

IV Reunión de Geomorfología
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.
1996, Sociedad Española de Geomorfología
O Castro (A Coruña)

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA DEGLACIACIÓN RECIENTE Y MORFOLOGÍA ASOCIADA DEL CORRAL DEL VELETA (SIERRA NEVADA).

Gómez Ortiz, A., Schulte, L. y Salvador Franch, F.

Àrea de Geografia Física y Servei de Gestió i Evolució del Paisatge.
Universitat de Barcelona. Baldiri Reixac, s/n. 08028 Barcelona

RESUMEN

El Corral del Veleta fue el último reducto glaciar de Sierra Nevada. Desde el Tardiglacial la deglaciación ha sido progresiva, aunque con fluctuaciones de retroceso-avance. Respecto a la Pequeña Edad del Hielo se detectan diferentes fases con morfologías significativas y en cuanto a los tiempos posteriores la morfogénesis denuncia una merma paulatina del glaciar. En la actualidad el Corral sólo alberga pequeñas placas de hielo adosadas a las paredes. En profundidad parecen existir masas heladas (¿pergelisol?, ¿hielo?) en proceso de fusión.

Palabras clave: cronología, Corral del Veleta, deglaciación, fases, morfología, Pequeña Edad del Hielo, Sierra Nevada (España)

ABSTRACT

The Corral del Veleta has been the last residual glacier of the Sierra Nevada. Since late glacial times deglaciation has been progressive, interrupted by glacier advance-retrocession fluctuations. The Little Ice Age covers different morphological stages. The posterior sequences indicate the gradual reduction of the glacier. At present persist only some small ice remnants close to the cirque-wall. In the ground of the cirque still exist frozen masses (pergelisol, ice?), affected by melting processes.

Key words: Chronology, Corral del Veleta, deglaciation, stages, morphology, Little Ice Age, Sierra Nevada (Spain)

INTRODUCCIÓN

El macizo de Sierra Nevada albergó durante el Pleistoceno los glaciares más meridionales de Europa, pero siempre permanecieron encerrados en las partes más elevadas de la montaña. El conocimiento del glaciario nevadense se inicia a mediados del siglo XIX (BOISSIER, 1839; SHIMPER, 1849; REIN, 1899), aunque es a partir de comienzos del presente cuando las

aportaciones adquieren rigor y relevancia (OBERMAIER & CARANDELL, 1916). Desde entonces las contribuciones más significativas han sido las de GARCÍA SAINZ (1943), PASCHINGER (1957), MESSERLI (1965), SÁNCHEZ GÓMEZ (1990), GÓMEZ ORTIZ et al. (1992, 1996).

Los sistemas glaciares nevadenses fueron los propios de montañas secas distinguiéndose los de valle de lenguas coalescentes e individualizadas y los de circo. La masa helada evacuada, que siempre fue de dimensiones modestas y no sobrepasó los 9,5 km. de longitud en los glaciares de valle, esculpió con cierto interés barrancos y lomas. El último reducto glaciar, que debió estar activo durante la Pequeña Edad del Hielo, quedó instalado en la cabecera del barranco del Guarnón, dominando todo el cuenco del llamado Corral del Veleta.

El Corral del Veleta está configurado en la cara norte de la Sierra, al pie del picacho del Veleta (3.392 m), entre el cerro de los Machos (3.374 m) y los Lastrones. En su conjunto, conforma un óvalo abierto al noreste y labrado en los micasquistos feldespáticos del manto del Veleta en el que se detectan bancos intercalados de rocas más resistentes. Su base, inclinada hacia el oeste, coincide con una repisa estructural ("vasar") cuyo punto más bajo se instala en los 3.020 m. Sobre la referida repisa descansa un espeso cordón morrénico que, a manera de terraplen dispuesto perpendicularmente al eje del valle, contribuye a delimitar mejor la cavidad. De oeste a este la longitud del Corral es superior a 600 m. y de sur a norte varía entre 250 y 175 m. Entre el cordón morrénico aludido y la pared del picacho, vertical en toda su extensión, se interpone un dilatado canal colmado de material detrítico de génesis diferenciada.

La orientación y la altitud del Corral del Veleta han contribuido a que los hielos hayan perdurado hasta fechas muy cercanas, pues todavía a mediados y finales del siglo XIX al reducto se le califica de glaciar (WILLKOMM, 1844; HELLMANN, 1876; etc.). En la actualidad y favorecido por el clima local y su particular configuración e instalación en la montaña, debe considerársele como nevero de fusión tardía que alberga pequeñas placas de hielo permanente adosadas a las paredes, casi siempre tapizadas por derrubios de gravedad.

La historia de la desaparición de los glaciares de Sierra Nevada, a partir del Tardiglacial, aún está por hacer y pensamos que el Corral del Veleta, por sus especiales características, es uno de los enclaves que más información puede aportar al respecto, sobre todo, a partir de los últimos decenios de la Pequeña Edad del Hielo. El presente trabajo está en esta línea y con él pretendemos dos objetivos referidos al Corral: a) el análisis de las formas asociadas a la desaparición de las masas heladas; y b) la reconstrucción reciente de la deglaciación.

MATERIALES Y MÉTODO

La paulatina desaparición reciente de los hielos del Corral del Veleta ha sido reconstruida e interpretada a partir del análisis de los materiales que a continuación se detallan y del sistemático trabajo de campo llevado a cabo durante las campañas de 1993, 1994 y 1995.

Los documentos que han servido de soporte para canalizar el trabajo de campo y la cartografía geomorfológica que se presenta han sido las fotografías aéreas de los vuelos de 1957 (Servicio Geográfico del Ejército), 1985 (Instituto

Geográfico Nacional) y 1990 (Junta de Andalucía). En cuanto a mapas topográficos se han utilizado los procedentes del IGN (hoja 1027-III, a escala 1/25.000), de la Junta de Andalucía (hoja 1027: 2-3, a escala 1/10.000) y el confeccionado por nosotros, a escala 1/5.000, obtenido por restitución a partir de los fotogramas del IGN y del topográfico señalado de la Junta de Andalucía.

También se ha tenido en especial consideración la información procedente de los libros de viajeros, particularmente, las narraciones de los de naturalistas que a partir de mediados del siglo XVII visitan la Sierra. Igualmente las fotografías de época y para los últimos años, desde 1978, las realizadas por nosotros mismos.

Por lo que respecta a prospección geofísica, debe señalarse la campaña de sondeos geoléctricos realizada en julio de 1995, según dispositivo tipo Schlumberger, tetraelectrónico simple. Esta constó de cuatro sondeos verticales en distintos espacios de litología contrastada del seno del Corral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MORFOLOGÍAS ANALIZADAS

El reconocimiento llevado a cabo durante las campañas de 1993, 1994 y 1995 ha permitido distinguir en el seno del Corral morfologías asociadas a génesis diferentes elaboradas a lo largo del tiempo, tal como más adelante apuntamos. Se trata, sobre todo, de formas deposicionales originadas por procesos glaciares, periglaciares y nivales. En conjunto, conforman una amalgama de morrenas, glaciares rocosos, morrenas de "nevé", conos de derrubios de gravedad, etc. (fig.1 y foto 1).

Formas glaciares

Son, sin duda, las que mejor definen la concavidad ovalada del Corral quedando instaladas en su borde externo. La más importantes corresponden al dilatado cordón morrénico que, dispuesto transversalmente al eje del valle, delimita y cierra la mitad oriental del circo, a partir de los Machos, cubriendo una longitud de 180 m. y manteniendo una potencia media de 30 m. Su fijación en el dominio del Corral permite calificarla como de morrena lateral derecha. En cuanto a su homóloga izquierda, probablemente algo más joven (SIMÓN et al. 1996), ésta sólo conserva un pequeño segmento al pie de las Posiciones, ligeramente arqueado en dirección al valle y despegado de la pared del circo. Por la extensión, morfología y rasgos sedimentológicos, ambos edificios sedimentarios son los depósitos más antiguos del Corral, pues durante su construcción la masa de hielo tendería a volcar y canalizarse valle abajo, después de seguir un recorrido de este a oeste. A pesar de ser las acumulaciones detríticas más antiguas los rastros de edafización resultan escasos o nulos (SIMÓN et al. 1996).

El segundo edificio sedimentario, igualmente morrena, coincide con un arco frontal, parcialmente abierto en dirección al valle, e instalado a 3.000 m de altitud. Él marca un estadio de estabilización dentro del retroceso generalizado de la masa helada en su reclusión hacia el circo.

También dentro del Corral y por detrás del arco frontal aludido dos generaciones de morrenas son aún visibles. Las más desarrolladas tapizan la

mitad occidental del cuenco, desde la laguna, instalada en la vertical del "couloir", hasta la repisa estructural que marca el umbral del circo. Morfológicamente es un sinuoso cordón con tres frentes lobulados fijados de oeste a este a 3.065 m, 3.073 m y 3.089 m. Su geometría, bien nítida topográficamente, hace pensar en que el movimiento de la masa helada debió estar supeditado a los empujes locales de los hielos de la mitad occidental del cuenco que tendrían un sentido conforme a la dirección del valle. Los materiales de estas morrenas continúan siendo de calibre grueso y empastados en matriz de gravas y arenas. No son extraños los bloques pulidos y estriados, bien orientados en dirección al valle.

La otra generación de morrenas debió coincidir con una fluctuación de avance precedida de un retroceso generalizado de los hielos. Así se detecta si tenemos en consideración el suave reborde que se detecta sobre el sinuoso frente lóbulado descrito. Su origen lo asociamos a una expansión del hielo que, instalado por detrás de la morrena tradiglaciaria, sólo logró remover superficialmente los materiales ya depositados. Fruto de esta dinámica también es el rastrillado que se detecta en el escombros glaciario, tras el reborde detrítico citado.

Formas periglaciares y nivales

La construcción del reborde detrítico antes reseñado marca la progresiva merma de los hielos en el Corral, pues paulatinamente la masa helada tendería a individualizarse y a quedar alojada en los lugares de mejor exposición y topografía. Así sucedería sobre las paredes y en el seno de la mitad oriental del cuenco, entre la laguna instalada en la vertical del "couloir" y el declive de los Machos. La morfogénesis y formas creadas son a partir de ahora periglaciares. En su conjunto, las de mayor interés son las morrenas de "névé", los glaciares rocosos, las coladas de piedras y los conos de gravedad que invaden esta parte oriental. Todas son de construcción reciente y algunas aún dotadas de dinamismo.

También durante estos tiempos de reclusión de los hielos hacia oriente o ligeramente antes se llevaría a cabo la formación de las pequeñas depresiones que, a manera de pozos de piedras y presumiblemente creadas como respuesta de fusión de hielo muerto, salpican a la morrena tardiglaciaria.

SECUENCIA CRONOLÓGICA DE LOS ACONTECIMIENTOS

Durante el proceso de deglaciación reciente del Corral del Veleta se distinguen períodos incluyendo, algunos de ellos, estados característicos de la masa helada, que abarcan desde el finitardiglaciario hasta la actualidad. Nosotros hemos detectado tres.

Por período entendemos un intervalo de tiempo variable definido por unas condiciones climáticas características más o menos homogéneas con repercusión en el desarrollo de los hielos. Por estado, el resultado morfológico de una determinada fluctuación del hielo, reconocible en la actualidad (tabla 1 y fig. 2).

Tabla 1. Secuencia cronológica de acontecimientos

Período	Estado	Cronología aproximada	Acontecimiento geomorfológico significativo
Fini-tardiglaciario	1	11.000-10.000BP	Construcción de las morrenas laterales externas
Pequeña Edad del Hielo	2	Hasta mediados del s. XIX	Construcción del arco morrénico frontal
	3	Últimos decenios del s. XIX	Construcción del frente morrénico lobulado
	4	Tránsito del s. XIX al s. XX	Construcción del reborde sobre frente lobulado
Siglo XX	5	Primera mitad del s. XX	Construcción de morrenas de "nevé"
	6	Segunda mitad del s. XX-actualidad	Construcción de glaciares rocosos

Período I (Estado 1). Fini-tardiglaciario (Dryas reciente, 11.000-10.000 BP?)

La masa de hielo forma un solo cuerpo y está recluida en el seno del Corral. Su flujo es hacia occidente volcando e internándose en el valle por el extremo más bajo del "vasar". Durante esta fase podrían haberse elaborado los depósitos morrénicos de mayor envergadura (el cordón que cierra transversalmente el cuenco, desde el declive de los Machos hasta la repisa estructural y el segmento fronto-lateral-izquierdo de las Posiciones). El límite de nieves permanentes durante el Tardiglaciario quedaría instalado en vertiente norte entre los 2.800 y 2.900 m (MESSERLI, 1965).

Respecto al intervalo Fini-tardiglaciario/Pequeña Edad del Hielo, no disponemos de información. Un dato válido para el conjunto de la Sierra y que permitirá reconstruir su historia bioclimática es que los "borreguiles" instalados en cabeceras de barrancos tienen una antigüedad no superior a 2.000 BP (¿Subatlántico?), albergándose en sus niveles más superficiales pólenes de especies propias de ambientes fríos, presumiblemente coetáneos a la Pequeña Edad del Hielo (ESTEBAN AMAT, 1996).

Período II. Pequeña Edad del Hielo (Estado 2, 3 y 4).

Desconocemos de forma precisa la amplitud de este período aunque podría situarse en el intervalo de los siglos XV/XVI-XIX. Climáticamente supone condiciones frías y mayor nivación. En algunos sistemas montañosos las masas de hielo tendieron a aumentar. La documentación sobre el alcance de esta neoglaciación (PEH) para las montañas peninsulares es muy desigual. Algunos estudios referidos al macizo pirenaico (COPONS et al. 1994; LAMPRE, 1996) y nulos para Sierra Nevada. Sin embargo, para el conjunto de Andalucía debe citarse a RODRIGO (1994), que señala durante el período de mediados del siglo XVI a mediados del siglo XVII un predominio de anomalías frías y lluviosas que en la alta montaña se traducirían en unos niveles de precipitación e innivación superiores a los anteriores y posteriores al intervalo de tiempo aludido.

Estado 2. Presumiblemente hasta mediados del siglo XIX

Por lo que respecta al Corral del Veleta los hielos restringen extensión y volumen con respecto al período anterior pero continúan formando un sólo cuerpo. Siguen canalizándose por el mismo lugar, aunque el frente queda retenido a una distancia de unos 300 m de la pared del circo, a juzgar por los arcos fronto-laterales detectados a una altura de 3.000 m. La datación precisa de ellos se desconoce.

Hay que esperar a mediados del siglo XVIII a tener referencias escritas de viajeros y científicos que permiten tener un conocimiento más ajustado sobre el estado de las nieves permanentes de la Sierra, no así de su extensión. PONZ, (citado por TITOS MARTÍNEZ, 1990) en su viaje de 1754 a Sierra Nevada se refiere al Corral del Veleta en los términos siguientes: "*caxon ambicioso de nieve, que se cree guarda la primera que cayó después del Diluvio, reducida a piedra, pues estando descubierto hacia el Norte, aquí es yelo lo que es nieve en otros lugares, y nunca se derrite más que la superficie que es lo que el sol la descubre*" (transcrito de TITOS MARTÍNEZ, 1990, p. 34).

Pero la descripción que más información aporta sobre las características del Corral durante los primeros decenios del siglo XIX es la del botánico BOISSIER (1839), a raíz del viaje que hizo a la Sierra en 1837. Al examinar el Corral desde el picacho del Veleta, lo define como un circo de casi 2.000 pies de profundidad abierto al noreste y en cuyo fondo se apercibe un pequeño glaciar muy inclinado, del que escapa un riachuelo de aguas cenagosas que discurre hacia el norte por una hondonada de pendiente fuerte. Respecto al glaciar lo describe así: "*El glaciar tiene una pendiente muy inclinada, su altura perpendicular sólo tiene 200 a 300 pies, su ancho más o menos 600 pasos y está atravesado por numerosas grietas transversales de apenas una pulgada de ancho*" (1995, p. 287). "*Tiene la peculiaridad de ser el único en toda la Sierra y el más meridional de Europa; debe su formación a su posición, en el fondo de un circo abrigado y dominado en todas partes por las altas cumbres donde las tormentas barren la nieve en invierno. Su altura media es de 9000 pies y presenta en miniatura todos los caracteres de los glaciares alpinos, hendiduras, hielo impuro, morrenas fangosas en su base y sus laterales, por fin, riachuelos de aguas turbias que se escapan en su extremidad por varias cavernas excavadas en el hielo*" (1995, pp. 293-294). A continuación señala que las morrenas están recubiertas, en parte, por especies vegetales que también se encuentran en los Alpes en los mismos sitios.

Por su parte WILLKOMM (1882), en su viaje de 1844, también nos suministra información valiosa sobre el tema. Atribuye a la masa helada varios cientos de metros en sentido E-W y un declive de 100-80 m entre la parte más alta y más baja de la superficie helada, ésta, instalada a 3000 m, resaltando, además, grietas y hendiduras en la superficie del hielo así como distintas tonalidades en profundidad.

Asimismo resulta de interés, aunque sólo sea por su valoración cualitativa, la apreciación que PFENDLER (citado por TITOS MARTÍNEZ, 1990) hace de la nieve del Corral en su viaje de 1846. Señala que conforma el depósito permanente mayor de la Sierra y el más meridional de Europa, añadiendo de su estado añade que es de color verde azulado, muy semejante a la de los Pirineos.

Estado 3. Últimos decenios del siglo XIX.

La masa de hielo continúa reduciendo espesor y longitud fruto de un

proceso fluctuante de retrocesos-avances. Esta dinámica supone movimientos más individualizados de acuerdo con la topografía del cuenco, lo que supone la construcción de un frente lobulado definido por tres festones. A esta situación corresponde el cordón morrénico de trayecto sinuoso que delimita las actuales lagunillas.

A este estado podría corresponder la descripción que HELLMANN (1881) hace de su viaje a la Sierra en 1876. Al referirse al Corral es muy preciso en las mediciones de los hielos: 580 m, de E-W y 250 m de S-N; una inclinación de 25 grados al pie de los Machos y 20 grados en el extremo más occidental del "vasar". En cuanto a la dinámica subraya que el glaciar se encuentra durante los últimos años en un proceso de retroceso.

Posteriormente a 1876 la masa helada debió continuar sufriendo paulatinas fluctuaciones de retroceso-avance pero con balance negativo. La información escrita, en ocasiones confusa y contradictoria, así parece señalarlo. RUTE (1889) atribuye a los hielos 100 m en sentido S-N y señala en ellos capas estratificadas, grietas y hendiduras y diferentes tonalidades. Señala, además, que el glaciar se desarrolla a lo largo de una pendiente larga y abrupta quedando obstruida su parte más baja por un amontonamiento de rocas (pp. 35-36). REIN (1899), en su visita de 1892 califica al Corral de "simple ventisquero" y le asigna una anchura de 124 m.

Estado 4. Tránsito del siglo XIX al siglo XX

El paso del siglo XIX al siglo XX podría haber estado marcado por un rápido episodio de avance de los hielos seguido, a medida que nos acercamos al presente, de una paulatina merma. La razón por la que abogamos esta idea, siempre entendida como hipótesis de trabajo, se basa en las formas detectadas y en la descripción que hace QUELLE (1908) de la masa helada atrapada en el Corral.

Para QUELLE (1908), en su expedición de 1905, el Corral es un "glaciar en miniatura". Señala del hielo una estructura granulosa resaltando que queda encerrado entre morrenas frontales y laterales. De éstas, subraya que la más elevada se sitúa en el borde oriental del cuenco y mantiene una potencia de 6 m.

La descripción de QUELLE nos hace pensar en una fluctuación positiva con el consiguiente incremento de masa helada, en extensión y volumen. Asociada a esta fluctuación se asociaría la morfología deposicional del interior del cuenco (festón y estriamiento sobreimpuestos al cordón morrénico elaborado durante el inicio del estado 3 (foto 2)). La construcción de tal forma, morfológica y sedimentológicamente bien diferenciada, se explica porque el empuje de los hielos movilizan y reordenan la carga subglaciar preexistente. La superficie cubierta por la masa helada de nuevo alcanzaría la casi totalidad del "vasar" aunque no desbordaría hacia el valle ya que el festón aludido no logra sobrepasar el umbral del Corral. Estas mismas formas deposicionales son las que MESSERLI (1965) también atribuye a la Pequeña Edad del Hielo.

Período III. Siglo XX (Estado 5 y 6)

La información de la que se dispone permite señalar una paulatina reducción del área cubierta por las nieves. Documentos de particular importancia sobre el tema y válidos para la totalidad del presente siglo es el

registro termo-pluviométrico de la Cartuja (Granada, 774 m) que aglutina el período 1902-1994 y el del Albergue Universitario (Sierra Nevada, 2.489 m), referido al intervalo 1960-1994. Del análisis de ambos parece sugerirse un ligero decrecimiento de las precipitaciones invernales y un aumento de las estivales (RODRIGUEZ et al. 1996), aunque en el conjunto anual no se aprecia incremento ni disminución apreciables. Sin embargo, estos datos deberán contrastarse, en un futuro, con el régimen térmico y determinar posibles tendencias.

Para el siglo XX y a la luz de nuestros estudios podemos diferenciar:

Estado 5. Primera mitad del siglo XX

Por lo que respecta a la primera mitad del siglo actual la masa helada continúa reduciendo dimensión y espesor. Las referencias morfológicas y dimensionales referidas a ella son nulas, pues, el tema es analizado por los diferentes autores de forma muy puntual, pues sólo dedica, en el mejor de los casos breves apuntes descriptivos y poco precisos.

OBERMAIER y CARANDELL (1916) ya niegan categóricamente la existencia de glaciar en el Corral al detectar que no ofrece movilidad, "el ventisquero del Corral del Veleta es una masa de hielo muerta, sin movimiento ni fluctuaciones" (p.67), pero no detallan morfologías ni estado físico de la masa. Al no referirse a dimensiones desconocemos la superficie que debería cubrir la masa helada. En semejante sentido se expresa DRESCH (1937), al señalar un "nevé" testimonial al pie del Veleta, donde la nieve, en parte cristalizada y agrietada, no muestra trazas de movimiento.

Por lo que respecta a la década de los años cuarenta las interpretaciones que se dan de la masa helada del Corral resultan contrastadas y no coincidentes, al menos en la definición de glaciar. SERMET (1942), señala "Acaso el ventisquero inmovil que pasa los veranos en el Corral del Veleta es una muestra fósil de este hielo cuaternario (pero no un verdadero glaciar)" (p. 737). También SOLÉ SABARÍS (1942) se expresa en términos semejantes, "por coincidir la época de la excursión con el momento de máximo retroceso de la nieve y por ser el actual un año de precipitaciones níveas mínimas, se pudieron sacar fotografías muy demostrativas de los pequeños neveros del Corral del Veleta, comprobando que no se trata de verdaderos glaciares" (p. 720).

El contraste de interpretación se debe a GARCÍA SAINZ (1947) que también realiza la misma excursión aludida en la cita anterior (septiembre de 1942) y señala: "el pequeño glaciar del Veleta, formado por capas de hielo y de neviza, como los actuales neveros del Pirineo" ... "La misma superposición estratigráfica de capas de nieve y de hielo azulado que se observa en los glaciares actuales del Pirineo, se presenta en este del Penibético" (pp. 118-119).

Las referencias aludidas manifiestan disparidad en cuanto a la interpretación de glaciar: ¿hielo en movimiento?, ¿masa de hielo cristalizado pero inmovilizado?, ¿ventisquero o nevero que alberga hielo cristalizado?, ¿masa de hielo glaciar paralizada?, ¿helero, en definitiva?. Al margen de lo que cada autor interpreta lo que resulta evidente es que la deglaciación del Corral a lo largo de este período de tiempo ha sido progresiva, aunque con posibles y leves fluctuaciones del frente helado. La lástima es que ningún autor señala dimensiones de la masa helada y escasos son los que hacen una

descripción morfológica del hielo. La reducción se deduce, sobre todo, por la información gráfica de que se dispone (fotografías aéreas y oblicuas), pues las imágenes muestran que ya no se trata de un sólo cuerpo sino que éste tiende a fragmentarse y a refugiarse en las paredes y zonas cóncavas del extremo oriental del Corral.

Estado 6. Segunda mitad del siglo XX-actualidad.

A partir de los años cincuenta y hasta la década de los noventa la nieve encerrando masas de hielo más o menos cristalizado tiende a reducir dimensiones y a recluirse paulatinamente hacia el extremo más oriental del Corral, a partir de la laguna. La documentación que permite apoyar estas ideas es la fotografía aérea de 1957, 1985 y 1990, así como el análisis de las recientes formas instaladas en esta parte del circo.

En este último sentido resulta elocuente la construcción de determinados modelados durante la segunda mitad de siglo, todos ellos de clara génesis periglaciaria y presumiblemente aún en actividad. Por ejemplo, algunas morrenas de "nevé" adosadas a las paredes y, sobre todo, los glaciares rocosos que se canalizan por el seno del surco en dirección a la laguna. Uno de ellos construido entre 1957 y 1990.

En cuanto a la paulatina reducción de la masa helada, también se disponen de algunos datos. En 1976, adosadas a las paredes había placas de hielo que continuaban hacia el interior del cuenco aunque recubiertas por clastos de gravedad. Por lo que respecta al interior del surco la capa de nieve recubría hielo con cierto grado de cristalización. Respecto a 1985 la situación anterior se mantenía aunque la reducción de masa helada resultaba evidente. En cuanto a 1995 la dimensión era mucho más restringida, pues sólo se identificaban pequeñas manchas de nieve granulosa al resguardo de las cornisas de las paredes, en contacto con la raíz del tapizado de derrubios de gravedad. Los enclaves de mayor tamaño eran cuatro (cintas de 4-5 m de longitud cada una de ellas) y quedaban alojados a oriente del "couloir". En superficie, y a partir de los pocos decímetros o 1-1,5 m la masa helada, en fusión, continuaba bajo los clastos. En cuanto a nieve en el fondo del Corral no había trazos de ella. Si, en cambio, hielo en proceso de fusión rellenando algunos intersticios de bloques en torno a la laguna.

Con respecto a esto último cabe preguntarse sobre la existencia de hielo fósil o bolsas de pergelisol a determinada profundidad. Un dato puntual, pero significativo al respecto, es la temperatura que se detecta en el Corral. En tal sentido debe señalarse la diferencia entre la temperatura del aire y la que se registra bajo el suelo. Observaciones realizadas a las 13 horas del día 18 de julio de 1995 dieron los siguientes resultados: 19,5 grados a 1,5 m sobre el suelo y 0,1 grados a 0,5 m de profundidad, en las oquedades de los glaciares rocosos. Este último valor no es de extrañar si tenemos en cuenta que la base del Corral, instalada entre los 3.020 m y los 3.050 m queda inmersa en el tránsito de la franja altitudinal de las temperaturas medias anuales negativas (MATEO GARCÍA, 1995).

Para contestar a la cuestión antes enunciada en el mismo mes de julio de 1995, y con la intención de detectar hielo fósil se realizaron cuatro prospecciones geoelectricas verticales (dispositivo tipo Schlumberguer, tetraelectrónico simple) sobre superficies litológicamente contrastadas en el

interior del Corral (SEV-1, en la zona culminante de la morrena tardiglaciaria; SEV-2, en glaciar rocoso cercano al declive de los Machos; SEV-3, en derrubios de gravedad junto a la pared; y SEV-4, en substrato, cerca del sendero que remonta el Corral en dirección a los Lastrones). Los resultados obtenidos han mostrado diferencias notables de resistividad entre las distintas capas abarcando valores entre 20 Ohm/m (base del SEV-3) y 8.000 Ohm/m (entre los 2,80 m y 6,80 m de profundidad del SEV-2). Una primera interpretación de estos datos permite admitir como hipótesis de trabajo, apoyándonos, además, en las experiencias y resultados de EVIN (1984) en los Alpes del sur, la existencia de masas de hielo amorfo o bolsas de suelo helado, tipo pergelisol en proceso de fusión, en el sector más oriental del cuenco del Corral, a partir de los 3 m. de profundidad.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El Tardiglaciario marca la reclusión de los hielos nevadenses a las cabeceras de los circos. En el caso del valle del Guarnón fue en el Corral del Veleta, cuya masa helada desbordaría el cuenco y se internaría en el valle. Este período de tiempo incluye episodios en los que el frente helado fluctúa. Así parece detectarse tras el análisis de las formas cartografiadas.

Respecto al intervalo finitardiglaciario-Subatlántico (10.000-2.500 BP) existe escasa información, desconociéndose cuál debió ser la amplitud y morfodinámica de los hielos en la Sierra, lo que hace necesario profundizar en el tema desde diferentes perspectivas disciplinares. La Pequeña Edad del Hielo (PEH), ya dentro del Subatlántico (2.500 BP hasta nuestros días), se caracteriza por la presencia de pequeños glaciares en los "corrales" y por lo que respecta al Corral del Veleta, en consonancia con los registros deposicionales detectados en su dominio, la masa helada llegó a desbordar el cuenco logrando asomarse al valle, aunque sin sobrepasar la extensión alcanzada durante el Tardiglaciario. También las diferentes generaciones de morrenas construidas denuncian una merma de hielos a medida que nos acercamos al presente, aunque no de forma progresiva.

La documentación escrita desde 1754 siempre nos confirma la existencia de nieves e hielos permanentes en el seno del Corral y en algunos casos con descripciones precisas, aunque no permiten reconstruir sobre plano la superficie cubierta por el glaciar.

A partir de finales del siglo XIX los hielos continúan reduciendo extensión y recluyéndose, cada vez, más hacia oriente. Es ahora cuando los escritos científicos comienzan a interesarse por el glaciario de Sierra Nevada. Un tema común en ellos es el debate acerca de que si la masa helada del Corral debe catalogarse de glaciar o ventisquero permanente. Desde nuestro punto de vista las interpretaciones vertidas que perduran hasta la década de los cuarenta-cincuenta de este siglo, no confluyen y en ocasiones contradictorias, son debidas a que los autores no otorgan el mismo significado al término glaciar.

Durante la segunda mitad del presente siglo también es perceptible la merma de las masas heladas siendo ya definitiva y exclusiva la morfogénesis periglaciaria y nival del Corral, con un claro predominio de formación de glaciares rocosos, morrenas de "nevé" y conos de gravedad, en lugar de los

cordones morrénicos creados durante las centurias pasadas. En la actualidad, verano de 1995, no existía nieve superficial, aunque, presumiblemente, perdurasen en el extremo más oriental del cuenco núcleos de hielo o bancos de pergelisol en profundidad.

En cuanto a perspectivas futuras de actuación conviene señalar que, aparte de seguir discerniendo sobre el período finitardiglaciario-Pequeña Edad del Hielo, que deberá ser asumido desde enfoques multidisciplinarios, es necesario, para el intervalo siglo XVI-XIX continuar analizando la literatura de época existente y, paralelamente, también, afrontar un programa de dataciones por técnicas liquenométricas. Y por lo que respecta al presente siglo resultará oportuno completar la información obtenida con el estudio del clima actual, tomando como referencia los registros centenarios de que se disponen.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se incluye en el Proyecto de Investigación PS92-0110 de la DGICYT. También nuestro agradecimiento a J.C. Peña por su colaboración en la parte gráfica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOISSIER, C.E. (1839). *Voyage botanique dans le midi de l'Espagne pendant l'année 1837*. Gide et Cie. París. Versión castellana in: BOISSIER, C.E. *Viaje botánico al sur de España durante el año 1837*. Fundación Caja de Granada-Universidad de Málaga. Granada, 1995.
- COPONS, R. & BORDONAU, J. (1994). La Pequeña Edad del Hielo en el Macizo de la Maladeta (Alta cuenca del Esera. Pirineos centrales). in: *El glaciario surpirenaico: nuevas aportaciones*. Geoforma Ediciones. Logroño. pp.111-124.
- ESTEBAN AMAT, A. (1996). Evolución del paisaje nevadense durante los últimos 1.500 años a partir del análisis polínico de borreguiles. *1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada*. Universidad de Granada-Sierra Nevada 96. Granada, vol.IV. pp.251-273.
- EVIN, M. (1984). Sondages électriques sur quelques glaciers rocheux et moraines des Alpes du Sud (France). *Revue de Géomorphologie Dynamique*, 33: 127-138.
- GARCÍA SAINZ, L. (1943). El glaciario cuaternario en Sierra Nevada. *Estudios Geográficos*, IV: 233-254.
- GARCÍA SAINZ, L. (1947). *El clima de la España cuaternaria y los factores de su formación*. Secretariado de Publicaciones. Universidad de Valencia. Valencia.
- GÓMEZ ORTIZ, A.; SÁNCHEZ, S.; SIMÓN, M.; SALVADOR, F. & ESTEBAN, A. (1992). Síntesis de la morfología glacial y periglacial de Sierra Nevada. *Estudios de geomorfología en España*. SEG. Murcia. pp.379-392.
- GÓMEZ ORTIZ, A. & SALVADOR FRANCH, F. (1996). Acerca de la génesis y morfodinámica del glaciario de Sierra Nevada. *1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada*. Universidad de Granada-Sierra Nevada 96. Granada, vol.1: 233-260.
- HELLMANN, G. (1881). Der südlichste Gletscher Europa's. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde*, 16: 362-367.
- LAMPRE VITALLER, F. (1996). Evolución glacial de Ballibierna (Macizo de la Maladeta. Pirineo aragonés). *Dinámica y evolución de Medios Cuaternarios*, pp.143-155. Consellería de Cultura. Xunta de Galicia. A Coruña.
- MATEO GARCÍA, M. (1995). *Estudio del régimen térmico del sector culminal de Sierra Nevada. Tratamiento de datos*. Proyecto DGICYT. PS92-0110 (documento interno). Servei de Gestió i Evolució del Paisatge. Universitat de Barcelona.
- MESSERLI, B. (1965). *Beiträge zur geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien)*. Juris Verlag. Zurich.
- OBERMAIER, H & CARANDELL, J. (1916). Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada. *Trabajos del Museo Natural de Ciencias Naturales*. (Geología), 17: 1-68.
- PASCHINGER (1957). Las formas glaciares de Sierra Nevada. España. *Memorias y Comunicaciones del Instituto Provincial*. Barcelona. pp.81-94.
- QUELLE (1908). Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada. *Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin*, pp.294-316 y pp.407-426.
- REIN, J. (1899). *Beiträge zur Kenntnis der Sierra Nevada*. Sonderausgabe aus den Abhandlungen der K.K. Geographischen Gesellschaft in Wien. Versión castellana in: REIN, J. *Aportación al estudio de Sierra Nevada-Junta de Andalucía*. Granada, 1994.
- RODRÍGUEZ, A.; MONTÁVEZ, J.P.; ROLDÁN, C. & JIMÉNEZ, J.I. (1996). Análisis y contraste de las series climatológicas de Granada y Sierra Nevada. *1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada*. Universidad de Granada-Sierra Nevada 96. Granada, vol.1: 71-85.
- RODRIGO, F.S. (1994). *Cambio climático natural. La Pequeña Edad del Hielo en Andalucía. Reconstrucción del clima histórico a partir de fuentes documentales*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- RUTE, L. DE (1889). *La Sierra Nevada*. Nouvelle Revue Internationale. Imprimerie Charaire et fils. París.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, S. (1990). *Aplicación del estudio de suelos a la dinámica de la cuenca del*

- río Lanjarón. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- SERMET, J. (1942). Sierra Nevada. *Estudios Geográficos*, 9: 727-749.
- SIMÓN, M.; SÁNCHEZ, S. & GARCÍA, I. (1996). Paleoambientes cuaternarios en Sierra Nevada a través de la interrelación geomorfología suelos. *1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada*. Universidad de Granada-Sierra Nevada 96. Granada, vol.2: 87-97.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1942). 2ª Reunión de Estudios Geográficos. *Estudios Geográficos*, 9: 687-726.
- TITOS MARTÍNEZ, M. (1990). *La aventura de Sierra Nevada, 1717-1915*. Universidad de Granada-Diputación Provincial de Granada. Granada. En él se recogen las referencias de Ponz y Pfendler: PONZ, A. (1776). *Viaje de España en que se da noticia de las cosas más apreciables, y dignas, de saberse, que hay en ella*. Joaquín Ibarra. Madrid. PFENDLER, G.F. (1848). *Madera, Nice, Andalucía, la Sierra Nevada y los Pirineos*. Imprenta de D. Carlos Santigosa. Sevilla
- SHIMPER, P. (1849). *Voyage géologique, botanique au Sud de l'Espagne*. Journal de l'Institut. París.
- WILLKOMM, M. (1844). *Aus den Hochgebirgen von Granada*. Wien. Versión castellana in: WILLKOMM, M. *Las Sierras de Granada*. Fundación Caja de Granada-Sierra Nevada 95. Granada, 1993.

Pies de Gráficos y Fotografías

Gráfico 1. Morfología del Corral del Veleta.

1. Morrena tardiglaciaria del Período I, estado 1; 2. Morrena fronto-lateral del Período II, Estado 2; 3. Frente morrénico lobulado del Período II, estado 3; 4. Reborde de empuje glaciario del Período II, estado 4; 5. Arcos de morrenas de "név" del Período III, estado 5; 6. Glaciares rocosos del Período III, estado 6; 7. Desprendimiento.; 8. Material removido de génesis diversa.; 9. Conos de gravedad.; 10. Coladas de bloques.; 11. Figuras geométricas en altiplanicie culminante.; 12. Substrato sometido a gelifracción (pared del circo).; 13. Escalón estructural.; 14. Red fluvial.; 15. Laguna o depresión con agua temporal.; 16. Reborde de circo y resalte rocoso (horn).; 17. Placa de hielo permanente.; 18. Dirección del flujo helado (dominante y local).

En esquina inferior izquierda: línea de cumbres del área culminante de Sierra Nevada y localización del Corral del Veleta.

Gráfico 2. Secuencia cronológica de la deglaciación reciente del Corral del Veleta.

Fotografía 1. Vista general del Corral del Veleta (agosto de 1994).

Fotografía 2. Panorámica vertical del sector oriental del Corral del Veleta (julio de 1995). Fotografía tomada desde el Pico del Veleta (3394 m). Nótese el borde de la morrena tardiglaciaria, el rastrillado en el material morrénico y el extremo distal de un glaciar rocoso.





