

EL ÚLTIMO CICLO GLACIAR (PLEISTOCENO SUPERIOR - HOLOCENO) EN EL MACIZO DE LA MALADETA (PIRINEOS CENTRALES)

R. Copons y J. Bordonau

Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia, Universitat de Barcelona, 08028 BARCELONA.

Resumen: El estudio de las formas y depósitos glaciares en el macizo de la Maladeta ha permitido el reconocimiento y la caracterización de diferentes fases glaciares que pueden correlacionarse con las definidas para el último ciclo glacial en los Pirineos. La posición del macizo de la Maladeta, en la cabecera de la cuenca del río Ésera, determina que únicamente se encuentren registros correspondientes a las últimas fases de la deglaciación. La cartografía de los distintos arcos y cordones morrénicos permite la reconstrucción de la extensión de los glaciares en el macizo de la Maladeta durante las denominadas Fase de Glaciación de Altitud y Fase de Glaciación Rocosos (Pleistoceno superior) y, con mayor detalle, durante la Pequeña Edad del Hielo (siglos XVIII-XIX).

Palabras clave: Cuaternario, Último Ciclo Glacial, Macizo de la Maladeta, Pirineos.

Abstract: The study of the glacial deposits and landforms in the Maladeta massif allows us both to recognize and characterize several glacial phases which can be correlated with those defined for the Last Glacial Cycle in the Pyrenees. During the last glacial maximum, the Ésera glacier had a length of about 36 km, with its glacial front downstream of the studied area. Therefore, only the latest deglaciation phases are recorded in the Maladeta massif. Detailed mapping of the different morainic ridges enables the reconstruction of the glacial extent in the Maladeta massif during the so-called Altitude Glaciers and Rock Glaciers Phases (Upper Pleistocene) and during the Little Ice Age (XVIII-XIXth centuries).

Key words: Quaternary, Last Glacial Cycle, Maladeta Massif, Pyrenees.

Copons, R. y Bordonau, J. (1997): El último ciclo glacial (Pleistoceno superior - Holoceno) en el macizo de la Maladeta (Pirineos Centrales). *Rev. Soc. Geol. España*, 10 (1-2): 55-66.

El macizo de la Maladeta forma parte de la alta cuenca del río Ésera (afluente del río Ebro), en la vertiente meridional de los Pirineos Centrales (Fig. 1). Está constituido por una alineación de picos, de dirección NW-SE, que superan los 3000 m de altitud, desde el pico de Alba (3100 m) hasta el pico de Russell (3205 m), destacando los picos de Aneto (3404 m) y de la Maladeta (3308 m) (Fig. 2). El macizo de la Maladeta está limitado al norte y al oeste por el valle del río Ésera, al sur por los valles de Cregüeña y de Vallhiverna (afluentes del Ésera), y al este por el valle de Salenques, afluente de la Noguera Ribagorçana. En la vertiente norte del macizo y por encima de los 2900 m de altitud, existen actualmente pequeños glaciares de circo (Serrat y Ventura, 1993), entre los que destacan el glaciar del Aneto, con una extensión de 1.04 km², los glaciares Occidental y Oriental de la Maladeta, los cuales suman un total de 0.53 km², el glaciar de Tempestades (0.29 km²) y el glaciar de Barrancs (0.13 km²) (Fig. 1). El macizo de la Maladeta se sitúa en el extremo noroccidental del llamado batolito de la Maladeta, de edad tardiherciniana, constituido básicamente por rocas granodioríticas. En los márgenes del macizo, el

sustrato rocoso está constituido por rocas metasedimentarias (mármoles, esquistos, filitas, etc.) con edades comprendidas entre el Cámbrico-Ordovícico y el Carbonífero, intensamente deformadas por las orogénesis Hercínica y Alpina (Zwart, 1979; García-Sanséundo, 1992).

El relieve del macizo de la Maladeta ha sido modelado, básicamente, por la acción de los glaciares correspondientes al último ciclo glacial pleistoceno. Posteriormente, durante el período postglacial holoceno, el relieve glacial ha sido retocado por la acción de diferentes procesos periglaciares, nivales, fluviales y de vertiente. No obstante, en los sectores más elevados del macizo, la dinámica glacial sigue siendo activa, debido a la existencia de pequeños glaciares de circo. Diversos autores han realizado diferentes cartografías geomorfológicas del macizo de la Maladeta, entre las que destacan las generales de Martínez de Pisón (1989) y de García Ruíz *et al.* (1992), así como la más reciente y detallada realizada por Copons (1994) y publicada por Copons y Bordonau (1994).

En el macizo de la Maladeta, el relieve glacial está representado por un conjunto de formas de erosión y de

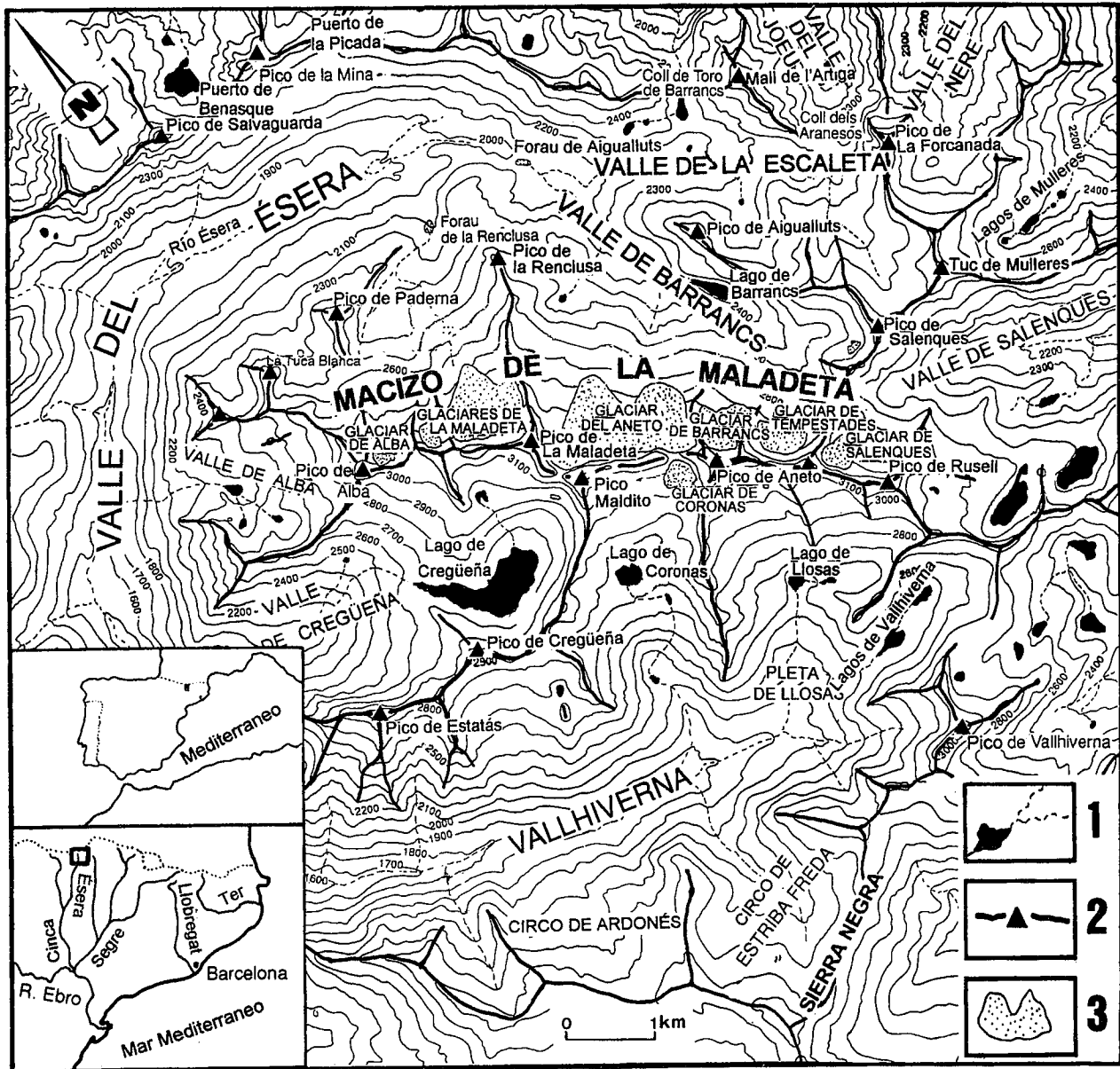


Figura 1.- Situación geográfica del macizo de la Maladeta (Alta Cuenca del río Ésera). Leyenda: 1. Río, lago; 2. Cresta, pico; 3. Glaciar.



Figura 2.- Vista general de la vertiente sur del macizo de la Maladeta desde el pico de Vallhiverna. En el centro de la imagen destaca el pico del Aneto (3404 m) y las morrenas correspondientes a la Pèquena Edad del Hielo ubicadas en el circo de Lloses (indicadas con flechas).

acumulación. Las formas de erosión más relevantes son los circos (por ejemplo, los grandes circos de la Maladeta y del Aneto); las cubetas de sobreexcavación, ocupadas por lagos (por ejemplo, la cubeta de Cregüena) o totalmente colmatadas (por ejemplo, la cubeta de Aigualluts); los collados de transfluencia (por ejemplo, el collado de Toro de Barrancs, a través del cual parte del hielo procedente del macizo de la Maladeta transfluía hacia la cuenca del río Garona) y los valles en artesa típicos del modelado glaciar. Las formas de acumulación glaciar más características y abundantes son las morrenas y, en menor grado, los conos proglaciares. Las morrenas más relevantes del macizo de la Maladeta son las correspondientes a la Pèquena Edad del Hielo (Martínez de Pisón y Arenillas, 1988; Martínez de Pisón, 1989; Copons, 1994; Copons y Bordonau, 1994), perfectamente conservadas y loca-

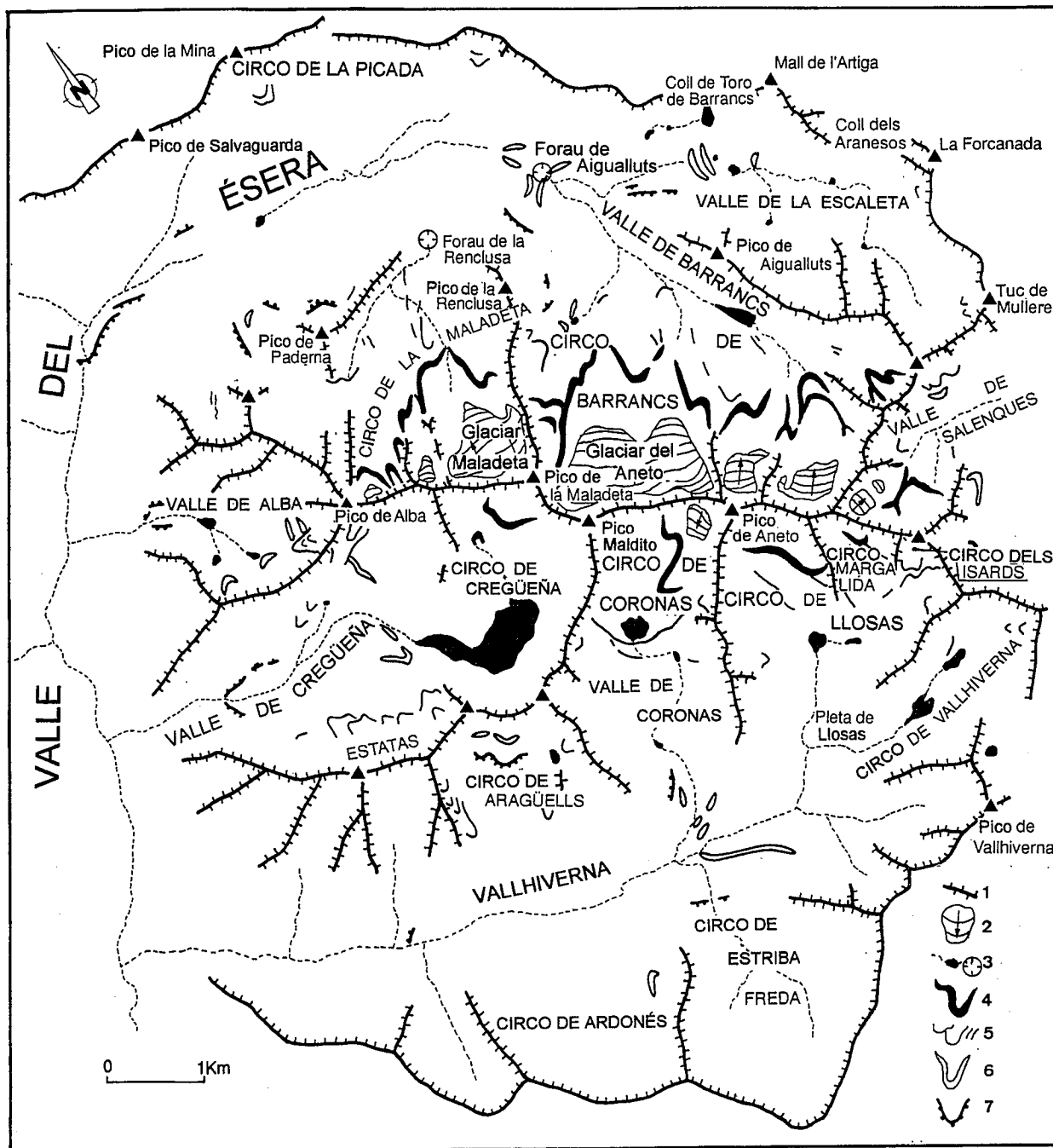


Figura 3.- Cartografía esquemática de los elementos geomorfológicos correspondientes a las diferentes fases glaciares registradas en el macizo de la Maladeta. Leyenda: 1. Divisoria de aguas; 2. Glaciar actual y sentido de flujo; 3. Río, torrente, lago y sumidero kárstico; 4. Morrena de la Pequeña Edad del Hielo; 5. Morrena del Período Tardiglaciar; 6. Morrena del Episodio de Glaciares de Circo; 7. Morrena del Episodio de Glaciares de Valle en Altitud.

lizadas en los sectores más elevados del macizo.

Las fases glaciares cuaternarias

En diversos trabajos realizados en la alta cuenca del Ésera (Martínez de Pisón, 1989; Moya y Vilaplana, 1992; García Ruíz *et al.*, 1992; etc.) se ha reconocido la existencia de diferentes fases glaciares correspondientes al último ciclo glaciar, aunque no se ha deter-

minado con precisión la extensión de los glaciares durante cada una de dichas fases. La cartografía detallada, a escalas 1:10000 y 1:25000, de todas las morrenas del macizo de la Maladeta y la correlación de las mismas atendiendo a distintos criterios (especialmente la posición altitudinal, la orientación y la extensión de los circos) (Fig. 3) ha permitido la reconstrucción de los distintos aparatos glaciares durante las diversas fases glaciares. Por otra parte, las fases glaciares reconoci-

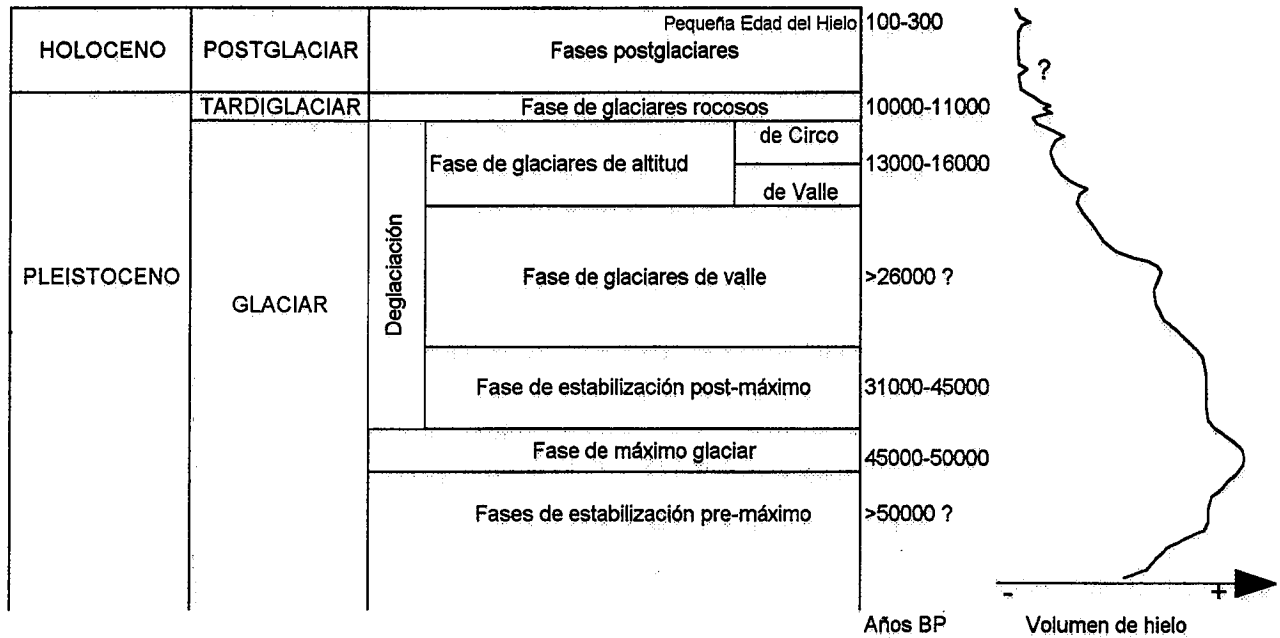


Figura 4.- Cronología de las fases glaciares y valoración cualitativa de las variaciones del volumen de hielo retenido en los Pirineos durante el último ciclo glaciar (modificado de Bordonau, 1992a, 1992b).

das en el macizo de la Maladeta se han correlacionado con las definidas por Bordonau (1992a, 1992b) y Bordonau *et al.* (1992) en los Pirineos adoptando, debido a la falta de dataciones absolutas, la cronología propuesta por estos autores (Fig. 4). Dicha cronología está basada en las edades obtenidas en algunas localidades de la vertiente meridional pirenaica (Vilaplana, 1983; Vilaplana *et al.*, 1989; Montserrat Martí, 1992; Bordonau, 1992a; Bordonau *et al.*, 1993) y en la correlación con localidades bien datadas de la vertiente septentrional (Mardonés, 1982; Jalut *et al.*, 1982, 1988, 1992; Mardonés y Jalut, 1983; Hérail *et al.*, 1987; Andrieu *et al.*, 1988).

El macizo de la Maladeta ocupa la cabecera de la alta cuenca del río Ésera y, por este motivo, únicamente se encuentran registros de las fases glaciares más recientes correspondientes al último ciclo glaciar. Durante las llamadas Fase de Estabilización Pre-máximo, Fase de Máximo glaciar, Fase de Estabilización Post-máximo y Fase de Glaciares de Valle, el macizo de la Maladeta y los valles que lo rodean se mantuvieron cubiertos por grandes masas de hielo; por tanto, estas primeras fases del último ciclo glaciar se han incluido en una única «Fase Inicial», ya definida por Moya y Vilaplana (1992). Las fases glaciares más recientes, es decir, la Fase de Glaciares de Altitud, la Fase de Glaciares Rocosos y las Fases Postglaciares (en especial, la Pequeña Edad del Hielo) han quedado registradas mediante distintos elementos geomorfológicos en todo el macizo de la Maladeta.

Fase Inicial

Durante la llamada «Fase Inicial» (es decir, desde la Fase de Estabilización Pre-máximo hasta la Fase de

Glaciares de Valle), tanto el macizo de la Maladeta como los valles que lo rodean estuvieron totalmente ocupados por glaciares (Fig. 5), situándose el frente del glaciar del Ésera aguas abajo de la zona estudiada.

En el complejo yuxtaglaciario de Cerler, en la misma cuenca del Ésera, Bordonau (1992a, 1993) describe unos sedimentos glaciolacustres, atribuibles a una Fase de Estabilización Pre-máximo, intensamente deformados por la progresión de los glaciares correspondientes a la Fase de Máximo Glaciar. Durante el último máximo glaciar pleistoceno, al que Bordonau (1992a, 1992b) atribuye una edad comprendida entre 50000 y 45000 años B.P. (Fig. 4), el glaciar del Ésera presentaba una longitud aproximada de 36 km, con un espesor máximo de hielo de 900 m en la transversal de la cubeta de sobreexcavación de Benasque (Bordonau, 1992a). El frente del glaciar se situaba en la entrada del Congosto de Ventamillo, a unos 900 m sobre el nivel del mar, mostrando diversas difluencias entre las que cabe destacar la del valle de Bisaurri, demostrada por la existencia de bloques erráticos de granodiorita en los alrededores de las poblaciones de Bisaurri y Renanue (Mallada, 1878).

Durante la Fase de Estabilización Post-máximo, el glaciar del Ésera disminuyó sensiblemente su extensión, situándose su frente en los alrededores de la población de Chia (Martínez de Pisón, 1989; García Ruíz *et al.*, 1992), todavía aguas abajo del macizo de la Maladeta. Sin embargo, en los sectores de cabecera, el retroceso glaciar correspondiente a esta fase implicó únicamente una ligera disminución del espesor de hielo de las lenguas glaciares.

Durante la Fase de Glaciares de Valle, el glaciar del Ésera redujo notablemente su extensión. No obstante,

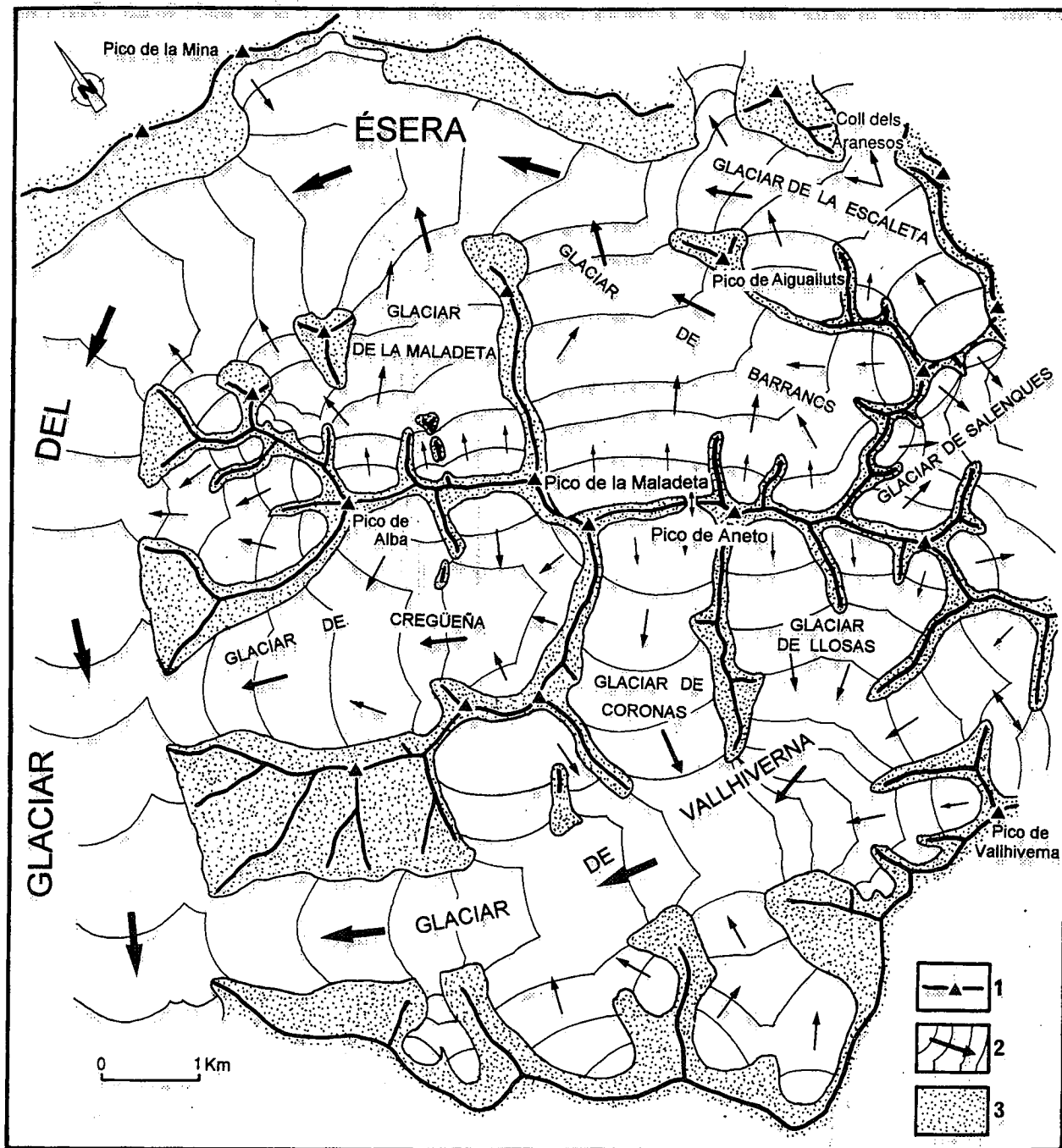


Figura 5.- Reconstrucción de la extensión de los glaciares en el macizo de la Maladeta durante la «Fase Inicial». Leyenda: 1. Cresta, pico; 2. Glaciar y sentido de flujo; 3. Sustrato rocoso.

no se han encontrado registros geomorfológicos que permitan establecer con precisión la posición del frente glaciar. Durante esta fase, a la que Martínez de Pisón (1989) y García Ruíz *et al.* (1992) denominan «Etapa de disociación glaciar», pudo haberse producido la desconexión entre el glaciar del Ésera y algunos glaciares mayores tributarios. De todos modos, aunque no se posean elementos geomorfológicos que lo confirmen, lo más probable es que los glaciares de Vallhiverna, Cregüena y Alba, con un espesor de hielo sensiblemente reducido, todavía estuvieran conectados al glaciar

principal del Ésera.

Fase de Glaciares de Altitud

Dentro de la Fase de Glaciares de Altitud se han diferenciado dos episodios, un primer Episodio de Glaciares de Valle en Altitud y un segundo Episodio de Glaciares de Circo (Bordonau, 1992a, 1992b; Bordonau *et al.*, 1992).

Las morrenas más antiguas que se observan en el macizo de la Maladeta pertenecen al Episodio de Glaciares de Valle en Altitud. Dichas morrenas presen-

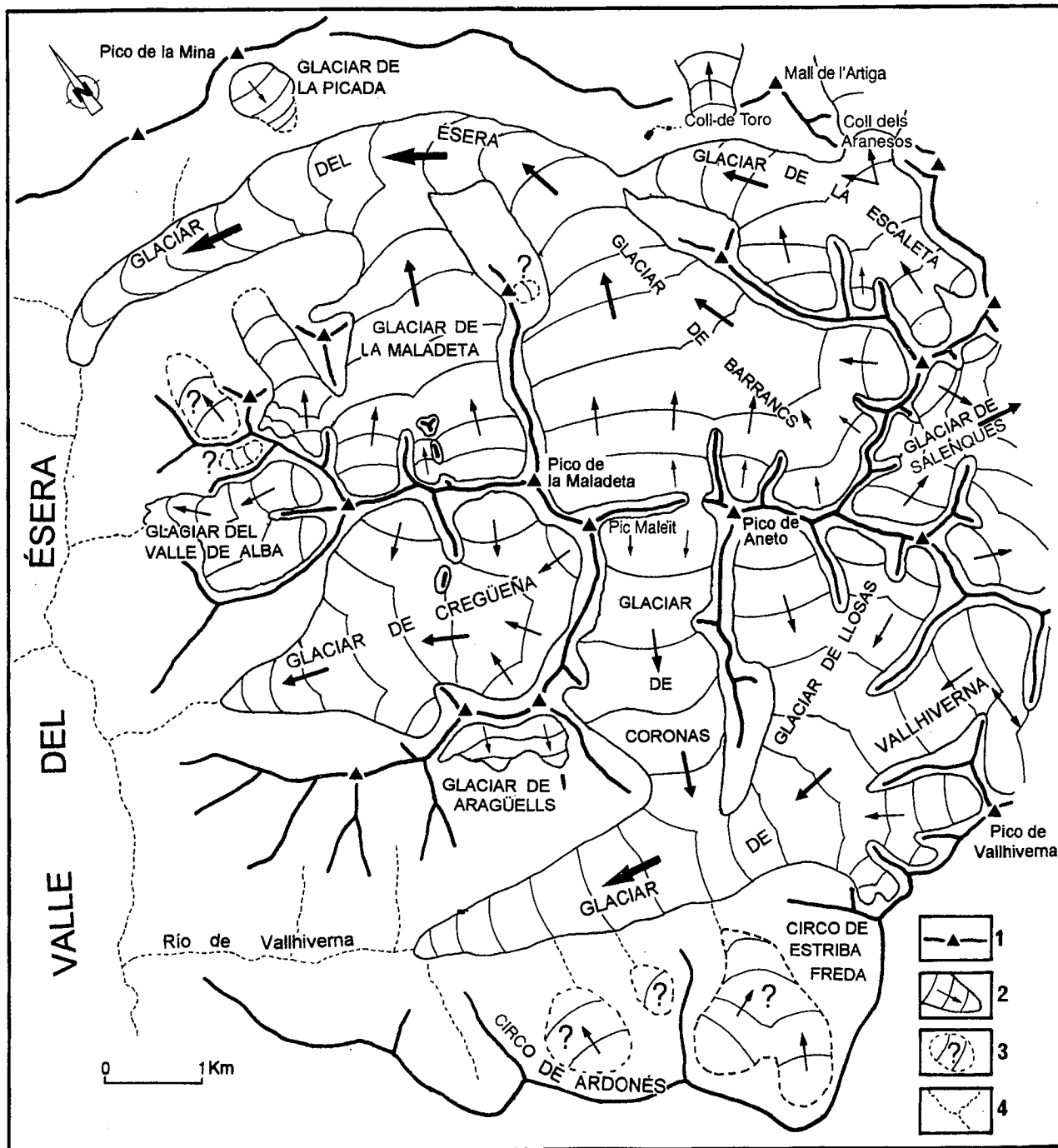


Figura 6.- Reconstrucción de la extensión de los glaciares en el macizo de la Maladeta durante el Episodio de Glaciares de Valle en Altitud. Leyenda: 1. Cresta, pico; 2. Glaciar y sentido de flujo; 3. Posible glaciar; 4. Río, torrente.

tan morfologías poco definidas y se localizan en los fondos de valle (Fig. 3). Los mejores ejemplos de morrenas se encuentran en el Hospital de Benasque, situado a 1750 m de altitud, donde se distinguen dos niveles morrénicos separados entre sí unos 100 m, que corresponden a dos pequeñas pulsaciones dentro de este mismo episodio glaciar. También se observan morrenas en la confluencia del valle de la Escaleta con el valle de Barrancs, a 2100 m de altitud, y en el valle de Cregüena, a una altitud de 2060 m. Por último, en el valle de Valliverna se observa una morrena frontal si-

tuada entre 1790 y 1840 m de altitud y una morrena lateral en su confluencia con el valle de Estriba Freda.

La cartografía de las morrenas correspondientes al Episodio de Glaciares de Valle en Altitud ha permitido la reconstrucción de la extensión de los glaciares durante este episodio (Fig. 6). El glaciar principal del Ésera presentaba una longitud de 11 km, extendiéndose desde el circo de Tempestades hasta el Hospital de Benasque, con un desnivel total de 1500 m. El glaciar del Ésera estaba alimentado fundamentalmente por las lenguas procedentes de los circos de la Maladeta, Ane-

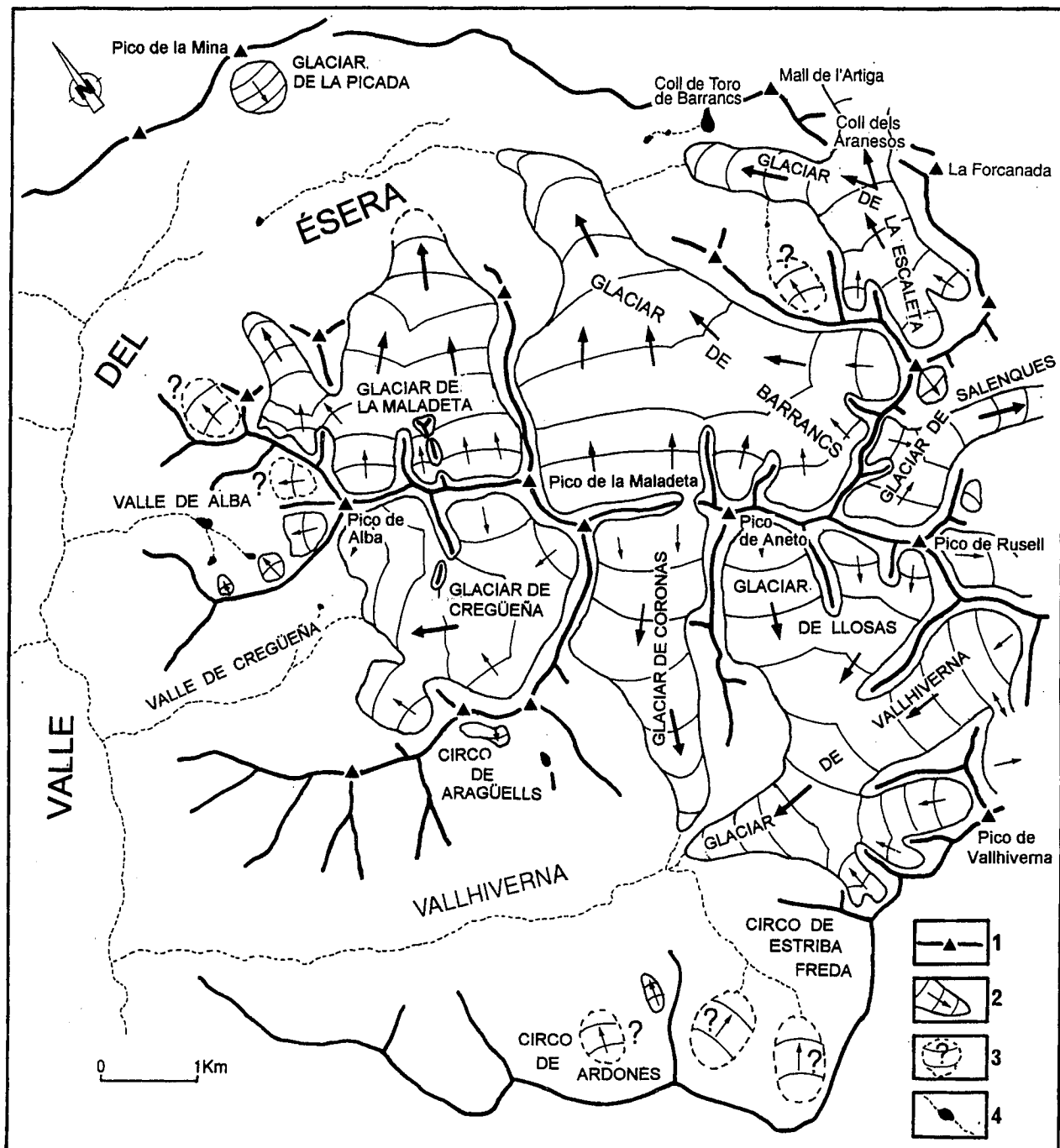


Figura 7.- Reconstrucción de la extensión de los glaciares en el macizo de la Maladeta durante el Episodio de Glaciares de Circo. Leyenda: 1. Cresta, pico; 2. Glaciar y sentido de flujo; 3. Posible glaciar; 4. Río, torrente, lago.

to, Barrancs y Tempestades. Los glaciares de Cregüena y Alba, con los frentes situados a 2060 y 2120 m de altitud, presentaban unas longitudes respectivas de 4 y 2 km. El glaciar de Vallhiverna, con una longitud máxima de 7 km, estaba alimentado, entre otras, por las lenguas procedentes de los circos de Coronas y Lloses. Así, desde la «Fase Inicial» hasta el Episodio de Glaciares de Valle en Altitud, al que Bordonau (1992a, 1992b) atribuye una edad comprendida entre 16000 y 15000 años B.P. (Fig. 4), los glaciares del macizo de la Maladeta experimentaron un importante retroceso. Sin

embargo, la presencia de morrenas correspondientes al Episodio de Glaciares de Valle en Altitud indica la existencia de un período de ligero avance y/o estabilización glaciar asociado a dicho episodio.

Las morrenas correspondientes al Episodio de Glaciares de Circo suelen estar situadas en la boca y en el fondo de los circos (Fig. 3), presentando morfologías mejor definidas y conservadas que las morrenas del episodio anterior. Como ejemplos se pueden citar las morrenas situadas en la cubeta de Aigualluts, a 2050 m de altitud, donde pueden diferenciarse hasta cuatro ni-

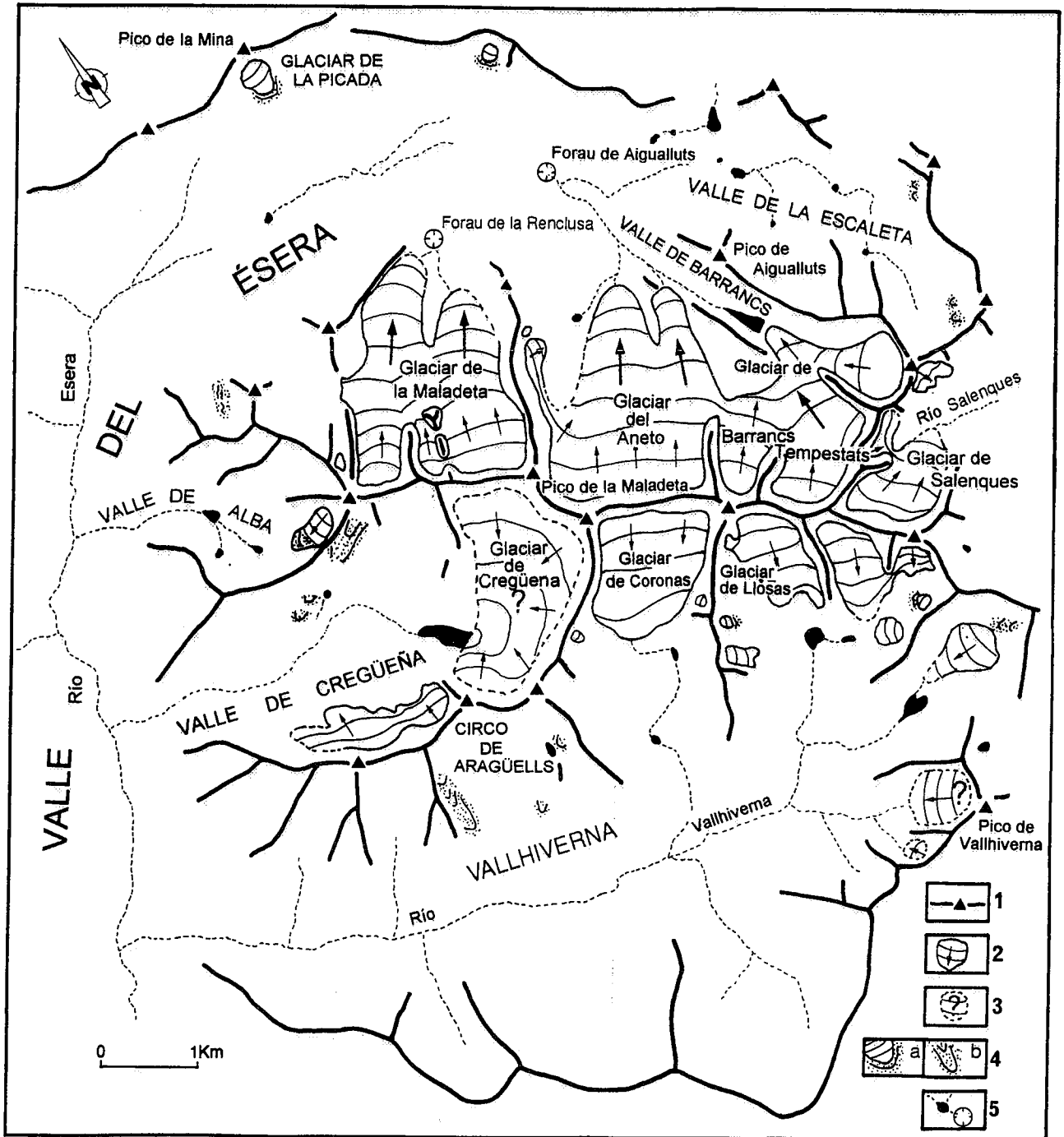


Figura 8.- Reconstrucción de la extensión de los glaciares en el macizo de la Maladeta durante el principal episodio de la Fase de Glaciares Rocosos (Período Tardiglacial). Leyenda: 1. Cresta, pico; 2. Glaciar y sentido de flujo; 3. Posible glaciar; 4a. *Debris rock glacier*; 4b. *Talus rock glacier*; 5. Río, torrente, lago, sumidero kárstico.

veles morrénicos que indican la existencia, como mínimo, de cuatro pequeñas pulsaciones glaciares; la morrena frontal situada en la confluencia de los valles de Vallhiverna y Coronas, a unos 2000 m de altitud, y los dos arcos frontales localizados en el valle de la Escalera, a 2150 m de altitud.

En el macizo de la Maladeta, el Episodio de Glaciares de Circo se caracteriza por la presencia de glaciares de circo (Fig. 7); no obstante, algunos glaciares mayores, como por ejemplo los de Barrancs,

Coronas y Vallhiverna, presentaban todavía pequeñas lenguas. El glaciar de Barrancs presentaba una longitud de 5 km, con su frente localizado en el Forau de Aigualluts. El glaciar de la Escalera, con una longitud de 3 km, estaba desconectado del glaciar de Barrancs. Los glaciares de Coronas y de Vallhiverna, con unas longitudes respectivas de 3 y 4 km, constituían pequeños glaciares de valle independientes. Los glaciares de la Maladeta y de Cregüena tenían sus frentes situados en la boca del circo. Por último, en otros circo situa-

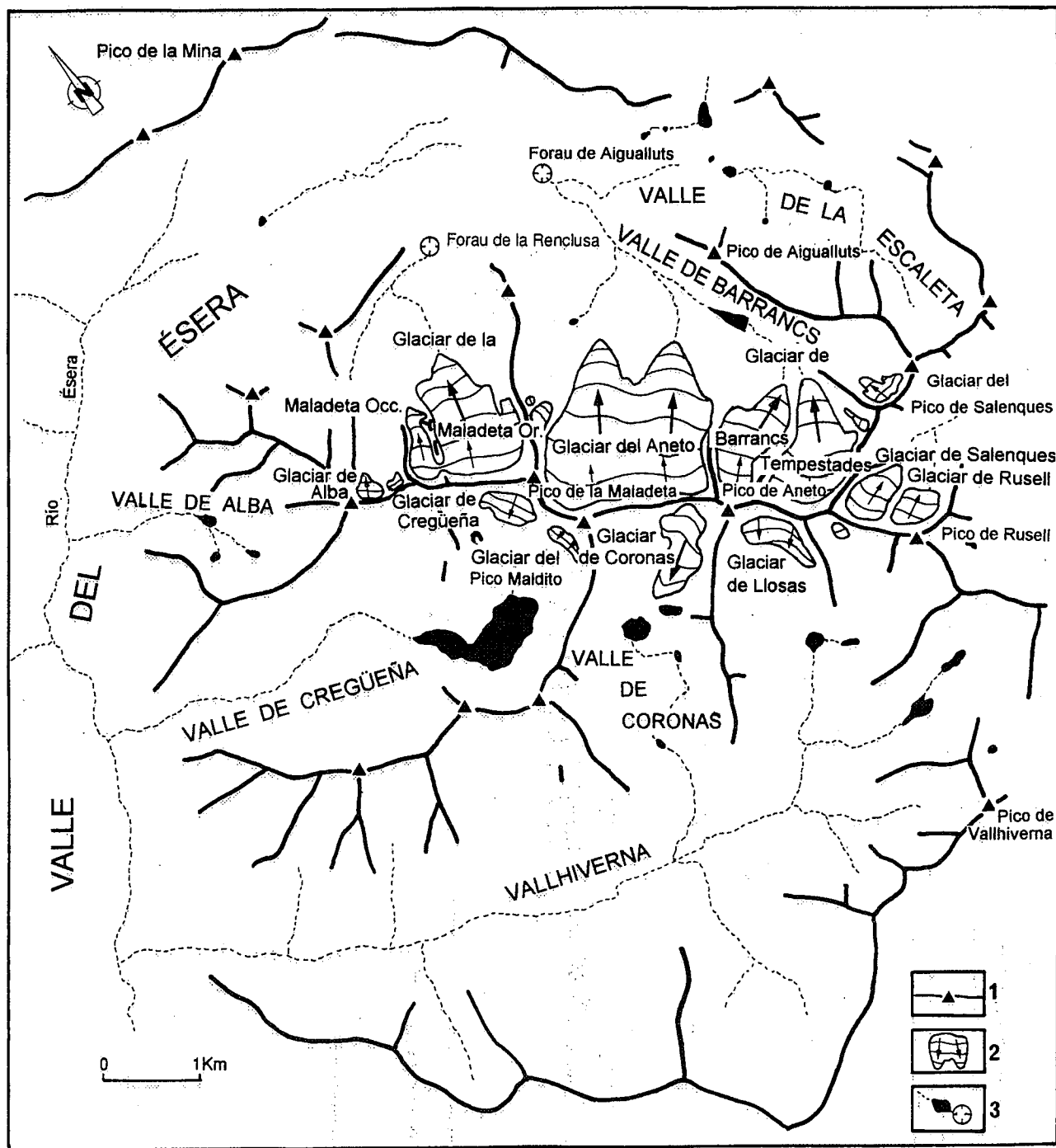


Figura 9.- Reconstrucción de la extensión de los glaciares en el macizo de la Maladeta durante el principal episodio de la Pequeña Edad del Hielo. Leyenda: 1. Cresta, pico; 2. Glaciar y sentido de flujo; 3. Río, torrente, lago, sumidero kárstico.

dos a menor altitud (circos de Alba, Estriba Freda, Ardonés, etc.) los glaciares, con longitudes de orden hectométrico, estaban localizados al pie de las paredes rocosas.

Desde el Episodio de Glaciares de Valle en Altitud hasta el Episodio de Glaciares de Circo, al que Bordonau (1992a, 1992b) atribuye una edad comprendida entre 14000 y 13000 años B.P. (Fig. 4) y que ha sido datado recientemente como anterior a 13470±60 años B.P. (Copons y Bordonau, 1996), se registra un notable

retroceso de los glaciares. De hecho, este último episodio representa un período de ligero avance y/o estabilización glaciaria, manifestado por una o varias pulsaciones (dos en el glaciar de la Escaleta y cuatro en el glaciar de Barrancs). El retroceso glaciario más espectacular se manifiesta en el valle de Alba, donde el glaciar desaparece casi en su totalidad. En los valles del Ésera y de Cregüena, la longitud de los glaciares queda reducida casi a la mitad. Por otra parte, el glaciar de Vallhiverna retrocede más de un tercio de su longitud.

Fase de Glaciares Rocosos

La Fase de Glaciares Rocosos, correspondiente al Período Tardiglaciario, se caracteriza en los Pirineos por la presencia de glaciares rocosos, ausentes en las anteriores fases glaciares (Serrat, 1979; Gutiérrez y Peña, 1981; Bordonau, 1992a, 1992b; Bordonau *et al.*, 1992). En el macizo de la Maladeta se han podido distinguir dos tipos de morrenas rocosas, correspondientes a antiguos *debris rock glaciers* y *talus rock glaciers*, según la clasificación de Barsch (1988). No obstante, también se han reconocido morrenas simples correspondientes a glaciares de circo convencionales. Por tanto, durante la llamada Fase de Glaciares Rocosos, en el macizo de la Maladeta coexistieron glaciares rocosos y glaciares de circo (Fig. 8).

En el macizo de la Maladeta, las morrenas correspondientes a esta fase se localizan a cotas superiores a los 2200 m en la vertiente norte, y por encima de los 2600 m en la vertiente sur (Fig. 3). Se observan morrenas de glaciares rocosos en la vertiente sur del pico de la Mina, las vertientes sur y oeste del pico de Alba y al pie de las paredes rocosas del circo de Aragüells. Por otra parte, se observan morrenas correspondientes a glaciares de circo en los circos de la Maladeta, Vallhiverna, Lloses, Coronas, Salenques y en los alrededores del lago de Barrancs, donde se han podido diferenciar dos niveles morrénicos. La presencia de dos niveles morrénicos correspondientes a este período es común en todo el macizo de la Maladeta, disponiéndose muy juntos en los circos de la vertiente norte y separados hasta un centenar de metros en los circos de la vertiente sur. Estos dos niveles morrénicos representan dos pulsaciones glaciares dentro de la Fase de Glaciares Rocosos; en la vertiente norte, la extensión de los glaciares se mantuvo similar, mientras que en la vertiente sur se produjo una patente disminución de la extensión glaciario entre ambas pulsaciones.

Durante el Período Tardiglaciario, los circos de la Maladeta, Aneto, Barrancs y Tempestades todavía presentaban pequeños glaciares de circo, con longitudes inferiores a 2 km. Los circos de Coronas, Lloses, Margalida y Vallhiverna también estaban ocupados por glaciares de circo, pero sus dimensiones eran notablemente menores. En el circo de Cregüña, aunque no se ha observado ningún elemento geomorfológico correspondiente a este período, también es probable la existencia de un pequeño glaciar de circo.

El Período Tardiglaciario, al que Serrat (1979) y Bordonau (1992a, 1992b) atribuyen una edad comprendida entre 11000 y 10000 años B.P. (Fig. 4), constituye el tránsito entre el Pleistoceno y el Holoceno, caracterizado por una disminución brusca de las temperaturas y un descenso gradual de las precipitaciones, factores determinantes de la formación de glaciares rocosos en los Pirineos.

Fases Postglaciares

Las Fases Postglaciares son aquellas ocurridas con

posterioridad a la última glaciación pleistocena, es decir, durante el Holoceno. En el macizo de la Maladeta se ha reconocido una única fase glaciario holocena correspondiente a la Pequeña Edad del Hielo (Martínez de Pisón y Arenillas, 1988; Martínez de Pisón, 1989; Copons, 1994; Lampre, 1994). La Pequeña Edad del Hielo en el macizo de la Maladeta se define como una pequeña fase glaciario que se inició, con un descenso de las temperaturas, a principios del siglo XV y que presentó dos pulsaciones muy marcadas, a principios del siglo XVIII y en la segunda década del siglo XIX (Copons, 1994; Copons y Bordonau, 1994). De todos modos, no se descarta la posible existencia de otras fases glaciares durante el Holoceno, cuyos registros geomorfológicos habrían sido erosionados durante el avance glaciario correspondiente a la Pequeña Edad del Hielo, momento en que los glaciares del macizo de la Maladeta alcanzaron su máxima extensión.

Los registros geomorfológicos correspondientes a la Pequeña Edad del Hielo, principalmente morrenas y conos proglaciares, presentan una morfología muy bien conservada y suelen localizarse a algunos centenares de metros del frente de los glaciares actuales del macizo de la Maladeta (Fig. 3). Se observan morrenas de la Pequeña Edad del Hielo en los circos de Alba, Maladeta Occidental, Maladeta Oriental, Aneto, Barrancs, Tempestades, Salenques, Margalida, Lloses (Fig. 2), Coronas y Cregüña. En los circos de Tempestades, Aneto, Maladeta Oriental y Coronas se reconocen dos niveles morrénicos, representados en algún caso por dos arcos frontales, que indican la existencia de dos pulsaciones glaciares. En algunos sectores (circos de Alba y Barrancs, morrena lateral izquierda de Aneto) se observan morrenas de glaciares rocosos asociadas a las morrenas de la Pequeña Edad del Hielo. A menudo, en los lugares donde la pendiente es muy acusada, las morrenas frontales suelen derrubirse y los sedimentos glaciares son redistribuidos por las aguas de fusión glaciario, dando lugar a conos proglaciares como los existentes en los circos de la Maladeta Occidental y Oriental, Aneto, Barrancs y Salenques.

Durante la Pequeña Edad del Hielo, los frentes glaciares se situaban a alturas comprendidas entre 2500 y 2600 m en la vertiente norte del macizo de la Maladeta; en la vertiente sur, en cambio, los frentes se situaban por encima de los 2800 m (Fig. 9). El glaciar de mayores dimensiones era el del Aneto, con una extensión de 2.36 km², seguido por los glaciares de la Maladeta Occidental y Oriental, que presentaban una extensión conjunta de 1.2 km². Otros glaciares de extensiones más reducidas eran los de Barrancs (0.53 km²), Tempestades (0.67 km²), Coronas (0.37 km²), Salenques (0.31 km²), Russell (0.15 km²), Lloses (0.28 km²), Cregüña (0.16 km²) y Alba (0.07 km²).

Después de la Pequeña Edad del Hielo, los glaciares del macizo de la Maladeta experimentaron un retroceso generalizado, aunque interrumpido por breves períodos de estabilización o avance glaciario, que perdura hasta la actualidad (Copons, 1994, 1996). Los principales

glaciares actuales (glaciares de la Maladeta Oriental y Occidental, Aneto, Barrancs, Tempestades y Salenques) presentan sus frentes totalmente desconectados de las morrenas correspondientes a la Pequeña Edad del Hielo (Fig. 3), reflejando dicho retroceso (por ejemplo, para el glaciar de Aneto, de 2.36 a 1.04 km²). Otros antiguos glaciares como los del pico Maldito, Alba y Coronas han quedado reducidos a simples masas de hielo muerto, sin movimiento aparente, y los restantes han desaparecido.

Conclusiones

El estudio de las formas y depósitos glaciares en el macizo de la Maladeta ha permitido el reconocimiento y la caracterización de diferentes fases glaciares que pueden correlacionarse con las definidas por Bordonau (1992a, 1992b) y Bordonau *et al.* (1992) en los Pirineos. En el macizo de la Maladeta, situado en la cabecera de la cuenca del río Ésera, únicamente se encuentran registradas las últimas fases de la deglaciación correspondiente al último ciclo glaciar. Durante la llamada «Fase Inicial», que incluye la Fase de Máximo Glaciar, el frente del glaciar del Ésera se situaba en la entrada del Congosto de Ventamillo, aguas abajo del sector estudiado.

Durante el Episodio de Glaciares de Valle en Altitud (16000-15000 años B.P.), los glaciares de Vallhiverna, Cregüña y Alba no confluían con el glaciar principal del Ésera, el cual se extendía desde el circo de Tempestades hasta el Hospital de Benasque, con una longitud total de 11 km. Dentro de este episodio se han diferenciado, localmente, dos pequeñas pulsaciones con una extensión glaciar similar.

Durante el Episodio de Glaciares de Circo (14000-13000 años B.P.), el retroceso glaciar comporta la transformación de los glaciares de valle en grandes glaciares de circo. Así, el glaciar del Ésera se transforma en el glaciar de Barrancs, con una longitud total de 5 km. Este episodio suele estar representado por un único nivel morrénico aunque, localmente, pueden reconocerse dos e incluso cuatro pulsaciones.

La Fase de Glaciares Rocosos, correspondiente al Período Tardiglaciar (11000-10000 años B.P.), se caracteriza por la coexistencia de glaciares rocosos y glaciares de circo, alcanzando estos últimos una longitud máxima de 2 km (glaciar de Barrancs). Dentro de esta fase se distinguen claramente dos episodios. En la vertiente norte del macizo de la Maladeta la extensión de los glaciares en ambos episodios era muy parecida, con los frentes glaciares situados por encima de los 2200 m de altura. Sin embargo, en la vertiente sur, donde los frentes se situaban por encima de los 2600 m de altura, el segundo episodio representó una notable disminución de la extensión glaciar.

En el macizo de la Maladeta se ha reconocido una única fase glaciar holocena correspondiente a la Pequeña Edad del Hielo, diferenciándose dos pulsaciones, a principios del siglo XVIII y en la segunda década del

siglo XIX. En la vertiente norte del macizo de la Maladeta, los glaciares presentaban sus frentes a alturas superiores a los 2500 m, siendo el glaciar de Aneto el de mayores dimensiones (2.36 km²). En la vertiente sur, los frentes glaciares se situaban por encima de los 2800 m de altura. Después de la Pequeña Edad del Hielo, los glaciares del macizo de la Maladeta experimentaron un retroceso generalizado que perdura hasta la actualidad.

El trabajo realizado ha sido financiado por los proyectos DGICYT, PB88-0209 (El último ciclo glaciar en los Pirineos y en el Sistema Central: Correlación estratigráfica) y CICYT, AMB93-0814-C02-01 (Estudio biogeoquímico, ecológico y paleolimnológico de los sedimentos de los lagos de los Pirineos).

Bibliografía

- Andrieu, V., Hubschman, J., Jalut, G. y Hérail, G. (1988): Chronologie de la déglaciation des Pyrénées françaises. Dynamique de sédimentation et contenu pollinique des paléolacs: application à l'interprétation du retrait glaciaire. *Bull. Assoc. Fr. Etude Quat.*, 1988, 2/3: 55-67.
- Barsch, D. (1988): Rock glaciers. En: *Advances in Periglacial Geomorphology* (M. J. Clark, Ed.), John Wiley & Sons, Chichester, 69-90.
- Bordonau, J. (1992a): *Els complexos glàcio-lacustres relacionats amb el darrer cicle glacial als Pirineus*. Geoforma Ediciones, Logroño, 251 p.
- Bordonau, J. (1992b): La cronología del último ciclo glaciar en los Pirineos. *Simposios III Congr. Geol. Esp. y VIII Congr. Latinoamer. Geol., Salamanca*, 2: 48-53.
- Bordonau, J. (1993): The Upper Pleistocene ice-lateral till complex of Cerler (Esera valley, Central Southern Pyrenees: Spain). *Quaternary International*, 18: 5-14.
- Bordonau, J., Serrat, D. y Vilaplana, J. M. (1992): Las fases glaciares cuaternarias en los Pirineos. En: *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region* (A. Cearreta y F. M. Ugarte, Eds.), Servicio Editorial Universidad del País Vasco, Bilbao, 303-312.
- Bordonau, J., Vilaplana, J.M. y Fontugne, M. (1993): The glaciolacustrine complex of Llestui (Central Southern Pyrenees): A key-locality for the chronology of the last glacial cycle in the Pyrenees. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 316, Série II: 807-813.
- Copons, R. (1994): *Estudi geomorfológic del Massís de la Maladeta (Alta Conca de l'Ésera): El darrer cicle glacial i la Petita Edat del Gel*. Tesis de Licenciatura, Univ. Barcelona, 118 p., 1 mapa 1:25.000. (Inédita).
- Copons, R. (1996): Los Glaciares Pirenaicos: Una síntesis de la evolución glaciar durante los últimos siglos. *Extrem*, 76: 34-44.
- Copons, R. y Bordonau, J. (1994): La Pequeña Edad del Hielo en el Macizo de la Maladeta (Alta Cuenca del Ésera, Pirineos Centrales). En: *El Glaciarismo Surpirenaico: Nuevas Aportaciones* (C. Martí Bono y J. M. García Ruíz, Eds.), Geoforma Ediciones, Logroño, 111-124.
- Copons, R. y Bordonau, J. (1996): El registro sedimentario del Cuaternario reciente en el lago Redó d'Aigües Tortes (Pirineos Centrales). *Cad. Lab. Xeol. Laxe*, 21: 249-260.
- García-Sansegundo, J. (1992): *Estratigrafía y estructura de la Zona Axial pirenaica en la transversal del Valle de Arán y*

- de la Alta Ribagorça. Publicaciones especiales del Boletín Geológico y Minero, Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid, 167 p.
- García Ruíz, J. M., Bordonau, J., Martínez de Pisón, E. y Vilaplana, J. M. (1992): *Mapa geomorfológico de Benasque (M.T.N. 180) (Huesca-Lleida)*. Geofoma Ediciones, Logroño, 39 p., 1 mapa 1:50.000.
- Gutiérrez, M. y Peña, J.L. (1981): Los glaciares rocosos y el modelado acompañante en el área de la Bonaigua (Pirineo de Lérida). *Boletín Geológico y Minero*, 92, 2: 11-20.
- Hérail, G., Hubschman, J. y Jalut, G. (1987): Quaternary glaciation in the French Pyrenees. *Quat. Sci. Rev.*, 5: 397-402.
- Jalut, G., Delibrias, G., Dagnac, J., Mardonès, M. y Bouhours, M. (1982): A palaeoecological approach to the last 21.000 years in the Pyrenees: the peat bog of Freychinède (alt. 1350 m, Ariège, South France). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 40: 321-359.
- Jalut, G., Andrieu, V., Delibrias, G., Fontugne, M. y Pagès, P. (1988): Palaeoenvironment of the valley of Ossau (western French Pyrenees) during the last 27000 years. *Pollen et Spores*, 30, 3/4: 357-394.
- Jalut, G., Montserrat Martí, J., Fontugne, M., Delibrias, G., Vilaplana, J.M. y Julià, R. (1992): Glacial to interglacial vegetation changes in the northern and southern Pyrenees: deglaciation, vegetation cover and chronology. *Quat. Sci. Rev.*, 11: 449-480.
- Lampre, F. (1994): La línea de equilibrio glacial y los suelos helados en el macizo de la Maladeta (Pirineo aragonés): Evolución desde la Pequeña Edad del Hielo y situación actual. En: *El Glaciarismo Surpirenaico: Nuevas Aportaciones* (C. Martí Bono y J. M. García Ruíz, Eds.), Geofoma Ediciones, Logroño, 125-142.
- Mallada, L. (1878): *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Mem. Mapa Geol. Esp., Inst. Geol. Minero, Madrid.
- Mardonès, M. (1982): *Le Pléistocène supérieur et l'Holocène du piémont de Lourdes: le gisement de Biscaye (Hautes Pyrénées, France), étude palynologique, sédimentologique et géomorphologique*. Tesis Doctoral, Univ. Toulouse Le Mirail, 100 p.
- Mardonès, M. y Jalut, G. (1983): La tourbière de Biscaye (alt. 409 m, Hautes Pyrénées): approche paléocologique des 45000 dernières années. *Pollen et Spores*, 25, 2: 163-212.
- Martínez de Pisón, E. (1989): Morfología glacial del valle de Benasque (Pirineo aragonés). *Ería*, 1989: 51-64.
- Martínez de Pisón, E. y Arenillas, M. (1988): Los glaciares actuales del Pirineo español. En: *La nieve en el Pirineo español*, M.O.P.U., Madrid, 29-98.
- Montserrat Martí, J. (1992): *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente Sur del Pirineo: Estudio palinológico*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, C.S.I.C., 6: 147 p.
- Moya, J. y Vilaplana, J. M. (1992): Tectónica reciente en el Macizo de la Maladeta, Sector del Alto Ésera (Pirineo Central). En: *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region* (A. Cearreta y F. M. Ugarte, Eds.), Servicio Editorial Universidad del País Vasco, Bilbao, 385-403.
- Serrat, D. (1979): Rock glacier morainic deposits in the eastern Pyrenees. En: *Moraines and varves. Origin, genesis, classification* (Ch. Schlüchter, Ed.), A. A. Balkema, Rotterdam, 132-144.
- Serrat, D. y Ventura, J. (1993): Glaciers of the Pyrenees, Spain and France. En: *Satellite Image Atlas of Glaciers of the World. Glaciers of Europe* (R. S. Williams y J. G. Ferrigno, Eds.), U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1386-E, Washington, 49-61.
- Vilaplana, J.M. (1983): Quaternary Glacial Geology of Alta Ribagorça Basin (Central Southern Pyrenees). *Acta Geol. Hisp.*, 18, 3/4: 217-233.
- Vilaplana, J.M., Montserrat, J. y Schlüchter, Ch. (1989): Recent progress in Quaternary stratigraphy: The Lake Llauset sequence in the Spanish Pyrenees. En: *Quaternary Type Sections: Imagination or Reality?* (J. Rose y Ch. Schlüchter, Eds.), A. A. Balkema, Rotterdam, 113-124.
- Zwart, H.J. (1979): The Geology of the Central Pyrenees. *Leidse Geol. Meded.*, 50: 74p.

Manuscrito recibido el 24 de Junio de 1996

Aceptado el manuscrito revisado el 26 de Abril de 1997