

CLAVES PARA CONOCER MEJOR EL GLACIARISMO DE SIERRA NEVADA

Key concepts for a better understanding the Sierra Nevada glaciers

Antonio Gómez Ortiz (*)

RESUMEN

Los glaciares de Sierra Nevada siempre quedaron encerrados en el interior de la montaña pero modelaron con cierta intensidad el relieve preexistente, particularmente las cabeceras de barrancos. Fueron los más meridionales de Europa. El máximo desarrollo del glaciario se centró entre el cerro de Trevélez y el cerro del Caballo, en ambas vertientes. En la actualidad no existen focos glaciares en Sierra Nevada, aunque sí permafrost alpino en el Corral del Veleta.

ABSTRACT

Key concepts for a better understanding the Sierra Nevada glaciers. Sierra Nevada glaciers have been always locked up in the range, but they have modelled with certain intensity the pre-existing relief, particularly at the top of ravines. These glaciers are the most southern of Europe. Glaciers better development was centred between Cerro de Trevélez and Cerro del Caballo, in both range slopes. At the present time there are not glaciers in Sierra Nevada, although alpine permafrost is found in Corral del Veleta.

Palabras clave: Corral del Veleta, glaciares, morfología glaciario, permafrost, Sierra Nevada.

Keywords: Corral del Veleta, glaciers, glacial morphology, permafrost, Sierra Nevada.

INTRODUCCIÓN

Sierra Nevada confoma un robusto macizo instalado en el sureste de España. Bien individualizado por depresiones y surcos fluviales, forma parte de la gran unidad morfoestructural de las Cordilleras Béticas. Sus niveles de cumbres están labrados en rocas metamórficas, micasquistos, principalmente (series del Nevado-Filábride), que entran en contacto con filitas y rocas carbonatadas, mayoritariamente del Triás. Todo el edificio rocoso está muy afectado por la tectónica alpina (Díaz de Federico et al. 1980). El macizo se prolonga de oeste a este a lo largo del paralelo 37° LN en un tramo superior a los 90 km, abarcando territorios de las provincias de Almería y de Granada.

Las cotas culminantes de esta montaña coinciden en su extremo más occidental, a partir del puerto de La Ragua (2000 m), centrándose las mayores altitudes entre el Picón de Jeres (3090 m) y el cerro del Caballo (3013 m). Es en este tramo donde se fijan los puntos más elevados de la Península Ibérica (Mulhacén, 3482 m; Alcazaba, 3371 y Veleta, 3398 m) y donde la morfodinámica glaciario adquirió mayor significado y relevancia.

Sierra Nevada es una montaña eminentemente mediterránea y así lo denota su paisaje vegetal, organizado en los diferentes pisos bioclimáticos que la definen, desde el temomediterráneo hasta el criomediterráneo (Rivas Martínez, 1992). Sin embargo, durante las crisis climáticas cuaternarias las condiciones biofísicas que dominaron la Sierra debieron

ser muy diferentes a las actuales, a juzgar de los resultados polínicos obtenidos en la turbera de Padúl (Florschütz et al. 1971).

El conocimiento glaciario de Sierra Nevada es reciente, aunque se tienen ideas de su existencia desde mediados del siglo XIX (fig. 1). La primera sistematización del conocimiento tuvo lugar en la primera década del siglo XX (Quelle, 1908; Obemaier, 1917) y su valoración geomorfológica general se desarrolló a mediados del mismo siglo (Messerli, 1965). En cuanto a su cartografía de detalle y significado paleoambiental no se materializó hasta comienzos del XXI (Gómez Ortiz et al, 2002).

Los apartados que a continuación siguen, desarrollados a manera de ideas clave, desean mostrar las características y singularidades más sobresalientes del glaciario nevadense.

LOS GLACIARIOS DE SIERRA NEVADA FUERON LOS MAS MERIDIONALES DE EUROPA

En el conjunto de las montañas europeas Sierra Nevada dio cobijo durante los periodos fríos cuaternarios a los glaciares más meridionales del continente. Su existencia fue debida al volumen de la Sierra y a su considerable altitud. Más al sur, fuera ya del ámbito mediterráneo, los focos glaciares más próximos se encuentran en el Alto Atlas (macizo del Toubkal).

El glaciario de Sierra Nevada fue de desarrollo modesto y ello se explica, ante todo, por la fija-

(*) Dept Geografía Física i Anàlisi Geogràfica Regional. Facultat de Geografia i Història. Diagonal Sud, Cupules, Principal, Torre A, Pl. 5a 08028 Barcelona. E-mail: gomez@ub.edu

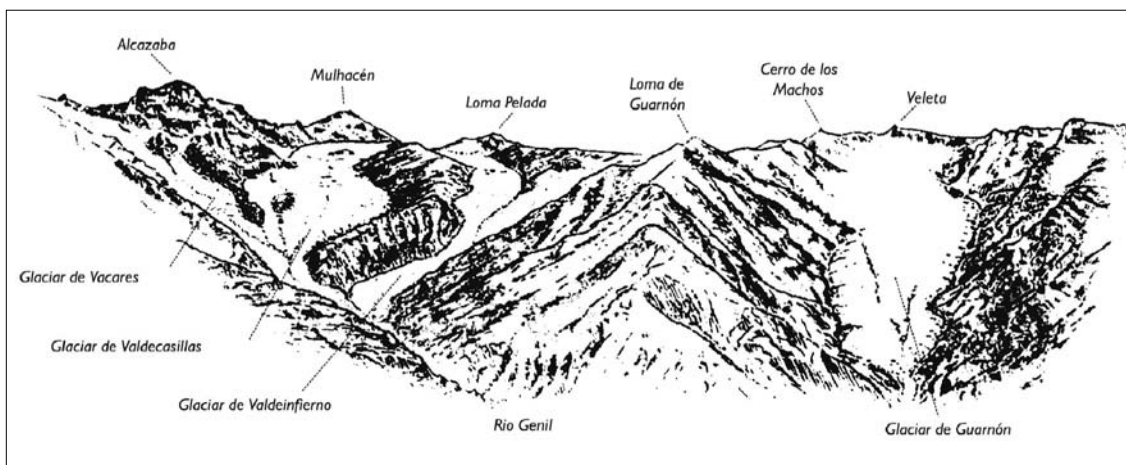


Fig. 1. Panorámica de los glaciares de la vertiente norte según Obermaier (1917).

ción de su nivel de nieves permanentes, que debió quedar fijado entre los 2500-2600 m y supeditado a la combinación latitud geográfica-influencia de las borrascas del Atlántico. En tal sentido, la comparación con otras montañas de la Península Ibérica resulta elocuente. Respecto a la latitud señalar, por ejemplo, que en el Pirineo Oriental (42° LN) este nivel se estableció en torno a los 2150 m. Y respecto a la influencia atlántica indicar que en Serra da Estrela, cercana al Atlántico, el referido nivel se situó en los 1650 m. Si tenemos en consideración estos datos y los comparamos con los de Sierra Nevada, instalada a 37° LN y distante en torno a los 250 km del Atlántico, se comprenderá la considerable cota a la que quedó establecido el referido nivel de nieves eternas. Todos estos datos vienen a mostrar que, en general y en el contexto de la Península Ibérica, la línea de nieves permanentes de las montañas tendió a remontar altitud en sentido oeste-este, por influencia del Atlántico, y a disminuir cota de sur a norte, por influencia de la latitud geográfica.

En el ámbito específico de Sierra Nevada la influencia de las borrascas ciclónicas atlánticas debió ser determinante en el reparto y magnitud de los focos glaciares, sobre todo, si tenemos en consideración el recorrido de las masas de aire, que seguirían trayecto generalizado oeste-este, como en la actualidad. Ello explica el contraste que se detecta entre los sistemas glaciares de la vertiente norte y la sur (cuenca del Genil frente a la cuenca del Guadalfeo). Y su mejor exponente es la longitud que debieron cubrir las lenguas de hielo: máxima cuando los circos estaban encarados al suroeste o norte (Dílar, Monachil, Guarnón) y menor cuando se orientaban al sur y este (Poqueira, Siete Lagunas). Sin embargo, no hay que minimizar el glaciario meridional, que también resultó relevante (Lanjarón, Poqueira, Trevélez). La razón ahora radica, particularmente, en la sobrealimentación nival que recibirían los cuencos por efecto de los vientos dominantes de poniente, que tenderían a barrer la nieve de las altiplanicies y a depositarla en las laderas instaladas a sotavento, lo que vendría a compensar su fusión precoz, impuesta por la orientación sur.

LA MORFOLOGIA GLACIAR DE SIERRA NEVADA COMENZÓ A DESCUBRIRSE A MEDIADOS DEL SIGLO XIX

El glaciario de Sierra Nevada comenzó a interesarse a partir de mediados del siglo XIX y fue a raíz de las observaciones que hacen los naturalistas que recorren la Sierra al analizar las lagunas, a las que dan un origen glaciar. Se trata de geólogos y botánicos, principalmente, que formados en las universidades centroeuropeas (Berlín, Viena, Bonn, Berna, Freiburg, etc.) recorren las montañas de nuestro continente descubriendo sus riquezas naturales (en particular sus minerales y flora). El tema glaciar también les interesó pues por entonces comenzó a afianzarse en Geología los fundamentos del actualismo y la noción de evolución geológica no catastrofista promulgada por Lyell (1847), lo que significó contemplar a los glaciares como agentes externos capaces de introducir modificaciones en las formas de relieve de las montañas (Martínez de Pisón, 1995; Gómez Ortiz et al., 2004).

La primera referencia escrita, según Obermaier (1917), a la existencia de glaciares cuaternarios en la Sierra se debió a Schimper (1849), que atribuyó los conglomerados de la Alhambra a depósitos morrénicos del Genil. Años más tarde esto sería negado por Penck (1894), aunque no la presencia de glaciares en nuestra montaña. Probablemente, la confirmación definitiva del glaciario nevadense se deba a Mac Pherson (1875) que le otorga una dimensión regional afectando, principalmente, a los barrancos. Estas afirmaciones las basa no sólo en la existencia de circos en cabecera de barrancos con presencia de lagunas en algunos de ellos, sino también en los depósitos morrénicos repartidos en el seno de los cauces: *“Por lo tanto, queda, en mi juicio, fuera de toda duda, que durante la época cuaternaria estuvo toda esta región sometida, a semejanza del resto del continente, á la acción glacial; bien porque sus cumbres se elevasen a mayor altura que en la actualidad, ó como consecuencia, según la general creencia, del enfriamiento en que en aquella época experimentó nuestro hemisferio...”*

Las primeras décadas del siglo XX resultaron definitivas para la sistematización de las ideas y ello se debió a Quelle (1908) y a Obermaier (1917), ambos, discípulos de Penck con quien habían recorrido los Alpes y Pirineos. Estos autores analizaron los principales barrancos de la Sierra y determinaron el nivel de nieves perpetuas cuaternario y actual, siempre desde el uso de un lenguaje riguroso y científico. Además avanzaron la posibilidad de que Sierra Nevada hubiera podido estar afectada por glaciaciones antiguas, de acuerdo con las teorías y nomenclatura alpina ya defendida por Penck.

La historia del conocimiento glaciar a lo largo del siglo XX ha resultado muy fecunda, pues se ha venido edificando a partir de aportaciones encadenadas en el tiempo (Dresch, 1937; García Sainz, 1942; Casas Morales, 1943). En la actualidad, se conoce con gran precisión el dominio glaciado y las morfologías creadas. Incluso las etapas paleoambientales más significativas (Messerli, 1965; Lhenaff, 1977; Gómez Ortiz et al., 1998). Sin embargo, aún resulta una incognita la cronología precisa de los acontecimientos.

LOS SISTEMAS GLACIARES QUEDARON RECLUIDOS EN LAS CUMBRES

La huella glaciar en Sierra Nevada está arrinconada en las cumbres y encerrada en los barrancos, como corresponde a un glaciario de montaña mediterránea (fig. 2). Su huella morfológica se recluye por encima de los 2500 m. Es, por tanto, un glaciario de tránsito, instalado entre latitudes medias, propiamente dichas (Alpes) y latitudes tropicales (Atlas).

Los glaciares siempre se acomodaron al relieve preexistente y nunca rompieron sus líneas maestras. Ello explica la compartimentación que ofrecen e incluso la subordinación que determinadas formas de modelado hacen a la estructura y litología del edificio rocoso, como sucede con la ubicación de las principales cubetas de sobreexcavación (hoy lagunas) y recorrido de las torrenteras. La longitud de los glaciares nevadenses fue modesta, pues nunca superó los 12-15 km frente a aquellos otros que alcanzaron los pirenaicos (57 km, en las Nogueras; 34 km, en Andorra; 27 km., en Cerdanya; etc.) (Gómez Ortiz et al. 1994; Gómez Ortiz, 1996).

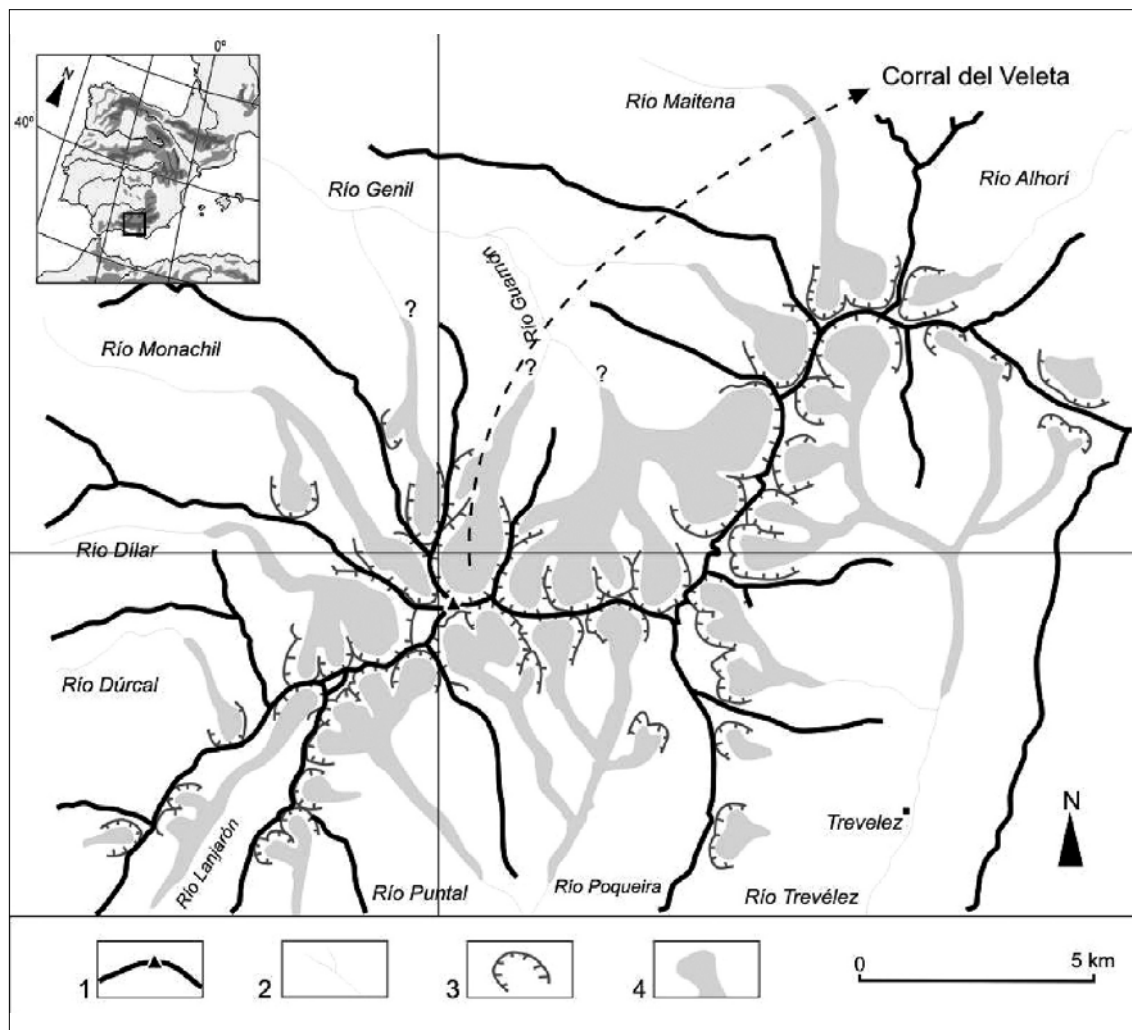


Fig. 2. Desarrollo espacial de los glaciares (Gómez Ortiz et al. 1998) Cordales y puntos cimeros Red de barrancos Circo Glaciares.

Se construyó, por consiguiente, un glaciario de valle individualizado, aunque en ocasiones se lograra la fusión de diferentes emisarios y la transfluencia de masa helada entre circos. Así ocurrió, por ejemplo, en el sistema del Poqueira, cuyo tramo final, a partir de la Hoya del Capitán, se organizó en una sola unidad a partir de la coalescencia de las lenguas del Veleta, Río Seco y Mulhacén. Igualmente se desarrolló un glaciario de circo cuya masa helada, en el mejor de los casos, dejó esparcida su carga sobre las lomas, sin que nunca lograra conectar con el valle principal. La unidad de Siete Lagunas, a oriente del Mulhacén, resulta modélica al efecto.

Los estudios realizados hasta la actualidad no confirman la existencia de un glaciario de casquete, a pesar de la existencia de dilatadas planicies en el nivel de cumbres. O al menos, y durante la última glaciación, lo suficientemente desarrollado como para modelar estos altiplanos. Esta idea la fundamentamos en la antigüedad de los niveles edáficos decapitados que caracterizan estos rellanos cimeros (Lanjarón, Cerro de los Machos) que resultan ser anteriores, por el grado de evolución que presentan, que aquellos otros niveles edáficos desarrollados sobre las morrenas más alejadas instaladas en el seno de los valles. La explicación de la inexistencia de un verdadero casquete glaciar coronando la Sierra podría residir en la eficaz acción del viento de poniente, que tendió a barrer la nieve del suelo y acumularla a sotavento, es decir, en las laderas y cuencos adyacentes con orientación meridional y oriental, tal como sucede en la actualidad.

LOS GLACIARES REJUVENECIERON LAS FORMAS SENILES DE LA MONTAÑA

La acción mecánica de los hielos glaciares en Sierra Nevada supuso cambios morfológicos en las formas de relieve preexistentes, seniles y alomadas. Las evidencias más significativas se concentran en las cabeceras de barrancos y altos tramos de los valles, pues los principales sistemas glaciares quedaron instalados, y así resultó más intensa su labor erosiva, en los surcos de la red fluvial preglaciar. La respuesta consistió en un rejuvenecimiento generalizado del relieve por encima de los 2500 m, que no habría sido posible sin el concurso de los glaciares (fig. 3).

Los circos -hoyas o corrales- se caracterizan por cuencos encajados, de perímetro ovalado o circular y de paredes abruptas. En ocasiones estos circos resultan casi coalescentes y entonces una aguda crestería -raspones- tiende a individualizarlos (Raspones de Río Seco, tajos de la Virgen) y cuando coinciden más de dos un pináculo rocoso -puntal (*horn*)- los preside (puntal de la Caldera, picacho del Veleta, puntal de Vacares). Los fondos de los circos se ofrecen colmados de escombros glaciar, testigo de los últimos episodios fríos tardiglaciares, conformando, casi siempre, glaciares rocosos (*rock glaciers*) de geometrías y perímetros variados (secuencias empotradas de arcos, lóbulos o festones) (Cascajar Negro, Valdeinfierno, Cornavaca, Caldera). Igualmente los fondos de circos incluyen rocas aborregadas y estriadas entre cubetas de sobreexca-

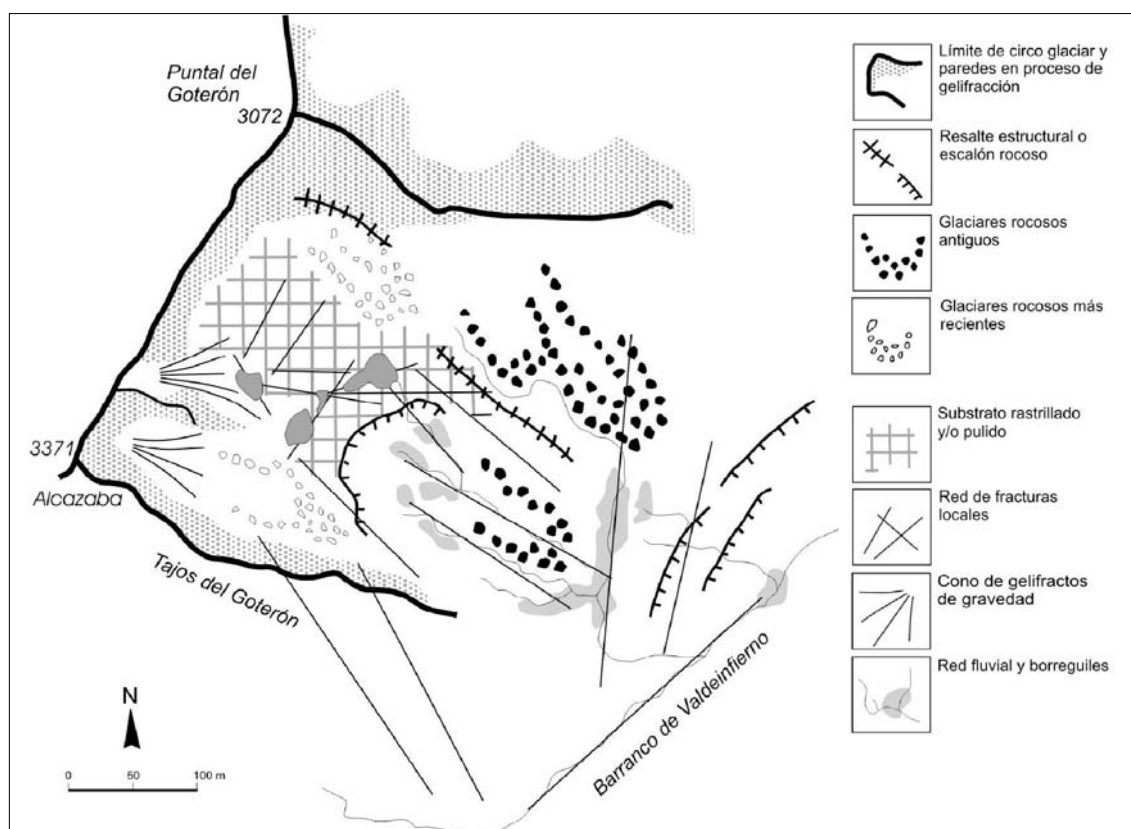


Fig. 3. Morfología del cuenco del Goterón (Gómez Ortiz et al. 1998).

vacación, algunas colmatadas y otras convertidas en lagunas alimentadas por la fusión de las nieves. El origen de estos modelados es erosivo y se entiende por la abrasión llevada a cabo por la carga subglaciar sobre lechos rocosos muy tectonizados (cuenco del Goterón, circo de Juntillas, circo de Aguas Verdes, circo de Río Seco).

Por lo que respecta a los valles lo más destacado es la morfología en U que ofrecen, en contraposición con la angostura y encajamiento que denotan fuera del ámbito glaciado. Así se detecta a lo largo del barranco de Dílar, Monachil, San Juan, Veleta, Lanjarón, Naute (Mulhacén), etc. También destaca en ellos la carga glaciar abandonada, en ocasiones conformando morrenas (laterales y frontolaterales, sobre todo), muy bien conservadas en los glaciares meridionales. En tal sentido, resulta de gran interés paleoclimático la secuencia del sistema del Poqueira, donde se identifican diferentes secuencias instaladas a lo largo del lecho glaciar, entre los 1704 m y los 3130 m.

EL GLACIARISMO PUDO TENER UN DESARROLLO GENERALIZADO DURANTE EL PLEISTOCENO

Los sistemas glaciares en Sierra Nevada tuvieron un desarrollo generalizado durante la última glaciación (würmiense, en terminología alpina), muy visible por sus registros morfológicos al oeste del cerro de Trevélez (2877 m), que es donde se instalan las cumbres que superan los 3000 m. Al este de tal cerro la huella glaciar es tímida y difusa, pues debido a la pérdida de altura de la montaña, sus niveles de cumbres fueron débilmente modelados por los hielos glaciares. En su lugar la morfodinámica nivoglaciar o nivoperiglaciar continuó siendo eficaz incluso sobrepasado el cerro del Chullo.

El tema aún pendiente de resolución, ya apuntado por Quelle (1905) y Obermaier (1917) y retomado por Messerli, (1965), es determinar y situar en el tiempo preciso si la Sierra albergó glaciares prewürmienses. Sobre esta cuestión, como sucede en la mayor parte de las montañas glaciadas de la Península Ibérica, hay diversidad de opiniones. Respecto a la Sierra parece prudente admitir la existencia de periodos fríos y cálidos antiguos (ciclos glaciar/interglaciar), según la información polínica de Padul, con seguridad desde el 46.440 BP (Florstchütz et al. 1971), lo que deja la puerta abierta para admitir glaciaciones prewürmienses. Tema en el que estamos trabajando.

Los registros glaciares (formas deposicionales y erosivas) de Sierra Nevada se disponen escalonados en el seno de los valles y diferenciados atendiendo a su morfología y alteración del sedimento (suelo o formación detritica no edáfizada). Desde tal perspectiva resulta oportuno aún establecer una cronología relativa en la que pueden instalarse tres tipos de registros: a) registros del avance máximo glaciar, instalados en las cotas más bajas de los barrancos; b) registros intermedios, localizados entre los anteriores y el seno de los circos; c) registros internos, ín-

mersos en el interior de los circos. De todos ellos, los externos resultan los más antiguos y los internos los más recientes. Estos últimos podrían corresponder al periodo Tardiglaciar, con una antigüedad entre los 14.000 y 9.000 BP.

DURANTE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO LA SIERRA TAMBIÉN ALBERGÓ GLACIARES

El enfriamiento global -reflejado en aumento de niviosidad- que durante los siglos XIV-XIX invadió nuestras latitudes, conocido como Pequeña Edad del Hielo (*Little Ice Age*) supuso avance de los glaciares existentes (Alpes, Pirineos) y creación de otros nuevos en determinadas montañas deglaciadas. En el caso de la Península Ibérica, los Picos de Europa, Sierra Nevada y probablemente algunos macizos del Sistema Central, conocieron este hecho glaciológico.

La información sobre este glaciario histórico en Sierra Nevada está bien documentada en libros de viajeros ilustrados y científicos románticos, de manera precisa a partir del siglo XVIII. El más antiguo y relevante documento se debe a Antonio Ponz (fig. 4), que en 1754 recorrió la montaña: "*Dexado este sitio (se refiere al picacho del Veleta) pasamos a registrar*

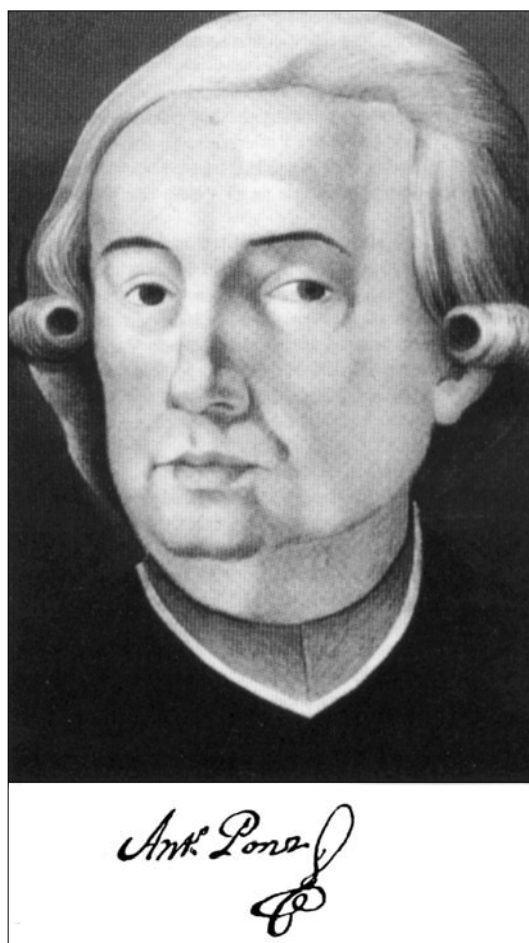


Fig. 4. Antonio Ponz, ilustrado que en 1754 describió los hielos del Corral del Veleta.

el propincuo llamado Corral del Veleta, nombre ajustado a sus proporciones, por ser una profundidad ancha y cerrada de tajos muy peynados sin entrada por parte alguna, caxon ambicioso de nieve, que se cree guarda la primera que cayó después del Diluvio, reducida a piedra, pues estando abierto hacia el Norte, aquí es yelo lo que es nieve en otros lugares; y nunca se derrite mas que la superficie, que es lo que el Sol le descubre “. Sin embargo, el más ajustado por ideas y terminología se debe al botánico Boissier (1839): *El glaciar tiene una pendiente muy inclinada, su altura perpendicular solo 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 (...). 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 de su extremidad por varias cavernas excavadas en el hielo* “.

El glaciar del Corral del Veleta, el más importante de la Sierra, quedó alojado en el seno del circo del Guarnón (a una altitud media de 3050 m), ocupando parte de lo que fue la antigua cuenca de recepción del glaciar pleistoceno de igual nombre. Su desarrollo se debió a su favorable orientación a los flujos húmedos del Atlántico, a la particular morfotopografía del cuenco receptor, a su fijación norte y al acopio de nieve extraordinaria que recibió por efecto del viento (fig. 5). La extensión que cubrió rellenó el surco del antiguo circo, estimándosele para finales del siglo XIX una longitud superior a los 500 m y una anchura en torno a los 200 m. Según Quelle (1908), a principios del siglo XX su máximo avance podría haber quedado instalado en los 2835 m.

A partir de finales del siglo XIX el glaciar entró en un proceso de retroceso sostenido, de manera tal que a mediados del siglo XX ya permanecía recluso en el tercio más oriental del Corral y a partir de 1995 había desaparecido totalmente, aunque en profundidad y recubierto por un manto de cascajos aún se mantenían bolsas de hielo fósil (*permafrost* alpino).



Fig. 5. Gráfico tomado de una fotografía en la que se observa el Corral del Veleta a finales del siglo XIX (Bide, 1893).

EL RELIEVE CIMERO DE LA SIERRA SINGULARIZA AL PARQUE NACIONAL SIERRA NEVADA

La morfología glaciar de Sierra Nevada es una de las singularidades que mejor definen y distinguen a esta montaña del conjunto de aquellas otras andaluzas. Este relieve, inmerso en la demarcación del Parque Nacional de Sierra Nevada, constituye un rico y valioso patrimonio natural, ejemplo del devenir reciente del paisaje de cumbres. Por todos estos valores su salvaguarda y protección debieran ser prioritarios en el Plan Rector de Uso y Gestión del referido Parque.

Y de entre la amalgama de relieves y modelados glaciares y periglaciares que conforman a Sierra Nevada, sin lugar a dudas, uno de los enclaves más significativos y sobresalientes por su contenido científico es el Corral del Veleta, último testimonio del glaciarismo. La muy reciente deglaciación del Corral ha generado que en la actualidad se desarrolle en su seno una morfodinámica periglacial muy activa, convirtiéndose en un reducto singular y único para el estudio del denominado Cambio Global en esta parte del Mediterráneo. Trabajos experimentales se están llevando a cabo al efecto y de entre ellos destaca el control de la temperatura a diferentes niveles del suelo, la cartografía del manto nival y el seguimiento del estado físico del techo del *permafrost* (fig. 6).



Fig. 6. Fotografía del sector oriental del Corral del Veleta (Gómez Ortiz, 2003).

CONCLUSIONES A MANERA DE SÍNTESIS

La morfología de cumbres de Sierra Nevada resulta singular en el ámbito de las montañas andaluzas, pues de ellas fue el único macizo que durante el Pleistoceno albergó focos glaciares. Ello explica el relieve vigoroso que tiende a instalarse por encima de los 2500 m. Sin embargo, hay que señalar que debido a la baja latitud de la montaña (37° LN) y a la moderada influencia de las borrascas atlánticas, los glaciares quedaron arrinconados en las alturas y encerrados en los moldes que les marcaron los surcos fluviales preexistentes.

En este tramo cimero de la montaña las formas de relieve se caracterizan por la profusión de circos y valles en forma de U. Morfologías dominantes que ya fueron identificadas a partir del siglo XIX y que se reparten tanto en vertiente norte como en sur, entre el cerro de Trevélez (2877 m) y el cerro del Caballo (3013 m), que es donde las cuerdas superan con creces los 3000 m.

En la actualidad, no existe rastro glaciar en Sierra Nevada, pues incluso el pequeño aparato desarrollado en el seno del Corral del Veleta durante la Pequeña Edad del Hielo, desapareció. De él sólo resta una bolsa de hielo fósil (*permafrost*) atrapada entre cascajos en el tercio más oriental del referido Corral.

Sierra Nevada está catalogada actualmente como Reserva de la Biosfera, Parque Natural y Parque Nacional, lo que evidencia la particularidad y riqueza de sus ecosistemas, ejemplificados en su singular paisaje. Y de éste, el relieve y modelados glaciares y periglaciares conforman uno de sus elementos más significativos (fig. 7).

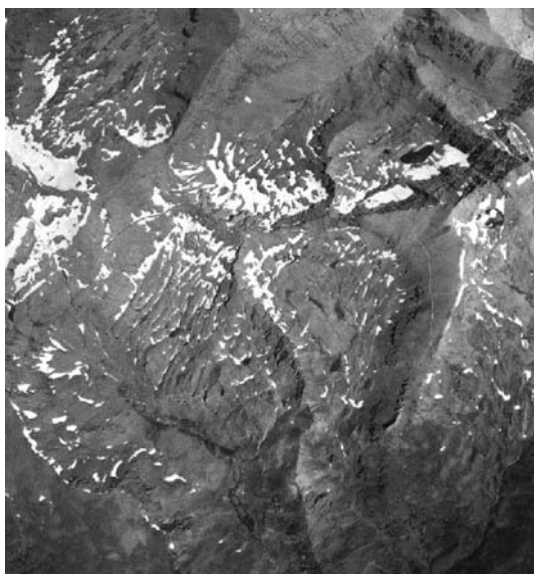


Fig. 7 Foto aérea del nivel de cumbres de Sierra Nevada (área Veleta-Mulhacén) (IGN, 1982).

BIBLIOGRAFÍA

- Boissier, C. (1839). *Voyage botanique dans le midi de l'Espagne pendant l'année 1837*. Versión castellana en C.E. Boissier "Viaje botánico al sur de España durante el año 1837". Fundación Caja de Granada y Universidad de Málaga. Granada.
- Díaz De Federico, A.; Puga, E.; Burgos, J.; Gallegos, J.A. & Sanz De Galdeano, C. (1980). *Mapa geológico de España*. Hoja 1027 (Güejar Sierra, E: 1/50000). IGME. Madrid.
- Casas Morales, A. (1943). Contribución al estudio del glaciario cuaternario en Sierra Nevada. *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, XLV, 543-567.
- Dresch, J. (1937). *De la Sierra Nevada au Grand Atlas, forme glaciaires et formes de nivation*. Melanges de Geographie et d'Orientalisme offert a E.F. Gautier. Tours, 194-212.
- Florstchütz, F.; Menéndez Amor, J. & Wijmstra, T.A. (1971). Palynology of a thick Quaternary secession in southern Spain. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 10, 233-264.
- García Sainz, L. (1942). El glaciario cuaternario de Sierra Nevada. *Estudios Geográficos*, IV, 233-254.
- Gómez Ortiz, A. & Salvador Franch, F. (1994). Glaciario en el extremo oriental del Pirineo: Baixa Cerdanya y Sur de Andorra. *El glaciario surpirenaico. Nuevas aportaciones*. Geoforma Ediciones. Logroño, 65-90.
- Gómez Ortiz, A. (1996). *El relleu d'Andorra. Morfología glacial i periglacial*. Ministeri d'Educació, Joventut i Esports. Govern d'Andorra. Andorra la Vella. Andorra.
- Gómez Ortiz, A. & Salvador Franch, F. (1998). *El glaciario de Sierra Nevada, el más meridional de Europa. Las huellas glaciares de las montañas españolas*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, 385-430.
- Gómez Ortiz, A. (Coord.) (2002). *Geomorphological Map of Sierra Nevada*. Glacial and periglacial Geomorphology. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Granada.
- Gómez Ortiz, A. & Plana Castellví, J. (2004). El paisaje glaciar de Sierra Nevada a través de los escritos de época (siglos XVIII y XIX). Contribución al conocimiento geográfico español. *Investigaciones Geográficas*, 34, 29-46.
- Lhenaff, R. (1977). *Recherches geomorphologiques sur les Cordilleres Betiques centro-occidentales (Espagne)*. Thèse. Université de Lille. France.
- Lyell, C. (1847). *Elementos de Geología* (traducción de J. Ezquerro del Bayo). Imprenta de Antonio Yenes. Madrid.
- Mac-Pherson, J. (1875). De la existencia de fenómenos glaciares en el sur de Andalucía durante la época cuaternaria. *Acta de la Sociedad Española de Historia Natural*, vol. IV, 56-61.
- Martínez De Pisón, E. (1995). *La primera geomorfología española. Geógrafos y naturalistas en la España contemporánea*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, 81-106.
- Messerli, B. (1965). *Beiträge zur Kenntnis der Sierra Nevada (Andalusien)*. Juris Verlag. Zurich.
- Obermaier, H. (1916). *Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Geología), 17, 1-68.
- Penck, A. (1894). *Studien über das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärperiode und der Diluvialperiode*. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zur Berlin, 109-141.
- Ponz, A. (1754). *Relación del viaje que desde Granada hizo á Sierra Nevada* D. Antonio Pons á influxo del Excmo. Sr. Marqués de la Ensenada. *Mensajero económico y erudito de Granada*, 25-30. Granada. Reproducido en M. Titos Martínez "Textos primitivos sobre Sierra Nevada (1754-1838)". Caja General de Ahorros de Granada. Granada, pp.52-73.
- Quelle, O. (1908). *Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada*. Tesis doctoral. Universidad Friedrich-Wilhelm. Berlin.
- Rivas Martínez, S. (1992). Etages bioclimatiques, secteurs chronologiques et séries de végétation de l'Espagne méditerranéenne. *Ecología Mediterránea*, 8, 275-288.
- Schimper, P. (1849). *Voyage geologique, botanique au Sud de l'Espagne*. Journal de l'Institut. Paris. ■