

## SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO DEL CORRAL DEL VELETA (SIERRA NEVADA)

### SCIENTIFIC VALUE AND NATURAL HERITAGE OF THE HISTORICAL GLACIER OF THE VELETA CIRQUE (SIERRA NEVADA)

**Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO**

#### Resumen

El reducto glaciar del Corral del Veleta fue el más importante de los desarrollados en Sierra Nevada durante la Pequeña Edad del Hielo (PEH) permaneciendo visible hasta mediados del siglo xx. En la actualidad, solo perduran de él restos de hielos glaciares y *permafrost* bajo mantos de bloques. Su particular significado geomorfológico, ambiental e interés científico le otorgan un valor patrimonial relevante en el conjunto de los paisajes de cumbres del Parque Nacional de Sierra Nevada, lo que demanda su total conservación y preservación.

#### Palabras clave

Corral del Veleta (Sierra Nevada), glaciar histórico, paisaje, Parque Nacional de Sierra Nevada, valores patrimoniales.

**Antonio GÓMEZ ORTIZ.** Catedrático emérito de Geografía física. Su trayectoria científica centra interés preferente en el estudio de los sistemas naturales y evolución del paisaje en ambientes fríos de montaña. También su labor resulta fecunda en Didáctica de la Geografía.

**Marc OLIVA FRANGANILLO.** Becario post-doc del programa Ramón y Cajal. Su labor científica destaca en el estudio de la reconstrucción paleoambiental cuaternaria y holocena en medios glaciares y periglaciares de altas latitudes y alta montaña.

**Ferran SALVADOR FRANCH.** Profesor permanente. Sobresalen sus investigaciones en nivoclimatología. Igualmente, en dinámica de procesos morfogénicos fríos en medios periglaciares, particularmente en alta montaña mediterránea.

**Recepción: 16/IV/2018**

**Revisión: 24/VII/2018**

**Aceptación: 01/VIII/2018**

**Publicación: 30/IX/2018**

#### Abstract

The small glacier located in the Veleta cirque was the most important of those existing in Sierra Nevada during the Little Ice Age (LIA) and the only one persisting until the mid-20th century. At present, only patches of glacial ice and permafrost remain under the debris cover. The singular geomorphological, environmental and scientific interest of this cirque make it unique within the landscapes of the high lands of Sierra Nevada National Park, and justify the need to preserve it.

#### Keywords

Veleta cirque (Sierra Nevada), historical glacier, landscape, Sierra Nevada National Park, heritage values.

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO DEL CORRAL DEL VELETA (SIERRA NEVADA)

## SCIENTIFIC VALUE AND NATURAL HERITAGE OF THE HISTORICAL GLACIER OF THE VELETA CIRQUE (SIERRA NEVADA)

### 1. INTRODUCCIÓN

Sierra Nevada es un espacio natural protegido. En particular sus altas cumbres y, sobre todo, los tramos instalados por encima de los 2.500 m, pues los paisajes que alberga son muy representativos de la alta montaña mediterránea. La variedad de sus ecosistemas es, sin duda, una de sus riquezas científicas más relevantes. En tal sentido, destacan las formas de relieve labradas a lo largo de los últimos tiempos geológicos, en particular los acontecimientos geomorfológicos asociados a los periodos glaciares pleistocenos, como igualmente sucede en las principales cadenas montañosas de la Península Ibérica. También sobresale en Sierra Nevada su rica biodiversidad refugiada en altura, que incluye especies vegetales endémicas que recuerdan los ambientes fríos cuaternarios que dominaron las cotas cimeras. La conjunción de estas particularidades (*geo* —morfología— y *bio* —sobre todo, vegetación—) del espacio culminante nevadense otorgan al conjunto de los paisajes un alto valor científico-natural al mostrarse como fiel reflejo de la historia geológica más reciente de esta parte

extrema del Mediterráneo occidental, al tiempo de ser únicas sus manifestaciones en el ámbito de las montañas andaluzas. Estos hechos, más aquellos otros de orden histórico-cultural, que igualmente caracterizan y distinguen el territorio, resultaron decisivos para el conjunto del macizo montañoso en su declaración como Reserva de la Biosfera (1986), Parque Natural (1989) y Parque Nacional (1999), amparado todo ello en la actualidad en la figura legal de Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada (2011).

Por lo que respecta al valor científico geomorfológico de las cumbres de la Sierra, que es ahora lo que más interesa, destaca el relieve glaciar y periglacial construido a lo largo de las glaciaciones cuaternarias (Gómez Ortiz, Palacios, Palade, Vázquez Selem, y Salvador Franch, 2012a; Palacios, Gómez Ortiz, Andrés, Salvador Franch y Oliva, 2016), destacándose su significado paleoambiental y representatividad en el paisaje. También sobresalen aquellas otras manifestaciones morfológicas de origen frío de la Pequeña Edad del Hielo, labradas en tiempos históricos, entre mediados del siglo xiv y finales del xix, resaltando los pequeños focos glaciares que quedaron instalados en cabeceras de circos cuaternarios de

fachada norte, entre los que se distinguió por su origen y evolución temporal el foco del Corral del Veleta, el más meridional de Europa.

## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objeto del presente estudio centra atención en mostrar el significado científico de las modificaciones que debieron sufrir los ecosistemas de cumbres de Sierra Nevada durante el periodo frío histórico de la PEH, centrando interés particular en los procesos morfogénicos periglaciares y formas de modelado asociadas. De entre ellas, se particularizará sobre los focos glaciares, como manifestaciones glacio-geomorfológicas más singulares, resaltando, además, también como objetivo preciso, su valor patrimonial en el paisaje de cumbres de la Sierra desde la perspectiva científico-natural, histórico-cultural y educativa. Para ello se centrará atención en el foco glaciar del Corral del Veleta, del que se tratará su origen y evolución en el tiempo. Se afrontará este cometido a partir de una metodología integradora de enfoque transdisciplinar por lo que se tendrá en consideración información procedente de diferentes fuentes de conocimiento: documentación escrita de época, en particular a partir del siglo XVIII; análisis morfológicos de formas de relieve; datos cronológicos de registros sedimentarios significativos; controles de la dinámica evolutiva actual y trabajo de campo. En cuanto a la determinación patrimonial del relieve analizado se tendrán en consideración conceptos y métodos sobre patrimonio geomorfológico, lo que permitirá la valoración de las formas de relieve diagnosticadas y su inclusión en el paisaje de cumbres de la Sierra.

## 3. SIERRA NEVADA Y LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO

La Pequeña Edad del Hielo (PEH), periodo de tiempo instalado entre finales del siglo XIV y finales del XIX, se distinguió por cambios sustanciales en el comportamiento del clima a escala planetaria, con un impacto significativo en los ecosistemas de alta montaña de latitudes medias y altas (Grove, 2004). Este intervalo temporal se caracterizó por el predominio de temperaturas sensiblemente más bajas que las actuales en el hemisferio norte, con un mínimo térmico durante el Mínimo de Maunder (1645-1715) y unos índices de humedad (precipitación nivosa en montaña) oscilantes. En Sierra Nevada estas condiciones climáticas significaron variaciones en el régimen térmico, sobre todo afectando a los procesos biofísicos del medio natural, como también sucedió con resultados similares en Picos de Europa y Pirineos (González Trueba y Serrano, 2008). El desarrollo de este ambiente frío en la Sierra propició un dominio periglacial con repercusión en la dinámica y evolución en los sistemas naturales afectando, en gran modo, a los procesos geomórficos y al reparto y redistribución espacial de las especies vegetales, muy influenciado todo ello por la persistencia y duración de la nieve y las bajas temperaturas. Datos obtenidos recientemente de Rojas Clemente (1805-1809) y Boissier (1839), vienen a mostrar que estos acontecimientos de ambientes fríos debieron instalarse a partir de los 2.450 m, en lugar de los 2.650 m que es donde actualmente se inician (Gómez Ortiz, Oliva, Salvador Franch, Plana Castellví, Sánchez Gómez y Espinar Moreno,

## SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

2015). Apoyándonos en datos térmicos actuales (Salvador Franch, Gómez Ortiz, Salvà Catarineu y Palacios Estremera, 2011) y en un ensayo de proyección en altura, el régimen de temperaturas al inicio del siglo XIX sería en torno a 1,2°C inferior al actual. En cuanto a la media anual en el límite inferior de los procesos periglaciares (2.436 m) su temperatura se fijaría en 3,6°C y a 3.100 m, que es donde se sitúa la base de los circos que alojaron focos glaciares durante la PEH, de 0,4°C, frente a los 1,5°C que hoy ofrece esa cota. En cumbres máximas los valores medios anuales se establecerían en -1,5°C.

El tramo altitudinal afectado por estos ambientes climáticos debió suponer un desnivel en torno a 1.000 m aglutinando dos ámbitos morfoclimáticos diferenciados. Uno inferior, repartido por lomas hasta los 2.800 m de altitud, donde la gelifracción y la solifluxión fueron los procesos morfogénicos dominantes. Otro superior, incluyendo el espacio culminante de la Sierra,

cumbres cimera y cabeceras de barrancos por encima de los 2.800 m. En este último tramo altitudinal fue donde el binomio proceso-forma alcanzó mayor dinamismo morfogenético, con resultados en las formas de modelado, sobre todo, por la persistencia del frío, la frecuencia de la nieve y el hielo en suelo, la constancia del viento y la acción de las aguas de fusión nival, lo que propició la presencia de neveros permanentes, neveros de fusión tardía y existencia de *permafrost*, particularmente en aquellos lugares con topografía propicia y orientación adecuada.

Respecto a los registros geomorfológicos más singulares y excepcionales creados durante la PEH en estas cotas cimera de la Sierra, superados los 2.800 m., sobresalen los pequeños focos glaciares relictos en antiguos circos cuaternarios y también en depresiones glacionivales, todos en medio periglacial. Esta franja altitudinal fría debió fijarse en el extremo occidental de la Sierra, que es donde los cordales alcanzan las

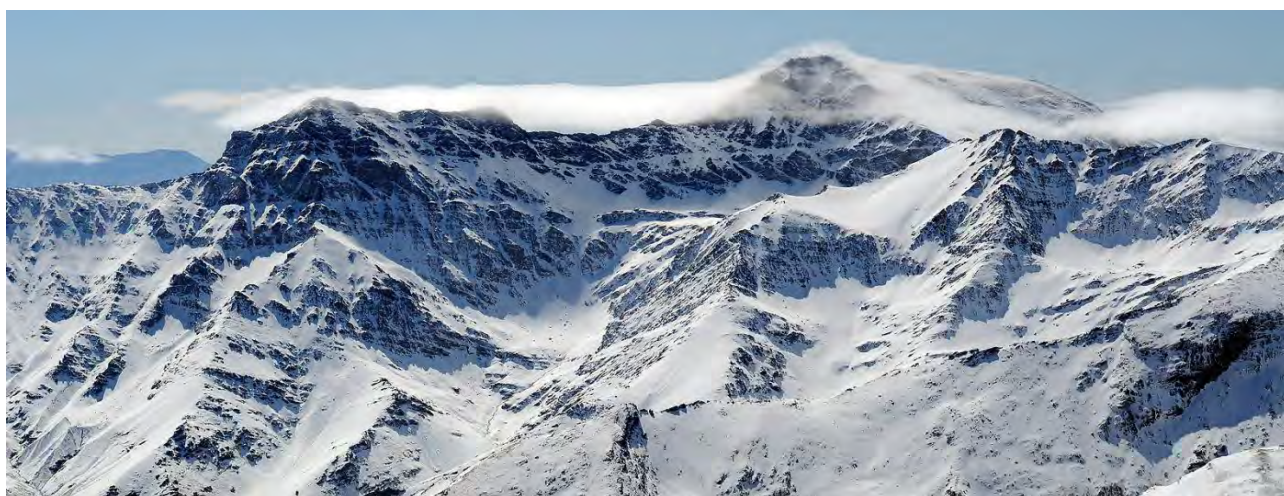


Imagen 1. Panorámica de la fachada norte de Sierra Nevada (sector Mulhacén-Alcazaba). (Turismo. Diputación Provincial de Granada).

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

mayores cotas. Su reclusión quedó establecida en torno a los 3.000 m y su reparto mayoritario se dispuso desde el cuenco del Alhorí, en las inmediaciones del Picón de Jeres (3.088 m), hasta los Tajos de la Virgen (3.213 m), en la cabecera del Dilar. De todos los focos glaciares los más desarrollados y duraderos en el tiempo fueron los orientados al norte y noroeste, al estar favorecidos por una muy adecuada morfotopografía y por la dominancia de los flujos húmedos y vientos del Atlántico, portadores de las principales precipitaciones níveas. De entre ellos destacaron los focos de Valdeinfierno-Valdecasillas, Hoya del Mulhacén y, sobre todo, Corral del Veleta.

## 4. EXCEPCIONALIDAD DE LOS FOCOS GLACIARES NEVADENSES

La existencia de focos glaciares en Sierra Nevada resultó un hecho geomorfológico excepcional que singularizó a la Sierra durante la PEH, como también distinguió al macizo de Picos de

Europa, así como a algunos enclaves del Pirineo Oriental. La razón de ello radicó en que la Sierra no incluyó en su dominio periglacial espacio con nieves permanentes que pudieran generar focos glaciares en el sentido estricto del término, como si se dieron durante los periodos fríos del Cuaternario (Obermaier, 1916). Sin embargo, las características morfológicas de algunos enclaves de cumbres de la Sierra, sobre todo en determinados cuencos de antiguos circos glaciares inmersos en condiciones climáticas particulares, sí propició la transformación de nieves en masas de hielos glaciares, cuya evolución estuvo supeditada a la confluencia espacial de dos grupos de factores:

- a) La particular morfología del cuenco receptor (abierto y limitado por empinadas paredes), su altitud y orientación, ante todo al norte, lo que impuso un régimen térmico muy frío por limitación de insolación en su interior y nulidad de ella durante la estación fría.



*Imagen 2. Diferentes autores que se ocuparon de los hielos del Corral del Veleta. De izquierda a derecha: Antonio Ponz (1725-1792), Edmond Boissier (1810-1885), Moritz Willkomm (1821-1895), Bruno Messerli (1931-).*

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

b) La alimentación nival recibida, mayoritariamente por la acción de los flujos húmedos del oeste que, en ocasiones y según casos, fue engrosada por aquella otra instalada en planicies colindantes pero barrida por los vientos de poniente.

La coincidencia de ambos grupos de factores permitió modificar el clima imperante en determinados enclaves de circos propiciando que las nieves acumuladas persistieran y evolucionaran a masas de hielos compactas generando pequeños focos glaciares, algunos con dinamismo capaz de conformar pequeños segmentos de morrenas (Palacios, Gómez Ortiz, Alcalá Reygosa, Oliva Franganillo, Salvador Franch y Andrés de Pablo, 2018).

La literatura de época, desde la presencia árabe, y cada vez más la reciente que informa de su contenido con mayor precisión, informa de la existencia de hielos y nieves permanentes alojados en reductos cerrados.

En tal sentido por su antigüedad en el tiempo destaca la referencia a las nieves que hizo Murillo Velarde a mediados del siglo XVIII en su "Geografía Histórica", en el capítulo XIII dedicado al Reino de Granada:

*Allí hizo la naturaleza (se refiere a Sierra Nevada y al Corral del Veleta) un pozo perpetuo, de donde se provee todo el año de nieve no sólo a una ciudad tan populosa (alude a Granada), sino que se lleva de allí a otras partes de Andalucía, sin que haya miedo de que jamás se acabe... (Murillo Velarde, 1998, p. 88)*

De mayor interés, también por estos años, fue la descripción que hizo al respecto Ponz en 1754 cuando describe el Corral del Veleta a raíz del viaje que hizo a las cumbres de Sierra Nevada por indicación del Marqués de la Ensenada:

*Dexado este sitio (Picacho del Veleta) pasamos á registrar el propinquo llamado corral de Veleta, nombre ajustado á 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 descubierto 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. (Ponz, 1797, p. 110)*

La existencia de focos glaciares históricos en la Sierra fue descrita de manera más ajustada a partir de la primera mitad del siglo XIX por viajeros y científicos naturalistas, la mayoría procedentes de instituciones y universidades centroeuropeas, que recorrieron la Sierra herborizando y analizando su paisaje (p.e. Rojas Clemente, 1804-1809; Boissier, 1839; Schimper, 1849; Hellmann, 1881; Willkomm, 1892; etc.). Recientemente, también han sido reconocidos a partir de análisis sedimentológicos llevados a cabo en depósitos cercanos al nivel de cumbres, particularmente en cuencas lagunares (cubetas de sobreexcavación o de cierre morrénico). Los registros más significativos proceden de la laguna de la Mosca (2.900 m), en la Hoya del Mulhacén, antiguo circo glaciar instalado al pie

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

del picacho del Mulhacén. El control geocronológico, a partir de datación por radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) del material analizado, indica secuencias de arrastre por aguas de fusión en fases distintas entre 2800-2700, 1400-1200 y 510-240 años cal.BP, coincidiendo con el Holoceno reciente, la última de ellas instalada en la PEH (Oliva y Gómez Ortiz, 2012).

## 5. EL CASO DEL CORRAL DEL VELETA: SIGNIFICADO CIENTÍFICO

El foco glaciar del Corral del Veleta fue el más desarrollado y el más duradero en el tiempo, pues permanecieron restos de sus hielos glaciares en superficie hasta mediados del siglo xx (García Sainz, 1947). En el contexto de las montañas europeas fue también el más meridional del continente, como ya se anunció, como así sucedió con el glaciario que invadió a Sierra Nevada durante el Cuaternario (Messerli, 1967).

El desarrollo espacial de este foco glaciar quedó encerrado en el Corral por imperativo de la morfología del relieve de la unidad del Veleta.

La unidad del Veleta, en el extremo más occidental de cumbres máximas de Sierra Nevada, se asemeja a un *hörn* limitado por circos glaciares. El del Corral, a 3.100 m de altitud en su base y abierto hacia el NNE, formó parte de la cabecera del valle glaciar del Guarnón. Está coronado por el picacho del Veleta (3.389 m) y se encuentra armado en potentes bancos de micaesquistos grafitosos y feldespáticos paleozoicos con buzamiento al SW, fuertemente fracturados por la orogenia alpina (Puga, Díaz de Federico, Nieto y Díaz Puga, 2007). Su morfoestructura es la de un cuenco de geometría elíptica limitado por un robusto muro de paredes verticales de más de 250 m de salto que enlazan con el picacho del Veleta, prolongándose desde el portillo del Veredón hasta el collado de los Machos (3.299



*Imagen 3. Panorámica del Corral del Veleta desde los Lastrones (Waste. Ideal) (derecha). Visión satelital del conjunto del Corral del Veleta y Picacho (Google Earth, 2016) (izquierda).*

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

m). La base del Corral, en disposición cóncava con orientación este-oeste y de 550 m de longitud y 140 m de anchura media, está rellena por un manto caótico de rocas procedentes de la fracturación de sus paredes limítrofes. Por su posición queda aislado del valle por una morrena presumiblemente del periodo tardiglaciario.

El foco glaciario que albergó el Corral del Veleta en tiempos de la PEH debió colmar la base del cuenco y desbordar por su extremo occidental durante su expansión máxima, de acuerdo con la inclinación topográfica dominante.

Las referencias a los hielos permanentes del Corral del Veleta fueron referidas por primera vez como de glaciares por Boissier durante su viaje con fines botánicos a las cumbres de Sierra Nevada en el verano de 1837, ratificado años después por Madoz (1849) y Schimper (1849). La descripción que hace Boissier del Corral y de sus masas heladas las asemeja a un glaciar en miniatura que compara con los observados en los Alpes. La referencia que hace de ello resulta elocuente:

*Lo primero que llama la atención al llegar al Veleta y al aproximarse con precaución a su borde septentrional, es un circo de casi 2.000 pies de profundidad que se abre al noreste; sus paredes están casi siempre cortadas en vertical y en el fondo se apercibe un pequeño glaciar muy inclinado: es el lugar llamado Corral del Veleta [...]. El glaciar tiene una pendiente muy inclinada, su altura perpendicular tiene 200 a 300 pies, su ancho*

*más o menos 600 pasos y está atravesado por numerosas grietas transversales de apenas unas pulgadas 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 9.000 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 escapan en su extremidad por varias cavernas excavadas en el hielo. (Boissier, 1995, pp. 287 y 294)*

## 5.1. Evolución del foco glaciario del Corral del Veleta

Por las referencias escritas de autores árabes resulta verosímil admitir que desde el siglo XII los hielos y las nieves estarían siempre presentes en diferentes enclaves de las cumbres de Sierra Nevada, si consideramos la referencia que hace de ello Torres Palomo (1967-1968) al referirse al cronista y viajero árabe Muhammad b. Abi Bakr al-Zuhri, que afirma al respecto:

*Y esta montaña es una de las maravillas del mundo porque no se ve limpia de nieve en invierno ni en verano. Allí se encuentra nieve de muchos años que, ennegrecida y solidificada, parece piedra negra, pero cuando se rompe se halla en su interior nieve blanca. (Torres Palomo, 1967-1968, p. 68)*



# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

Así debió suceder si además tenemos en cuenta las condiciones climáticas que imperarían en los tramos más elevados de la montaña, en particular dominados por las bajas temperaturas, el viento helado y la nieve, que también refiere el mismo autor:

*Nadie puede subir a esta montaña ni andar por ella, salvo en la época del calor, cuando el sol está en el signo de Escorpión, siendo entonces posible su acceso (...). Sopla en ella un viento helado que mata a todo hombre o animal sobre los que pasa, habiendo muerto ya muchas personas en pleno verano a causa de la crudeza de este viento. (Torres Palomo, 1967-1968, p. 69)*

La evolución geomorfológica de este foco glaciar del Corral ha podido ser reconstruida a partir de documentos escritos de época, la mayoría fechados a partir de finales del siglo xvii y con más detalle desde mediados del xviii (Gómez Ortiz et al., 2018), lo que permite ensayar una cartografía aproximada del dominio espacial de las masas glaciares. Muy probablemente durante el episodio del Mínimo de Maunder (1645-1715) y del Mínimo de Dalton (1805-1830) el foco glaciar alcanzaría su máximo desarrollo, engrosando los hielos y nieves existentes de tiempos anteriores, según datos preliminares de diferentes registros de bloques datados por cosmogénea de los siglos xiv, xvii y xviii (años 1358, 1638 y 1705, respectivamente) inmersos en restos de morrenas en el cuenco del Corral (Palacios et al., 2018). Las masas glaciares en su máximo recorrido hacia el oeste y de acuerdo con la

pendiente del lecho, desbordarían la concavidad del Corral por su extremo occidental volcando e invadiendo la alta cabecera del surco del valle de Guarnón. En tal sentido, Quelle (1908) atribuyó restos de esta expansión a 2.835 m de altitud.

A partir de los últimos decenios del siglo xix y comienzos del xx los hielos del Corral tendieron decididamente a recluirse y a refugiarse en su cuenco, pues las condiciones climáticas no serían adecuadas para mantener la expansión lograda. Así se deduce de la información documental (Hellmann, 1881; Willkomm, 1882). El primer autor de éstos, con ocasión de su visita a la Sierra en 1876 informó de los hielos del Corral del Veleta aportando mediciones precisas de ellos: 580 m de este a oeste y 250 m de sur a norte. Otorga a la masa una inclinación de 25° hacia el norte, al pie de la ladera de los Machos y de 20° también hacia el norte en el extremo más occidental del vasar donde reposa. En cuanto a su dinamismo subraya que el glaciar se encuentra durante los últimos años en proceso de retroceso, tal como pudo comprobar Bide (1893) durante las expediciones que hizo a las cumbres de la Sierra, que ya recluye los hielos glaciares al interior del Corral, mostrando, además, una panorámica de su dominio de nieves.

Durante la primera mitad del siglo xx las referencias al tema son coincidentes en el sentido de referir restos de hielos glaciares inmovilizados (Obermaier, 1916; Solé Sabarís, 1942; García Sainz 1947; Sermet, 1942), pero pronto éstos debieron desaparecer si tenemos en consideración la observación que manifiesta Messerli en

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

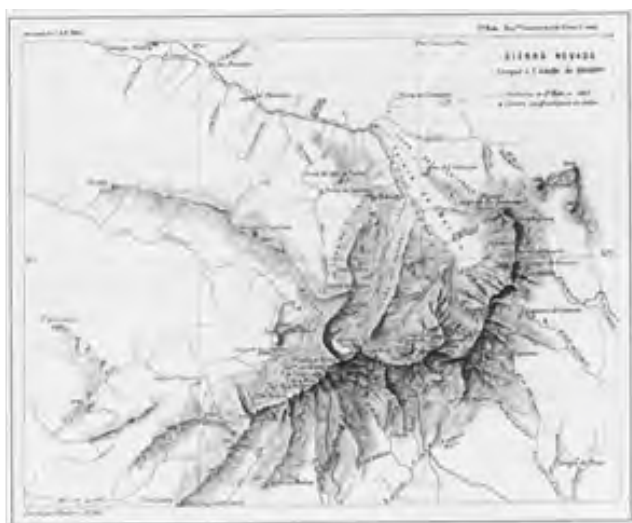


Imagen 4. Croquis de las cumbres occidentales de Sierra Nevada (izquierda) y panorámica del Corral del Veleta con sus hielos y nieves en agosto de 1892 (derecha) (Bide, 1893).

su tesis doctoral sobre el glaciario de Sierra Nevada: "(...) hoy ya no puede hablarse de glaciario, en cambio no dudamos de su existencia a principios del siglo xx" (Messerli, 1965, pp. 68 y 138).

## 5.2. Dinámica actual de los hielos glaciares del Corral del Veleta

En la actualidad, los restos de hielos glaciares del foco histórico del Corral permanecen cubiertos de mantos de clastos. La última noticia de su presencia en superficie la hizo García Sainz (1947) comparándolos en su morfología con los del Pirineo:

*(...) 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 en el Pirineo, se presenta en este del Penibético. (pp. 118-119)*

Desde entonces los hielos glaciares debieron quedar enterrados paulatinamente bajo mantos de clastos procedentes de derrumbes de bloques de las paredes del Corral, proceso similar al que debió iniciarse apenas la masa glaciaria, tras su avance máximo, abandonó la cabecera del valle del Guarnón refugiándose progresivamente, a partir del último tercio del siglo xix, hacia oriente, en dirección a los Machos. Así se comprobó en el verano de 1998, tras realizar prospecciones geofísicas en el tramo medio de un pequeño glaciar rocoso instalado a 3.100 m en el canal basal del Corral, del que se obtuvo testigo continuo de 1,80 m. Los resultados indicaron que bajo el manto de clastos del glaciar rocoso se disponían cuerpos helados internos a partir de 1,25 m de profundidad (hielo glaciario relictivo y *permafrost*), con espesor medio estimado de 15 m repartidos

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

en el tercio oriental del Corral, en una superficie aproximada de 2,5 has.

La morfología que actualmente ofrece la base del Corral del Veleta, fruto de las condiciones climáticas frías periglaciares imperantes, es la de un manto caótico de bloques configurando formas de modelado muy diversas. Lógicamente no existen en superficie restos de hielos del foco glaciar de la PEH, pero sí residuos en proceso continuado de degradación bajo los mantos de bloques descritos. Los resultados de los trabajos que se vienen realizando al efecto desde el año 2001 del espacio experimental ya rastreado, de 3.815 m<sup>2</sup> de superficie, así lo indican. Los controles anuales realizados durante el periodo 2001-2016 referidos a la estabilidad del manto de bloques, superficie de la cubierta nival en verano y temperatura de la superficie del suelo e interior del mismo hasta la profundidad de 1,5 m, demuestran hundimiento del manto de bloques por degradación de los cuerpos helados (hielo glaciar relicto y *permafrost*) en los que reposa (Gómez Ortiz et al., 2014). El hundimiento habido durante estos últimos 15 años en el espacio experimental se estima en 3,96 m, y la degradación teórica de hielo glaciar relicto y *permafrost* subyacentes, expresada en pérdida de volumen, sería en torno a 15.737 m<sup>3</sup>.

La degradación referida de los cuerpos helados atrapados en profundidad es repetitiva y resulta de procesos físicos encadenados en el tiempo motivados por las condiciones climáticas adversas al mantenimiento de la nieve en Sierra Nevada durante la estación postnival. El

proceso degradativo se inicia cuando la energía transmitida por la radiación externa (temperatura del aire) incide en el suelo y tras fundir la nieve sus aguas de fusión circulan hacia el interior del manto de bloques. En el Corral del Veleta esto comienza a consolidarse habitualmente a partir del mes de julio. Desaparecida la nieve del suelo la radiación resulta entonces más eficaz al propagarse ahora la onda calorífica en profundidad con más rapidez lo que aumenta el circuito interno de las aguas de fusión, consiguiendo la transmisión de temperaturas positivas alcanzar la base del manto rocoso y techo de los cuerpos helados en los que se asienta, que degrada. El resultado final de este encadenamiento de procesos en el tiempo es la pérdida de volumen del hielo glaciar relicto y *permafrost* subyacentes y con ello el consiguiente colapso del paquete de bloques que lo recubre. En Sierra Nevada este encadenamiento de procesos queda mermado y paralizado cuando el manto de bloques superficial de nuevo quede congelado por el rigor de las bajas temperaturas del aire y comience a cubrirse el suelo de nieve, lo que acontece a partir de noviembre.

## 6. VALOR PATRIMONIAL DEL CORRAL DEL VELETA Y DE SU FOCO GLACIAR

La relevancia y singularidad patrimonial del Corral del Veleta y de su foco glaciar reside, sobre todo, como ya se anunció, en sus valores científico-naturales, derivados del significado geomorfológico y ambiental de su evolución morfogénica más reciente. También posee valo-

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

res añadidos que realzan los anteriores, sobre todo los de índole histórico-cultural, derivados de la información procedente de documentación escrita de época, como también se ha mostrado en apartados anteriores. Estos valores permiten catalogar al conjunto del Corral del Veleta, de acuerdo con las actuales tendencias investigadoras y patrones evaluativos sobre patrimonio geomorfológico (Gray, 2004; Panizza y Piacente, 2003; González Trueba et al., 2008; González Amuchastegui, Serrano, y González, 2014), como “Geositio”, “Geomorfositio” o “Lugar de Interés Geomorfológico” de significado relevante en el conjunto de relieves que definen las cumbres de Sierra Nevada, además de mostrarse como enclave identitario por su particularidad y grado de representatividad de la alta montaña mediterránea periglaciaria.

Los criterios y metodología empleados en la valoración del patrimonio geomorfológico en Sierra Nevada ya se atendieron en Gómez Ortiz, Oliva, M., Serrano Giné, D., Molero Mesa, J., Vidal Macua, J.J., Salvador Franch, F., Salvà Catarineu, M. y Plana Castellví, J.A. (2012b) ejemplificándose en el circo y alto valle del Río Seco, del que igualmente se resaltó su alcance disciplinar en la didáctica del paisaje de montaña desde la Geografía (Gómez Ortiz y Oliva, 2016). Sobre el conjunto patrimonial de la unidad geomorfológica del Veleta recientemente también se ha realizado su valoración, prestando atención al significado científico del Corral del Veleta y campo de figuras geométricas que corona la altiplanicie de los Machos (Gómez Ortiz et al., 2017). Respecto al foco glaciario, que es ahora lo que nos ocupa, se

le otorgó valoración numérica tras el análisis de tres grupos de componentes y elementos-*items* establecidos:

1. Estructuras geomorfológicas/Tipología de formas.
2. Identidad y significación.
3. Valor añadido.

La gradación de valor otorgado se estableció entre 0 -para el más bajo- y 4 -para el más alto- (0-1 bajo, 1-2 medio, 2-3 alto, 3-4 muy alto). La tabla 1 recoge los grupos de componentes y los elementos —*items*— respectivos, así como los valores medios asignados a cada grupo de ellos.

Los valores medios otorgados a cada uno de los grupos analizados muestran relevancia y singularidad patrimonial muy alta, particularmente en el grupo 1 y 2 (“Estructuras geomorfológicas/Tipología de formas” e “Identidad y significación”), con valores 3,6 y 4, respectivamente, lo que en su conjunto viene a consolidar el significado y alcance científico que posee el enclave del Corral. Respecto al grupo 3 “Valor añadido”, obtiene también valor muy alto (3,5), sobresaliendo en los *items* de contenido histórico-cultural y paisajístico.

## 6.1. Valores científico-naturales

Sin lugar a duda, los valores científico-naturales más relevantes del Corral del Veleta son de orden geomorfológico y glaciológico, acaecidos durante las glaciaciones cuaternarias, en particular la última, y recientemente a lo largo de la

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

PEH. Estos valores se manifiestan en el rico y diverso muestrario de formas de relieve y modelados de origen glaciar y periglacial, únicos en el conjunto de las montañas andaluzas, resaltando

las formaciones heredadas y aquellas otras recientes y aún activas por la dinámica de procesos morfogénicos fríos.

*Tabla 1. Valor asignado a los grupos de componentes y elementos-itens establecidos (Gómez Ortiz et al., 2017)*

1. Estructuras geomorfológicas / Tipología de formas (Valor medio: 3,6)	Diversidad de estructuras y litologías Diversidad de relieves y modelados heredados Diversidad de relieves y modelados actuales Registros paleocronológicos y paleoambientales
2. Identidad y significación (Valor medio: 4)	Integridad de relieves y modelados heredados Singularidad de relieves y modelados actuales Representatividad de sistemas morfogénicos Excepcionalidad en el paisaje
3. Valor añadido (Valor medio: 3,5)	Histórico-cultural. Referencias en documentación escrita Paisajístico. Significación intrínseca y campo visual Recreacional. Ecoturismo Educativo. Alcance didáctico en materias disciplinares

Entre las formas de relieve heredadas destaca la singularidad morfoestructural del Corral, que siempre ha venido actuando como cuenca de alimentación y cuyas paredes limítrofes han estado a lo largo de los tiempos expuestas a continuados desplomes por efecto de la gelifración, como continúa sucediendo. También resalta el fragmento de morrena que cierra la base del Corral, con orientación oeste-este, construido durante la fase tardiglacial (Dryas) a partir de los 14.000 aBP, cuando los hielos quedaron reclusos definitivamente en la cabecera del valle del Guarnón. Adherido a este fragmento morrénico

sobresalen otros segmentos de morrenas más recientes, holocenos y de la PEH.

Acerca de aquellas otras formas de relieve más recientes, construidas tras la desaparición de los glaciares cuaternarios, sobresalen las que se atribuyen a la PEH, en nuestro caso similares a la de un medio ecológico paraglaciar. Por su interés geomorfológico sobresalen los segmentos morrénicos más occidentales, en prolongación de aquel otro tardiglacial ya referido. De éstos destacan los arcos frontolaterales del foco glaciar histórico del Corral que se orientan y vuelcan

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

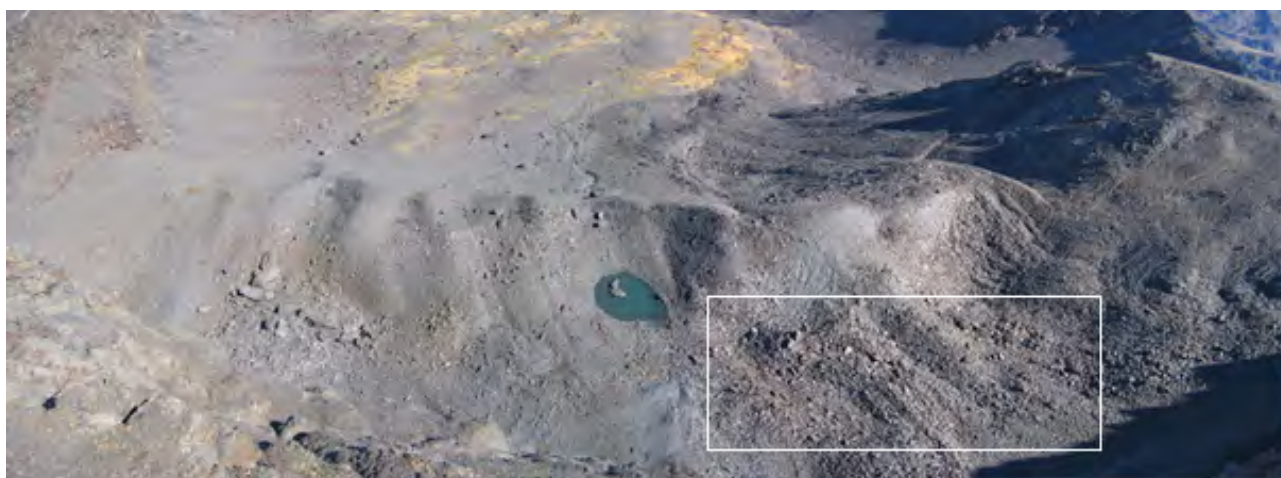
hacia el valle y que debieron construirse durante los años 1358, 1638 y 1705, según análisis cosmogénicos. El resto de los modelados, todos de origen periglacial y representativos de la alta montaña mediterránea semiárida, conforman el espeso paquete de bloques que colma la base del Corral y su enlace con la pared límite del Picacho, a través del prolongado talud detrítico que la delimita. En su conjunto se incluye una gran diversidad de formas, muchas de ellas en plena actividad morfogénica, como las instaladas en la mitad oriental del cuenco y contacto con el talud adyacente, que aún alberga niveles internos de *permafrost*.

Así sucede con las coladas y lóbulos de piedras, morrenas de nevero y deslizamientos en masa, donde crio-reptación y gelifluxión desempeñan un cometido determinante. Sin embargo, el modelado más significativo del conjunto del referido paquete de bloques es el glaciar rocoso

adjunto a la lagunilla del Corral, construido por acumulación de clastos procedentes de derrumbes recientes de la pared límite del Picacho. La particularidad que presenta, única en Sierra Nevada, es que está asentado sobre restos de hielos glaciares relictos y *permafrost* de la PEH, cuando éstos, encerrados ya en el Corral, tendían a recluirse hacia la ladera de los Machos. La monitorización que se viene realizando de su comportamiento dinámico desde el año 2001 ha puesto de relieve que los hielos glaciares relictos y *permafrost* están en proceso de degradación, como ya se mostró.

## 6.2. Valores añadidos

Los valores añadidos que posee la unidad geomorfológica del Veleta y Corral realzan la originalidad y alcance científico de sus relieves y formas de modelado ya mostradas. Proceden estos valores, también, de la abundante información



*Imagen 5. Panorámica de la base del Corral del Veleta tomada desde el Picacho. En recuadro, glaciar rocoso e inmediaciones sobre hielos glaciares relictos y permafrost. En el centro de la fotografía el lagunillo del Corral, el más elevado de Sierra Nevada.*

## SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

escrita existente sobre Sierra Nevada, y muy en particular de aquella aparecida a partir del siglo XVIII, que es cuando viajeros y científicos ilustrados y románticos la recorren descubriendo e informando de su geografía, geología y botánica, en definitiva, de sus paisajes. Actitud y empeño que vino favorecido por el avance que las ciencias naturales experimentaron en las universidades centroeuropeas. El sector occidental de la Sierra fue el más visitado por viajeros y científicos, entre otras razones por ser el más visible y cercano a la ciudad de Granada, y de sus parajes el picacho del Veleta y entorno siempre debió resultar el más atrayente.

La documentación escrita de época es una fuente de conocimiento histórico-cultural muy valiosa para la reconstrucción del paisaje de Sierra Nevada y decisiva, en nuestro caso, para el periodo de la PEH, más cuando la información de los libros procede de estudiosos o científicos ya experimentados, como se ha mostrado en este trabajo. Entonces las descripciones y datos suministrados de los recorridos realizados resultan de gran valor pues suministran conocimientos bastante ajustados del medio natural de las cumbres de la Sierra, de acuerdo con el perfil formativo del autor.



Imagen 6. Diferentes obras de autores de época citados en el texto y que incluyen información sobre el picacho del Veleta, su Corral y los hielos en él alojados. De izquierda a derecha: Antonio Ponz (1797), Francisco Fernández Navarrete (1732), Simón de Rojas Clemente y Rubio (1804-1809), Edmond Boissier (1839).

Igualmente contribuye el contenido temático de estos libros de época a reconstruir la evolución del paisaje actual, ahora, como fuente auxiliar de conocimiento en coordinación con técnicas más específicas de la geomorfología. Además,

permiten conocer el estado del conocimiento de las ciencias tratadas (p.e. geología y botánica) y detectar en su discurso expositivo progresos experimentados en su *corpus* doctrinal.

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

También resulta valiosa la singularidad del paisaje de la Sierra, y en esta ocasión la que conforma el conjunto del Veleta y su Corral que descansa en su imponente relieve, definido por un robusto *hörn* labrado en materiales paleozoicos, su fijación geográfica y altitud. Al respecto, la panorámica del Corral desde los Lastrones es única en el conjunto de la Sierra, destacando la gran dimensión de su circo en anfiteatro presidiendo el barranco del Guarnón y su espectacular pared rocosa coronada por el vértice geodésico del Veleta (3.389 m). Asimismo, ocurre con aquellas otras panorámicas visuales que se perciben desde la cima del Veleta gracias a la considerable altitud y posición geográfica de este punto. La amplitud y fondo de captación visual, al igual que ocurre desde el picacho del Mulhacén (3.482 m), ofrece perspectivas espectaculares en giro de 360°. En el caso del Veleta destacan las panorámicas en dirección sur, ya muy citadas y comentadas en los libros de época por abarcar paisajes contrastados de la Alpujarra y en días despejados porciones de la costa mediterránea entre el Campo de Dalias hasta Salobreña-Motril, como también la ribera africana y, en días excepcionales, la silueta de la Cordillera del Rif.

Los paisajes de la Sierra, el natural y también el humanizado, actualmente cada vez más vienen siendo motivo de atracción turística, en particular desde el denominado ecoturismo o geoturismo. Este interés, que en gran manera puede interpretarse en esta ocasión como valor patrimonial añadido, vino favorecido tras la declaración de Sierra Nevada como Parque Nacional en 1999, lo incrementó el interés por el conocimiento de

los paisajes de cumbres de la Sierra, en particular los de la Alta Alpujarra y entre ellos las cabeceras de los barrancos y sus cordales cimeros, que coinciden con los llamados tres miles. De los enclaves más visitados sobresalen los barrancos del Poqueira y emisarios, Lanjarón y Trevélez, entre otros. Por lo que respecta a la vertiente norte destaca el barranco del Guarnón y su Picacho del Veleta y Corral, tan citados y elogiados en las descripciones de libros de viajeros, montañeros y científicos, como ya se anunció. Del conjunto de estos parajes la huella secular del hombre es significativa en el territorio, sobre todo por el aprovechamiento de los recursos naturales que históricamente las poblaciones limítrofes han venido practicando. Al respecto, recordar el valor de los pastizales, en particular los borreguiles; la canalización de las aguas de fusión en cabeceras de barrancos, a través de acequias; y el comercio de la nieve, actividad que vino desarrollándose tradicionalmente hasta entrado el cuarto decenio del siglo xx, sobre todo en los declives del Veleta, a partir de los Peñones de San Francisco (Titos Martínez, 2014).

En cuanto al interés educativo que posee el conjunto de la unidad del Veleta y su Corral hay que destacar que abarca a todos los niveles de la enseñanza, según interese la profundidad de contenidos a impartir, aunque el más apropiado es el universitario. Respecto a este último hay que resaltar el ejemplo del Corral como reducto glaciar de la PEH, único en el contexto de las montañas andaluzas, que lo convierte, por sus condiciones ambientales, en verdadero laboratorio en la naturaleza para el estudio y experimentación de los



# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

procesos morfogénicos fríos periglaciares en montaña semiárida. Igualmente, el enclave resulta óptimo para el seguimiento de la evolución del clima de Sierra Nevada a partir del control térmico y nivológico que se hace de la degradación de los hielos glaciares relictos y *permafrost* que aún alberga, como se viene realizando.

## 7. CONCLUSIONES

El Corral del Veleta es el enclave de Sierra Nevada con más significación científica de la morfodinámica de procesos fríos en alta montaña mediterránea peninsular, pues aún hoy viene funcionando, en gran modo, como medio paraglaciar. La característica geomorfológica que lo define es haber actuado como circo glaciar durante las glaciaciones cuaternarias y en su evolución más reciente haber cobijado un pequeño foco glaciar a lo largo de la PEH. Hecho excepcional, pues Sierra Nevada durante este periodo frío no incluyó espacio glaciado en sus cumbres, aunque sí reductos donde pudieron persistir hielos permanentes, tal como ocurrió en el Corral, que se mantuvieron visibles hasta mediados del siglo xx.

El Corral del Veleta en el conjunto de la unidad geomorfológica del Veleta y en el ámbito de las cumbres del Parque Nacional de Sierra Nevada, posee un valor patrimonial muy alto (3,6; 4; 3,5), que debe ser conservado y preservado. Radica prioritariamente en su significado científico-natural evidenciado en la variada gama de procesos morfogénicos fríos periglaciares dominantes, en las formas de relieve y modelados asociados y

en el mantenimiento de restos de hielos glaciares de la PEH en proceso de degradación. El conocimiento que se ha venido teniendo de todo ello ha sido enriquecido recientemente a partir de la información escrita por eruditos que recorrieron la Sierra a partir del siglo xviii, lo que ha permitido reconstruir su evolución geomorfológica hasta nuestros días.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bide, F. (1893). Deuxième excursion dans la Sierra Nevada. *Annuaire du Club Alpin Français*, 20, 276-305.
- Boissier, E. (1995). *Viaje botánico al sur de España durante el año 1837*. Granada: Caja General de Ahorros de Granada-Universidad de Málaga.
- Fernández Navarrete, F. (1997). *Cielo y suelo granadino*. Almería: Editora G.B.G.
- García Sainz, L. (1947). *El clima de la España cuaternaria y los factores de su formación*. Valencia: Secretariado de Publicaciones Universidad de Valencia.
- Gómez Ortiz, A., Palacios, D., Palade, B., Vázquez Selem, L. y Salvador Franch, F. (2012a). The deglaciation of the Sierra Nevada (Southern Spain). *Geomorphology*, 159-160, 93-105.
- Gómez Ortiz, A., Oliva, M.; Serrano Giné, D., Molero Mesa, J., Vidal Macua, J.J., Salvador Franch, F., Salvà Catarineu, M., y Plana Castellví, J.A. (2012b). Geositios de interés geomorfológico en Sierra Nevada. Hacia una propuesta de valoración patrimonial. En *Respuestas de la Geografía Ibérica a la crisis actual* (1112-1126). Santiago de Compostela: Meubook-USC.

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

- Gómez Ortiz, A., Oliva, M., Salvador Franch, F., Salvà Catarineu, M., Palacios, D., Sanjosé, J.J., Tanarro, L., Galindo Zaldívar, J., y Sanz de Galdeano, C. (2014). Degradation of buried ice and permafrost in the Veleta cirque (Sierra Nevada, Spain) from 2006-2013. *Solid Earth*, 5, 979-993.
- Gómez Ortiz, A., Oliva, M., Salvador Franch, F., Plana Castellví, J.A., Sánchez Gómez, S., y Espinar Moreno, M. (2015). Ambientes periglaciares en Sierra Nevada durante la Pequeña Edad del Hielo. Interés científico de la información de los libros de época (siglos xvii-xix). En *Una visión global del Cuaternario. XIV Reunión Nacional de Cuaternario* (136-140), Granada: AEQUA-Universidad de Granada.
- Gómez Ortiz, A y Oliva, M., (2016). El paisaje de cumbres de Sierra Nevada. Notas que resaltan sus valores patrimoniales y proyección didáctica desde la Geografía. *UNES, Universidad, Escuela y Sociedad*, (1), 42-62.
- Gómez Ortiz, A., Oliva Franganillo, M., Salvador Franch, F., Salvà Catarineu, M., Plana Castellví, J. A., y Domínguez Serra, M. (2017). La unidad geomorfológica del Veleta: singularidad patrimonial del Parque Nacional de Sierra Nevada (España). En *Ambientes periglaciares: Avances en su estudio, Valoración patrimonial y Riesgos asociados* (247-255). Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- Gómez Ortiz, A., Oliva, M., Salvador Franch, F., Salvà Catarineu, M., y Plana Castellví, J.A. (2018). El interés geográfico de los documentos históricos en la explicación científica del foco glaciar del Corral del Veleta (Sierra Nevada, España) durante la Pequeña Edad del Hielo. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, (44). <http://doi.org/10.18172/cig.3415>
- González Trueba, J.J. y Serrano, E. (2008). La valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al parque nacional de los Picos de Europa. *Boletín de la A.G.E.*, 47, 147-194.
- González Amuchastegui, M.J., Serrano, E., y González, M. (2014). Lugares de interés geomorfológico, geopatrimonio y gestión de espacios naturales protegidos: el Parque Natural de Valderejo (Álava, España). *Revista de Geografía Norte Grande*, (59), 45-64.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*. Chichester: John Wiley.
- Grove, M. (2004). *Little Ice Age. Ancient and modern*. Londres: Routledge.
- Hellmann, G. (1881). Der südlichste Gletscher Europa's. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde*, (16), 362-367.
- Madoz, P. (1849). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Valladolid: Editoriales Andaluzas Unidas-Ámbito.
- Messerli, B. (1965). *Beiträge zur Geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien)*. Zurich: Juris Verlag.
- Murillo Velarde, P. (1998). *Geographia de Andalucía (1752)*. Sevilla: Biblioteca de Cultura Andaluza. Editoriales Andaluzas Unidas.
- Obermaier, H. (1916). Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Geología)* (17), 1-68.

# SIGNIFICADO CIENTÍFICO Y VALOR PATRIMONIAL DEL GLACIAR HISTÓRICO

Antonio GÓMEZ ORTIZ / Ferran SALVADOR FRANCH / Marc OLIVA FRANGANILLO

- Oliva, M. & Gómez Ortiz, A. (2012). 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*, 22 (8), 915-927.
- Palacios, D., Gómez Ortiz, A., Andrés, N., Salvador Franch, F., y Oliva, M. (2016). Timing and new geomorphologic evidence of the last deglaciation stages in Sierra Nevada (southern Spain). *Quaternary Science Reviews*, (150), 110-129.
- Palacios, D., Gómez Ortiz, A., Alcalá Reygosa, J., Oliva Franganillo, M., Salvador Franch, F. y Andrés de Pablo, N. (2018). Avance de nuevos datos sobre el glaciario de Sierra Nevada. *Actas. XV Reunión Nacional de Geomorfología*. SEG. Palma de Mallorca (en prensa).
- Panizza, M. y Piacente, S. (2003). *Geomorfología culturale*. Bolonia: Pitagora Editrice.
- Ponz, A. (1797). Relación del viaje que hizo desde Granada a Sierra Nevada D. Antonio Ponz a influxo del Excmo. Sr. Marqués de la Ensenada. *Mensagero Económico y Erudito de Granada*, 25-30.
- Puga, E., Díaz de Federico, A., Nieto, J.M., y Díaz Puga, M.A. (2007). Petrología, evolución geodinámica y georrecursos del Espacio Natural de Sierra Nevada. *Estudios Geológicos*, 63 (2), 19-40.
- Quelle, O. (1908). *Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada*. Berlín: Universidad Friedrich-Wilhelm.
- Rojas Clemente y Rubio, S. (2002). *Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada*. Barcelona: Editora.
- Salvador Franch, F., Gómez Ortiz, A., Salvà Catarineu, M., y Palacios Estremera, D. (2011). Caracterización térmica de la capa activa de un glaciar rocoso en medio periglacial de alta montaña mediterránea. El ejemplo del Corral del Veleta (Sierra Nevada, España). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 37 (2), 25-48.
- Schimper, W.P. (1849). Sur la géologie, la botanique et la zoologie du midi de l'Espagne. *L'Institut. Journal Universel des Sciences*, 806, 189-192.
- Sermet, J. (1942). Sierra Nevada. *Estudios Geográficos*, (9), 727-749.
- Solé Sabarís, L. (1942). 2ª Reunión de Estudios Geográficos. *Estudios Geográficos*, (9), 687-726.
- Titos Martínez, M. (2014). *Los neveros de Sierra Nevada. Historia, Industria y Tradición*. Madrid: Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- Torres Palomo, M.P. (1967-1968). Sierra Nevada en los escritos árabes. *Miscelánea de Estudios Árabes y Hebraicos*, 16-17, 57-88.
- Willkomm, M. (1995). *Las sierras de Granada*. Granada: Caja General de Ahorros de Granada y Sierra Nevada 95.