocasiones, como examinaremos a continuación, de aspecto muy fresco y con nulos síntomas de abrasión glacial): en algunos puntos, eran evidentes las huellas de desprendimientos recientes de bloques rocosos desde los cantiles que conforman los cordales del circo y de las subsiguientes pistas de deslizamiento dejadas al desplazarse sobre el manto nival; en otros, la morfología en conos del depósito de derrubios y su ubicación al pie de canales de avalancha permitía afirmar un origen ligado al desencadenamiento de estos procesos (buenos ejemplos podían observarse al pie de la Brecha Latour, o de algunas de las canales que descienden desde la cara meridional del Balaitús) (Foto 2).

2.2. Complejo morrénico

El complejo morrénico del glaciar de Frondiellas [generado en época histórica (siglos XIV-XIX), a lo largo del último recrudescimiento frío del clima europeo que caracterizó a la Pequeña Edad del Hielo, pero funcional -aunque de forma atenuada- hasta hoy en día], presenta unas dimensiones más que considerables si tenemos en cuenta lo limitado del aparato con el que se asocia; altitudinalmente se extiende -en el eje central E-O- desde los 2.680 m hasta los 2.590 m, adoptando en planta una morfología suavemente arqueada (Fig. 1). La longitud del perímetro de este arco morrénico supera los 400 m, y es destacable apuntar la disimetría observable en el mismo entre sus vertientes proximal y distal: la primera apenas supera los 4-6 m de altura, mientras que la segunda -derrubida ladera abajo- muestra una extensión mucho mayor, oscilante entre los 60-100 m de altura (Foto 1; Fig. 2).

Para caracterizar los rasgos morfológicos y sedimentológicos del depósito, se efectuaron dos transectos longitudinales que cortan la morrena de forma perpendicular en una dirección aproximada OSO-ESE (transecto 1; 260 m de longitud) y OSO-ESE (transecto 2; 180 m de longitud) (Fig. 2 y 3). En cada uno de ellos se eligieron cuatro puntos de muestreo representativos de los distintos ambientes sedimentarios y morfológicos identificables -zona proximal, cresta, zona distal superior y zona distal inferior- siguiendo las propuestas de Ballantyne (1987) (Fig. 2). En estos puntos se llevaron a cabo medidas de los siguientes parámetros: i) textura de las acumulaciones; ii) angulosidad (calculada sobre 50 muestras); y iii) grado de abrasión glacial (presencia porcentual de bloques facetados y/o estriados; calculado sobre 50 muestras); adicionalmente, en los puntos 1 y 3 de cada transecto se realizaron análisis detallados de la: iv) orientación de los clastos (calculada sobre 50 muestras).

Los resultados de estas medidas aparecen representados en las Figuras 2, 3 y 4, y permiten afirmar la existencia de diferencias considerables en los rasgos morfológico-sedimentarios de las siguientes unidades.

A. Zona proximal

La vertiente proximal del arco morrénico exhibe pendientes mucho más suaves que las de la zona distal; en general, oscilan entre los 3° y los 10°, y no llegan a sobrepasar nunca este valor. En este sector se acumulan los materiales más groseros de toda la morrena (con porcentajes de bloques >1 m entre el 25-35% del total), siendo la cubierta de finos en superficie escasa. La angulosidad y el grado de abrasión glacial registran aquí igualmente los valores más altos (aunque este último fenómeno es muy poco importante, con porcentajes de entre el 6-8% de bloques estriados y/o facetados, y confirma de nuevo la escasa importancia del transporte glacial interno en el glaciar de Frondiellas). La orientación de los clastos muestra en los dos transectos una clara tendencia hacia un desarrollo perpendicular a la alineación del cordón morrénico, con buzamiento a favor de la pendiente e imbricaciones relativamente bien marcadas.

B. Cresta

La cresta del complejo morrénico presenta un perfil redondeado, con valores de pendiente prácticamente nulos (entre 0°-3°). Marca una notable transición, desde el punto de vista morfológico y sedimen-

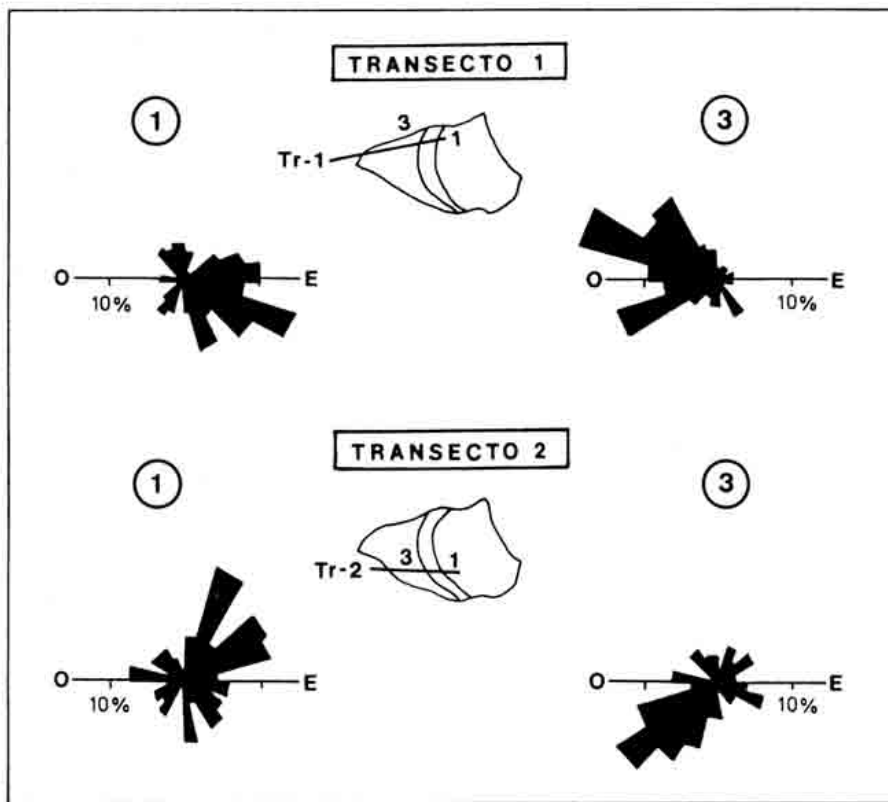


Fig. 3.- Valores de orientación de los clastos en el depósito morrénico del glaciar de Frondiellas.
Macrofabrics of clasts in the Frondiellas glacier morainic deposits.

tológico, con la unidad distal superior, y comparte muchas semejanzas con la inmediata zona proximal. En general, se constata un ligero aumento en el porcentaje de las texturas pequeñas y una disminución poco marcada en los valores de angulosidad y grado de abrasión glacial (que aporta aquí porcentajes igualmente muy bajos, entre el 4-6% del total de bloques muestreados).

C. Zona distal superior

La zona distal superior muestra los valores de pendiente más elevados de toda la morrena, situados entre los 35° y los 40°. El predominio textural pasa a corresponder a los materiales más finos (con porcentajes de la categoría 2-5 cm en torno al 45-50% del total), dado que los tallas groseras y medias experimentan un fuerte derrubiamiento ladera abajo de origen gravitacional. Los valores de angulosidad y grado de abrasión glacial decrecen respecto a los medidos en las dos unidades ya comentadas (alcanzando este último, en el transecto 1, el mínimo de los registrados en todo el arco morrénico, con un escaso 2% de bloques estriados y/o facetados). La orientación de los clastos también exhibe aquí un claro desarrollo perpendicular a la alineación del cordón, aunque el buzamiento e imbricación de los bloques analizados no está tan marcado como en la unidad proximal.

D. Zona distal inferior

En la zona distal inferior los valores de pendiente tienden a decrecer (oscilan entre 30°-35°), al adoptar la ladera una ligera morfología cóncava no existente en el tramo superior, mucho más rectilíneo. Existe una cierta clasificación en el depósito debida al ordenamiento gravitacional de los materiales; este factor

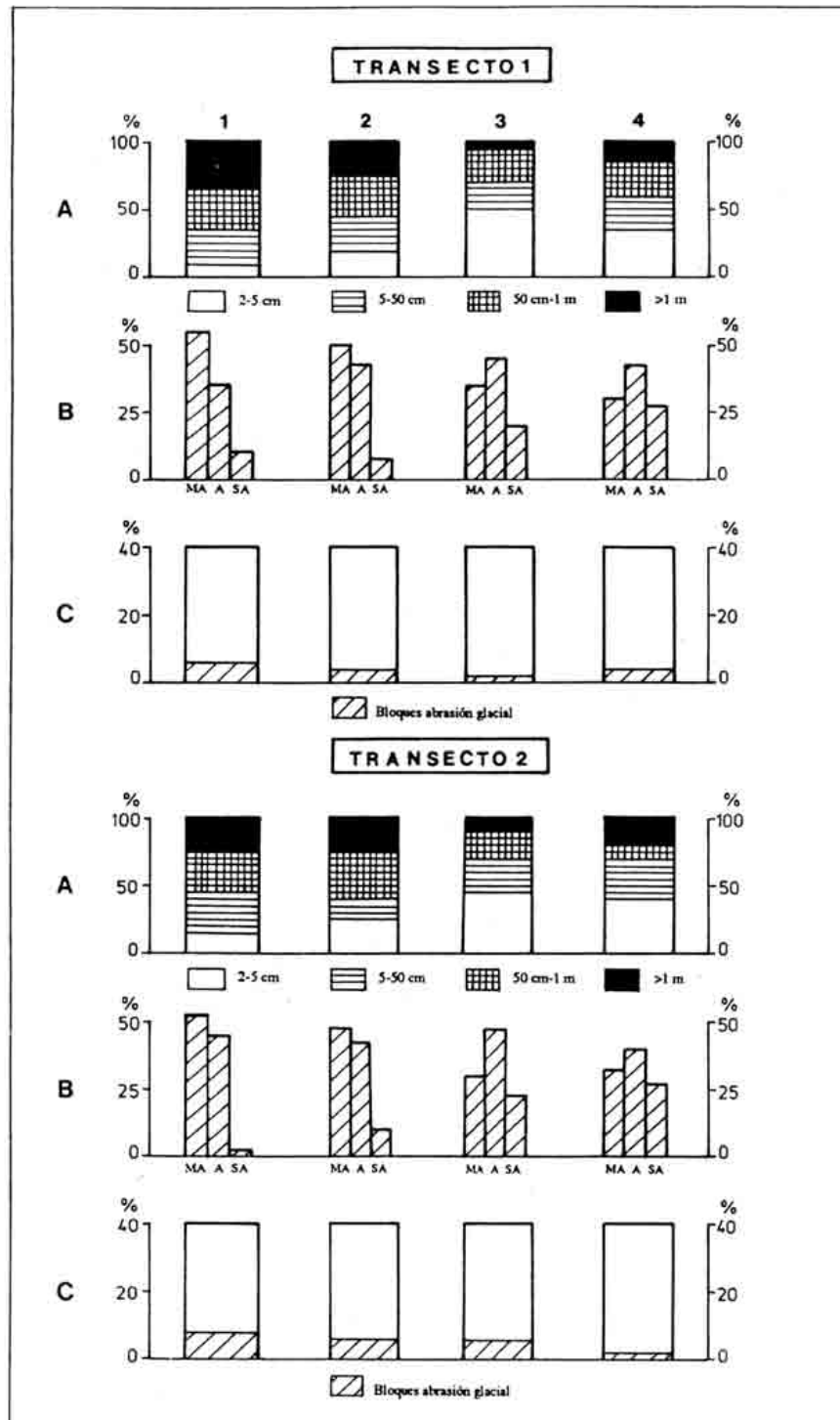


Fig. 4.- Valores de textura (A), angulosidad (B) (MA: muy angulosos; A: angulosos; SA: subangulosos) y grado de abrasión glacial (C) en el depósito morrénico del glaciar de Frondiellas. *Values of clast size (A), angularity (B) (MA: very angular; A: angular; SA: subangular) and degree of glacial abrasion (C) in the Frondiellas glacier morainic deposits.*

12 Chueca & Julián

hace aumentar en el tramo basal del arco morrénico la presencia de tallas groseras, aunque el porcentaje de finos siga siendo importante. Los valores de angulosidad son los más bajos de todos los puntos muestreados (registrándose aquí los porcentajes máximos de bloques subangulosos: 27-30%). El grado de abrasión glacial en los bloques examinados de ambos transectos es, asimismo, mínimo (entre el 2-4%).

Por otro lado, en ninguna de las unidades mencionadas se detectaron indicios o rasgos morfológicos -colapsos, microdepresiones- que permitieran apuntar la existencia de núcleos de hielo en el interior de los depósitos (aunque sí fueron identificadas localmente pequeñas coladas y flujos fangosos que pensamos tendrían su origen en la presencia dentro del arco morrénico de horizontes saturados por el agua de fusión procedente del propio glaciar).

2.3. Dinámica deposicional

El examen de los procesos desarrollados en la actualidad sobre la superficie del glaciar de Frondiellas, y los rasgos morfológico-sedimentarios que exhibe su complejo morrénico, apuntan a la existencia de una dinámica deposicional mixta en la que se combinan -con menor o mayor importancia- mecanismos de origen glacial y nival.

Dentro de los primeros, es constatable la presencia de un cierto volumen de material transportado de forma englacial o subglacial, tal y como atestiguan las catas realizadas en el cuerpo de hielo y los ejemplos de bloques estriados o facetados que pueden encontrarse en las distintas unidades analizadas. El carácter marginal de este tipo de transporte estaría relacionado sin duda con el casi nulo dinamismo mostrado a lo largo de su historia reciente -desde la Pequeña Edad del Hielo hasta la actualidad- por el pequeño glaciar de Frondiellas; un glaciar en claro proceso de degradación y prácticamente convertido ya en un simple helero estático (al igual que otros muchos aparatos pirenaicos de las mismas características; v. Chueca & Lampre, 1994). Por el contrario, creemos que los mecanismos de origen nival cuentan con un peso mucho mayor a la hora de explicar la deposición de los materiales morrénicos típica de estos glaciares de circo, de reducidísimas dimensiones y emplazados en cajas glaciales de vertientes abruptas. Dos serían los procesos principalmente implicados: i) el deslizamiento de los derrubios desprendidos de las paredes del circo sobre un manto nivoso estacional o sobre el propio hielo glacial (generando así morfologías típicas de derrubios de nivación o *protalus rampart*); ii) la distribución de derrubios sobre el glaciar a través del desencadenamiento de aludes.

En este sentido, las semejanzas existentes entre las dos primeras unidades morfológico-sedimentarias identificadas (zona proximal y cresta) apoyarían una hipótesis deposicional similar para ambas, con predominio de estos aportes de origen superficial, repetidos año tras año estacionalmente: i) en la cresta del arco morrénico, cuando el manto nival llega a enrasar con ella a lo largo de las temporadas de invierno-primavera-comienzos de verano; ii) en la zona proximal, conforme avanza la temporada estival y el manto de nieve va paulatinamente disminuyendo su espesor.

La disposición arqueada y elongada del depósito y su carácter masivo, con abundancia de las tallas groseras, es típica de las morfologías de derrubios de nivación (Blagbrough & Breed, 1967; Washburn, 1979; Pérez, 1988, etc.). El origen del volumen relativamente considerable de materiales de tallas menores localizado en los puntos de muestreo estaría ligado a la acción de dos factores (además de al aporte de carga de origen estrictamente glacial): i) meteorización *in situ* del roquedo granítico (por crioclastia, humectación o lavado por agua de fusión, etc.); y ii) deposición producida a partir de los aportes englobados en aludes de fondo (*mixed o snow-rock avalanches*); de hecho, sobre alguno de los bloques mayores examinados en la zona proximal y en la cresta existen fragmentos frescos y angulosos de clastos de menor tamaño, en posición inestable, obviamente depositados muy recientemente tras el desencadenamiento de procesos de este tipo y la posterior fusión del paquete nivoso transportado. Mecanismos similares han sido citados en estudios referentes a la sedimentología de depósitos de derrubios de nivación localizados en medios alpinos con presencia de *glacierettes* o pequeños heleros, muy parecidos a los glaciares de circo pirenaicos de tamaño reducido de los que el de Frondiellas es un buen ejemplo (v. Ballantyne, 1986, 1987; Ballantyne & Kirkbride, 1986; o Harris, 1986). La hipótesis de la acumulación repetida por aportes de origen superficial que planteamos aquí (Fig. 5), ayudaría a explicar de una forma adecuada la formación del

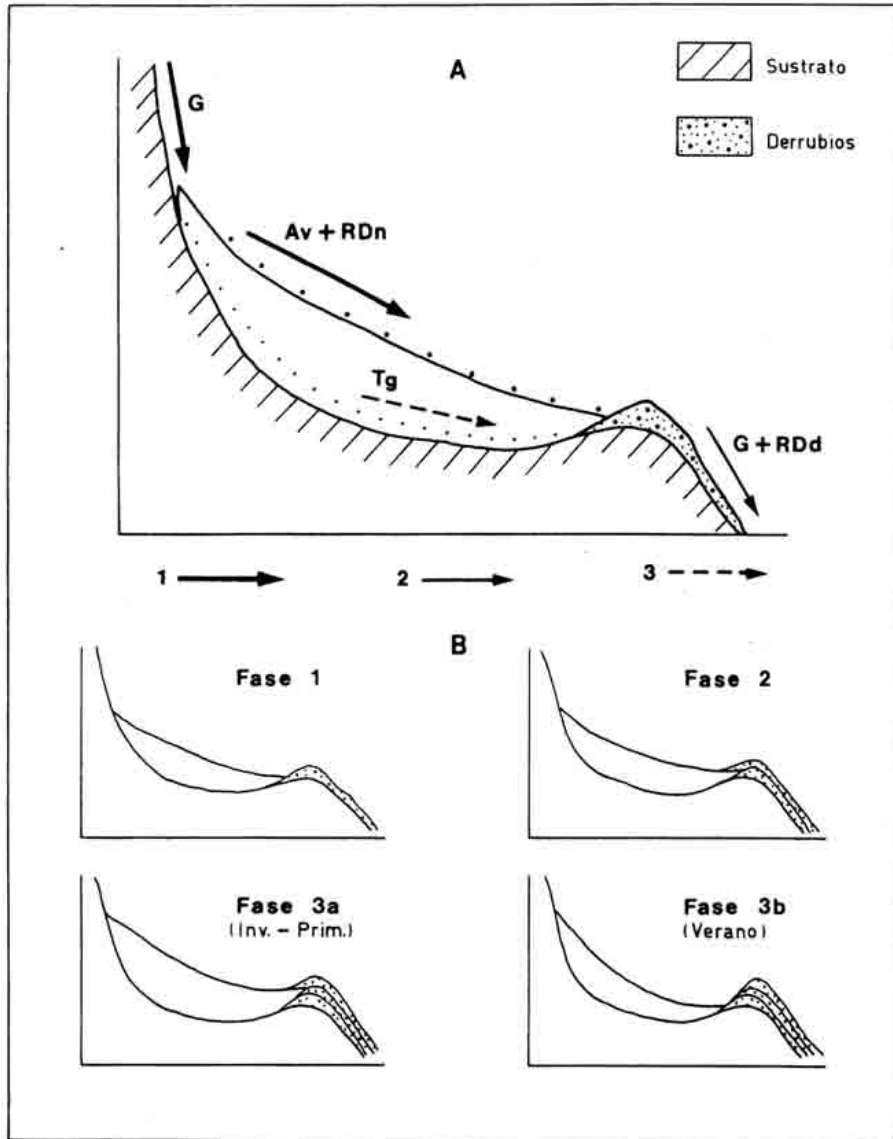


Fig. 5.- Esquema de la dinámica deposicional del sistema analizado (glaciar-complejo morrénico) (sin escala): A.- Procesos de acumulación y transporte identificados (G: desplazamiento de material por gravedad; Av: desplazamiento de material por procesos de aludes y avalanchas; RDn: desplazamiento de material por rodamiento/deslizamiento sobre manto nival/hielo; RDd: desplazamiento de material por rodamiento/deslizamiento sobre manto de derrubios; Tg: desplazamiento de material por transporte glacial; 1: intensidad de procesos elevada; 2: intensidad de procesos media; 3: intensidad de procesos baja). B.- Modelo de desarrollo del complejo morrénico por fases repetidas de acumulación. *Sketch of the depositional dynamics of the analyzed system (glacier-morainic complex) (without scale): A.- Processes of accumulation and transport identified (G: displacement of material by gravity; Av: displacement of material by snow avalanches; RDn: displacement of material by rolling/sliding over snow/ice fields; RDd: displacement of material by rolling/sliding over debris fields; Tg: displacement of material by glacial transport; 1: intensity of processes strong; 2: intensity of processes medium; 3: intensity of processes weak). B.- Model of development of the morainic complex by repeated accumulation phases.*

ingente volumen de sedimentos que se dispone al pie de este tipo de glaciares poco dinámicos (tanto ahora como a lo largo de su etapa de formación, durante la Pequeña Edad del Hielo), volumen que parece poco probable haya sido transportado en su totalidad de forma englacial o subglacial.

3. Conclusiones

El estudio del glaciar de Frondiellas (Macizo de Balaitús; Pirineo Central aragonés), y el análisis morfológico y sedimentológico de su complejo morrénico, permiten afirmar la singularidad de la dinámica deposicional del sistema, ligada a procesos de acumulación y transporte mixtos, de origen tanto glacial como nival. Se ha constatado la importancia reducida del primer grupo de mecanismos, en gran medida relacionada con el casi nulo dinamismo que ha mostrado el glaciar a lo largo de su historia reciente; por el contrario, los mecanismos de origen nival identificados parecen haber desempeñado un papel mucho más activo en el proceso de construcción del complejo morrénico analizado. Pensamos, además, que el ejemplo de dinámica deposicional detectada en el glaciar de Frondiellas podría extrapolarse a un buen número de glaciares-heleros de reducidas dimensiones (y sus aparatos morrénicos asociados) originados durante la pulsación fría que caracterizó a la Pequeña Edad del Hielo en el Pirineo español y funcionales desde entonces y hasta la actualidad.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación "Caracterización cronológica de secuencias morrénicas en el Pirineo oscense: implicaciones paleoambientales y paleogeográficas", financiado por el Instituto de Estudios Altoaragoneses de la Diputación Provincial de Huesca. Los autores desean agradecer igualmente las valiosas sugerencias aportadas por los dos evaluadores anónimos del artículo.

Referencias bibliográficas

- Ballantyne, C.K.** (1986): Protalus rampart development and the limits of former glaciers in the vicinity of Baosbheim, Wester Ross. *Scottish Journal of Geology*, 22, 13-25.
- Ballantyne, C.K.** (1987): Some observations on the morphology and sedimentology of two active protalus ramparts, Lyngen, Northern Norway. *Arctic and Alpine Research*, 19-2, 167-174.
- Ballantyne, C.K. & Kirkbride, M.P.** (1986): Characteristics and significance of some Lateglacial protalus ramparts in upland Britain. *Earth Surface Processes and Landforms*, 11, 659-671.
- Blagbrough, J.W. & Breed, W.J.** (1967): Protalus ramparts on Navajo Mountain, Utah. *American Journal of Science*, 265, 759-773.
- Barrère, P.** (1952): Le relief des massifs granitiques de Nèouvielle, Cauterets et Panticosa. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest*, 23-2, 69-98.
- Barrère, P.** (1953): Equilibre glaciaire actual et quaternaire dans l'Ouest des Pyrénées Centrales. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest*, 24-2, 116-134.
- Barrère, P.** (1966): La morphologie quaternaire dans la région de Biescas et de Sabiñánigo (Haut Aragón). *Bull. Ass. Fr. Etude du Quaternaire*, 2, 129-138.
- Chueca, J.** (1989): Características de los glaciares rocosos del área meridional del batolito de Panticosa (Pirineo oscense). *Geographicalia*, 26, 61-74.
- Chueca, J.** (1993): *Geomorfología de la Alta Ribagorza: análisis de la dinámica de procesos en el ámbito supraforestal*, Serie Estudios Geográficos, 1, Asociación Guayente, Benasque, 250 pp.
- Chueca, J. & Lampre, F.** (1994): *Los glaciares altoaragoneses*, Cuadernos Altoaragoneses de Trabajo, 21, Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca, 32 pp.
- Debon, F.** (1980): Genesis of the three concentrically-zoned granitoid plutons of Cauterets-Panticosa (French and Spanish Western Pyrenees). *Geolog. Rund.*, 69, 107-130.

- García-Ruiz, J.M.** (1989): *Mapa geomorfológico: Sallent (Huesca)*, Geoforma Ediciones, Logroño, 29 pp. y 1 mapa.
- Harris, C.** (1986): Some observations concerning the morphology and sedimentology of a proglacial rampart, Okstindan, Norway. *Earth Surface Processes and Landforms*, 11, 673-676.
- Lampre, F., Chueca, J. & Julián, A.** (1991): Bases geomorfológicas para la ordenación territorial de los glaciares pirenaicos. *Actas I Congreso Ordenación del Territorio de Aragón*, Zaragoza, 55-60.
- Martínez de Pisón, E. & Arenillas, M.** (1988): Los glaciares actuales del Pirineo español. En MOPU, *La nieve en el Pirineo español*, MOPU, Madrid, 29-98.
- Pérez, F.L.** (1988): Debris transport over a snow surface: a field experiment. *Rev. Geomorph. Dynam.*, 3, 81-101.
- Serrano, E.** (1991 a): *Geomorfología glaciar de las montañas y valles de Panticosa y de la ribera de Biescas (Pirineo aragonés)*, Tesis Doctoral, Univ. Autónoma de Madrid, 952 pp. (inédita).
- Serrano, E.** (1991 b): Glacial evolution of the Upper Gállego valley (Panticosa Mountains and Ribera de Biescas, Aragonese Pyrenees, Spain). *Pirineos*, 138, 83-104.
- Serrano, E. & Agudo, C.** (1988): La deglaciación del circo de los Ibones Azules. Estudio glaciomorfológico. *Cuaternario y Geomorfología*, 2, 115-123.
- Serrano, E. & Rubio, V.** (1989): El glaciar rocoso activo de las Argualas (Pirineo Aragonés). *Ería*, 19-20, 195-198.
- Washburn, A.L.** (1979): *Geocryology. A survey of periglacial processes and environments*, Arnold, New York, 406 pp.
- Wensink, H.** (1962): Paleozoic of the upper Gállego and Ara valleys, Huesca province, Spanish Pyrenees. *Estudios Geológicos*, 18 (1-2), 1-74.