

EL PAISAJE RECIENTE DE SIERRA NEVADA, DOCUMENTOS ESCRITOS DE ÉPOCA Y SIGNIFICADO GEOGRÁFICO DE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO

Antonio Gómez Ortiz¹, Marc Oliva Franganillo², Ferran Salvador Franch¹,
Montserrat Salvà Catarineu¹, Benedita Milheiro Santos¹, José A. Plana
Castellví¹, Manuel Espinar Moreno³, Antonio L. García Ruiz⁴, Sebastián
Sánchez Gómez⁵, David Serrano Giné⁶
Grup de Recerca Paisatge i paleoambients a la muntanya mediterrània.
Universitat de Barcelona

RESUMEN

El conocimiento de la Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada (España) está siendo completado a partir de la información recogida en documentos escritos de época (siglos XVII-XIX). La interpretación del contenido de la documentación seleccionada viene a sumar nuevos datos a los que ya poseíamos desde otras ciencias, a partir, sobre todo, del análisis de registros naturales. La información que suministran los documentos de época, una vez interpretada e instalada en el tiempo, permite precisar más el significado geomorfológico que este periodo frío histórico debió tener en la evolución de los paisajes de cumbres de esta montaña mediterránea.

Palabras clave: Pequeña Edad del Hielo, Sierra Nevada, evolución del relieve, paisaje, documentación escrita de época (siglos XVII-XIX).

Recent landscape evolution in Sierra Nevada. Historical written documents and geographical significance of the Little Ice Age

ABSTRACT

Our knowledge of the Little Ice Age in Sierra Nevada (Spain) is being completed with the information inferred from historical documents (centuries XVII to XIX). The interpretation of the selected historical sources provides more data about the knowledge that we already have of this period based on sedimentary records. The information provided by historical documents, once interpreted and accurately dated, enable to reconstruct the geomorphological significance that this cold period had on the landscape of the summit area of this Mediterranean massif.

Keywords: Little Ice Age, Sierra Nevada, relief evolution, landscape, historical written sources (centuries XVII-XIX)

Fecha de recepción: 2 de marzo de 2012.

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2012.

¹ Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Barcelona. E-mail: gomez@ub.edu

² Departamento de Geografia. Universidade de Lisboa.

³ Departamento de Historia Medieval y Ciencias y Técnicas Historiográficas. Universidad de Granada

⁴ Departamento de Didáctica de las Ciencias Sociales. Universidad de Granada

⁵ Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Almería

⁶ Departamento de Geografía. Universidad Rovira i Virgili. Tarragona

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Desde hace unos decenios el estudio de la evolución del pensamiento geográfico ha tenido en consideración como fuente de información determinadas obras de época aparecidas a partir del siglo XVIII, particularmente aquellas escritas por viajeros ilustrados o científicos referidas a territorios o paisajes.

En tal sentido, y en el caso de la geografía española, los frutos que vienen obteniéndose resultan de gran interés, pues la interpretación del contenido de estas obras se está mostrando muy útil no sólo por su contribución al mejor conocimiento de la evolución histórica de los territorios o paisajes descritos sino, también, por la aportación que suponen al progreso de nuestra ciencia, en particular en la renovación de ideas, conceptos, principios y métodos (Capel, 2002; Martínez de Pisón, 1999).

El tema que nos ocupa se refiere a la información científica que aportan las obras de época (sobre todo el siglo XIX) acerca del significado geográfico que debió tener la Pequeña Edad del Hielo en el paisaje de cumbres de Sierra Nevada, en su medio biofísico. Sierra Nevada, el macizo montañoso más elevado de la Península Ibérica (37°N, 3°W; Mulhacén, 3482 m; Veleta, 3398 m), permaneció durante la referida Pequeña Edad del Hielo (siglos XIV/XV-XIX, principalmente) en condiciones climáticas periglaciares a partir de los 2450 m, (Gómez Ortiz et al. 2009a) cobijando, además, pequeños focos glaciares en las cabeceras de sus valles más elevados (figura 1).



Figura 1. Nivel de cumbres de Sierra Nevada y localización en la Península Ibérica.

El análisis e interpretación del contenido de las obras seleccionadas ha supuesto una aportación de datos nuevos al conocimiento que venimos acumulando, desde hace ya más de una década, sobre el paisaje de Sierra Nevada durante la referida Pequeña Edad del Hielo, asumidos a partir de trabajos geomorfológicos (Gómez Ortiz et al, 1996, 2009b; Oliva et al. *in press*). Y, sobre todo, han resultado muy valiosos en la determinación del alcance morfogenético de los procesos fríos glaciares y periglaciares en la definición de las formas de relieve en los paisajes.

2. OBRAS CONSULTADAS Y METODOLOGÍA

Las obras que se han tenido en consideración abarcan, fundamentalmente, el siglo XIX, aunque también se han contemplado, por su particular interés general o datos precisos, otras anteriores. Los autores de todas ellas siempre coinciden en ser personas eruditas (clérigos, la mayoría) o científicos (naturalistas, sobre todo) (figura 2). Son obras, la mayoría, referidas a relatos de viajes, crónicas de expediciones o análisis descriptivos del territorio. Su estilo es, mayoritariamente narrativo, aunque a partir de comienzos del siglo XIX, la interpretación y la explicación tienden también a contemplarse. En cuanto a la parte gráfica que incluyen, cuando existe, centra interés en la representación del territorio a partir de esquemas y mapas.

Las obras seleccionadas y analizadas son ediciones originales, reediciones *facsimil*, compilaciones y/o transcripciones o traducciones de versiones originales. Los autores que se han tenido en consideración preferente son: Simón de Rojas Clemente y Rubio (1804-1809), Charles Edmond Boissier (1839), Pascual Madoz (1849), Moritz Willkomm (1882), Luis de Rute (1889) y F. Bide (1893). También se han tenido en cuenta datos de Francisco Bermúdez de Pedraza (1638), Francisco Henríquez de Jonquera (1643, 1646), Francisco Fernández Navarrete (1732), Pedro Murillo Velarde (1752), Tomás López y Vargas Machuca (1776) y Antonio Ponz (1797), así las como compilaciones de síntesis de Titos Martínez (1991) y Torres Palomo (1967-1968), ésta última centrada en escritos árabes aparecidos entre los siglos XII-XIV.



Figura 2. Autores y obras representativas de la bibliografía de época de Sierra Nevada (Antonio Ponz, Simón de Rojas Clemente y Rubio y Charles Edmon Boissier).

En cuanto a la metodología empleada para el análisis de las obras seleccionadas reseñar que tras la identificación de cada una de ellas y posterior lectura e interpretación de su contenido, éste se estructuró y clasificó de acuerdo al tipo de información recogida –literaria y/o gráfica– útil para nuestros objetivos. Posteriormente, esta información, ya depurada, se introdujo en un banco de datos informatizado de consulta permeable y múltiple de acuerdo con descriptores geográficos preestablecidos.

3. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

El resultado más relevante y significativo del análisis de la información obtenida queda sintetizado en la figura 3, construido a partir de las descripciones y demás datos particulares de los parajes y lugares recogidos en las obras seleccionadas. Su interpretación ha permitido proponer la distribución altitudinal de los ambientes morfogenéticos de la Pequeña Edad del Hielo durante el periodo estudiado y compararlo con los actuales. El sector montañoso donde se ha realizado este ensayo coincide con el núcleo más elevado de Sierra Nevada, desde el barranco de Trevélez, al este, hasta el de Monachil, al oeste, en la franja altitudinal entre los 2300-2400 m hasta las cuerdas cimeras (>3400 m).

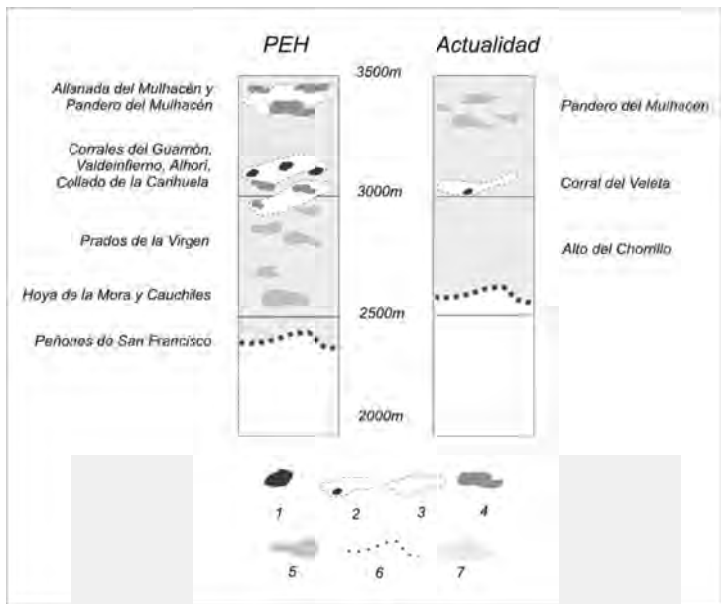


Figura 3. Comparación de ambientes morfogenéticos en las cumbres de Sierra Nevada (Pequeña Edad del Hielo (PEH)-Actualidad). 1. Focos glaciares; 2. Hielo fósil y permafrost profundo; 3. Permafrost; 4. Neveros o ventisqueros permanentes; 5. Neveros o ventisqueros de fusión tardía; 6. Límite inferior de los procesos periglaciares; 7. Dominio periglacial con indicación de parajes significativos.

Los resultados e interpretación morfogenética de mayor interés que se desprende de nuestra propuesta son los siguientes:

3.1. Sierra Nevada albergó durante la Pequeña Edad del Hielo mayor espacio periglacial que en la actualidad

Todos los escritos hacen referencia al dominio generalizado del frío, la nieve, el viento y el hielo en los tramos de cumbres de Sierra Nevada, lo que los convierte en medios dominados por condiciones ambientales periglaciares, propicias para el desarrollo de procesos morfogenéticos fríos (inestabilidad de laderas y fragmentación del roquedo, sobre todo) y limitación de aquellos otros procesos edáficos y biológicos (formación de suelos y desarrollo de vegetación).

El dato de mayor interés que permite evaluar estas condiciones frías es la distribución de los neveros de fusión tardía. Si tenemos en cuenta que durante el periodo estudiado éstos pudieron permanecer en cotas relativamente bajas en el verano, hecho que se deduce a partir de los lugares donde los arrieros cargaban la nieve para su venta en la ciudad de Granada (TITOS MARTÍNEZ, 1996), debe admitirse como hipótesis que el límite inferior de los procesos fríos se establecería en cotas inferiores a las actuales.

El cálculo de estos datos resulta sencillo si tenemos en consideración lo que sigue. La fijación actual de este límite inferior en vertiente norte se establece alrededor de los 2600 m y en torno a los 2750 m en vertiente sur, así se deduce de la eficacia morfogenética del hielo y la nieve en el suelo, traducido en las formas de modelado asociadas (GÓMEZ ORTIZ et al. 1998). Por lo que respecta a las cotas históricas que debió alcanzar este límite y que ahora interesan, la referencia la encontramos en las observaciones que anota Simón de Rojas Clemente y Rubio (1804-1809) en su obra "Historia Natural del Reino de Granada" al distribuir altitudinalmente los ambientes bioclimáticos de la Sierra a lo largo del transecto que establece entre la costa mediterránea y la cima del Mulhacén. Los dos más elevados, frigidísimo y glacial, los establece a partir de las 2900 varas (2436 m), resaltando de ellos las condiciones climáticas extremas imperantes que deben soportar las plantas (larga permanencia de la nieve en el suelo, frío intenso y violencia del viento), lo que permite deducir similares procesos morfogenéticos y modelados asociados a los que actualmente se desarrollan.

La comparación de todos estos datos invita a proponer los siguientes valores:

Cotas culminantes de la Sierra	3482 m
Cota inicial del ambiente frigidísimo a inicios del siglo XIX	2436 m
Tramo altitudinal medio en condiciones periglaciares	1046 m
Cotas culminantes de la Sierra	3482 m
Cota inicial del ambiente periglacial medio a finales del siglo XX	2675 m
Vertiente norte, 2600 m	
Vertiente sur, 2750 m	
Tramo altitudinal medio actual en condiciones periglaciares	807 m
Diferencia altitudinal inicio siglo XIX /final siglo XX	239 m

En cuanto a las condiciones térmicas que debieron caracterizar los niveles de cumbres de Sierra Nevada descritos por Simón de Rojas Clemente y Rubio, se podría ensayar, a partir del conocimiento climático actual que se tiene de ellos, una propuesta comparativa referida a los tramos periglaciares del siglo XIX (1804-1809) y finales del siglo XX (2009) (Oliva, 2009). El punto de partida es la temperatura media anual que en la actualidad se registra en la cota de los 2500 m (4,4°C en el Albergue Universitario, periodo 1965-1992) y la que se registra, tras la aplicación del gradiente térmico altitudinal (rango 0,6°C-0,49°C/100 m), a 2675 m (3,35-3,55°C),

que coincide con el límite inferior medio de la generalización de los procesos periglaciares actuales. En cuanto a las temperaturas correspondientes a comienzos de siglo XIX el ejercicio ahora consiste en asignar la temperatura obtenida a 2675 m a los 2436 m y a partir de tales cotas aplicar el mismo gradiente térmico altitudinal. Ello conduce a proponer los valores que se reflejan en la figura 4 y como representativos los indicados en la siguiente tabla:

Paraje	Cota	Temperatura media anual	
		PEH (1804-1809)	Actualidad (2009)
Picacho del Mulhacén	3482 m	-2,92/-1,57°C	-1,49/-0,41°C
Picacho del Veleta	3398 m	-2,41/-1,16°C	-0,98/+0,01°C
Corral del Veleta	3000 m	-1,08/-0,06°C	1,40/1,95°C
Límite inferior del tramo periglacial	2675 m		3,35/3,55°C
Albergue Universitario	2500 m	2,97/3,24°C	4,40°C
Limite inferior del tramo periglacial	2436 m	3,35/3,55°C	

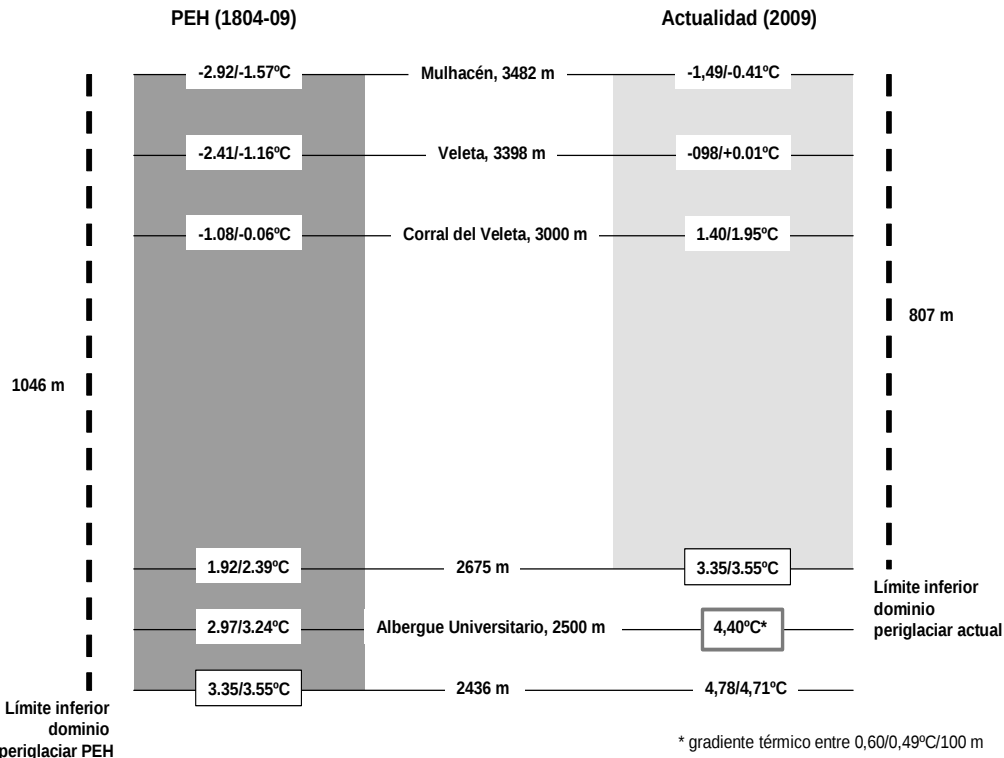


Figura 4. Distribución térmica altitudinal (PEH, 1804-1809 y Actualidad, 2009).

A la vista de todos estos hechos se podría concluir señalando que la franja altitudinal bajo condiciones periglaciares en Sierra Nevada durante la Pequeña Edad del Hielo (inicio del siglo XIX) superaría en torno a 239 m a la actual, con el consiguiente mayor dominio espacial de los procesos y formas de origen frío. Estas condiciones ambientales supondrían, para estas partes de la montaña, la supremacía de procesos de carácter mecánico frente a aquellos otros de naturaleza biológica, como hoy sucede, aunque en menor medida e intensidad. De entre los primeros, y en la relación del binomio proceso-forma, destacarían:

- a) La gelifracción, afectando a resaltes rocosos y asociados a ellos la formación de canchales, conos o taludes de piedras y coladas y lenguas de bloques.
- b) El binomio gelifracción-deslizamiento de clastos sobre nieve o hielo, conformando morrenas de nevero (*protalus rampart*).
- c) La soligelifluxión, incidiendo, mayoritariamente, en suelos desnudos o débilmente vegetalizados, construyendo terracitas o mantos detríticos con frente lobulado.
- d) La geliturbación y crioreptación, generando figuras geométricas flotantes en superficies aplanadas desprovistas de vegetación.
- e) Y, además, la formación de suelos helados (*permafrost*) en parajes con presencia de neveros o ventisqueros permanentes, o en aquellos otros sometidos a desnivación repetitiva.

3.2. Generalización de focos glaciares en el seno de los corrales

Sin duda, la existencia de focos glaciares en Sierra Nevada es el dato de mayor relevancia y el que mejor distingue a la Pequeña Edad del Hielo. Se trata de la existencia de un glaciario acantonado y encerrado en la mayoría de los circos (corrales) más elevados, tanto en vertiente septentrional como meridional. En el ámbito de las montañas europeas fue la manifestación glaciológica más meridional. En la actualidad no existe rastro visible de ellos. Sólo el Corral del Veleta aún mantiene hielo relicto en proceso de degradación, aunque bajo un manto de cascajos (Gómez Ortiz et al. 2008).

La información que se tiene de este hecho en los libros de época es notable, aunque hay que deducir su existencia a partir de la significación que se le otorga a la nieve, pues hasta 1837 no se identificó como acontecimiento glaciar y ello se debió al botánico Charles Edmond Boissier. Las primeras alusiones a la existencia de “nieve endurecida o nieve que parece piedra” en Sierra Nevada proceden de escritos árabes del siglo XII (Torres Palomo, 1967-1968). Pero instalados en el siglo XVIII las referencias proliferan. En tal sentido, resultan de interés las alusiones de Francisco Fernández Navarrete (1732) y de Pedro Murillo Velarde (1752) que por su contenido también permiten interpretarla como hielo glaciar: “*Los parajes de perpetua nieve. El principal es el Veleta. Ya se ha dicho su sitio y el de su Corral. La Colina pues, que lo circunda formando una alta cerca de pinas que parecen olas o cogollos de árboles y cipreses*” (Fernández Navarrete, 1997, p. 344). Y respecto a la referencia de Murillo Velarde conviene señalar: “*No menos que la vega con su llanura y frutos, hermosa y sirve a Granada la Sierra, purificándola con sus aires y regándola con su nieve que tiene todo el año en el corral o picacho del Veleta y de aquí se llama Sierra Nevada; dista cuatro leguas de la ciudad. Allí hizo la Naturaleza un pozo perpetuo, de donde se provee todo el año de nieve no sólo la ciudad tan populosa sino que se lleva de allí para otras partes de Andalucía*” (Murillo Velarde, 1988, p. 88).

Sin embargo, la referencia y descripción más completa de nieves perpetuas de Sierra Nevada se debe a Antonio Ponz, a raíz del viaje que hizo a las cumbres de la Sierra en el año 1754 a instancias del Marques de la Ensenada, aunque publicada su descripción en 1797.

Acerca del Corral del Veleta afirma: “ *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 más que la superficie, que es lo que el Sol le descubre* ” (Ponz, 1797). Décadas después, Tomás López y Vargas Machuca insiste en semejantes términos sobre las nieves de Sierra Nevada e, igualmente, lo hace del Corral del Veleta en su “Diccionario Geográfico e Histórico”, publicado a partir de 1776. Y lo hace así: “*un corral de grande profundidad (se refiere al Corral del Veleta), con un depósito de nieve que se puede regular desde que años, ni para cuantos hay allí, porque la expresada nieve está ya petrificada o cristalizada la más* ” (citado en Titos Martínez, 1991, p. 63).

Pero habrá que esperar al primer tercio del siglo XIX para que las nieves del Corral del Veleta se certifiquen como hielo glaciar. Ello se debió al análisis de campo que hizo el suizo Charles Edmond Boissier, con motivo del viaje que realizó a Sierra Nevada durante el año 1837. Boissier, científico naturalista y botánico de formación, aplica sus conocimientos relativos al trabajo mecánico de los hielos y de los glaciares al Corral del Veleta a partir de sus experiencias en los Alpes y de los escritos de Saussure, Charpentier y Agassiz. Su aportación es rigurosa en contenido y precisión: “*El glaciar tiene una pendiente muy inclinada, su altura perpendicular tiene 200 a 300 pies, su ancho más o menos 600 pasos () 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 () presenta en miniatura todos los caracteres de los glaciares alpinos, hendiduras, hielo impuro morrenas fangosas* ” (Boissier, 1995, p. 290). Décadas después de las observaciones de Boissier, Willkomm (1882) insistía también en la presencia de este foco glaciar del Veleta, con lo que se certifica sólidamente su existencia. Y lo atestigua así: “*Muy pegado al borde del vertiginoso abismo podía estudiar el colosal valle de circo prolongado al sur, en cuyo ángulo más al fondo, justo debajo de los despeñaderos gigantescos del Picacho, se veía la nítida silueta del helero del Veleta (). Por encima del glaciar del Veleta se veía un enorme ventisquero aún más inclinado, que llega a una pared muy escabrosa, de una altura de casi 500 metros* ” (Willkomm, 1995, p. 115). Años después el foco glaciar del Corral del Veleta es recogido en la cartografía del nivel de cumbres que presenta Bide (1893), aunque de su existencia y singularidad no comenta nada de interés (fig. 5).

La distribución de focos glaciares en el seno de los corrales en Sierra Nevada no tuvo que ceñirse al del Veleta, sino que debieron estar generalizados en ambas vertientes de los cordales cimeros. El hecho de insistir los autores de época en el del Corral del Veleta hay que atribuirlo a su considerable dimensión —el más importante de la Sierra—, a que podía distinguirse el Corral desde la ciudad de Granada, y a que se localizara su glaciar en el sendero que conduce al picacho del Veleta, meta a cubrir por todos los que accedían a estas alturas (figura 5).

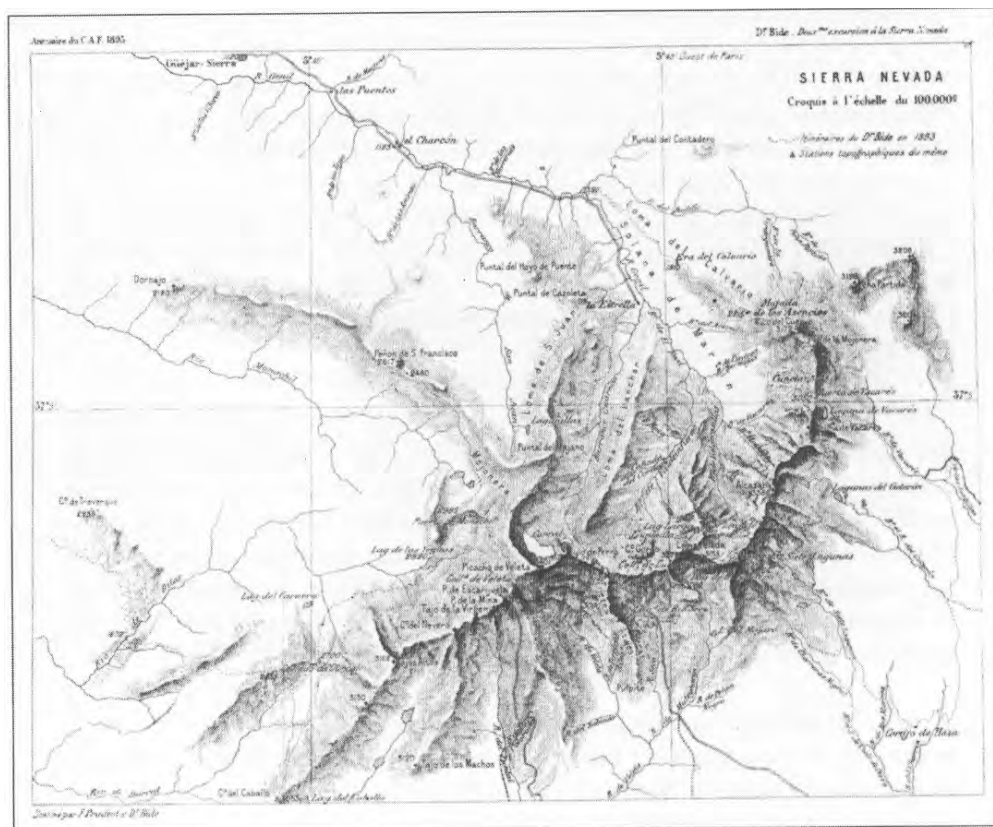


Figura 5. Croquis de Sierra Nevada y localización del glaciar del Veleta (Bide, 1893).

El reparto de estos focos glaciares en la Sierra debió ser efectivo en la mayor parte de corrales, probablemente desde el picón de Jerez (3088 m) hasta el Tosal del Cartujo (3152 m), aunque mayoritariamente quedarían alojados en aquéllos fijados por encima de los 2900 m, en vertiente norte y en vertiente sur (Basares del Veleta, Valdeinfierno, Hoya del Mulhacén, Alhorí, Juntillas, Vacares, Goterón, Siete Lagunas, La Caldera, Río Seco, etc.). Al respecto, resulta oportuna la noticia que Pascual Madoz en su “Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar” nos trasmite al referirse a Sierra Nevada: “*Los parages que en estas dos elevadas montañas, Mulahacen y Veleta, y en sus inmediaciones, se hallan cubiertos de perpetuas y endurecidas nieves, cuyas capas o estratificaciones se pueden contar fácilmente (). La nieve, acopiada por los vientos, que encierra el grandísimo depósito de este corral (alude al del Veleta) es tan petrificada que tiene la consistencia del mármol más duro*” (Madoz, 1849, tomo XIV, p. 384). O aquella otra de Simón de Rojas Clemente y Rubio en su “Historia Natural del Reino de Granada”, ya citada: “*Desde lo alto de este puerto (alude al de Maitena) veíamos a nuestra izquierda y muy inmediato el gran ventisquero eterno que llaman el Alholí (se refiere al Alhorí)*” (transcrito de Gil Albaracín, 2002, p. 687).

3.3. Neveros permanentes, neveros de fusión tardía y existencia de permafrost

Las condiciones de clima frío imperante en Sierra Nevada durante la Pequeña Edad del Hielo fueron, también, muy propicias para el reparto de neveros permanentes y neveros de fusión tardía en los tramos elevados de la montaña, particularmente en lugares abrigados a la incidencia de los rayos solares. Su presencia en vertiente sur debió coincidir en concavidades u hondonadas labradas en las lomas. Una de las razones fue la posición favorable que éstas mantuvieron frente a los vientos dominantes de poniente, pues tales sectores, instalados a sotavento, gozarían de sobrealimentación nival, en gran manera por el barrido que llevaría a cabo el viento en las planicies cimaras colindantes. El cometido del viento sobre la nieve de Sierra Nevada y su reparto espacial fue bien argumentado por Simón de Rojas Clemente y Rubio (1804-1809) y, posteriormente en esta misma primera mitad del siglo XIX, por Boissier (1839). La noticia de Rojas Clemente resulta elocuente al respecto: *“Noto de paso que todas las altas cumbres de Sierra Nevada están peladas no porque deje de caer en ellas la nieve, sino porque la arrojan de ellas los vientos fuertes a que están expuestas, así cerca de ellas, como a 100 varas o menos más abajo (así se observa en el Mulhacén y Veleta) ya se hallan grandísimos ventisqueros perpetuos”* (transcrito de Gil Albarracín, 2002, p. 951) (fig. 6)

Esta observación viene a certificar la proliferación de ventisqueros perpetuos en las cumbres de la Sierra y que a finales del siglo XIX y primera mitad del siglo XX aún continuaban citándolos excursionistas y estudiosos (Rute, 1889; Bide, 1893; Fernández, 1936; Bueno, 1963; etc.). Al respecto las referencias de Rute (1889) y Bide (1893) resultan oportunas. En tal sentido, RUTE (1889) al iniciar el regreso al Veleta, después de haber recorrido la cabecera del río Naute, señala: *“Desde allí se veían los ventisqueros anunciados que dan afluentes al Poqueira. Llegamos al río Veleta (2600 m) a las 2 horas de la tarde. Nos decidimos a pasar el primer ventisquero, que tenía abrupta pendiente, que bautizamos con el nombre del Repecho del Mulo”*. Y por su parte BIDE(1893), a su regreso del circo de la Caldera en dirección a la Carihüela, hace la siguiente observación: *“Sobre los graderíos gigantes de este circo (alude a los Basares del Veleta) reposan grandes nevés que persisten durante los veranos más cálidos (). Nosotros atravesamos este campo de nieve muy dura y alcanzamos el collado del Veleta (3195 m) (alude al de la Carihüela)”*. En la actualidad, la existencia de neveros permanentes en Sierra Nevada resulta excepcional, pero hasta mediados de la década de los ochenta del siglo pasado éstos aún podían proliferar hasta bien entrado el verano, como sucedía en Cauchiles, Corral del Veleta, Pandero del Mulhacén, Siete Lagunas y Basares del Veleta, sobre todo. En este último caso no era extraño que en la Carihüela, al inicio del estío, debiera de abrirse una trinchera en el depósito de nieve acumulada para facilitar el tránsito rodado entre la ciudad de Granada y la localidad de Capileira (figura 6).



Figura 7. La Carihüela o el Collado del Veleta (3199 m) a finales de agosto de 1977.

Por lo que respecta a los actuales neveros de fusión tardía hay que señalar que su localización en las lomas y lugares abrigados de los corrales, cuando se presentan, coinciden en cotas cada vez más elevadas (>3200 m) y su desaparición resulta ser más temprana, siempre de acuerdo con la cantidad de nieve precipitada durante el invierno y el régimen de temperaturas de primavera. Esto es la tónica habitual desde hace ya décadas. Sin embargo, hay excepciones como sucedió

en 2004 y, sobre todo, en 2010 y 2011, que restos de neveros de fusión tardía persistieron en cotas relativamente bajas a finales de agosto (figura 7). Sin duda, durante los siglos XVIII y XIX estos neveros estarían más generalizados en la Sierra, permanecerían más tiempo cubriendo el suelo y alcanzarían cotas más bajas. Con notable seguridad grandes campos de estas nieves quedarían instalados por debajo de la cota de los 2500 m, a juzgar por la fijación altitudinal del ya citado piso frigidísimo de Clemente y Rubio.



Figura 8. Excepcionalmente durante los veranos de 2010 y 2011 los neveros de fusión tardía persistieron en Basares del Veleta.

El tercer indicador de los ambientes fríos de Sierra Nevada durante el periodo estudiado es el relativo al *permafrost* en los tramos culminantes de la montaña. Lógicamente los autores de época no utilizan este término pues el conocimiento científico relativo a suelos helados permanentemente empezó a tenerse en consideración a lo largo de la segunda mitad del siglo XX. Sin embargo, a la luz de los trabajos recientemente realizados en el Corral del Veleta y de la información transmitida por los autores de época analizados, su presencia y reparto espacial debió ser relativamente generalizado en cumbres.

Hoy la existencia de *permafrost* en la Sierra es puntual y muy localizada. Los estudios llevados a cabo a partir de técnicas geofísicas lo sitúan en el tercio más oriental del Corral del Veleta (3120 m), preferentemente enmascarado bajo el talud detrítico que corre adosado a la pared del propio corral. También podría existir en la planicie del cerro de los Machos (3227 m) y en la Allanada del Mulhacén (3400 m). En el primer caso su origen estaría relacionado con la transmisión de la onda térmica del hielo fósil que aún perdura bajo cascajos en el seno del Corral y con el mantenimiento de lechos helados en el talud, asociados a capas de nieve atrapadas entre

derrumbios de gravedad. En cuanto a su estado físico hay que señalar que se trata de *permafrost* relicto en proceso de degradación (Gómez Ortiz et al. 2008).

Respecto a la presencia que debió tener el *permafrost* durante el periodo estudiado, sin duda, debería ser mayor y más generalizado que el que en la actualidad ofrece, si tenemos en consideración las condiciones climáticas reinantes y la duración que tendría la nieve en el suelo. Ello nos lleva a proponer una localización asociada al reparto espacial de los neveros y ventisqueros permanentes y al de los focos glaciares, que se instalarían en torno a los 3000 m, en el tramo más elevado de la región nevosa de Boissier, que sitúa superados los 8000 pies o en la zona frigidísima y glacial de Rojas Clemente, fijadas a partir de las 2900 varas. Además, con cierta seguridad el *permafrost* también tendría un desarrollo en las planicies cimerales, a juzgar de los datos geofísicos obtenidos recientemente en el cerro de los Machos y en la Allanada del Mulhacén (Gómez Ortiz et al, 2008).

4. CONCLUSIONES

La información documental de época consultada se ha mostrado como herramienta muy útil en el mejor conocimiento geográfico de la evolución histórica del paisaje de Sierra Nevada. Acerca del significado geomorfológico que la Pequeña Edad del Hielo debió tener en las cumbres de este macizo montañoso, del que ya disponíamos de información, los datos obtenidos han supuesto perfilar con más precisión las siguientes ideas clave, que se presentan a manera de conclusiones:

a) Distribución altitudinal de ambientes bioclimáticos diferenciados para el conjunto de Sierra Nevada, lo que permite deducir, en nuestro caso para los paisajes de cumbres –superados los 2436 m-2900 varas–, desarrollo de procesos y formas de modelado asociadas a procesos morfogénicos periglaciares.

b) Al inicio del siglo XIX la franja altitudinal afectada por procesos fríos en Sierra Nevada cubriría un desnivel medio de 1046 m, fijando su límite inferior en torno a los 2436 m. En la actualidad se sitúa en los 2675 m aglutinando un desnivel de 807 m.

c) En cuanto a las condiciones térmicas para la franja altitudinal y época estudiada se ha calculado un descenso térmico entre 1,16 y 1,43°C respecto a los valores actuales.

d) El predominio de condiciones climáticas frías en las cumbres de Sierra Nevada daría origen a inestabilidad en laderas y a una deficiente colonización vegetal, pues la persistencia del frío, viento, hielo y nieve en el suelo resultarían determinantes.

e) El desarrollo de hielos y nieves permanentes en las concavidades de las cabeceras de los barrancos de cumbres daría origen a focos glaciares, áreas con inclusión de *permafrost* y neveros permanentes y de fusión tardía.

f) Persistencia del foco glaciar del Corral del Veleta hasta bien entrado el siglo XX. Esta dinámica explicaría la presencia actual de masas heladas enterradas bajo manto de clastos en la base del mismo Corral, aunque en proceso de degradación.

g) Restricción de nieves e hielos en las planicies culminantes, lo que permite admitir la eficaz persistencia de la eolización y la acumulación de nieves a sotavento, generando campos de neveros de fusión tardía en laderas, además de morfologías periglaciares muy significativas en líneas de cumbres.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto de Investigación CSO2009-06961/GEOG del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España. También al Parque Nacional de Sierra Nevada y Proyecto 018/2009 del Organismo Autónomo Parques Nacionales (MMA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERMÚDEZ DE PEDRAZA, F. (1638): *Historia eclesiástica de Granada*. Edición facsimil. Universidad de Granada. Granada, 1989.
- BIDE, F. (1893): Deuxième excursion dans la Sierra Nevada. *Annuaire du Club Alpin Français*, Vol. XX: 276-305.
- BOISSIER, E. (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, 1995.
- BUENO PORCEL, P. (1963): *Sierra Nevada. Guía montañera*. Montblanc. Barcelona.
- CAPEL, H. (2002): El viaje científico andaluz de Simón de Rojas Clemente y Rubio: de la Historia Natural a la Geografía. *Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809)*. Barcelona: Ediciones GBG, pp. 17-46.
- FERNÁNDEZ, F. (1936): *Sierra Nevada*. Editorial Juventud. Barcelona.
- FERNÁNDEZ NAVARRETE, F. (1997): *Cielo y suelo granadino (1732)*. Transcripción, edición, estudio e índices de Antonio Gil Albarracín. Editora G.B.G. Almería-Barcelona.
- GÓMEZ ORTIZ, A.; SCHULTE, L. & SALVADOR FRANCH, F. (1996): Contribución al conocimiento de la deglaciación reciente y morfología asociada del Corral del Veleta (Sierra Nevada). *Cadernos. Revista de Xeología Galega e do Hercínico Peninsular*, 21: 543-558.
- GÓMEZ ORTIZ, A. & SALVADOR FRANCH, F. (1998): Procesos periglaciares actuales en montaña mediterránea: ideas clave, trabajos de campo y resultados en Sierra Nevada. *Procesos biofísicos actuales en medios fríos*. Publicaciones de la Universidad de Barcelona. Universidad de Barcelona. Barcelona, pp. 217-234.
- GÓMEZ ORTIZ, A.; SALVADOR FRANCH, F.; SANJOSÉ BLASCO, J.J.; PALACIOS ESTREMER, D.; SCHULTE, L.; ATKINSON GORDO, A. (2008): Evolución morfodinámica de un enclave montañoso recién deglaciado: el caso del Corral del Veleta (Sierra Nevada), ¿consecuencia del Cambio Climático? *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona. Barcelona, vol. XII, 270 (26). <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-270/sn-270-26.htm>> [ISSN: 1138-9788].
- GÓMEZ ORTIZ, A.; PALACIOS, D.; SCHULTE, L.; SALVADOR FRANCH, F. & PLANA CASTELLVI, JA. (2009a): Evidences from Historical Documents of Landscape evolution alter Little Ice Age of a mediterranean high mountain area, Sierra Nevada, Spain (Eighteenth to twentieth Centuries). *Geografiska Annaler*, 91A (4): 279-289.
- GÓMEZ ORTIZ, A.; OLIVA, M. & SALVADOR FRANCH, F. (2009b). Registros naturales y documentación histórica relativos a la Pequeña Edad del Hielo en las cumbres de Sierra Nevada. In J. Gómez Zotano y F. Ortega Alba (Eds), *El sector central de las Béticas: una visión desde la Geografía física*. Editorial Universidad de Granada. Granada, pp. 245-259.

- HENRIQUEZ DE JORQUERA, F. (1643-1646): *Anales de Granada. Descripción del Reino y Ciudad de Granada. Crónica de la Reconquista (1482-1492). Sucesos de los años 1588 a 1646*. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada, 1987.
- MADOZ, P. (1849): *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Tomo XIV (voz Sierra Nevada), pp. 379-386. Edición facsimil, volumen de Granada. Editoriales Andaluzas Unidas-Ámbito. Valladolid, 1987, p. 302.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1999): La primera Geomorfología española. *Geógrafos y naturalistas en la España Contemporánea. Estudios de historia de la ciencia natural y geográfica*. Ediciones UAM. Madrid, pp. 81-106.
- MURILLO VELARDE, P. (1998): *Geographia de Andalucía (1752)*. Biblioteca de Cultura Andaluza. Editoriales Andaluzas Unidas. Sevilla.
- OLIVA, M. (2009): *Reconstrucció paleoambiental holocena de Sierra Nevada a partir de registres sedimentaris*. Tesis doctoral (mención europea). Facultat de Geografia i Història. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- OLIVA, M. & GÓMEZ ORTIZ, A. (*in press*): Late Holocene environmental dynamics and climate variability in a Mediterranean high mountain environment (Sierra Nevada, Spain) inferred from lake sediments and historical sources. *The Holocene*.
- PONZ, A. (1797): Relación del viaje que desde Granada hizo á Sierra Nevada D. Antonio Ponz a influxo del Excmo. Sr. Marqués de la Ensenada. *Mensajero económico y erudito de Granada*. Granada.
- ROJAS CLEMENTE Y RUBIO, S. (2002): *Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809)*. Transcripción, edición, estudio e índices de Antonio Gil Albarracín. G.B.G. Editora. Barcelona.
- RUTE, L. (1889) : *La Sierra Nevada*. Nouvelle Revue Internationale. Imprimerie Charaire et fils. Paris.
- TITOS MARTÍNEZ, M. (1991): *Textos primitivos sobre Sierra Nevada (1754-1838)*. Caja General de Ahorros de Granada. Granada.
- TITOS MARTÍNEZ, M. (1996): Los neveros: un oficio y un camino *1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada*. Universidad de Granada-Sierra Nevada 96. Granada, V. IV: 215-223.
- TORRES PALOMO, M.P. (1967-1968): Sierra Nevada en los escritos árabes. *Miscelánea de Estudios Árabes y Hebraicos*, V. XVI-XVII: 57-88.
- WILLKOMM, M. (1882): *Aus den hochgebirgen von Granada*. Versión castellana M. Willkomm «Las sierras de Granada». Caja General de Ahorros de Granada y Sierra Nevada 95. Granada, 1995.