

**EL GLACIARISMO CUATERNARIO EN LA SIERRA
DE LA DEMANDA
(Prov. de Logroño y Burgos, España)**

José M.^a García Ruiz*

El estudio del glaciario cuaternario en los macizos montañosos de la península Ibérica ha sido sucesivamente abordado por geógrafos y geólogos. En estos momentos, la bibliografía existente sobre el tema cubre con mayor o menor intensidad casi todos los sectores sometidos a la acción glaciaria durante el Pleistoceno. Sin embargo, también es cierto que tales estudios se concentran más en unos macizos que en otros, siendo el Sistema Central y los Pirineos los más favorecidos en este sentido. En el extremo opuesto, la Sierra de la Demanda carece de un estudio siquiera básico de sus formaciones glaciares y tan sólo existen breves alusiones —poco significativas, por otro parte— en estudios sobre territorios próximos. CARANDELL y GOMEZ DE LLARENA (1918), en un trabajo sobre el glaciario en el Sistema Ibérico, centran casi toda su atención en la Sierra de Urbión y se limitan a señalar la presencia de algunas formas glaciares en la Demanda y en el Moncayo, tras una visita que debió ser muy rápida. LOTZE (1962) analiza esencialmente el glaciario del macizo de Valnera, en la Cordillera Cantábrica, y al final introduce, a modo de comparación, algunos datos sobre la Demanda, señalando ciertas diferencias de interés entre ambos macizos y las características climáticas que debieron conformar la acumulación de nieve y hielo en el sector noroccidental del Sistema Ibérico. THORNES (1968) concentra su atención en la Sierra de Urbión y no hace la más mínima alusión a la morfología de la Demanda. Finalmente

* Departamento de Geografía. Colegio Universitario de Logroño.

—y como última referencia— SOLE SABARIS (1952) había señalado la existencia de focos glaciares en la Sierra de la Demanda, reconociendo su menor importancia con respecto al glaciario de Urbión.

Sólo por esta razón ya hubiera tenido interés la morfología de las más elevadas cumbres de la Demanda. Pero además, pueden añadirse otras razones, que desde un principio constituyeron verdaderos objetivos del presente trabajo:

a) La escasa importancia de los fenómenos glaciares en una región relativamente húmeda y con altitud suficiente para asegurar en los períodos fríos del Cuaternario un balance de innivación positivo. El fenómeno es tanto más elocuente por cuanto a muy poca distancia, en la Sierra de Urbión, las huellas glaciares son sensiblemente más profundas, a pesar de que no se supera la altitud de la Demanda.

b) La existencia de una notable variedad de formas glaciares, que sólo aparecen cuando se analiza el problema con cierto detalle.

A lo largo de las páginas siguientes se intentan explicar las razones de la reducida extensión del glaciario en la Sierra de la Demanda y se presentan las distintas formas ligadas a la acción de los hielos.

I. LA SIERRA DE LA DEMANDA, UN MACIZO DE EVOLUCION POLIGENICA

El macizo de la Demanda se asienta en el extremo noroeste del Sistema Ibérico, entre las provincias de Logroño y Burgos, en un sector de gran importancia tectónica por sus conexiones con la Cordillera Cantábrica, situada inmediatamente al norte. Está constituido por un gran bloque paleozoico, rodeado de una banda de sedimentos mesozoicos, que ha sufrido una larga evolución geológica y que es responsable de su originalidad topográfica y morfológica actual. El macizo puede dividirse en varios sectores, el más extenso de los cuales corresponde al tramo San Millán (2.131 m) - San Lorenzo (2.262 m), pico en el que culmina la Sierra. Al suroeste se individualiza un pequeño bloque paleozoico en el que destaca el pico Mencilla, a 1.929 m. de altitud.

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

Los materiales, esencialmente cámbricos —con un pequeño precámbrico en los alrededores de Anguiano—, fueron plegados antes de finales del carbonífero; concretamente y siguiendo a COLCHEN (1974), antes del Wefaliense. B-C. Areniscas, cuarcitas y esquistos constituyen el armazón de la Sierra, sobre todo las primeras, en formas muy próximas a las cuarcitas. Fases hercinianas posteriores y de menor entidad dieron paso finalmente a un largo período con predominio erosivo en el que se elaboró la superficie de erosión más tarde fosilizada —al menos parcialmente— por los depósitos secundarios. La tectónica alpina origina el levantamiento de todo el macizo, provocando la aparición de una densa red de fracturas y la exhumación de buena parte de la primitiva superficie de erosión, a la vez que se construye un nuevo nivel erosivo. Existen asimismo pruebas de que los movimientos tectónicos continúan durante el Mioceno, con pliegues de gran radio de curvatura. Incluso en alguna ocasión se ha sugerido la existencia de un nuevo levantamiento durante el Cuaternario (CALVO PALACIOS, 1975), basándose en el perfil longitudinal de los ríos ibéricos. En cualquier caso, la red fluvial ha efectuado una profunda disección en la antigua superficie de erosión.

De esta evolución conviene retener dos factores muy significativos:

— En primer lugar, el hecho de que la Sierra de la Demanda ha experimentado un largo proceso erosivo. De ahí que la línea de cumbres se encuentre sensiblemente a la misma altura (poco por encima de los 2.000 m.), dando lugar a un paisaje monótono en el que tan sólo el pico de San Lorenzo (2.262 m.) destaca ligeramente sobre el resto. De hecho el aspecto que ofrece la Sierra desde una perspectiva lejana es el de un macizo sombrío, de formas muy pesadas.

— En segundo lugar, el papel de la red fluvial durante el Cuaternario. Los levantamientos provocados por las diferentes fases de la orogenia alpina han reactivado el encajamiento de los ríos Tirón, Oja y Najerilla y de todos sus afluentes. Este proceso ha convertido a la Sierra de la Demanda en una especie de esqueleto ramificado que se concreta en las líneas divisorias con cumbres redondeadas. Por debajo del mismo las pendientes se acentúan, sobre todo en las proximidades de ríos y barrancos. De todas formas, la red fluvial parece haberse formado en sucesivos estadios evolutivos,

pues en muchos sectores aún se encuentran valles poco encajados, de aspecto senil, a los que no ha llegado la erosión regresiva acelerada por los últimos levantamientos.

II. LOCALIZACION Y ORIENTACION DE LOS FENOMENOS GLACIARES

La acción glaciaria, siempre de reducidas dimensiones, se limita a los sectores más elevados, alterando en parte la monotonía de la línea de cumbres. Al llegar a la parte más alta de la Sierra aparecen algunos escarpes verticales, un relieve algo más tortuoso y algunas —ni muchas ni muy importantes— acumulaciones que pueden atribuirse a la acción de los hielos. En todo caso, se trata de unas huellas muy discontinuas que aparecen en función de una serie de condicionamientos muy favorables. Los circos, que bajo condiciones auténticamente glaciares originan en otras regiones líneas divisorias muy afiladas, con eliminación del relieve pleglaciar, aparecen en la Demanda aquí y allá, sin auténtica continuidad y formando divisorias no retocadas. Entre los circos se adivina la primitiva superficie de erosión (por ejemplo, en el tramo de Otero a Cabeza Aguiluz). Sólo en el pico de San Millán aparecen aristas más agudas, en función de un glaciario algo más extendido. Durante la fase glaciaria, en los sectores no afectados por las acumulaciones de hielo dominaría el sistema morfológico periglaciario, responsable de los mantos de derrubios que cubren la Sierra.

En el mapa adjunto sobre las formaciones glaciares de la Demanda puede observarse la existencia de dos tipos de formas: los circos glaciares y los nichos de nivación. En realidad, la diferencia entre unos y otros no puede establecerse fácilmente, pues entre los circos glaciares puros y las formas ligadas a una simple acumulación de nieve (más o menos potente, pero incluso temporal), aparece una amplia gama de posibilidades. Aun con todo, pueden seguirse unos criterios básicos, que se apoyan en las dimensiones y en la topografía. Los circos se encuentran bien inscritos en la ladera, con forma semicircular y paredes muy abruptas que se van suavizando hacia el fondo; éste no suele ser nunca plano y a veces incluso tiene bastante pendiente. Los nichos suelen ser de menores dimensiones y aparecen como un pequeño rehundimiento que no llega a ser semicircular; los escarpes circundantes poseen menor agresividad y las

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

pendientes apenas presentan una ligera tendencia a amortiguarse hacia abajo. En cualquier caso, sí debe hacerse constar ahora —aunque se insistirá en ello más adelante— que lo que aquí hemos considerado como *circos* no resistirían una comparación seria con sus homónimos pirenaicos o alpinos y que más deberían incluirse dentro del término generalmente aceptado de *corries*¹.

Un total de 58 formas ligadas a la acción glaciaria se han individualizado. De ellas 27 (un 44,1 por 100) corresponden a circos y 32 (55,9 por 100) a formas menores integradas en el grupo de nichos de nivación. En total, ambos grupos presentan la siguiente orientación:

| Orientación | Circos | | Nichos | |
|-------------|--------|----|--------|------|
| | Número | % | Número | % |
| N | 13 | 48 | 4 | 12,6 |
| NE | 8 | 29 | 15 | 46,8 |
| E | 6 | 23 | 12 | 37,5 |
| NW | — | | 1 | 3,1 |

Las diferencias aparecen bien claras y se explican porque determinadas orientaciones favorecen más la formación de circos que otras. En el grupo de los circos predomina la exposición norte, en la que aparecen además casi todos los mejores ejemplos de sobreexcavación glaciaria de la Sierra. Este dominio está íntimamente relacionado con el origen de las precipitaciones nivales y con la menor fusión, ligada a una orientación umbría.

En efecto, las precipitaciones que afectan a la Sierra de la Demanda proceden en la mayor parte de los casos —y las condiciones no eran distintas en los períodos fríos cuaternarios— de las corrientes frontales atlánticas. Y precisamente la Demanda —una verdadera divisoria de aguas en sentido W-E— se encuentra ampliamente abierta a los vientos del NW o del N, de procedencia atlántica. Ello implicaba la existencia —fácilmente comprobable en la actualidad— de una mayor acumulación nival en las laderas expuestas al N. Por otra parte, no es necesario recordar aquí la importancia de la orientación N para asegurar ciertas ventajas en el balance innivación-fusión.

1 Término escocés que agrupa a los circos de pequeñas dimensiones, adosados a las vertientes. Sanz Donaire (1976) introduce el término *nivoglaciario* para referirse a unos circos de similares características a los de la Demanda, localizados en el sector oriental de Guadarrama.

Sigue en importancia la exposición NE. Muchos autores han señalado la relación existente entre los circos expuestos al NE y E y la dirección predominante del viento. De acuerdo con BARRERE (1962) el papel del viento no sería en este caso determinante, pues la deflacción eólica arrastraría muy lejos las partículas de nieve arrancadas en la divisoria contigua. Además, los vientos del NW o del N se llevarían a la nieve hacia la vertiente sur, donde no dieron lugar apenas a fenómenos glaciares. Más importante es el hecho de que las vertientes con tal orientación están expuestas al sol de la mañana, poco eficaz desde el punto de vista de la ablación por estar la atmósfera fría. La importancia de este fenómeno parece clara si se comparan las vertientes oriental y occidental de los circos expuestos al N y NE. Las vertientes que miran al E son abruptas, escarpadas, bien desarrolladas y muestran más claramente las huellas de la acción glacial. Las que miran al W son menos elevadas, con menos pendiente y generalmente menos prolongadas. Conviene también señalar que los circos expuestos al E no están ahí por encontrarse con condiciones muy favorables, sino de alguna manera obligados por la topografía preglacial, pues aprovechan cortas divisorias orientadas de N a S.

Por último, cabe constatar la ausencia de circos glaciares (o nivoglacialícos) con orientación NW, fenómeno en el que *sí* tendría que ver la deflacción eólica pues la acumulación nival debería ser aquí teóricamente importante. Y, por supuesto, no hay ningún circo ni ningún nicho de nivación expuesto al sur. En ello influye no sólo la importancia de la fusión sino también la ausencia de un relieve preglacial favorable, pues las cuencas de recepción de los barrancos actuales apenas se inscriben en la ladera y por ello no puede hablarse de cuencas donde pudiera acumularse la nieve. Este fenómeno se dio también en la vertiente norte aunque en menor medida. En toda la vertiente sur, drenada por afluentes del Najerilla y del Duero, sólo se encuentran formas glaciares que aprovechan una exposición localmente favorable (E o NE), con una agresividad menor que en la vertiente N.

Por lo que respecta a los nichos de nivación, el predominio corresponde a los situados en exposición NE y E, con gran diferencia sobre la exposición N. Evidentemente, estas formas menores se desarrollan esencialmente en ambientes más difíciles y bajo condiciones poco favorables. Como es lógico, la exposición N ha permitido

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

más la formación de circos, quedando para las formas menores la orientación NE y E, con menor innivación y mayor posibilidad de fusión. Como fenómeno anecdótico cabe señalar la existencia de un minúsculo nicho de nivación orientado al NW. Aún podrían señalarse algunos escarpes con exposición diversa que no presentan ninguna sobreexcavación y que deben ser atribuibles más a la gelifracción pura (en sectores especialmente frágiles por la tectónica de fracturas) que a la acción de la nieve acumulada en la ladera.

En cualquier caso, con una sola excepción, todas las formas glaciares —con independencia de su grado de elaboración— están ligadas a divisorias que rebasan los 1.900 m. de altitud². Y este es precisamente el límite que señala LOTZE (1962) para las nieves permanentes durante el Cuaternario en la Demanda. Por debajo de este límite no se evidencian huellas de glaciario. Por otra parte, los mejores ejemplos de circos aparecen bajo relieves situados por encima de los 2.000 m. (San Millán, Otero, San Lorenzo). Sólo el pico Mencilla, a 1.929 m., ofrece un relieve glaciar relativamente agresivo (sin duda uno de los mejores ejemplos que pueden hallarse en la Sierra).

Ahora bien, conviene aquí señalar algunos puntos de vital importancia para explicarnos en parte el glaciario de la Demanda. Los mejores ambientes para la acumulación de nieve y hielo se encuentran, efectivamente por encima de los 2.000 m. de altitud. Sin embargo, algunos picos de la Demanda que rebasan ese límite carecen de signos de retoque glaciar o su huella es casi despreciable. Tal es el caso de Pancrudo (2.059 m.), Campos Blancos (2.054 m.), Cabeza Parda (2.100 m.). En definitiva, en condiciones de exposición y altitud similares los fenómenos glaciares presentan una extensión desigual. De ahí podemos deducir que las acumulaciones de nieve y hielo se adaptaron a una topografía preglaciar y que ésta es la que dirige la mayor o menor importancia de las formas glaciares. Este fenómeno ha sido ya resaltado en otras áreas de montaña (MARTINEZ DE PISON y MUÑOZ JIMENEZ, 1972) y está relacionado directamente con el debatido problema de la eficacia de la erosión glaciar. En la Demanda puede comprobarse la adaptación de los circos —y en menor medida los nichos— a la red de fracturas y a las cuencas de recepción de los barrancos preglaciares. El primer caso es fácil-

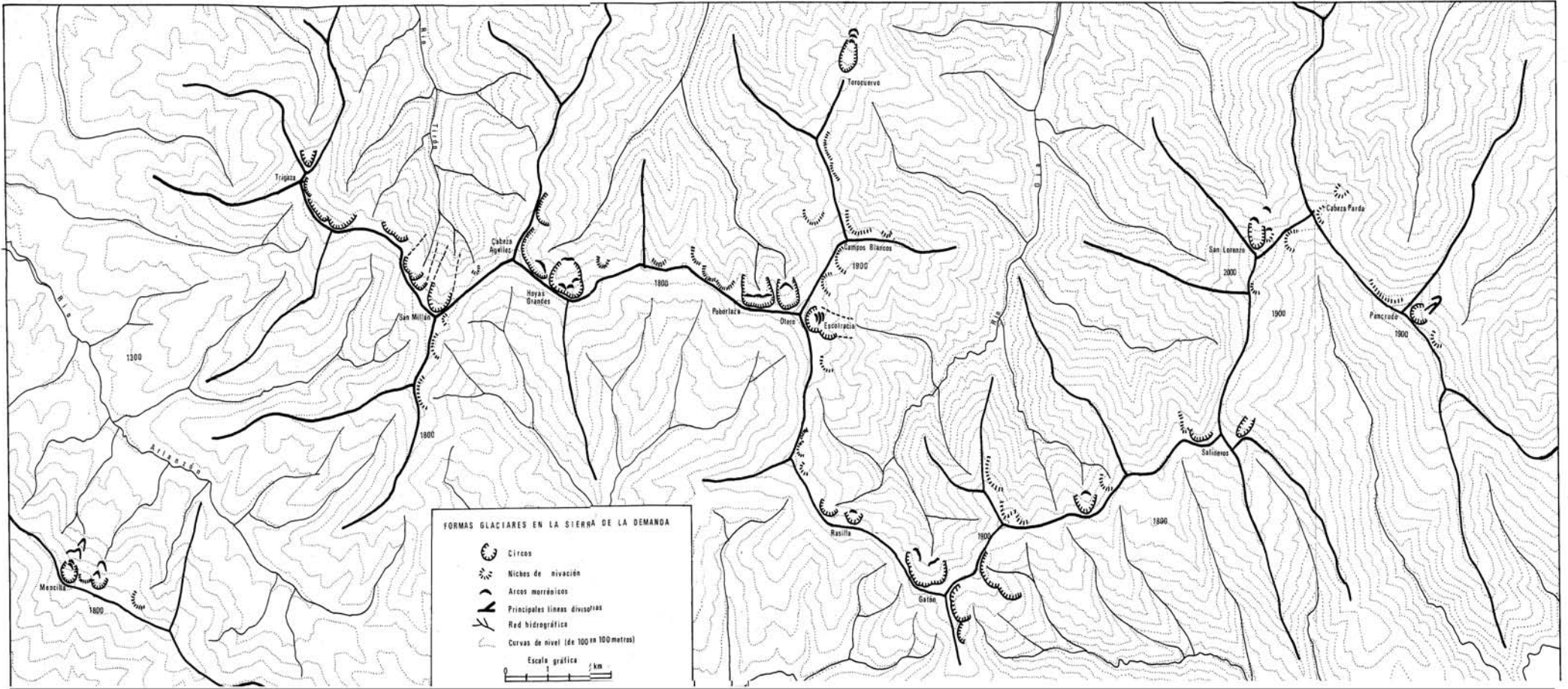
2 La referida excepción es un pequeño nicho orientado al NE en las proximidades del pico Mencilla y que se encuentra muy cerca de los 1.900 m.

mente constatable, por ejemplo, en el circo de San Lorenzo, en el de Mencilla o en el de Pozo Negro, donde la estructura fallada crearía un sector más sensible a la gelifracción y a la ampliación de las primitiva cuencas de recepción. El segundo puede ser demostrado con multitud de ejemplos. En primer lugar, los circos glaciares no aparecen desvinculados en ningún caso de un barranco; es más, se comprueba que algunos picos de más de 2.000 m. carecen de relieve glaciar porque ningún barranco ha inscrito lo suficiente su cabecera en la ladera, con lo cual no había ninguna concavidad favorable a la acumulación glaciar. En segundo lugar, algunos barrancos sufren una interrupción brusca de su cauce al llegar a la zona de circos. Entre la cabecera y el canal de desagüe se interpone a modo de barrera algún arco morrénico. Indudablemente, ese barranco es preglaciar y su cabecera fue ocupada durante la fase fría por un circo glaciar. La erosión remontante postglaciar no ha sido capaz de cortar la morrena y de conectar con la primitiva cuencia de recepción. El fenómeno se presenta en varias ocasiones pero quizás sea en Mencilla donde el ejemplo está más claro. Más adelante veremos con mayor detalle el papel fundamental desempeñado por las características de esas cuencias de recepción preglaciares.

III. TIPOS DE GLACIARISMO EN LA SIERRA DE LA DEMANDA

Un estudio general de hecho glaciar en la Demanda, daría lugar a una conclusión excesivamente generalizadora pero no equivocada: se trata de un glaciario de escasa entidad que se ha desarrollado en pequeños circos colgados inmediatamente por debajo de la línea divisoria de aguas. Ahora bien, si se estudia el problema con mayor detalle resulta sorprendente averiguar hasta qué punto en esa inicial pobreza morfológica pueden hallarse matices de diversidad. La forma de los circos, la intensidad de la glaciación, el número de morrenas, introducen factores de variación que permiten distinguir varios tipos de glaciario, cuya interpretación se señalará más adelante:

a) *Glaciares de circo*. Son los más frecuentes en toda la Sierra y presentan un grado de volución desigual, lo que permite una diferenciación inicial entre circos propiamente dichos y nichos de innivación. Dos son los grupos de circos que podemos hallar:



GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

— Circos de pared (también asimilables a circos en embudo). Constituyen el estado menos evolucionado de la erosión glaciaria y se asientan sobre auténticas cuencas de recepción poco retocadas por la acción del hielo. Estas cuencas servirían inicialmente de receptorio de la innivación estacional y más tarde perenne. Con el tiempo surgirían pequeños glaciares de pared que progresivamente se irían ampliando, dando lugar a una reexcavación de la forma torrencial primitiva. El estadio final correspondería a un glaciar de circo, con mucha pendiente, muy adosado a la vertiente y no demasiado espesor. La pendiente tiende a suavizarse en el fondo del circo aunque sigue siendo bastante acentuada. Los circos de San Lorenzo, Gatón, La Rasilla y Torocuervo constituyen los mejores ejemplos de este tipo, sobre todo el primero.

— Circos en sillón. Forman un grupo más evolucionado y generalmente de mayores dimensiones. La sobreexcavación ha progresado más, originando una pequeña cuenca cerrada aguas abajo por un umbral. En realidad, a veces este umbral no está muy acentuado, pero en todo caso el circo queda perfectamente cerrado al exterior por un arco morrénico. En el interior del circo puede quedar todavía una pequeña laguna, como es el caso del circo de Pozo Negro (al pie de Otero, 1.045 m.), la más profunda de todas³, o de San Millán, Hoyas Grandes y Escolracia, con lagunitas muy superficiales, a veces temporales y con tendencia a desaparecer en un plazo muy breve pues el barranco que hace las veces de aliviadero está en pleno proceso de erosión regresiva.

El fondo de los circos se sitúa de forma general hacia 1.800 m., aunque alguno puede llegar hasta los 1.750 m., como es el caso de Pozo Negro y Mencilla. Aparte de la forma y de los depósitos glaciares, no se han podido encontrar otras huellas del paso del hielo (pulimentos y estrías). Sólo el circo de Pozo Negro presenta a media ladera un espolón cuarcítico con evidencias de pulimento. Sin duda, en el resto de la Demanda, en el caso de que los glaciares hubieran dejado alguna huella de este tipo, habría desaparecido por la potente gelifracción postglaciaria.

Buena parte de estos circos han conservado arcos morrénicos

3 La laguna de Pozo Negro fue descrita por CARANDEL y GOMEZ DE LLARENA (1918) El circo de Pozo Negro fue —junto con el de Escolracia, inmediatamente al lado— el único de la Demanda en el que se detuvieron estos dos autores en su trabajo sobre el glaciario del Sistema Ibérico.

situados inmediatamente a la salida de la concavidad glaciar. Se trataba, pues, de una acumulación de hielo que alcanzaba casi inmediatamente el área de fusión. El número de morrenas que aparece en cada circo es variable, con un máximo de cuatro en el mejor de los casos, si bien todos ellos se encuentran muy próximos entre sí, casi adosados y en muchos casos con poca independencia unos de otros. En algún circo, uno de los arcos cartografiados necesita aún una confirmación plena por su escaso resalte en el relieve general. En cualquier caso, parece evidente la existencia de fluctuaciones en las dimensiones del glaciar que, insistimos, no tuvieron excesiva importancia. En el capítulo 4 se discutirá este problema.

En líneas generales los arcos morrénicos de la Sierra de la Demanda poseen las siguientes características:

— Son de reducidas dimensiones. Apenas superan los 100 m. de longitud y 4-5 m de anchura. Los mejores ejemplos quedan resaltados por encima del final del circo pero aún así raras veces alcanzan los 2 ó 3 m. de altura. Por el tamaño, constituyen acumulaciones del orden de magnitud del glaciario de la Demanda. En más de una ocasión resulta difícil su identificación, sobre todo si se encuentran dentro del dominio forestal.

— Los materiales que componen las morrenas —esencialmente areniscas y cuarcitas— no presentan el más mínimo rodamiento. Hay que tener en cuenta que el transporte ha sido brevísimo (500-600 m.) a lo sumo y que los cantos no han podido ser retrabajados. El depósito tiene un carácter caótico con gran heterometría, si bien predominan los bloques de 50 cm. En la supuesta morrena más externa del circo de San Lorenzo puede hallarse algunos bloques sueltos con un ligerísimo rodamiento.

— La ausencia de matriz fina es un hecho casi general. La morrena forma una simple acumulación de bloques adosados unos a otros. En San Lorenzo, en las morrenas más externas de Mencilla y en Escolracia, entre los cantos aparece una arcilla areniscosa con granos más o menos gruesos de cuarcita y pizarra, rellenando algunos intersticios. En otras morrenas ni siquiera aparece esta matriz (arcos internos de Mencilla), lo que marca una diferenciación importante.

Las características anteriores hacen de las morrenas de la Demanda acumulaciones glaciares muy atípicas, a pesar de que casi

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

todas ellas poseen la forma en herradura o en arco de media luna. En algunos casos esta forma se pierde, pasando a pequeñas colinas caóticas con depresiones entre ellas (Gatón, Escolracia), seguramente testimonio de antiguas bolsadas de hielo más tarde fundidas. Ahora bien, ¿puede generalizarse diciendo que las morrenas de circo han sufrido un transporte por hielo? La observación directa del terreno plantea importantes dudas sobre este hecho. Creemos que algunas de las morrenas —las más conspicuas— sí se encuentran dentro de esa categoría. Y aquí incluiríamos los arcos externos de Mencilla, las dos morrenas externas de Escolracia y las de Torocuervo. Pero en alguna ocasión lo que parecen morrenas de circo por su posición alejada de la pared del fondo, son en realidad morrenas de nevé o morrenas de planchas de hielo; en definitiva, corresponden a formas glaciares menores. Entre ellas incluimos la morrena situada al pie mismo del circo de San Lorenzo y la morrena del circo más oriental de Mencilla. Las razones que nos obligan a considerarlas como arcos de nevé se centran en su posición topográfica con respecto al eje central del circo.

En efecto, ambas morrenas se encuentran desplazadas hacia uno de los lados del circo —en los dos casos el más occidental— de tal manera que es imposible que el hielo pudiera dejar allí los materiales arrancados del circo. Incluso en el caso de San Lorenzo la citada morrena se halla más bien orientada hacia un pequeño cantil lateral del circo. Aún hay otra razón: la disposición de los cantos en la morrena nos induce a pensar que no son producto de un transporte por hielo y posterior abandono, sino que han sufrido un desplazamiento individual y deposición de un canto sobre otro. En definitiva, los bloques desprendidos por gelifración de la vertiente resbalarían por encima de pequeñas planchas de hielo y se acumularían al pie. El esquema es, como veremos, similar al que tiene lugar en los conos de hielo adosados.

Estos arcos de nevé corresponden a un estadio tardío dentro del glaciario de la Demanda. Al circo propiamente dicho le correspondería una morrena más centrada de la que parecen existir evidencias. No obstante en el mapa todas estas formas de acumulación se han incluido también bajo la denominación de “arcos morrénicos”.

b) *Glaciares con valle muy corto*. Aunque la forma más generalizada del glaciario en la Demanda es el circo, en casos excepcio-

nales el glaciar podía prolongarse por un valle muy corto. Tal es el caso del glaciar de Escolracia, al este del pico Otero, y de otros dos situados en la vertiente norte del pico San Millán. Realmente se trata de valles muy cortos, pues tan sólo en el glaciar principal de San Millán se rebasaría el kilómetro de longitud. Los valles son, por otra parte, estrechos, correspondiendo a un pequeño retoque del barranco preglaciar. El perfil transversal en U está relativamente bien acabado. Se trata, pues, como en el resto de la Demanda, de una huella glaciar a escala reducida. No obstante, no se han encontrado morrenas laterales, lo cual no deja de ser normal si se tienen en cuenta las características topográficas. Una morrena lateral en un valle típico glaciar procede de la incorporación —y posterior arrastre— de materiales desprendidos desde la parte superior de la vertiente. Aquí, tanto en San Millán como en Escolracia, los valles son poco profundos y las vertientes poco desarrolladas; de ahí que las posibilidades de recepción de desprendimientos se redujeran al mínimo. Pero además tampoco hemos podido hallar la morrena terminal. Da la impresión de que el valle va perdiendo progresivamente su morfología glaciar lo que indica que la lengua, no muy potente ya desde el principio se iría adelgazando hasta fundir completamente y de ahí que no tuviera excesiva capacidad de arrastre; en todo caso, esa morrena terminal sería de escasa entidad. En el glaciar de Escolracia las únicas morrenas que aparecen se encuentran a la salida del circo y por ello son atribuibles a una fase más secundaria. De todas formas, dada la pendiente de estos valles no es fácil imaginar que pudiera crearse una morrena estable. La atracción por la fuerza de gravedad y la previsible potencia de las aguas de fusión contribuirían a su destrucción.

El valle principal de San Millán se caracteriza por la alternancia de umbrales y semidepresiones que corresponden a afloramientos rocosos de distinta dureza. En alguno de los umbrales se ha podido constatar la existencia de pulimento glaciar y estrías. Las depresiones aparecen rellenas por un manto de derrubios bastante homométrico —con bloques grandes dispersos— por el que se infiltra momentáneamente el agua del barranco.

En el valle de Escolracia lo más destacable es un afloramiento rocoso en el centro del valle con supuestas huellas de retoque glaciar. El paso del hielo ha originado una marcada tendencia a roca aborregada.

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

c) *Glaciares cubiertos*. No es fácil comprobar la existencia de glaciares cubiertos en un macizo donde las formas glaciares alcanzan tan pobre entidad. Aún con todo creemos que existen datos que permiten confirmar su presencia en la Demanda.

No obstante, interesa antes aclarar qué se entiende por glaciar cubierto. El término —que se ha querido diferenciar al máximo del de glaciar rocoso (VEYRET, 1979)— engloba a glaciares de tamaño variable recubiertos por un manto de derrubios más o menos espeso. Representan un estadio regresivo en el que el glaciar se encuentra peor alimentado de nieve y en el que, por el contrario, se acentúan los fenómenos periglaciares, de tal manera que el glaciar recibe numerosos aportes de las laderas circundantes, hasta llegar a cubrirse por completo. Son, pues, formas residuales que sobreviven luego durante mucho tiempo bajo condiciones climáticas no favorables al glaciario, gracias a que el espeso manto de derrubios dificulta y retrasa la fusión. Por ello, algunos autores han hablado también de que constituyen formas de decrepitud.

Las condiciones climáticas de la Demanda debieron favorecer situaciones de este tipo, que si no fueron más abundantes fue por razones topográficas: para que el glaciar pueda recibir muchos aportes desde las vertientes éstas tienen que dominar suficientemente por encima del hielo; por otra parte, dadas las características topográficas de los circos, con una gran pendiente, lo lógico es pensar que los bloques caídos sobre el hielo resbalarían por encima y se acumularían al final junto con la morrena normal, dando lugar a un depósito morrénico con doble origen. Por lo que respecta a las condiciones climáticas, se caracterizarían —como ahora— por una innivación menor que la que se recibe en la Cordillera Cantábrica. Bastaría el paso por fases algo más secas para que en unos casos se produjeran reducciones bruscas del contenido de hielo en los circos y en otros no se pudieran evacuar todos los derrubios caídos desde las laderas.

Creemos que puede hablarse de glaciares cubiertos en el circo oriental de Pancrudo —sin duda uno de los peor alimentados por precipitaciones nivosas— y sobre todo el circo de Mencilla. En el primero se aprecian acumulaciones caóticas que recubren unos 200 m. desde la salida del circo hasta la morrena terminal. La acumulación presenta una topografía complicada con alguna alineación longitudinal típica de este tipo de formas.

En Mencilla pueden distinguirse cuatro arcos, de los que los más externos presentan una morfología muy característica, con algo —muy poco— de matriz fina; el matorral ha logrado asentarse sobre ellas. Sin embargo, los dos arcos más internos, situados en el borde del circo, están menos definidos, son mucho más caóticos y carecen por completo de matriz fina. Son una simple acumulación de bloques de aspecto muy desordenado, con numerosos rehundimientos. Los dos arcos apenas pueden ser individualizados, pues entre ellos se encuentran también importantes pedregales del mismo signo. El aspecto general de todo el depósito permite concluir que no ha sido transportado en una fase de progresión glaciaria, cuyos resultados se hubieran acercado más a la actuación de un *bulldozer*. La ausencia de material fino indica, por otra parte, que no ha habido arrastre por el fondo del circo⁴. Pensamos que se trata de bloques que no han sido depositados por empuje glaciario, sino simplemente abandonados in situ después de una lenta fusión del hielo. Este último, en una fase de menor innivación —como lo demuestra el que el glaciar hubiera experimentado ya una regresión— habría quedado recubierto, al menos en gran parte de su tramo final, por los bloques caídos desde la vertiente. Ello no puede sorprendernos si tenemos en cuenta el paso progresivo a condiciones más propiamente periglaciares y si se comprueba que el Mencilla —edificado a base de esquistos, calcaesquitos y areniscas muy fracturadas— constituye un sector muy favorable a la gelifracción: la parte baja de las laderas está recubierta por numerosos conos de avalanchas y el fondo del circo se encuentra muy relleno por extensos canchales.

d) *Conos de hielo adosados*. Constituyen formas menores del glaciario en la Demanda. Generalmente corresponden a las últimas fases frías antes de la desaparición total del fenómeno glaciario. Se instalan en el interior de circos, de los que ocupan una parte muy pequeña. En realidad constituyen placas de hielo adosadas a la vertiente más umbría del circo. Ello supone un glaciario anterior más importante y entran así en la categoría de formas residuales (TRICART y CAILLEUX, 1962). Lo más normal es que se formen al pie de canales de avalanchas, que favorecen con cierta asiduidad la acumulación de notables cantidades de nieve en puntos estratégicos.

4 Conviene recordar que en un glaciar la excavación y por ello el arrastre y formación de morrena sólo tienen lugar en fases de reavance, después de que el periglaciario ha originado una cierta disgregación mecánica de fondos y laderas.

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

Los mejores ejemplos se sitúan en el sector entre los picos de San Millán y Otero. Cabeza Aguiluz, Poborlaza y Hoyas Grandes ofrecen excelentes ejemplos de arcos seudomorrénicos (“arcos de derrubios” según la terminología de FRANCOU, 1977) muy cerca de la vertiente, con orientación norte o, excepcionalmente, noreste. En todos los casos la situación topográfica de estos derrubios permite asegurar su carácter residual. En Hoyas Grandes se comprueba la existencia de pequeños arcos con disposición caótica y numerosas depresiones interiores. Entre el arco y el fondo de la vertiente aparece una depresión bien pronunciada y que en su día estaría ocupada por la placa de hielo. Lo importante es recordar que el arco seudomorrénico se formó por simple deslizamiento de los cantos previamente gelifractados en la ladera y amontonamiento más o menos desordenado en el mismo borde del hielo (de ahí el parecido con las típicas morrenas glaciares). Se trata, pues, de un tipo de transporte por gravedad, individual, directamente ligado a un fenómeno periglacial en un medio climático asimismo periglacial.

IV. EL FENOMENO GLACIAR EN LA SIERRA DE LA DEMANDA. BASES PARA UNA EXPLICACION

El análisis realizado hasta ahora nos permite tener una idea bastante aproximada de las características del hecho glacial en la Demanda. Quedan, no obstante, dos cuestiones sin resolver. En primer lugar, la escasa importancia de la acción de los hielos y, en segundo lugar, el número de fases glaciares que se han sucedido en la Sierra.

El primer punto tiene que ver no sólo con la alimentación en nieve de las cumbres más elevadas sino también con las características topográficas preglaciares. Lo más sorprendente es comprobar que el glaciario en la Sierra de la Demanda no ha alcanzado el vigor de las formas que aparecen en la Sierra de Urbión. Esta, con una altitud muy poco inferior, posee circos glaciares de mayores dimensiones, con numerosas y profundas lagunas, arcos morrénicos más potentes y con relativamente abundante matriz fina, valles glaciares bien extendidos y con morfología característica. En definitiva, parece indudable que el hielo adquirió en Urbión mayor espesor y superficie y tuvo por ello mayor capacidad morfogenética. Y, sin embargo, no es previsible que las precipitaciones en forma de

nieve fueran más abundantes; más bien creemos que las partes más elevadas de la Demanda recibirían, como hoy, un manto de nieve superior por encontrarse más abiertas a los vientos húmedos del NW. Las razones de esta contradicción se encuentran en los siguientes puntos:

— Los sectores más elevados de la Demanda, es decir los más propicios para la acumulación nival, poseen pendientes muy raidas y bastante regularizadas, de tal manera que por debajo de la línea de cumbres aparece una pobre diversidad topográfica. El relieve se resuelve así en divisorias muy suaves que descienden bruscamente hacia el valle en pendientes rectilíneas. En esas condiciones los barrancos no han podido labrar cabeceras bien inscritas en la ladera⁵. Dichas cabeceras son muy pendientes y de reducidas dimensiones. La nieve acumulada sería, por ello, poco importante y no alcanzaría casi nunca grandes espesores. De ahí la imposibilidad de emitir lenguas de hielo fuera del reducido recinto de cabecera.

— Al tener tales cuencas de recepción mucha pendiente no es fácil la sobreexcavación y ello dificulta la existencia de importantes escarpes dominando sobre el fondo del circo. Por lo tanto, las avalanchas —fuente de alimentación de primera importancia en todos los glaciares de montaña— serían poco frecuentes y en cualquier caso de poca entidad. Como consecuencia de ello, aunque la innivación fuera más elevada en la Demanda que en Urbión, las posibilidades *reales* de alimentación de los circos serían sensiblemente menores. Aún cabe añadir otra cuestión en este sentido: casi todos los circos —al encontrarse poco inscritos en la vertiente— están muy abiertos y soportan una intensa deflacción eólica que ahora, como entonces, reduce el paquete de nieve.

— El hecho de que las pendientes sean tan fuertes permite deducir que muy rápidamente se alcanza el límite máximo de fusión del hielo. En un tramo muy breve se pasa de la divisoria de aguas, en torno a los 2.000 m., a 1.600-1.700 m. Téngase en cuenta que THORNES (1968) señala que el límite más probable de la glaciación en Urbión se sitúa hacia los 1.640 m., cifra que desde luego no rebasaron los glaciares de la Demanda, cuya fusión llegaría en la mayoría de los casos antes de descender a 1.700 m. Sólo los glaciares de San Millán y el de Mencilla situaron su límite entre los

5 Por otra parte, interesa recordar que estamos en presencia de un roquedo muy duro, en el que la acción de las aguas corrientes halla no pocas dificultades.

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

1.600 y 1.700 m. de altitud. Por el contrario, en Urbión la parte proporcional de relieve situada por encima de 1.600 m. es mucho mayor que en la Demanda; a la salida de los circos —siempre de mayores dimensiones— los valles descienden con mayor suavidad, permitiendo así la pervivencia de lenguas glaciares.

De todo lo anterior deducimos que las características topográficas preglaciares han determinado el mayor o menor desarrollo de los fenómenos glaciares, hasta el punto de que las precipitaciones nivosas —aún siendo lógicamente un factor esencial— pasan en este caso a un plano más secundario. Ello se demuestra no sólo por las reducidas dimensiones de los focos glaciares ligados a cuencias de recepción también pequeñas, sino además porque algunos sectores con abundante innivación (por encima de los 2.000 m. de altitud) carecen casi de relieve glaciar por ausencia de un relive preglaciar suficientemente favorable.

Por lo que respecta al tema del número y edad de fases glaciares, la respuesta no es tan sencilla, si bien creemos disponer de algunos datos que pueden servir de base de discusión.

LOTZE (1962) y THORNES (1968) opinan sobre este tema en la Demanda y Urbión respectivamente y llegan a conclusiones distintas. Según LOTZE en la Demanda el glaciario responsable de la formación de los circos correspondería al Riss, con lo cual se equipararía con la glaciación más importante habida en Valnera (Cordillera Cantábrica). Aunque no señala nada más al respecto es previsible que (siempre según se desprende de LOTZE) a la glaciación Würm le correspondieran los nevés y conos de hielo adosados a las vertientes, equiparables a los pequeños glaciares würmienses de Valnera. En Urbión, sin embargo, THORNES se decanta por una sola fase glaciar, würmiense, con sucesivos estadios de avance y retroceso. Para ello se basa en las similares características granulométricas de las morrenas frontales.

Por nuestra parte confirmamos la existencia de *una sola fase glaciar*, que atribuimos al Würm. Si las hubo anteriores, éstas han quedado enmascaradas por la más reciente. Como argumentos a favor de la tesis monoglaciarista podemos señalar los siguientes:

— El estudio de las morrenas no evidencia variaciones muy grandes. Es cierto que al pie de varios circos se han instalado sucesivos arcos morrénicos pero creemos que no corresponden a glacia-

ciones distintas sino a simples oscilaciones climáticas en el interior de un gran período glacial. Así, por ejemplo, los dos arcos externos de Mencilla presentan iguales características granulométricas de la matriz fina; y el contenido en carbonatos difiere muy poco (un 8 por 100 en la más antigua y un 4 por 100 en la interna). Por otra parte, ambas tienen el mismo aspecto y ello, unido a su proximidad, impide que puedan ser atribuidas a glaciaciones distintas. También es verdad que los arcos correspondientes al glaciar rocoso —como otros ligados a planchas de hielo tienen características muy diferentes pero ello se debe a que se han formado bajo condiciones morfo-genéticas también distintas. Únicamente el arco más externo de San Lorenzo, sobre cuya fiabilidad no nos atrevemos a pronunciar-nos, pudiera corresponder a una fase más antigua, pues presenta un aspecto más indiferenciado del resto de la vertiente y está recubierto por una capa de suelo. También es verdad que su topografía ha podido quedar semiocultas por materiales solifluidos desde partes más elevadas de la vertiente. Por otra parte, se halla situado en un sector en el que el hielo carecería ya de espesor al no ir encajado y por ello es lógico pensar que no elaboraría una morrena potente⁶.

— Todos los arcos morrénicos —con excepción de esa supuesta morrena antigua del San Lorenzo— presentan señales de una formación muy reciente. Las formas son frescas y poco evolucionadas. Además, no hay más que comprobar que la erosión regresiva post-glacial no ha podido seccionarlas, de manera que conservan su topografía original.

Desgraciadamente, la escasa entidad del fenómeno glacial no permite utilizar otros argumentos. Con los datos disponibles sólo podemos hablar de un período glacial con sucesivas fases menores⁷; los distintos arcos morrénicos prueban tal afirmación y los glaciares cubiertos y los arcos de derrubios señalan la existencia de fases de decrepitud correspondientes a los últimos estadios del Würm. No obstante, es posible que alguno de los arcos de derrubios

6 Aún hay que tener en cuenta que dada la pendiente general de la ladera muchos de los bloques abandonados por el hielo se desprenderían hacia abajo por efecto de la gravedad, como lo demuestran los numerosos cantos que tapizan de forma dispersa la vertiente.

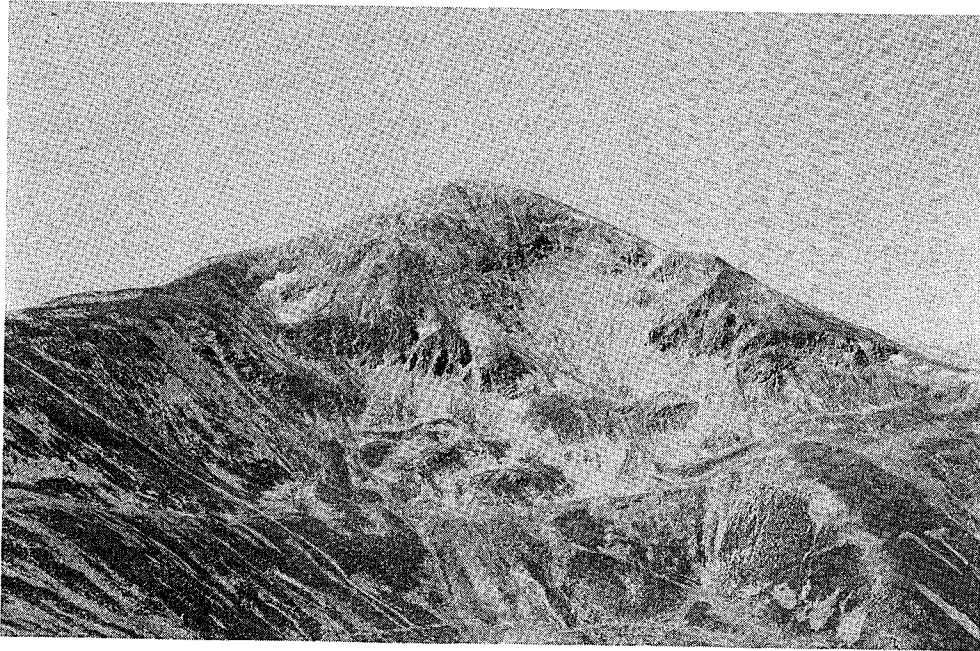
7 Por el poco desarrollo de los circos, el glaciario de la Demanda estaría en situación inestable y por lo tanto soportaría cambios importantes que incluso implicarían la desaparición total del hielo durante algunos períodos del Würm. En ellos el periglaciario constituiría el sistema de erosión predominante originando derrubios que en una nueva fase de reavance glacial provocarían la formación de un nuevo arco morrénico.

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

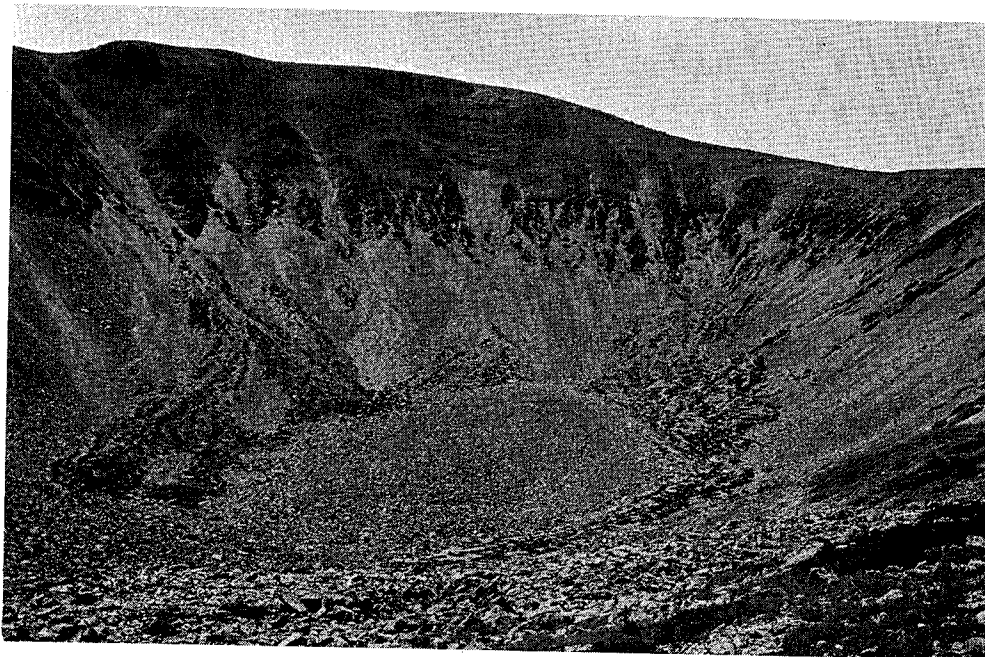
puedan asimilarse a un recrudescimiento posterior. En un artículo sobre el clima würmiense en las montañas vascas, KOPP (1965) se decide también por incluir todos los restos morrénicos, cualesquiera que sea su altitud o características, en el último gran período glacial cuaternario. En un trabajo más reciente, MARTINEZ DE PISON y MUÑOZ JIMENEZ (1972) atribuyen también al Würn toda la morfología glacial del alto Gredos. Y lo mismo sucede en otros macizos con glaciario reducido: en Urbión (THORNES, 1968) en Guadarrama (SANZ HERRAIZ, 1978) o en el Pirineo Oriental (MARTI, SERRAT y GONZALEZ, 1978).

Para explicar el por qué de una sola glaciación habría que recurrir a la teoría del desarrollo gradual de los circos (que también utiliza THORNES en Urbión). En un macizo de las características altitudinales y latitudinales de la Demanda, los períodos glaciares no han podido tener nunca gran intensidad; de ahí deducimos que las fases frías anteriores al Würn tendrían poca capacidad erosiva y que, como mucho, se irían labrando sucesivas concavidades progresivamente mayores. Así, cualquier huella glacial quedaría enmascarada por el siguiente período frío y sólo nos han podido llegar restos del último.

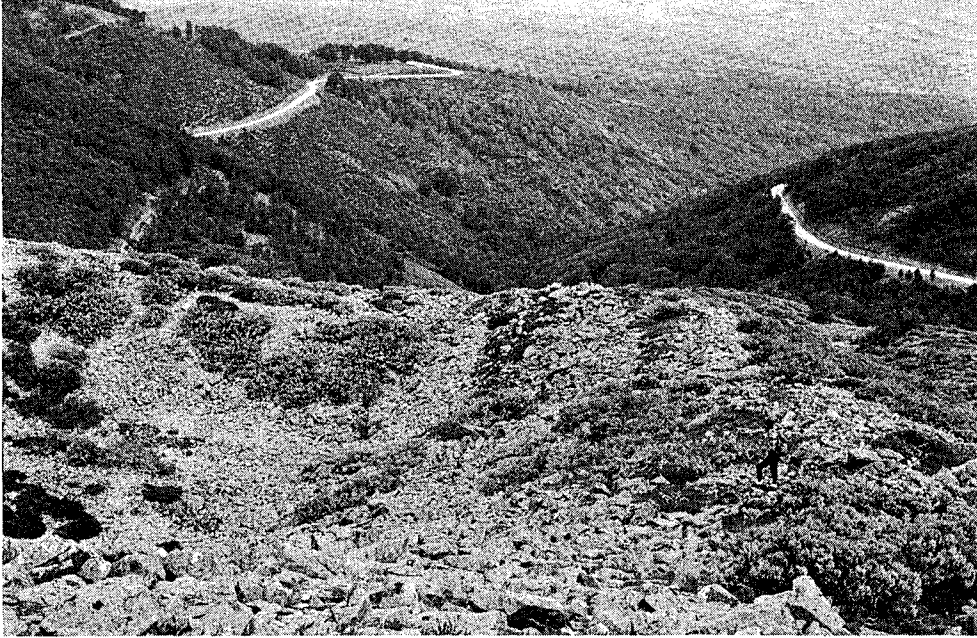
Aún podría aducirse otro argumento mucho más resbaladizo que el anterior. Parece indudable que la Sierra de la Demanda ha experimentado algunos levantamientos a lo largo del Cuaternario. Carecemos de datos acerca de la importancia y la edad de tales levantamientos y por ello no podemos saber hasta qué punto pudieron influir en una mayor innivación. Si el levantamiento ha sido poco anterior al Würn podría haber influido en ese sentido, aunque no creemos que la tectónica cuaternaria haya tenido una trascendencia tan definitiva en la Demanda.



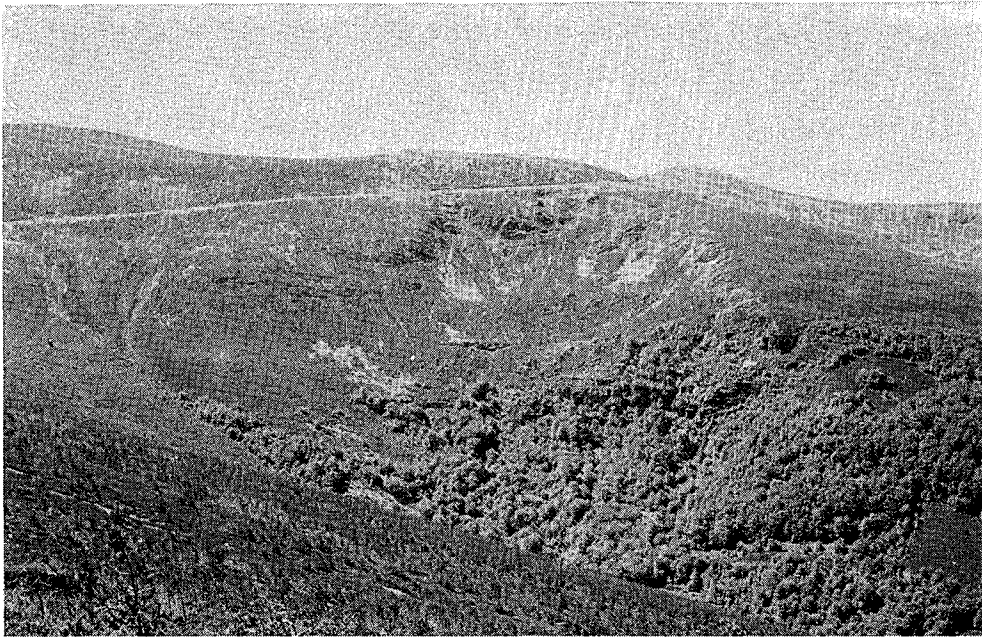
Circo de San Lorenzo. Pequeña cuenca sobreexcavada inmediatamente por debajo de la divisoria de aguas. Circo de pared.



Circo de Mencilla. Paredes escarpadas, con pequeños canales de avalanchas y conos al pie. Fondo del circo tapizado por un manto de derrubios.



Morrena frontal del circo de Mencilla. Arco más externo. Acumulación de bloques sin apenas matriz fina.



Pequeño nicho de nivación en las proximidades del pico Otero. Sobreexcavación en la ladera que mira al NE. La pendiente no se suaviza hacia el fondo.

BIBLIOGRAFIA

- Barrère, P., 1962. — Le role de l'exposition dans la fusion nivale. *Rev. Geogr. Pyr. S.O.*, 33: 129-136, Toulouse.
- Calatayud, P., García Ruiz, J.M. y Pérez Lorente, F., 1980. — *Itinerario geológico y geomorfológico por el valle del Najerilla*. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño.
- Calvo Palacios, J.L., 1975. — Nota sobre las relaciones de la red fluvial camerana y la tectónica del borde septentrional del sistema Ibérico. *Berceo*, 88: 93-100, Logroño.
- Carandell, J. y Gómez de Larena, J., 1918. — El glaciarrismo cuaternario en los Montes Ibéricos. *Trab. Mus. Cienc. Nat. Serie Geol.* 22: 62 pp. Madrid.
- Colchen, M., 1974. — *Geologie de la Sierra de la Demanda (Burgos, Logroño, España)*. Instituto Geológico y Minero de España, 2 tomos, 436 pp., Madrid.
- Francou, B., 1977. — Formes d'éboulis élevés en Briançonnais. *Rev. Geogr. Alp.*, 65 (1): 63-78, Grenoble.
- Gómez de Larena, J., 1916. — Excursiones a las Sierras de la Demanda, Urbión y Moncayo. *Bol. Real Soc. Hist. Nat.*, 16: 505-506, Madrid.
- Gonzalo Moreno, A.N., 1979. — *La Rioja. Análisis de geomorfología estructural*. Tesis doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Zaragoza.
- Hazera, J., 1968. — La región de Bilbao et son arrière-pays. Etude géomorphologique. *Munibe*, 20 (1-4): 1-358, San Sebastián.
- Kopp, K., 1965. — Schneegrenze und klima der Wurmeiszeit an der baskischen Küste. *Munibe*, 17 (1-4), San Sebastián.
- Lotze, F., 1962. — Pleistozane Vergletscherungen im Ostteil des Kantabrischen Gebirges (Spanien). *Akad. Wiss. u. Lit. Mainz*, Abh. Math. Naturwis., 2: 21 pp. Mainz.
- Martí, C., Serrat, D. y González, M.C., 1978. — Los fenómenos gla-

GLACIARISMO EN SIERRA DE LA DEMANDA

ciaras en la vertiente meridional de los Pirineos. *V Coloquio de Geografía*, pp. 67-74, Granada.

Martínez de Pisón, E. y Muñoz Jiménez, J., 1972. — Observaciones sobre la morfología del Alto Gredos. *Estudios Geográficos*, 129: 3-103, Madrid.

Obermaier, H., 1921. — Die quartäre Vergletscherung der Iberischen Halbinsel. *Pet. Mitt.* Gotha.

Sanz Donaire, J.J., 1976. — Más huellas glacionivales en los Montes Carpetanos, al este del Puerto de Lozoya (provincia de Madrid) *Bol. Real Soc. Geogr.* 112 (2): 519-534, Madrid.

Sanz Herraiz, C., 1978. — Morfología glaciaria en la Sierra de Guadarrama: El modelado de las áreas glaciares y periglaciares (Peñalara-Los Pelados). *V Coloquio de Geografía*, pp. 49-56, Granada.

Sole Sabaris, L., 1952. — *Geografía Física de España*, en *Geografía de España y Portugal*. Ed. Montaner y Simón, Tomo I, 497 pp., Barcelona.

Thornes, J.B., 1968. — Glacial and periglacial features in the Urbión Mountains. *Estudios Geológicos*, 24: 249-258, Madrid.

Tricart, J. y Cailleux, A., 1962. — *Le modelé glaciaire et nival*. S.E. D.E.S., 508 pp., París.

Veyret, Y., 1979. — Essai sur la terminologie glaciaire. *Géographie Physique et Quaternaire*, 33 (2): 205-222, Montreal.

