

LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO (*LITTLE ICE AGE*) EN SIERRA NEVADA A TRAVÉS DE LOS ESCRITOS DE ÉPOCA (SIGLOS XVIII Y XIX) EN SU RELACIÓN CON EL PROGRESO DE LA GEOGRAFÍA FÍSICA Y GEOMORFOLOGÍA ESPAÑOLA

Antonio Gómez Ortiz y Josep A. Plana Castellví

Grup de Recerca Paisatge i Paleoambients a la Muntanya Mediterrània
Universitat de Barcelona

RESUMEN

A partir del siglo XVIII y a todo lo largo del XIX viajeros ilustrados y científicos románticos recorrieron Sierra Nevada dando noticia de sus recursos naturales y paisaje. El contenido de estos libros los convierte en un referente singular para el conocimiento geográfico de esta montaña. El artículo aporta datos acerca del comportamiento geomorfológico de la Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada, al tiempo que lo relaciona con el progreso científico de la Geografía física y nacimiento de la Geomorfología.

Palabras clave: libros de época (siglos XVIII y XIX), geomorfología, Pequeña Edad del Hielo, Sierra Nevada.

ABSTRACT

Antique books and documents from Central Europe travellers and scientists are a valuable source of information, particularly during XVIII and XIX centuries. That is because landscape and natural resources descriptions. A critical reading and analysis of these documents

Fecha de recepción: abril 2006.

Fecha de aceptación: julio 2006.

give information of great interest in Geomorphology, as it has been demonstrated during the Sierra Nevada Little Ice Age in Sierra Nevada.

Key words: Antique book (XVIII and XIX centuries), Geomorphology, Little Ice Age, Sierra Nevada (Spain).

I. INTRODUCCIÓN

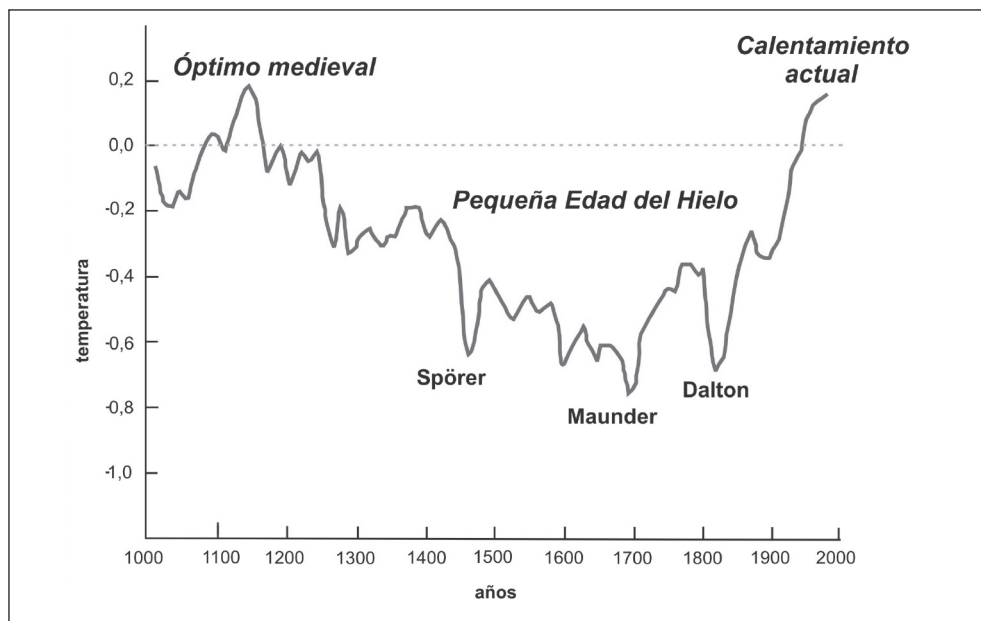
Los glaciares instalados en las principales cordilleras de latitudes medias conocieron avances significativos durante los siglos XV/XIX, particularmente, mientras que en aquellas otras montañas también de elevada altitud pero sin rastro glaciar aparecieron nuevos focos. Estos acontecimientos estuvieron asociados al enfriamiento generalizado que experimentó el clima (Le Roy Ladurie, 1983), reflejado en un aumento de precipitación nival y descenso de temperaturas. Esta crisis, conocida como Pequeña Edad del Hielo (*Little Ice Age*), siguió al llamado Óptimo Medieval, que mantuvo temperaturas semejantes a las actuales. La Pequeña Edad del Hielo, que podría haberse iniciado a mediados del siglo XIV, incluyó picos de temperatura extrema en los últimos decenios del siglo XV, primeros del XVIII y primera mitad del XIX, que se relacionan con mínimos de actividad solar, concentración atmosférica de gases invernadero y aerosoles estratosféricos de procedencia volcánica (episodios de Spörer, Maunder y Saltón) (González Rouco et al., 2003; Uriarte, 2003; etc.) (fig. 1). De tales episodios el más intenso fue el de Maunder, bien detectado en los glaciares alpinos.

En el caso de la Península Ibérica, la cordillera más sensible a este enfriamiento climático histórico fue el Pirineo, pues en su sector central los glaciares aumentaron extensión, como se ha demostrado a partir de los registros morrénicos más recientes abandonados (Copons et al., 1994; Chueca Cía et al., 1998). En cambio, su sector oriental sólo dio cobijo a pequeños reductos de hielos permanentes colgados —en la actualidad desaparecidos—, como ocurrió en algunos de los circos del valle del Madriu (Principado de Andorra), donde se han identificado diferentes generaciones de morrenas de nevero instaladas a lo largo del tiempo y datadas por técnicas liquenométricas (Mateo García et al. 2004).

Junto al Pirineo, sólo Picos de Europa y Sierra Nevada, de momento, denuncian la existencia efectiva de este acontecimiento climático histórico con repercusión en las formas de modelado de cumbres. En ambos macizos los pequeños glaciares o heleros construidos, ya desaparecidos, han evolucionado en masas heladas atrapadas bajo escombros detrítico o diminutos heleros relictos, siempre y cuando las condiciones topoclimáticas actuales lo han permitido (combinación de altitud, topografía y orientación). Así ocurre en el Corral del Veleta (Sierra Nevada) y El Llambrión y Jou Negro (Picos de Europa), por ejemplo (Gómez Ortiz et al. 1999; Alonso et al. 1998; González Trueba, 2005, respectivamente).

La reconstrucción de estos hechos asociados a la Pequeña Edad del Hielo, se ha venido elaborando a partir del encuentro de diferentes disciplinas y técnicas, muy especialmente desde la Geomorfología, que ha explicado las formas de modelado creadas y los procesos morfogénicos desencadenantes. También desde la Palinología, que ha propiciado un conocimiento bastante aproximado de los ambientes ecológicos y bioclimáticos de estas épocas (Esteban Amat, 1995, 1996) y de la dendrocronología (Creus Novau, 1991). Igualmente lo ha hecho la Climatología histórica, que, a partir del análisis de acontecimientos meteorológicos

Figura 1
OSCILACIÓN SECULAR DEL CLIMA A PARTIR DEL AÑO 1000 (González Rouco et al. 2003)



excepcionales ha permitido determinar comportamientos y tendencias climáticas (Barrieros 1994, 1999, 2005; Rodrigo, 1994).

Últimamente una nueva fuente de conocimiento también está aportando frutos a este debate. Se trata ahora de la Geografía histórica y, en particular, la interpretación de los escritos de época de viajeros ilustrados y naturalistas prerrománticos interesados por las montañas, que durante los siglos XVIII, XIX y primeros decenios del XX, recorrieron y exploraron. Las experiencias habidas en este terreno han venido a mostrar la utilidad de este tipo de documentación, sobre todo, por la riqueza de datos que reflejan las descripciones y, además, por la singularidad de la parte gráfica que incluyen. Obviamente, los escritos permiten, también, instalar en el tiempo los acontecimientos reseñados y cuando lo hacen desde el uso de determinada terminología e interpretación científica, además, permiten valorar el progreso de la ciencia en esa época (Gómez et al. 2004).

II. LAS FORMAS DE MODELADO FRÍAS DE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO EN SIERRA NEVADA

Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada fueron los más meridionales de Europa quedando instalados en las cabeceras de los principales barrancos, por encima de los 2500 m (fig. 2). La reconstrucción paleogeográfica del glacialismo pleistoceno nevadense se conoce en sus líneas maestras y mejor en lo que respecta a su dominio glaciado, registros deposicio-

Figura 2
PANORÁMICA DEL NIVEL DE CUMBRES DE SIERRA NEVADA (Gómez Ortiz, julio 1995)

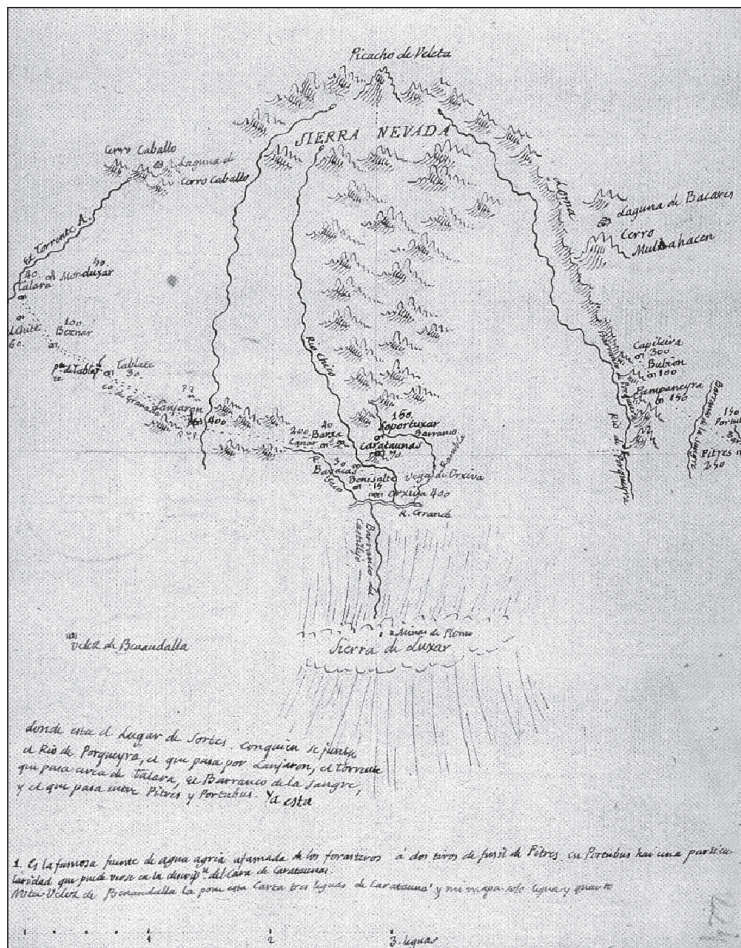


nales y erosivos y cartografía de detalle. No sucede lo mismo acerca de la cronología precisa de los sucesos glaciares. A lo sumo se dispone de su fijación temporal relativa. Para intentar cubrir esta laguna en la actualidad se trabaja en análisis cósmicos de diferentes muestras erosivas y deposicionales (desintegración del nucleido cosmogénico del ^{36}Cl).

Igualmente Sierra Nevada acogió focos glaciares durante la Pequeña Edad del Hielo (*Little Ice Age*). Los reductos donde quedó alojado este glaciario histórico, coincidió, primordialmente, en los corrales u hoyas (circos) de la fachada norte de la Sierra, por debajo de la línea de cumbres que corre de oeste a este, siempre por encima de los 3200 m, desde el cerro del Mulhacén (3482 m) hasta el picacho del Veleta (3394 m). También se desarrollaron en orientación sur, aunque en menor medida y extensión. La causa residió en el efecto de la sobrealimentación nival por efecto eólico, pues los vientos dominantes de poniente tendieron a barrer la nieve de los altiplanos somitales y a acumularla en vertiente meridional, por debajo de las cuerdas cimaras.

De todos los glaciares históricos desarrollados en Sierra Nevada el de mayor interés fue el del Corral del Veleta, por sus dimensiones, resultados morfológicos y particular orientación. Se instaló en la parte más elevada del circo pleistoceno del Guarnón, en torno a los 3000 m, al amparo del cerro de los Machos, picacho del Veleta y Lastrones. Su masa helada, cuyo extremo más bajo y distante podría haber volcado hacia el valle, quedó atrapada entre la pared norte del picacho del Veleta y la morrena frontolateral tardiglaciario (fig. 3). De su deglaciación se han determinado diferentes episodios a partir del modelado del escombros

Figura 3
CROQUIS DE CARATAUNAS (VERTIENTE SUR DE SIERRA NEVADA) DE TOMÁS LÓPEZ VALIENTE (1781)



evacuado y removido, algunos ya fechados en el tiempo (Schulte, 2002; Gómez Ortiz et al. 2004). En la actualidad, de este glaciar histórico no existe rastro visible, aunque sí masas heladas (*permafrost*) atrapadas bajo cascajos y bloques en el extremo más oriental del cuenco (Gómez Ortiz et al. 1996, 1999 y 2002).

El conocimiento glaciar de Sierra Nevada empezó a fraguarse a partir del momento en que los naturalistas románticos centroeuropeos, a mediados del siglo XIX, comienzan a dar cuenta de la existencia de masas permanentes de nieve y prestan atención particular al glaciar del Corral del Veleta, del que indican algunas de sus particularidades (Boissier, 1839). Sin embargo, de él ya se tenía noticia desde el siglo anterior, el XVIII, y alusiones más genéricas

de nieves permanentes para el conjunto de la Sierra desde el siglo XII. Pero no fue hasta comienzos y primeros decenios del siglo XX cuando las ideas acumuladas y relativas a la glaciología cuaternaria de Sierra Nevada y a sus formas de relieve se ordenan y sistematizan (Quelle, 1908; Obermaier, 1917).

III. OBJETIVO, MATERIALES Y METODOLOGÍA

El objetivo de este artículo es resaltar la utilidad que posee la literatura de época como fuente de información en la reconstrucción del paisaje, en nuestro caso el relativo al de las cumbres de Sierra Nevada durante la Pequeña Edad del Hielo. La lectura atenta a estos escritos, siempre desde el conocimiento del tema que preocupa investigar y desde la interpretación objetiva del contenido descrito, puede convertirse en sólida herramienta que contribuya al descubrimiento de nuevos datos y al planteamiento de hipótesis originales.

Los materiales utilizados en esta ocasión siempre han sido documentos originales de época o traducciones, generalmente mayoritarios de los siglos XVIII y XIX y correspondientes a descripciones de viajes, exploraciones científicas, itinerarios o excursiones. O a informes valorativos escritos a instancia de alguna autoridad gubernamental. Es por ello que su lectura, análisis de contenido y posterior interpretación siempre se ha afrontado con suma prudencia y cautela debido a la intencionalidad o subjetividad que pudiera traslucir el texto.

Estos documentos han resultado muy variados y de diferente tipo y autoría: narraciones y relatos árabes sobre la organización del relieve y variedad de paisajes de Sierra Nevada; informes valorativos de la Sierra redactados por eruditos ilustrados comisionados por la Corona de España que acceden a esta montaña para inspeccionarla y «dar cuenta de todo aquello útil y beneficioso»; descripciones de científicos románticos centroeuropeos —botánicos, geólogos y geógrafos— procedentes de diferentes centros universitarios, que tienen como intención analizar el marco natural y humano de Sierra Nevada; etc. El contenido secuenciado de toda esta información ha permitido, no sólo reconstruir en buena medida el conocimiento del glaciario histórico de Sierra Nevada, sino también el de la evolución de la Geografía física, en lo que se refiere a teorías, ideas y conceptos.

En cuanto al método de trabajo general aplicado ha sido el propio de toda investigación bibliográfica. Por ello cada obra —libro, documento, informe, artículo, etc.— después de ser identificado y analizado en su contenido útil, se ha estructurado y clasificado en campos y subcampos temáticos y palabras clave (tanto en lo que se refiere a la parte literaria como gráfica). El almacenaje de toda esta información se ha introducido en un banco de datos informatizado con entradas múltiples e interconectadas, de acuerdo con los campos y subcampos ya predeterminados.

IV. RESULTADOS

1. El viento, la nieve y el frío en los relatos árabes

Los relatos árabes, siempre muy genéricos en contenido y localización geográfica, mantienen una constante si se refieren a las cumbres de Sierra Nevada y es la relativa a su considerable altitud, a sus abundantes aguas y riqueza de plantas, pero sobre todo, a las con-

diciones climáticas que la invaden. De ellas resaltan sus nieves y, particularmente, el rigor del frío que siempre la domina y del viento helado. La nieve debió ser el elemento que mejor la identificó. En tal sentido, los árabes la denominaron *Yabal-al-Taly*, (montaña de la nieve), pero también *Yabal Sulayr* (montaña del sol). Ahora para resaltar que el Sol, apenas aparecía por el horizonte, iluminaba la nieve de las cumbres de la Sierra mucho antes que los rayos llegaran a la Vega de Granada.

La información árabe relativa a Sierra Nevada que ha llegado a nosotros procede de viajeros, geógrafos e historiadores de Al-Andalus o de otros países del Califato de Damasco. Una recopilación muy valiosa, y que aglutina el periodo 903-mediados del siglo XIV, se debe a Torres Palomo (1967-1968), de la que hemos tomado para esta ocasión lo más sobresaliente, incluidas las transcripciones al castellano de los originales árabes.

Una de las primeras alusiones a la presencia de la nieve en la Sierra procede de Ibn al-Faquid al-Hamadani que en el año 290/903 y refiriéndose a la ciudad de Córdoba subrayaba: «*En Córdoba se goza de una temperatura agradable, incluso no hay necesidad de usar trajes de lino en el verano. Tiene manantiales y pozos y cerca de ellos la nieve cae sobre el monte Sulayr, que queda a cuatro días de marcha de Córdoba*» (citado en Torres Palomo, 1967-1968, p. 61). También del siglo X y en la «Descripción de al-Andalus», atribuida a Ahmad al-Razi se recogen datos acerca del manto nival de Sierra Nevada: «*El distrito de Elvira está dotado de numerosas ventajas. Se encuentra en él un monte llamado Sulayr, conocido también como Sierra Nevada porque la nieve lo cubre durante todo el año: cuando una capa desaparece es reemplazada por otra*» (citado en Torres Palomo, 1967-1968, p. 61).

Información más precisa aparece en el siglo XII y no tanto de la mano del geógrafo Al-Edrisi, que no parece que visitara Granada ni Sierra Nevada, sino de Muhammad b. Abi Bakú al-Zuhri que en el año 532/1137 se encontraba en la referida ciudad. En su obra «Kitab al-Yagrafiyya» resalta de las cumbres de Sierra Nevada: «*Y esta montaña es una de las maravillas del mundo porque no se ve limpia de nieve en verano ni en invierno. 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. En la cumbre de esta montaña las plantas no crecen ni los animales pueden vivir; pero su falda está salpicada de poblados, muy próximos, en un espacio de seis días de marcha...*» (citado en Torres Palomo, 1967-1968, p. 68).

Estas ideas sobre Sierra Nevada se repiten en los escritos sucesivos. Por ejemplo, en pleno siglo XIII, Abu Yahyà Zakariya b. Muhammad b. Mahmud al-Qazwini, autor de un compendio geográfico redactado en el año 661/1263, las vuelve a recalcar: «... *Monte Sulayr de al-Andalus, del cual no desaparece la nieve en invierno ni en verano y puede verse desde la mayor parte del territorio de al-Andalus por su elevación. En él hay diferentes clases de frutas: manzanas, uvas, moras, nueces, avellanas y otras más. Y allí el frío es intenso y continuo*» (citado en Torres Palomo, 1967-1968, p. 71). Semejante contenido se incluye en la obra atribuida al egipcio Sihab al-Din al-Qalqasandi y referida a España («Subh Alacsà»), escrita en el año 756-821/1355-1418: «*El Monte Sulayr, ya aludido, por ser muy elevado, no deja de tener nieve en invierno ni en verano. Por esto se siente un frío intenso que durante el invierno influye en el clima de Granada ya que entre la Sierra y la ciudad sólo hay una distancia de diez millas*» (citado en Torres Palomo, 1967-1968, p. 78).

Las últimas descripciones árabes ya corresponden a los siglos XVI y XVII y suponen escasas novedades respecto a escritos anteriores, quizá, por la continua copia o repetición de

ideas que unos autores hacen de otros (Torres Palomo, 1967-1968, pág. 82). Como ejemplo de estas aportaciones sirva de ejemplo la Miscelánea geográfica que Ahmad b. Ali-al-Mahalli dedica al occidente musulmán y que refiriéndose a Sierra Nevada resalta las ideas que ya hiciera Muhammad b. Abi Bakú al-Zuhri en el año 1137: *Ésta montaña es una de las maravillas del mundo porque está cubierta de nieves perpetuas ... 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 ... No tiene acceso esta montaña más que por tres lugares especiales ... Sopla en ella un viento helado que mata a todos aquellos sobre los que pasa. Ya murieron muchas personas en pleno verano a causa de la crudeza del frío. Al pie de esta montaña, hacia el occidente, está la ciudad de Granada que se cuenta entre las ciudades más bellas* (citado en Torres Palomo, 1967-1968, pp. 79-80).

2. Ilustrados comisionados por la Corona de España informan de Sierra Nevada

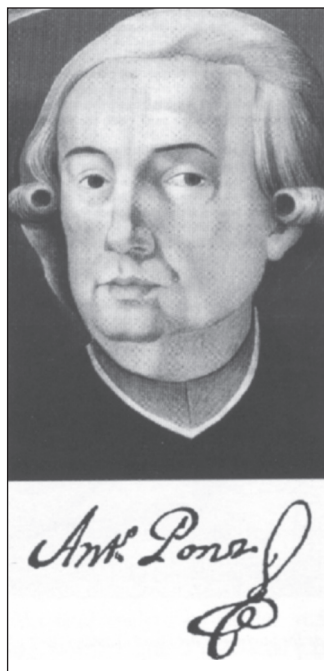
El interés reformista de los ilustrados españoles significó que a partir de mediados del siglo XVIII se desplegara, entre otras actuaciones y desde la Corona, toda una serie de proyectos encaminados al mejor conocimiento del territorio y dar cuenta de todo aquello que pudiera ser «útil y beneficioso para la sociedad». Y las montañas no fueron ajenas a ello. En el caso de Sierra Nevada significó descubrirla y describir su geografía física y hechos humanos, económicos y sociales. De su marco biofísico interesó, sobre todo, sus riquezas naturales y de ellas su vegetación, aguas y recursos minerales. Esta inquietud reformista introducida por los Borbones supuso, a la par, favorecer el avance de la ciencia española, en particular desde que se creara, en 1755, el Real Jardín Botánico de Madrid y en 1777 la Academia de Minas, de Almadén.

A lo largo del siglo XVIII el conocimiento geográfico que se fue hilvanando de la Sierra resultó más preciso aunque continuó siendo genérico por lo que respecta a sus cumbres. No resultó así para las zonas habitadas y más bajas, pues los viajeros ilustrados que las recorrieron han dejado de ellas descripciones que permiten reconstruir la organización general de su territorio, en especial lo relativo a lo fragoso de su relieve —entramado de barrancos y lomas—, ambientes ecológicos, cultivos, otros usos del suelo y poblamiento. Documentos muy significativos de este tipo de información son el Catastro de Ensenada y el «Diccionario Geográfico e Histórico» de Tomás López y Vargas Machuca, elaborados a partir de las respuestas dadas por las autoridades de los municipios consultados y que, además, incluyen croquis y mapas de valor local (fig. 3).

Respecto a la zona de cumbres la información es más escasa. Las causas son diversas y podrían tener diferente naturaleza: dificultad de acceso y limitado periodo de tiempo para recorrerla, peligros que entrañaba internarse en ella, falta de mapas o croquis orográficos precisos y fiables para orientarse, etc. A lo que también podría añadirse el limitado valor económico que tendrían los pastizales de verano, lo que limitaría el deseo de su inspección. De todas maneras existen datos relevantes y de interés para la reconstrucción de la incidencia geomorfológica de la Pequeña Edad del Hielo, que es lo que ahora interesa. Información, alguna, que tomamos de Titos Martínez (1990, 1997).

El más antiguo y preciso documento se debe a Antonio Ponz, escrito en 1754 aunque publicado en 1797, mucho antes que redactara su monumental obra sobre «Viaje de España

Figura 4
ANTONIO PONZ, QUE DESCRIBIÓ EN 1754 LOS HIELOS DEL CORRAL DEL VELETA



en que se da noticia de las cosas más apreciables, y dignas, de saberse, que hay en ella», aparecida a partir de 1776 (fig. 4). Se trata de la descripción del viaje que hizo a Sierra Nevada, a instancias del Marqués de la Ensenada. Durante el viaje, que le llevó varios días, recorrió buena parte de los barrancos de la cara norte del macizo, desde el puerto de Bacares hasta la laguna de las Yeguas, de los que describió sus riquezas naturales (aguas, plantas y minerales) y paisaje, siempre desde la observación minuciosa del territorio, además de calcular altitudes de diferentes picos o puntos estratégicos.

Del relato del viaje interesa ahora, por la particular información que ofrece, su ascenso al Veleta del que resalta la profusión de neveros en la cabecera del barranco del Dfilar y, sobre todo, la descripción que hace del Corral. De él subraya: «*Dexado este sitio (se refiere al picacho del Veleta) pasamos a registrar 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*» (citado en Titos Martínez, 1991 p. 64).

En esta misma línea de contenido climático y geomorfológico igualmente se expresa Tomás López y Vargas Machuca en muchos pasajes de su «Diccionario Geográfico e Histó-

Figura 5
SIMÓN DE ROJAS CLEMENTE Y RUBIO, QUE EN 1804-1805, DETERMINÓ CONDICIONES
FRÍAS GENERALIZADAS EN SIERRA NEVADA POR ENCIMA DE LOS 2436 M



rico», que comenzó a publicar a partir de 1776. Sobre el municipio de Güéjar, que es donde se incluye el valle del Guarnón y su cabecera, el Corral del Veleta, señala: «*El Guadarnón (se refiere al Guarnón), que tiene como cabecera el Corral del Veleta, llamado así porque el conjunto de cerros y colinas puestos por la misma naturaleza forman a manera de un corral de grande profundidad, 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, dividiéndose los nevazos de todos los años por las piedras y brozín que meten los aires del verano*» (citado en Titos Martínez, 1997, V.1, p. 63).

Pero la información más sólida y completa en todos estos temas relativos a la geografía física de la Sierra se debe a Simón de Rojas Clemente y Rubio (fig. 5), botánico y discípulo de Antonio José de Cavanilles. Rojas Clemente y Rubio recorrió Sierra Nevada durante los años 1804 y 1805 y de entre sus valiosas aportaciones, que reflejó en la obra «*Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809)*», estratifica la Sierra en niveles bioclimáticos, desde la costa mediterránea hasta la cima del Mulhacén. Los dos más elevados que distingue, que son los que interesan ahora, los denomina como zona frigidísima y glacial y los sitúa a partir de los 2436 m. De las atinadas observaciones que hace de ellos merecen ser resaltadas las siguientes: «*Nota 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 muy cerca de ellas, como a 100 varas o menos más bajo (así se observa en el Mulhacén y Veleta) ya se hallan grandísimos ventisqueros perpetuos. No puedo dudar que la nieve última que toman por Otoño los Neveros de Granada (excepto en rarísimo año después de un Invierno en que apenas nevó) está 500 varas, o más, más baja que la notada en el último resultado, lo que apoya en la observación de las plantas, principalmente del*

Geranium (...) y así dejar la línea de las nieves perpetuas en el Norte de Sierra Nevada en 2900 varas sobre el nivel del mar» (transcrito en Gil Albarracín, 2002, p. 951).

También del mismo autor conviene resaltar otra observación de interés acerca del mantenimiento de la nieve en Sierra Nevada. La hace en septiembre de 1805, a raíz de indicar los puertos que conectan valles entre las cumbres de la Sierra: «*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 Albarracín, 2002, p. 687).

3. Científicos románticos (naturalistas y geógrafos) recorren Sierra Nevada durante el siglo XIX

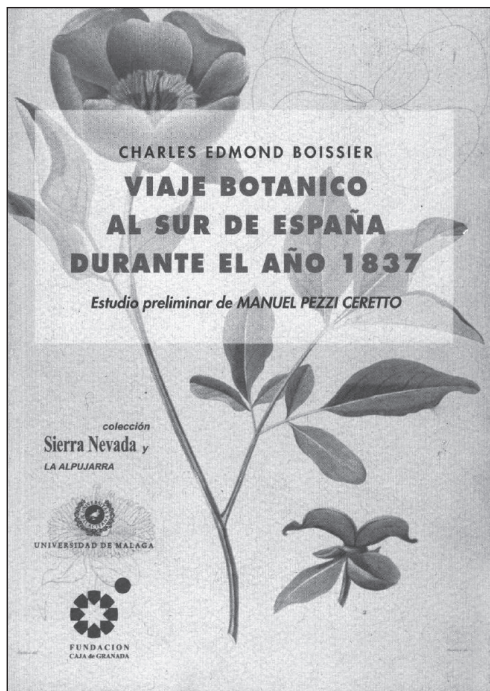
El siglo XIX supuso un notable avance para la ciencia española y por lo que respecta a la geología decisivo, particularmente desde que en 1849 se iniciaran los trabajos de la Comisión Nacional del Mapa Geológico de España. El interés por las montañas crece y más aún por sus glaciares pues en las nuevas teorías geológicas, las evolucionistas, se interpretan como grandes agentes modificadores del relieve, en contraposición con la concepción catastrofista.

Este ambiente de progreso intelectual, nacido en centroeuropa —en las universidades de Viena, Berlín, Bonn, Freiberg, Munich y Berna, sobre todo—, llevó a naturalistas (botánicos, geólogos) y geógrafos a recorrer también las montañas españolas. Por lo que respecta a Sierra Nevada la gran aportación de estos científicos, junto con la de otros españoles, fue la afirmación de un glaciario cuaternario recluso en los barrancos (Mac Pherson, 1875; Penck, 1894; Rein, 1899) y otro actual arrinconado en las cabeceras de éstos.

Respecto al glaciario actual el primer científico en certificarlo fue el suizo Boissier (1845), a raíz de la inspección botánica que hizo a la Sierra en 1837, recogida en su libro «*Viaje botánico al sur de España durante el año 1837*» (fig. 6). Se refiere al glaciar del Corral del Veleta así: «*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*». Y respecto a la permanencia de la nieve señala: «*Sierra Nevada no llega en ninguna parte al límite inferior de las nieves perpetuas ... pero su parte superior en una zona de 1500 a 2000 pies, conserva numerosas acumulaciones durante los veranos normales*» (citado en Boissier, 1995, pp. 290, 293 y 294).

También resulta de gran interés por estas mismas décadas la noticia que Madoz (1849) proporciona de las nieves de Sierra Nevada en su «*Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar*». Y de ella resaltar, sobre todo, lo relativo a la existencia de diferentes enclaves con masas de nieves e hielos permanentes: «*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 con-*

Figura 6
PORTADA DEL LIBRO «VIAJE BOTÁNICO AL SUR DE ESPAÑA DURANTE EL AÑO 1837» DE EDMOND BOISSIER



tar fácilmente en muchas de sus quebradas, se llaman en el país corrales: el más considerable de todos ellos es el nombrado del Veleta, La nieve, acopiada por los vientos, que encierra el grandísimo depósito de este corral es tan petrificada, que tiene la consistencia del mármol más duro y cuesta trabajo hacer en ella la más pequeña incisión aún con una herramienta muy fina» (Madoz, 1849, Tomo XIV, p. 384).

Igualmente resulta oportuna la información que ofrece Pfendler (1849) en su obra «Andalucía, la Sierra Nevada, los Pirineos, Madera y Nice» sobre la Sierra y el Corral del Veleta: «La línea de nieve eterna se halla en la Sierra Nevada á la altura de 8100 pies mientras que en los Pirineos desciende hasta 5 ó 6 mil y en la Suiza y el Tirol de 4200 á 4600» (Pfendler, 1996, p. 100). Y por lo que respecta al Corral y tras describir su configuración topográfica subraya: «Su sólida nieve es de un color verde azulado y muy semejante á la de los Pirineos; tiene grietas profundas verdinosas, cuyas bases y bordes son bastante cenagosas; tiene además hendiduras cavernosas donde el agua forma riachuelos en miles de direcciones, que se reúnen al fin en una pequeña laguna en la que nace el río Genil» (Pfendler, 1996, p. 101).

A lo largo de la segunda mitad del siglo XIX las observaciones sobre el glaciario de Sierra Nevada y su medio biofísico se multiplican y cada vez más resultan más precisas, pues su contenido tiende acomodar descripción y explicación en el seno de un discurso progresivamente más científico con empleo de terminología precisa. La razón de ello hay que

encontrarla en el avance de las ciencias, en particular de aquellas denominadas naturales, y en la experiencia de los autores, la mayoría concedores de los Alpes y Pirineos. De entre ellos, y por lo que respecta al glaciario histórico de la Sierra, resaltan Hellmann (1881), Willkomm (1882), Rute (1889), Bide (1892, 1893) y Rein (1899). Y Quelle (1908) que marca ya el tránsito hacia el siglo XX.

De Hellmann (1881) hay que anotar que, tras definir la masa de hielo del Corral del Veleta como de glaciar en proceso de retroceso en su obra «Der südlichste Gletscher Europas», resalta de él datos muy precisos de su extensión, recogidos durante el trabajo de campo que realiza en 1876: 580 m de longitud (E-W), 250 m de anchura (S-N) y 25 grados de pendiente junto al cerro de los Machos, frente a 20 grados en su extremo más occidental.

Por su parte, también, el botánico Willkomm (1882) en sus recorridos por Sierra Nevada, recogidos en su trabajo «Las Sierras de Granada», se ocupa del glaciar del Veleta, aunque la descripción que hace de él resulta aproximada pues no llegó a recorrerlo: «*Tuve que renunciar al plan de alcanzar el glaciar del Veleta e investigarlo, pues ello habría requerido unas tres horas como mínimo*». Sin embargo, sí informa de él a partir de las vistas que se le presentan a medida que remonta el barranco del Guarnón. Señala: «*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 gigantes 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 m*» (Willkomm, 1993, p. 115).

Sin embargo, hay que añadir que no todos los científicos que visitaron la Sierra fueron de igual parecer respecto al hecho glaciar. Rein (1899), catedrático de Geografía de la Universidad de Bonn, resulta un buen ejemplo, como así lo puso en evidencia en su «Aportación al estudio de Sierra Nevada». En efecto, sobre el tema pone en entredicho el trabajo mecánico de los hielos cuaternarios en la formación de los circos e igualmente se muestra escéptico respecto al glaciar del Veleta: «*Se le ha creído resultado de la Era glacial, modesto remanente de un gigantesco glaciar que en un tiempo cubriera todo el valle del Genil y que almacenara las grandes masas pétreas a la salida del mismo, donde se une a la altiplanicie. Las observaciones que hasta ahora han realizado los geólogos en el Glaciar del Veleta son insuficientes para establecer sin lugar a dudas su origen y constitución*» (Rein, 1994, p. 124).

Por estas mismas fechas Bide (1892 y 1893), del Club Alpino Francés, y Rute (1889), también dan información de los neveros y heleros de Sierra Nevada. Por lo que respecta a Bide (1892 y 1893), que hace un largo recorrido por los cordales y cabeceras de barrancos del macizo, hay que destacar la espléndida información gráfica que ofrece, sobre todo la referida al Corral del Veleta, que permite tener una idea ajustada del dominio de los hielos en la cabecera del barranco del Guarnón. En tal sentido, subrayar el croquis orográfico a escala 1/100000 del conjunto de la Sierra y en el que incluye el dominio del glaciar alojado en el Corral (fig. 7). También subrayar las descripciones y localizaciones de nevés en cumbres (Siete Lagunas, Mulhacén, Basares del Veleta-collado de la Carihuela, etc.): «*Sobre los graderíos gigantes de este circo (se refiere a los Basares del Veleta) reposan los mayores nevés que persisten durante los veranos más cálidos*» (Bide, 1893, p. 296).

Y por lo que se refiere a Rute (1889) insistir de nuevo en las referencias que hace sobre las masas heladas en las cumbres de la Sierra, algunas de dimensiones considerables. Del glaciar

glaciar del Veleta debe su existencia única y exclusivamente al hecho de que está orientado hacia el norte al abrigo de sus altas paredes, por lo que no puede ser tomado como punto de referencia para establecer el límite de nieves perpetuas actuales». Y, además, del mismo, un dato de gran interés: el de su punto más bajo, que lo estableció en los 2835 m, y su anchura, que la cifró en 540 m.

VI. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

La información referida, basada en la documentación de época analizada, muestra la existencia de la denominada Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada, lo que viene a demostrar que esta crisis climática histórica, como mínimo, debió afectar hasta la latitud del Mediterráneo. Su mejor testimonio fue la persistencia secular del glaciar del Veleta, alojado en la cabecera del barranco del Guarnón, en su Corral, y cuya primera referencia escrita se debió a Antonio Ponz, en 1754: «... *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*».

1. Antes de la Pequeña Edad del Hielo —en la Edad Media— Sierra Nevada ya albergaría enclaves con nieves permanentes.

En efecto, la interpretación de los escritos árabes nos inducen a admitir este hecho, lo que supondría, posiblemente, que el enfriamiento generalizado que afectó a nuestras latitudes, particularmente entre los siglos XV-XIX, ya debería tener antecedentes en centurias anteriores (Edad Media). O bien que durante ellas —tégase en cuenta que para tales siglos se habla del denominado Óptimo Climático Medieval) las condiciones climáticas reinantes en las cumbres de Sierra Nevada fueran propicias para el desarrollo y mantenimiento de enclaves con nieves permanentes. Así parece desprenderse de los relatos procedentes de escritos árabes. Por ejemplo en Muhammad b. Abi Bakú al-Zuhri —532/1137—: «*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*». Como también ocurre en Sihab al-Din al-Qalqasandí —756-821/1355-1418—: «*El Monte Sulayr, ya aludido, por ser muy elevado, no deja de tener nieve en invierno ni en verano*».

El enunciado de estas descripciones, por su brevedad y contenido puntual, no permite afirmar la existencia de glaciares durante estas épocas en Sierra Nevada pero sí admitir condiciones frías generalizadas dominando las cotas altas de la montaña, lo que supondría contemplar un desarrollo significativo de procesos morfogénicos fríos con repercusión en la definición de los ecosistemas y modelados y grado de estabilidad en laderas.

2. El enfriamiento del clima durante la Pequeña Edad del Hielo conllevó el desarrollo de focos glaciares en las cumbres de Sierra Nevada

El hecho de que constantemente la mayoría de botánicos, geólogos y geógrafos que visitan la Sierra resalten a todo lo largo de los siglos XVIII y XIX la existencia de hielo permanente en el Corral del Veleta, no invalida que la permanencia de masas heladas (neveros,

ventisqueros) fuese generalizada por las cumbres de ella, instalándose, mayoritariamente, allí donde la topografía, la orientación y las condiciones de sobrealimentación nival por efecto eólico, resultaran favorables. En apoyo de estas ideas resultan muy valiosas las afirmaciones de Rojas Clemente y Rubio, Madoz y Rute.

Respecto a Rojas Clemente y Rubio resaltar que a comienzos del siglo XIX confirma la presencia de un diminuto foco glaciario por debajo del Picón de Jeres: «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)». En cuanto a Madoz (1849) subrayar: «Los parages que en estas dos elevadas montañas, Mulhacén y Veleta, y en sus inmediaciones, se hallan cubiertos de perpetuas y endurecidas nieves». Afirmación que vendría a avalar la presencia de hielos en los corrales de Valdeinfierno y Valdecasillas. Y acerca de Rute (1889) recordar sus descripciones sobre las manchas glaciares instaladas en el cuenco del Dílar y aquellas otras próximas al Mulhacén, en vertiente oriental.

Igualmente resulta útil la información de Esteban (1996) relativa a los espectros polínicos analizados en borreguiles de altura de la Sierra (Peñón Colorado, Río Seco y San Juan) y en los que detecta, particularmente en el corte de Río Seco (subzona RIO-Cb), aumento de taxones fríos, que instala en el periodo 350-130 BP (1600-1820) y que asimila al desarrollo de la Pequeña Edad del Hielo. Hecho que permite generalizar condiciones climáticas frías al conjunto de las alturas de Sierra Nevada.

La atención preferente de los investigadores por los hielos del Corral del Veleta no debe sorprender, sobre todo, por ser el foco de mayor extensión y por su particular localización bajo el picacho del Veleta, cima emblemática de Sierra Nevada, muy visible desde la ciudad de Granada y punto de destino de la mayor parte de recorridos por la Sierra. Ello explica que, primero, viajeros, y luego, botánicos, geólogos y geógrafos, particularmente, hayan venido dando noticias de su configuración morfológica y de la naturaleza de sus masas heladas a lo largo del tiempo y, cada vez más, con mayor precisión terminológica y en mejor contexto científico.

3. La documentación analizada no permite detectar con claridad episodios climáticos durante la Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada

Los escritos analizados no permiten establecer de manera nítida episodios climáticos durante la Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada, aunque los registros deposicionales detectados en el seno del Corral del Veleta sí permiten contemplarlos, aunque, de momento, sin poder precisarlos en el tiempo (Gómez Ortiz et al. 1996). Hay, sin embargo, un detalle de interés al respecto en la documentación consultada. Y es el relativo al nivel de nieves permanentes, utilizado y aplicado para la Sierra por Rojas Clemente, en 1804, y Boissier, en 1837. El primero, defendiéndolo y el segundo, negándolo. Rojas Clemente instala este nivel para la cara norte de la Sierra en las 2900 varas sobre el nivel del mar, es decir en los 2436 m. Pero por su parte Boissier, en 1837, es decir 33 años después, niega la existencia de nieves perpetuas en toda la Sierra. De ser ciertas ambas ideas habría que admitir una deglaciación rapidísima en un corto periodo de tiempo de 33 años, entre 1804 y 1837. Curiosamente este intervalo podría abarcar el mínimo de Dalton y su recuperación (fig. 1).

Si, por el contrario, tal deglaciación no hubiera tenido lugar, la afirmación de Rojas Clemente debería interpretarse de distinta forma. Y podría ser que los neveros de fusión tardía en la Sierra comenzarían a establecerse a partir de los 2436 m relegándose las nieves perpetuas al seno de los corrales o a las hondonadas de cumbres favorecidas por sobrealimentación nival por efecto eólico. Esta última hipótesis nos parece más acertada y en su apoyo hay diferentes hechos. Primero, las propias afirmaciones de Rojas Clemente al citar ventisqueros permanentes por debajo de las líneas de cumbres cimera. Segundo, la constatación de Madoz (1849), al arrinconar las nieves eternas a los corrales, la mayoría fijados por encima de los 3000 m. Tercero, el comercio de la nieve, que viene a señalar cómo la explotación de los neveros de fusión tardía en pleno verano durante estas épocas se llevaba a cabo superados los 2500 m y por encima de los 2900 en los años secos, y durante aquellos otros excepcionalmente secos sólo se obtenía nieve en esta parte de la Sierra más cercana a Granada, en el seno del Corral del Veleta, a 3050 m.

Lo que resulta indudable a la luz de las informaciones obtenidas en los libros de época es que al inicio del siglo XIX y a partir de los 2436 m la Sierra estaría inmersa bajo condiciones frías, propias de ambientes crionivales. Y la segunda constatación a que nos conducen estas informaciones es que a medida que se tiende a avanzar en el tiempo hacia el presente las condiciones frías resultan ser más tenues y con ello a mermar la proliferación y duración temporal de la nieve en la Sierra.

Quizá el mejor indicador de esta variación histórica del clima en la Sierra es la evolución que se ha venido operando en el glaciar del Corral del Veleta, ya mencionado a mediados del siglo XVIII y que vino a perdurar, aunque en reducción paulatina, hasta la segunda mitad del siglo XX (Gómez Ortiz et al. 1996). Respecto a la superficie máxima que debió cubrir este glaciar histórico no se dispone de información precisa y menos de aquella otra que ocuparía durante los mínimos de la Pequeña Edad del Hielo detectados en los Alpes y Pirineos, en particular durante el Maunder y que de manera genérica también se han señalado para el conjunto de Andalucía (Rodrigo, 1994). En cuanto a la ubicación precisa todas las informaciones coinciden en instalarlo en el surco del Corral del Veleta, entre la pared del Picacho y por debajo de la cresta de la alargada morrena frontolateral tardiglaciario que lo cierra. Su frente más bajo podría haber volcado hacia el valle y su arranque adosado al flanco noroccidental del cerro de los Machos, en torno a los 3110 m.

Respecto al inicio de su formación no se disponen de noticias y cabe la duda si tras el Tardiglaciario los hielos alojados en la cabecera del Guarnón —donde se incluye el Corral del Veleta— desaparecieron totalmente o, por el contrario, algún resto de ellos pudo mantenerse. Al margen de esta importante cuestión sí parece prudente admitir la existencia de masas heladas permanentes durante la Baja Edad Media, si tenemos en consideración las informaciones árabes, en concreto la datada en el año 1137 y emitida por Muhammad b. Abi Bakú al-Zuhri en la que se hace referencia a «nieve ennegrecida y solidificada convertida en piedra». Aún a sabiendas de la vaguedad que trasluce esta noticia, pues se dice para el conjunto de Sierra Nevada, hay que otorgarle su valor cualitativo y no descartar la posibilidad de su existencia en el Corral del Veleta.

Ya formado el glaciar del Corral del Veleta sus dimensiones debieron fluctuar en el tiempo y a mermar rápidamente a partir de los primeros decenios del siglo XX. Para el año 1876 la masa de hielo cubriría 580 m de longitud (W-E) y en torno a 250 m de anchura (S-N) en frente lobulado (Hellmann, 1881). El punto más bajo del glaciar debió haber quedado

establecido en los 2850 m al comienzo del siglo XX (Quelle, 1908). Sin embargo, todos estos datos, probablemente, deban revisarse, a partir de la reciente interpretación de Schulte (2002), que reduce y recluye el glaciar al cuenco estricto del Corral, al hacer distinción entre morrenas holocenas y morrenas de la Pequeña Edad del Hielo.

4. La Pequeña Edad del Hielo propició un dominio crionival más extenso y generalizado que el actual

En tal sentido, resulta valiosa la información que ofrece el botánico ilustrado Rojas Clemente y Rubio, a raíz del viaje que hace a la Sierra durante los años 1804 y 1805, que certifica la existencia de grandes ventisqueros por debajo de la línea de cumbres: «*Nota 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 muy cerca de ellas, como a 100 varas o menos más bajo (así se observa en el Mulhacén y Veleta) ya se hallan grandísimos ventisqueros perpetuos*».

Los ventisqueros permanentes en Sierra Nevada han debido ser una constante, incluso en vertiente sur, a pesar de la intensa insolación que recibiría esta orientación, como aún sucede hoy. La permanencia de estas manchas de hielo en un buen número están asociadas al efecto del barrido eólico sobre las planicies cimera por parte de los vientos dominantes de poniente. Este hecho, anunciado por Rojas Clemente y Rubio, ratificado por Boissier (1839) y de nuevo avalado por García Sainz (1942), nos explicaría que aún en la actualidad en pleno verano puedan mantenerse reductos de nieves en el Pandero del Mulhacén, en orientación este, justo por debajo del rellano cimero de la Allanada del Mulhacén (3460 m). Y en tales términos habría que interpretar, igualmente, la descripción que hace Bide (1892, 1893) de los hielos que dominaban el actual collado de la Carihuela cuando insiste en el rodeo que debió hacer en torno a los extensos ventisqueros permanentes de los Basares del Veleta, en su deseo de alcanzar el referido collado.

Estos datos y otros ya relatados vienen a confirmar que Sierra Nevada debió albergar a lo largo de la Pequeña Edad del Hielo un piso morfogenético dominado por el frío, la nieve y el hielo donde las nieves permanentes cubrían el suelo de manera irregular, siempre de acuerdo con las condiciones morfotopográficas locales. Delimitar la línea inferior de este piso, que podría calificarse de periglacial acusado, se desconoce. Sin embargo, no resulta desafortunado fijarlo por encima de los 2436 m al comienzo del siglo XIX, que es donde sitúa el inicio de los niveles bioclimáticos frigidísimo y glacial el botánico Rojas Clemente y Rubio. En la actualidad, y para la vertiente sur de la Sierra, este piso periglacial se manifiesta nítidamente superados los 2700 m (fig. 8).

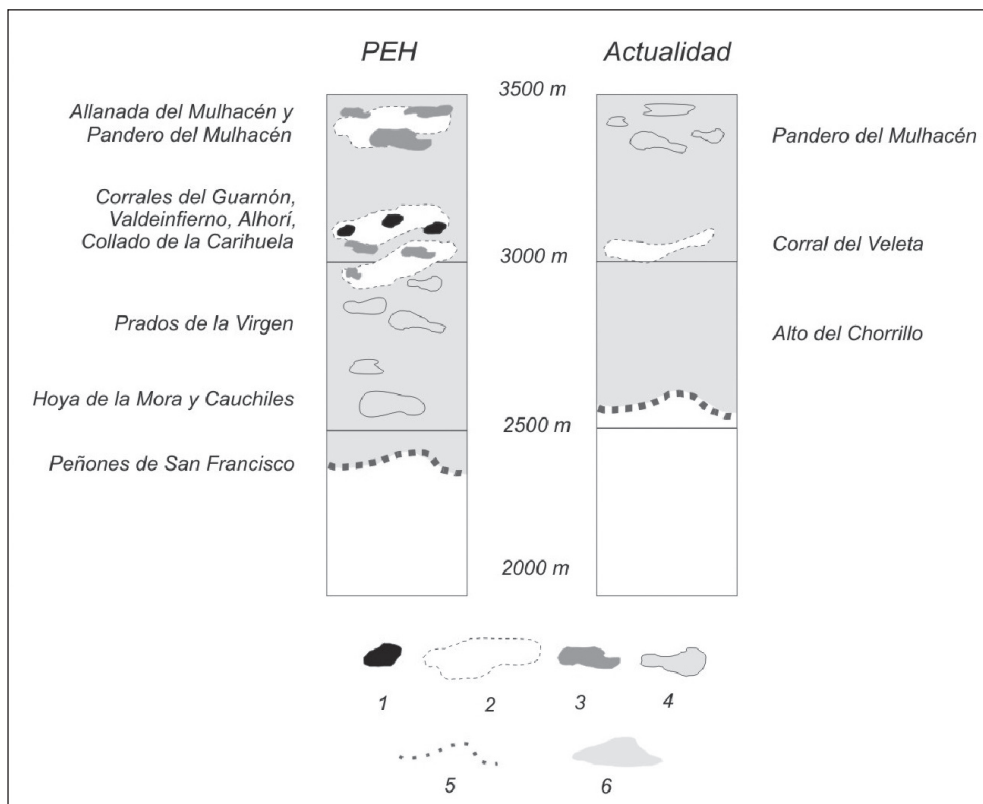
5. La evolución del conocimiento glaciar de Sierra Nevada resulta paralelo al progreso de las ciencias de la naturaleza en Europa

La afirmación resulta obvia, aunque es necesario demostrarla. Y para ello el análisis de las citas de Ponz (1754), Rojas Clemente y Rubio (1804-1805), Boissier (1839), Mac Pherson (1875) y Quelle (1908) resulta oportuno, sobre todo, si se consideran las ideas y conceptos en que se sustentan.

Figura 8

COMPARACIÓN DE AMBIENTES MORFOGENÉTICOS EN LAS CUMBRES DE SIERRA NEVADA (PEQUEÑA EDAD DEL HIELO (PEH)-ACTUALIDAD)(GÓMEZ ORTIZ, 2006).

1. focos glaciares;
2. permafrost alpino en bolsas discontinuas;
3. neveros o ventisqueros permanentes;
4. neveros de fusión tardía;
5. límite inferior de los procesos crionivales (con indicación de parajes significativos)



Ponz, denota una capacidad de observación minuciosa del territorio, lo que le lleva a describir, con gran riqueza de detalle, aquello que observa y que valora de interés. Acaso, y desde la geografía física y por lo que se refiere a Sierra Nevada, lo que resulta más relevante es la atención que presta a las grandes líneas del relieve a partir de la distribución orográfica y jerarquización y orientación de las lomas y barrancos y de ellos las lagunas que incluyen en sus cabeceras.

De forma más particular nos informa de un hecho de gran relevancia geomorfológica y es la existencia, en 1754, de hielos permanentes alojados en el Corral del Veleta. Y lo dice así: «nieve reducida a piedra que no se derrite» instalada en un «cajón de tajos peinados» y que debe ser antigua «se cree que fue la primera caída después del Diluvio». Afirmaciones, que nos delatan la permanencia de masas de hielos en el seno de un cuenco de paredes abruptas

y empinadas. Además nos sitúa el origen de las nieves tras el cataclismo del Diluvio, de acuerdo, probablemente aún, con la tendencia catastrofista que domina la historia de la Tierra y la interpretación de su relieve.

La instalación de la nieve, tras el Diluvio, es conforme a la interpretación del relato bíblico del Génesis, que es el que sustenta la historia de la Tierra todavía durante la primera mitad del siglo XVIII. Los datos de Ponz, aparte de suministrar referencias a toponimia geográfica y resaltar diversa información genérica del paisaje no nos permiten ir más allá desde la perspectiva geomorfológica. Sin embargo, sí resulta oportuno señalar que su descripción sobre el Corral y, en particular, la fijación cronológica de los acontecimientos se realiza en el umbral del debate sobre el origen de la Tierra, pues por estas décadas comenzó a discutirse abiertamente y a poner en tela de juicio la coherencia y validez del relato bíblico (Ayala Carcedo, 2004), lo que significó iniciar el debate del fundamento científico de la geología. En tal sentido subrayar que en el transcurso de la segunda mitad del siglo XVIII, y cada vez más, va a tenerse en consideración el cometido geomorfológico de los procesos externos de magnitud no catastrofista como agentes de erosión, en particular los ríos. En tal sentido, resaltar la importancia que se les atribuirá en el desgaste de la superficie terrestre, como lo señalaría Bowles (1775) y, con más interés, Cavanilles (1795-1797), cuando en sus *Observaciones del Reyno de Valencia* identifica fósiles en los estratos de la Sierra del Maestrazgo sin aludir al Diluvio Universal (Capel, 1985), o cuando describe la agresividad erosiva de las aguas fluviales y la formación de llanuras (Mateu Bellés, 1983).

Instalados en el siglo XIX el progreso que se detecta en el conocimiento del relieve resulta ya más sólido y cercano a la idea de uniformidad de los fenómenos geomorfológicos defendida por Hutton. Para nuestro empeño las informaciones de Rojas Clemente y Rubio resultan oportunas, pues tienden a estar alejadas de un discurso catastrofista. Se trata ahora de un botánico (naturalista) discípulo de Antonio Cavanilles y seguidor de Linneo, formado en el ambiente de estudio del recién creado Real Jardín Botánico (1755) y del Real Gabinete de Historia Natural (1752). La aportación de Rojas Clemente y Rubio sobre Sierra Nevada es de un gran valor, no sólo por lo que a botánica se refiere, que es el principal objetivo de su viaje de 1804-1805, sino también por la información y explicación que hace del medio biofísico, pues a través de las plantas ofrece información sólida de la geografía física y de la geología de la Sierra (Capel, 2002).

Lo que ahora interesa resaltar de la aportación de Rojas Clemente es, sin duda, el principio de interconexión que establece entre procesos y resultados y los análisis que hace a diferentes escalas. A él, como a los botánicos de la época, le interesan ante todo las plantas y sus derivaciones hacia la agricultura, pero también «el ambiente» (el medio ecológico) en que se desarrollan. Este punto de partida explica, entre otras cosas, sus acertadas observaciones acerca de las cambiantes condiciones climáticas en altura, lo que le permite llevar a cabo su propuesta del escalonamiento vegetal en la Sierra, que lo consigue a partir del transecto que establece entre la cima del Mulhacén y la línea de costa mediterránea. Lo importante de este análisis, desde nuestros intereses, es la rica información que suministra de la variación de la temperatura y, en particular, del cometido del viento como agente distribuidor de la nieve en el suelo, lo que le lleva a reconocer un ambiente frío en las cumbres de la Sierra, que ahora podríamos calificar de crionival, y que instala superados los 2436 m, unos 200-250 m por debajo de la actualidad (hoy se fija en torno a los 2650 m).

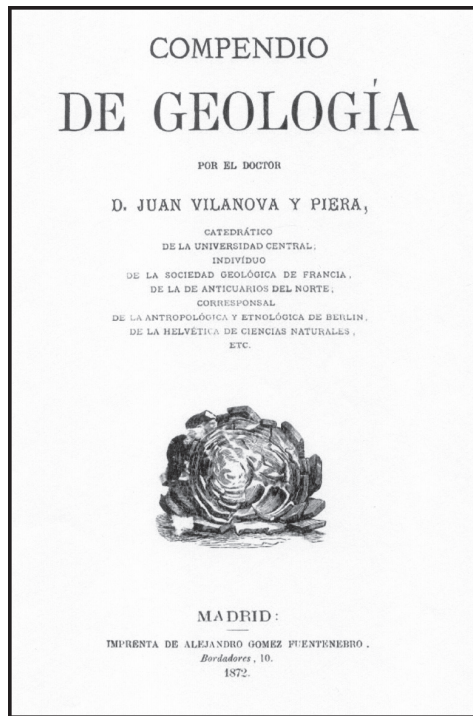
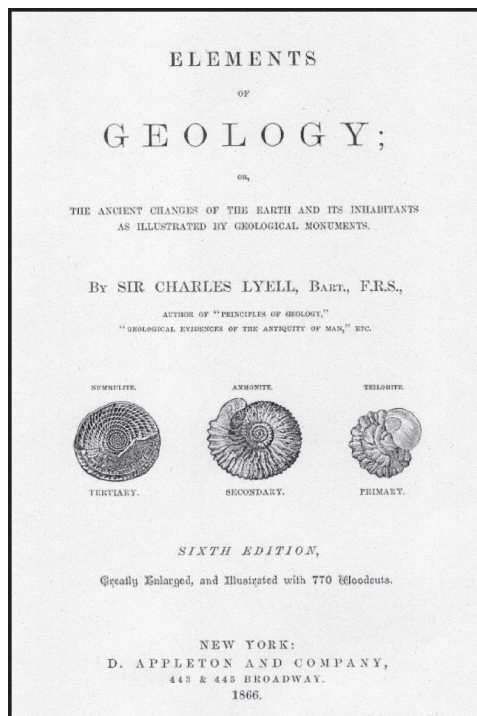
La presentación que Rojas Clemente y Rubio hace de todos estos datos podría interpretarse como preludeo incipiente de lo que ahora venimos en denominar concepción integrada o sistémica del paisaje natural, en idéntica línea a la que también practicara en estos mismos tiempos Humboldt, pues ambos a partir de las plantas, sobre todo, tienden a construir la geografía.

La definición de los hielos del Corral del Veleta como glaciares se debe a Boissier (1839), también botánico, y, quizá, junto a Willkomm (1847), de los más destacados hasta el momento en el descubrimiento de la flora nevadense. La razón de este avance conceptual y terminológico hay que atribuirlo al progreso que operan las Ciencias Naturales en centroeuropa a partir de la segunda mitad del siglo XIX bien reflejado, sobre todo, en la Botánica y la Geología. En efecto, en tal sentido y por lo que se refiere a la Geología, hay que subrayar que por estas fechas las ideas del actualismo y la noción de evolución geológica no catastrofista propugnada por Hutton y desarrollada por Lyell (1847), dan cobijo a principios e ideas novedosas y coherentes en la explicación del relieve de la superficie terrestre; así, por ejemplo, se avanza en la interpretación de los glaciares y a los ríos como agentes externos capaces de generar modificaciones en las montañas (Martínez de Pisón, 1995). Ello va a suponer, a partir de ahora, considerar la labor erosiva-deposicional como pieza clave en la destrucción-construcción de formas de relieve.

Estos progresos científicos, con inclusión de terminología específica, se detectan bien en los escritos dedicados a la Sierra y muy en particular en aquellos relativos a su medio biofísico. Al respecto, destaca por su rigor y precoz aparición, como se señalaba, la ajustada interpretación que hace Boissier (1839) del glaciar del Corral del Veleta en el que aprecia, aunque de manera muy reducida y localizada, las características de los glaciares alpinos, que conocía bien. Así se expresa: «*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 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 no debe extrañar lo preciso de este contenido si tenemos en cuenta, además, que Boissier, por su origen y formación, debería conocer bien los escritos de Lyell y, sobre todo, de Saussure relativos a los glaciares de los Alpes, en los que este autor había justificado el trabajo erosivo-deposicional de los hielos al identificar bloques de granito sobre las calizas del Jura.

El avance científico que se opera en centroeuropa a partir de los primeros decenios del siglo XIX también tuvo su influencia en la ciencia española y, en concreto, en el desarrollo de la Geología. Así se desprende, por ejemplo, a partir de la serie de actuaciones que asumió la Comisión Nacional del Mapa Geológico de España desde que se creara en 1849, donde paulatinamente van asumiéndose y asimilando las ideas del actualismo y abandonándose aquellas otras del catastrofismo. Sin lugar a dudas la traducción al castellano de la obra de Lyell por Ezquerro del Bayo, en 1847, y la redacción del «Compendio de Geología» de Vilanova y Piera (1872) debieron ser determinantes (fig. 9). A lo que habría que añadir, además, la labor de intercambio de científicos entre instituciones españolas y extranjeras, en particular con la Escuela de Minas de Freiberg. Intercambios que a partir de 1907 fueron asumidos por la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.

Figura 9
PORTADA DE LAS OBRAS DE GEOLOGÍA DE CHARLES LYELL (EDICIÓN DE 1866) Y DE JUAN VILANOVA Y PIERA (1872)



Por lo que concierne a Sierra Nevada este progreso científico se afianza bien en los escritos de finales del siglo XIX e inicios del XX. Al respecto, resultan significativas las aportaciones de Drasche (1879) y Gonzalo Tarín (1881), relativas a la descripción fisiográfica y al análisis y cartografía de los terrenos geológicos. Pero las que más interesan ahora son las de Mac Pherson (1875) y Quelle (1908) que se ocuparon de la morfología glaciar de cumbres.

Lo importante de estos últimos autores no se refiere tanto al conocimiento del glaciar histórico del Corral del Veleta, sino al significado morfológico que los glaciares cuaternarios debieron tener en el conjunto de Sierra Nevada. El cambio de interés es muy significativo pues con ello se pretende generalizar los periodos glaciares pleistocenos observados en los Alpes en la definición del relieve de cumbres de la montaña, lo que supuso ordenar datos, sistematizar ideas y emitir hipótesis de trabajo. Esta madurez y mayor rigor en el modo de operar, sin duda, debió estar conducido por las aportaciones glaciológicas pioneras de Saussure, Agassiz y Charpentier y, particularmente, de Penck (1894), instaladas plenamente todas ellas en la concepción del uniformismo geológico de Lyell. Pues todos estos autores no dudan en considerar a los glaciares como eficaces sistemas de erosión capaces de generar nuevas formas erosivo-deposicionales, siempre a partir del trabajo de denudación del hielo. Influenciados Mac Pherson y Quelle por estos principios contemplan las formas del relieve

cimero de Sierra Nevada como herencia del esculpido de glaciares antiguos, fundamentando su argumento a partir del origen de las lagunas que colman los fondos de algunos circos y del escombros morrénico instalado en el seno de los barrancos.

El acopio de estas ideas significó un progreso notable en la explicación reciente del modelado de cumbres de la Sierra que llevó a demostrar la secuencia cronológica de un glaciario cuaternario que afectó al conjunto del macizo, del que se identifican registros significativos, y de otro glaciario actual, de magnitud puntual y arrinconado en el Corral del Veleta. Este descubrimiento, sobre todo el relativo al glaciario cuaternario, estuvo en consonancia con el interés que despertaron los glaciares a partir de la segunda mitad del siglo XIX en Europa y que en España empujó a los geólogos, particularmente, a adentrarse y a inspeccionar las montañas durante las campañas de confección del Mapa Geológico (Martí, 1988), lo que supuso, quizá sin saberlo, empezar a construir la geomorfología.

En esta línea de pensamiento disciplinar y en particular en lo relativo al fundamento de la geomorfología glaciar de Sierra Nevada, sobresale Quelle (1908) y, años más tarde, Obermaier (1917), ambos seguidores de Penck, a quienes interesó particularmente determinar el límite de nieves permanentes cuaternario y la cronología alpina de los registros sedimentarios (Gómez Ortiz et al., 2004). Este interés resultó relevante y, probablemente, eclipsara el análisis detallado del glaciar histórico del Corral del Veleta, tal como se deduce del espacio que le dedican en sus estudios. La atención que ambos investigadores mostraron por Sierra Nevada, entre otras razones, se justifica por la situación geográfica de la montaña en el ámbito de la Península Ibérica y, de ésta, su posición meridional en el continente europeo, del que se deseaba establecer el mapa de nieves perpetuas durante el Cuaternario y así determinar los ambientes climáticos en los que el hombre primitivo europeo debió desarrollarse.

La atención que muestra Quelle (1908) por el foco glaciar del Corral del Veleta, es tenue, como se ha señalado. Lo enmarca como respuesta a unas determinadas condiciones frías reinantes en la Sierra, menos acusadas que las que dominarían en el pasado, con repercusión morfológica en el seno de los circos y en los barrancos, tal como se ha señalado. Sin embargo, lo escrito sobre él denota lucidez de ideas en cuanto a su ubicación y razones de su existencia, lo que viene a corroborar el progreso que la Geografía física va experimentando, reflejado en el deseo de búsqueda de la explicación del acontecimiento, en este caso geomorfológico. En tal sentido, resulta oportuna la cita del propio Quelle sobre el mantenimiento del glaciar del Corral: *«El glaciar del Veleta debe su existencia única y exclusivamente al hecho de que está orientado hacia el norte al abrigo de sus altas paredes»* (Quelle, 1908).

VII. CONCLUSIONES

La información relativa a la descripción del medio natural de Sierra Nevada procedente de los libros de época se ha mostrado como fuente valiosa de conocimiento a la hora de reconstruir el paisaje. Y por lo que respecta a los acontecimientos geomorfológicos asociados a la Pequeña Edad del Hielo, también. Las noticias recogidas en este tipo de documentación, particularmente las fechadas a lo largo del siglo XIX, permiten, además, relacionar los nuevos descubrimientos de campo con el progreso que a lo largo de esta época se opera en la ciencia centroeuropea y que paulatinamente se van asumiendo por parte de la comunidad española. Así se desprende a partir de la emisión de hipótesis, aceptación de principios, rigor

Figura 10
PANORÁMICA DEL CORRAL DEL VELETA. COMPÁRESE LA INFORMACIÓN DE BIDE (1893) Y
LA DE LA FOTOGRAFÍA DE 2005 (GÓMEZ ORTIZ, SEPTIEMBRE 2005)



de las explicaciones y precisión de conceptos que van incrementando la construcción de la Geografía física y de la Geomorfología. La evolución de este conocimiento abarcó de manera nítida el abandono progresivo de la concepción catastrofista (a partir de la primera mitad del siglo XVIII) y el surgimiento y consolidación posterior del actualismo, iniciado por Hutton y desarrollado por Lyell (a partir de comienzos del siglo XIX) (Virgili, 2003).

La Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada debió afectar al conjunto de sus cumbres propiciando un ambiente frío en el que coexistirían un ambiente glaciar, restringido y recluso en las mayores alturas, y otro periglacial más generalizado, abarcando buena parte de las laderas. El primero, incluyendo pequeños heleros, sobre todo, en el seno de los corrales orientados al norte y en aquellos otros meridionales beneficiados por sobrealimentación nival. El segundo, caracterizado por la inestabilidad del suelo, motivada por la actuación combinada del hielo, nieve y viento, lo que supondría la predominancia de procesos morfo-genéticos y la limitación de procesos edáficos y arraigo de la vegetación (fig. 8).

El glaciar del Corral del Veleta es el que más perduró en Sierra Nevada. Debió mermar extensión paulatinamente a partir de finales del siglo XIX y de forma más acelerada entrado el siglo XX, aunque siempre con fluctuaciones. En la actualidad no hay rastro de él, pues sólo perdura, y como herencia, un residual *permafrost* alpino en estado de degradación bajo un manto de cascajos en la mitad oriental del cuenco (fig. 10).

Tampoco persisten los grandes ventisqueros permanentes descritos por Boissier (1839) y confirmados por Rute (1889) y Bide (1893). En el mejor de los casos se mantienen diminutas manchas de nieve de fusión tardía, como sucede en el Pandero del Mulhacén y circo del Veleta. Sin embargo, y al amparo del clima frío que reina en las cumbres de la Sierra, continúa dominando un ambiente crionival que en vertiente sur queda instalado por encima de los 2700 m, unos 250 m sobre la cota que lo estableciera Simón de Rojas Clemente y Rubio a comienzos del siglo XIX.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto CICYT SEJ2005-00504/GEOG, del MEC. También al Dr. Luis Urteaga González, por sus oportunas sugerencias al texto y a David Serrano Giner, por su buen hacer en la parte gráfica.

NOTA

El presente artículo completa y aporta nuevos datos e ideas de otro anterior (*La Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada a partir de los escritos de época. Estudio preliminar*), publicado en el Boletín Glaciológico Aragonés (2005).

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, V. y GONZÁLEZ SUÁREZ, J.J. (1998). Presencia de hielo glaciar en los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica). El helero de Jou Negro. *Cuaternalario y Geomorfología*, 12, pp. 35-44.
- AYALA CARCEDO, F. (2004). Las ciencias de la Tierra y la Biblia. Una aproximación desde la razón científica. *Investigaciones geográficas*, 34, pp. 101-137.
- BOWLES, G. (1775). *Introducción a la Historia Natural y Geografía física de España*. Imprenta Real. Madrid.
- CABANILLES, A. (1795-1797). *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia*. Imprenta Real. Madrid.

- BARRIENDOS, M. (1994). El clima histórico de Catalunya. Aproximación a sus características generales (Siglos XV-XIX). Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- BARRIENDOS, M. y MARTÍN VIDE, J. (1998). Secular Climatic Oscillations as Indicated by Catastrophic Floods in the Spanish Mediterranean Coastal Area (14th-19th Centuries). *Climatic Change*, 38, pp. 473-491.
- BARRIENDOS, M. (2005). Climate and Culture in Spain. Religious Responses to Extreme Climatic Events in the Hispanic Kingdoms (16th-19th Centuries). *Kulturelle Konsequenzen der «Kleinen Eiszeit»*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, pp. 379-414.
- BIDE, F. (1892). Excursion a la Sierra Nevada et ascensión du picacho del Veleta. *Annuaire du Club Alpin Français*, vol. XIX. Paris, PP. 299-321.
- BIDE, F. (1893). Deuxième excursion dans la Sierra Nevada. *Annuaire du Club Alpin Français*, vol. XX. Paris, PP. 276-305.
- 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, 1995.
- CAPEL SAEZ, H. (1995). *La física sagrada. Ciencias religiosas y teorías científicas en los orígenes de la geomorfología española (siglos XVII-XVIII)*. Ediciones del Serbal. Barcelona.
- CAPEL SAEZ, H. (2002). El viaje científico andaluz de Simón de Rojas Clemente Rubio: de la Historia Natural a la Geografía. *Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809)*. G.B.G. Editora. Barcelona, pp. 17-46.
- COPONS, R. y BORDONAU, J. (1994). La Pequeña Edad del Hielo en el macizo de la Madaleta (alta cuenca del Ésera. Pirineos centrales). *El glaciarismo surpirenaico: nuevas aportaciones*. Geoforma Ediciones. Logroño, pp. 111-124.
- CREUS NOVAU, J. (1991). Tendencia secular de la temperatura de mayo en Pirineo Oriental. *Notes de Geografia física*, 20-21, pp. 41-49.
- CHUECA CÍA, J.; PEÑA, J.L.; LAMPRE, F. y JULIÁN, A. (1998). La Pequeña Edad del Hielo en el Pirineo central meridional. Inferencias paleoambientales a partir de datos geomorfológicos. *Las huellas de las montañas españolas*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, pp. 307-328.
- DRASCHE, R. (1879). Geologische Skizze des Hochgebirgstheiles der Sierra Nevada in Spanien. *Jahrbuch der K.K. geolog. Reichsanstalt*. Vol. XXIX. Wien. Existe un resumen en castellano en R. Drasche «Bosquejo geológico de la zona superior de Sierra Nevada», Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, 1878, VI, pp. 353-356.
- ESTEBAN AMAT, A. (1995). *Evolución del paisaje postglaciar en la montaña mediterránea occidental. Ejemplos de Sierra Nevada y Pirineo Oriental*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- ESTEBAN AMAT, A. (1996). Evolución del paisaje nevadense durante los últimos 1500 años a partir del análisis polínico de borreguiles. *1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada*. Universidad de Granada-Sierra Nevada 96. Granada, V. 4, pp. 251-273.
- GÍL ALBARRACÍN, A. (2002). Transcripción de Simón de Rojas Clemente Rubio *Viaje a Andalucía «Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809)*. G.B.G. Editora. Barcelona.
- GÓMEZ ORTIZ, A.; SCHULTE, L. y SALVADOR FRANCH, F. (1996). Contribución al conocimiento de la deglaciación reciente y morfología asociada del Corral del Veleta (Sierra Nevada). *Cadernos Laboratorio Xeologico de Laxe*, 21, pp. 543-558.

- GÓMEZ ORTIZ, A.; SCHULTE, L.; GARCÍA NAVARRO, A. y PALACIOS ESTREMER, D. (1999). Sobre la existencia de *permafrost* en Sierra Nevada. Significado geomorfológico y paleoclimático. *Avances en el estudio del Cuaternario español*. Universitat de Girona-AEQUA. Girona, pp. 181-186.
- GÓMEZ ORTIZ, A.; PALACIOS ESTREMER, D.; LUENGO NICOLAU, E.; TANARRRO GARCÍA, L.M.; SCHULTE, L.; RAMOS SAINZ, M. y SALVADOR FRANCH, F. (2002). Inestabilidad de taludes y cubierta nival en áreas marginales de *permafrost*. El caso de la pared norte del picacho del Veleta (Sierra Nevada. España). *Revista de Geografía* (segona época), 1, pp. 35-56.
- GÓMEZ ORTIZ, A. y PLANA CASTELLVÍ, JA. (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, pp. 29-46.
- GÓMEZ ORTIZ, A. y TOME DESSY, P. (2004). Evolución del conocimiento glaciar de Sierra Nevada. La aportación del prehistoriador Hugo Obermaier. *Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre*. Museo Arqueológico Regional. Alcalá de Henares (Madrid). V.I. Geología, pp. 32-43.
- GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. (2005). La Pequeña Edad del Hielo en los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica, NO de España). Análisis morfológico y reconstrucción del avance glaciar histórico. *Cuaternario y Geomorfología*, 19, pp. 79-94.
- GONZALO TARÍN, J. (1881). Descripción física y geológica de la provincia de Granada. *Boletín de la Comisión Nacional del Mapa Geológico de España*. Madrid.
- HELLMANN, G. (1881). Der südlichste Gletscher Europa's. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erkunde*, 16, pp. 362-367.
- LE ROY LADURIE, E. (1983). *Historie du climat depuis l'an mil*. Flammarion. Paris. Existe traducción castellana en E. Le Roy Ladurie «Historia del clima desde el año mil». Fondo de Cultura Económica. México, 1991.
- LYELL, C. (1847). *Elementos de Geología* (traducción de «Elements of Geology», a cargo de J. Ezquerro del Bayo). Imprenta de Antonio Yenes. Madrid.
- MADOZ, P. (1849). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Tomo XIV (voz Sierra Nevada).
- 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, pp. 56-61.
- MARTÍ, J. (1988). La difusión de la glaciología en España (1849-1917). *Llull*, 11, pp.235-246.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1995). La primera geomorfología española. *Geógrafos y naturalistas en la España contemporánea*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, pp. 81-106.
- MATEO GARCÍA, M. y GÓMEZ ORTIZ, A. (2004). La Pequeña Edad del Hielo en Andorra: episodios morfogenéticos y su relación con la producción de cereales en Europa. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 99, pp. 173-183.
- MATEU BELLÉS, J. (1983). El relieve en las Observaciones sobre el Reyno de Valencia. *Cavanilles, naturalista de la Il.lustració*. Cultura Universitaria Popular. Valencia, pp. 33-37.

- OBERMAIER, H. (1916). Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales* (Geología), 17, pp. 1-68.
- PENCK, A. (1894). Studien ubre das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärperiode und der Diluvialperiode. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zur Berlin*, pp. 109-141.
- PONZ, A. (1797). Relación del viaje que desde Granada hizo á Sierra Nevada D. Antonio Pons a influxo del Excmo. Sr. Marqués de la Ensenada. *Mensagero económico y erudito de Granada*, Vol. 25, 26, 27, 28, 29 y 30. Granada. Reproducido en M. Titos Martínez «Textos primitivos sobre Sierra Nevada (1754-1838)». Caja General de Ahorros de Granada. Granada, pp. 52-73.
- PFENDLER, G.F. (1849). *Andalucía, la Sierra Nevada, los Pirineos. Madera y Nice*. Imprenta de D. Carlos Santigosa. Sevilla. Versión reproducida en F. Pfendler D´Ottensheim, «Andalucía y Sierra Nevada». Fundación Caja de Granada. Granada, 1996.
- QUELLE, O. (1908). *Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada*. Tesis doctoral. Universidad Friedrich-Wilhelm. Berlin.
- REIN, J.J. (1899). *Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada*. Versión castellana en J.J. Rein, «Aportación al estudio de Sierra Nevada». Caja de Ahorros de Granada-AMA. Granada, 1994.
- RODRIGO, F.S. (1994). *Cambio climático natural. La Pequeña Edad del Hielo en Andalucía. Reconstrucción del clima histórico a partir de fuentes documentales*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Granada.
- ROJAS CLEMENTE Y RUBIO, S. DE (2002). *Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809)*. Transcripción de Antonio Gil Albarracín. G.B.G. Editora. Barcelona, 2002.
- RUTE, L. (1889). *La Sierra Nevada*. Nouvelle Revue Internationale. Imprimerie Charaire et fils. París.
- SCHULTE, L. (2002). *Evolución cuaternaria de la depresión de Vera y Sorbas oriental (SE-Península Ibérica). Reconstrucción de las fluctuaciones paleoclimáticas a partir de estudios morfológicos y edafológicos*. Servei de Paisatge-Publicacions de la Universitat de Barcelona. Barcelona.
- TITOS MARTÍNEZ, M. (1991). *Textos primitivos sobre Sierra Nevada (1754-1838)*. Caja General de Ahorros de Granada. Granada.
- TITOS MARTÍNEZ, M. (1997). *Sierra Nevada: una gran historia*. Universidad de Granada-Cetursa Sierra Nevada, S.A. 2 vol. Granada.
- TORRES PALOMO, M.P. (1967-1968). Sierra Nevada en los escritores árabes. *Miscelanea de Estudios Árabes y Hebraicos*. Vol. XVI-XVII: 57-88.
- URIARTE CANTOLLA, A. (2003). *Historia del Clima de la Tierra*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria.
- VILANOVA Y PIERA, J. (1872). *Compendio de Geología*. Imprenta de Alejandro Gómez Fuentenebro. Madrid.
- VIRGILI, c. (2003). *El fin de los mitos geológicos*. Lyell. Nívola. Madrid.
- WILLKOMM, M. (1882). *Aus den Hochgebirgen von Granada*. Versión castellana en M. Willkomm, «Las sierras de Granada». Fundación Caja de Granada-Sierra Nevada 95. Granada, 1993.