LIBRO JUBILAR
EN HOMENAJE AL PROFESOR
ANTONIO GIL OLCINA

EDICIÓN AMPLIADA

PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

**LIBRO JUBILAR EN HOMENAJE
AL PROFESOR ANTONIO GIL OLCINA**

EDICIÓN AMPLIADA

**LIBRO JUBILAR
EN HOMENAJE AL PROFESOR
ANTONIO GIL OLCINA**

EDICIÓN AMPLIADA

INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO DE GEOGRAFÍA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Publicaciones de la Universidad de Alicante
03690 Sant Vicent del Raspeig
publicaciones@ua.es
<http://publicaciones.ua.es>
Teléfono: 965 903 480
Fax: 965 909 445

© los autores, 2016
© de la presente edición: Instituto Interuniversitario de Geografía y Universidad de Alicante

ISBN: 978-84-16724-09-3
DOI: <http://dx.doi.org/10.14198/LibroHomenajeAntonioGilOlcina2016>

Coordinación:
Jorge Olcina Cantos y Antonio M. Rico Amorós

Edición, composición y diseño de cubiertas:
Clotilde Esclapez Selva

Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional

Reservados todos los derechos. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

EL CONOCIMIENTO GEOGRÁFICO DE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO EN SIERRA NEVADA: DE LA DESCRIPCIÓN ILUSTRADA DEL SIGLO XVIII A LOS DATOS RECIENTES DE REGISTROS NATURALES

Antonio Gómez Ortiz

Josep A. Plana Castellví

Marc Oliva Franganillo

Grup de Recerca Paisatge i paleoambients a la muntanya mediterrània
Universitat de Barcelona

1. INTRODUCCIÓN

La Pequeña Edad del Hielo (*Little Ice Age*), periodo de tiempo instalado entre los siglos XIV-XIX, significó en los tramos más elevados de Sierra Nevada modificaciones en el paisaje, en particular en formas de modelado y distribución de especies vegetales. Ello fue debido a cambios habidos en las condiciones climáticas. En efecto, el denominado Óptimo Climático Medieval dio paso, en particular en montaña, a regímenes térmicos más fríos propicios al incremento de nieves. Estas variaciones climáticas en las montañas de latitudes medias impusieron la predominancia de procesos morfogénicos y biológicos asociados al frío, a la nieve y al hielo, con las consiguientes repercusiones en la evolución de los sistemas naturales. En el caso de la Península Ibérica los sistemas montañosos más afectados fueron, junto con Sierra Nevada, las cumbres del Pirineo –Central y Oriental– (Copons y Bordonau, 1994; Mateo García, 1998) y de la Cordillera Cantábrica –Picos de Europa– (González Trueba, 2007; González Trueba *et al.*, 2008).

El objetivo del presente artículo estriba en aportar nuevos datos sobre el significado geográfico de la Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada. Para ello se contrastará la información procedente de registros naturales (sedimentológicos y morfológicos, principalmente) y de documentos escritos de época. La novedad de este enfoque *multi-proxy*, que combina técnicas de las Ciencias de la Tierra y de la Historiografía puestas al servicio de la Geografía, radica en la complementariedad de los resultados y en el

mayor rigor científico de las conclusiones. Además, y por lo que respecta a la documentación escrita, precisar más los acontecimientos y disponer de mayor información del medio biofísico descrito.

Los instrumentos de trabajo y metodología utilizados han sido:

- *Registros naturales*: columnas litoestratigráficas de lóbulos de soliflucción y sedimentos lagunares (lóbulos de soliflucción en cabeceras de barrancos de San Juan y Río Seco, entre 2.500 m y 3.000 m y laguna de la Mosca, 2.898 m, respectivamente). De ambas columnas se ha analizado su secuencia estratigráfica y se han datado por ^{14}C algunos de sus niveles orgánicos más significativos.
- *Documentación escrita de época*: Las obras seleccionadas y analizadas son ediciones originales, reediciones *facsimil*, compilaciones y/o transcripciones o traducciones de versiones originales. Los autores en consideración preferente han sido: Simón de Rojas Clemente y Rubio (1804-1809), Charles Edmond Boissier (1839), Pascual Madoz (1849), Schimper (1849) y F. Bide (1893). También Francisco Bermúdez de Pedraza (1638), Francisco Henríquez de Jonquera (1643, 1646), Pedro Murillo Velarde (1752), Tomás López (1795) y Antonio Ponz (1797). Asimismo la compilación de síntesis de M.P. Torres Palomo (1967-1968), centrada en escritos árabes aparecidos entre los siglos XII-XIV. De cada obra, se han seleccionado y analizado los pasajes más relevantes referidos al paisaje de Sierra Nevada y se han interpretado de acuerdo con los objetivos propuestos.

2. SINGULARIDAD DE LOS PAISAJES DE CUMBRES DE SIERRA NEVADA

Sierra Nevada es una montaña particular de las Béticas y singular de esta parte occidental del arco mediterráneo. Así se presenta en sus tramos más elevados, por encima de los 2.000 m, entre el cerro del Caballo (3.011 m) y el puerto de Trevélez (2.799 m) cuyos cordales y laderas, en muchos sectores, superan los 3.200 m: picachos del Mulhacén (3.482 m), Veleta (3.398 m) y Alcazaba (3.364 m). La identidad de los paisajes de estos sectores, interpretada desde la geomorfología y botánica, sobre todo, contribuyó, en su día, a que Sierra Nevada fuera declarada Reserva de la Biosfera (1986), Parque Natural (1989) y Parque Nacional (1999) (fig. 1).

De sus formas de relieve y modelados hay que destacar la huella glaciar y periglacial conformada durante las crisis climáticas cuaternarias y la Pequeña Edad del Hielo. Su distribución se reparte por cabeceras de barrancos y altos tramos de laderas, siendo los registros de este tipo más meridionales del continente europeo. Se trata de formas erosivas y deposicionales sobresaliendo, de las primeras, los circos glaciares y cubetas

de sobreexcavación (p.e. Dílar, Guarnón, Valdecasillas, Valdeinfierno, Juntillas, la Caldera, Río Seco, etc.) y, de las segundas, las morrenas, en valles (Pradollano, loma de Culo de Perro, Las Tomas, etc.) y glaciares rocosos instalados en concavidades de circos glaciares (Cascajar Negro, Alhorí, Prados de Cornavaca) (Gómez Ortiz *et al.* 2002).

Figura 1. Sector de cumbres máximas de Sierra Nevada (Veleta-Alcazaba).

Por lo que se refiere a vegetación habría que resaltar el tapiz de gramíneas criorófitas en disposición abierta que cubre las laderas (p.e. *Festuca indigesta*). Pero, sobre todo, el pastizal hidrófilo que coloniza los “borreguiles” y entornos de lagunas, donde persisten, como herencia de las crisis climáticas cuaternarias, especies endémicas significativas (p.e. *Ranunculus acetosellifolius*, *Plantago nivalis*, *Viola crassiuscula*, *Saxifraga nevadensis*, *Centranthus nevadensis*, *Artemisia granatensis*, etc.). Ambos enclaves, repartidos en la base de circos glaciares y lechos de barrancos, son excepcionales en la Sierra, en particular, por su significado paleoambiental y ecológico (Molero *et al.*, 1992).

La coexistencia de formas de modelado y tapiz herbáceo descrito, a lo que habría que añadir las huellas seculares de la actuación del hombre en el territorio de cumbres de Sierra Nevada (preferentemente explotación de pastos y canalización de aguas), dotan a esta parte de la montaña de valor patrimonial relevante. Lo es por su significado científico, pues sus sistemas naturales son reflejo de la historia geológica reciente y, además, por su significado cultural, fiel testimonio de las formas de vida de las poblaciones durante los últimos tiempos históricos (Gómez Ortiz *et al.*, 2013).

3. LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO EN SIERRA NEVADA

El conocimiento geográfico que se tiene de la repercusión de la Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada viene siendo ya de gran interés. Procede de diferentes fuentes de información: registros naturales (palinología, geobotánica, geomorfología, sedimentología, etc.) y documentación histórica de época, publicada a partir del siglo XVI, sobre todo textos escritos (Gómez Ortiz *et al.*, 2009). El análisis de los datos de ambas fuentes, su

explicación y fijación temporal de acontecimientos confluyen en mostrar ambientes climáticos diferenciados a los actuales en las cumbres de la Sierra con repercusión morfológica y biogeográfica en sus paisajes.

3.1. La información procedente de documentos escritos

La información escrita que interesa ahora sobre Sierra Nevada es la aparecida a partir del siglo XVII y hasta finales del XIX coincidiendo con el periodo de la Pequeña Edad del Hielo. La anterior inmediata, procedente de geógrafos o viajeros árabes, también resulta útil en determinados aspectos generales. En tal sentido, lo más relevante para nuestros objetivos es resaltar el interés de los autores en referir las condiciones del clima en las cumbres de la montaña: “presencia del frío, el viento, la nieve y el hielo”, “nieve endurecida que parece piedra”, “dificultad de las plantas para crecer”, “imposibilidad de subir a ella en invierno”, “la larga permanencia de la nieve en los puertos que comunican la ciudad de Granada con la Alpujarra, que solo pueden transitarse durante algunas semanas en verano”. *“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. En la cumbre de esta montaña las plantas no crecen ni los animales pueden vivir (...)”*. (Muhammad b. Abi Bakú al-Zuhri (1137), citado en Torres Palomo (1967-1968: 68).

Entrado el siglo XVII y el XVIII con la Ilustración, el descubrimiento geográfico de Sierra Nevada se incrementa. Así sucedió, sobre todo, con los comisionados enviados por la Corona borbónica a quienes se les pide que la recorran e inspeccionen y den noticia de sus riquezas naturales (minerales, aguas y plantas). Algo similar ocurrió con aquellos otros eruditos (clérigos, geógrafos, naturalistas, etc.) que también la recorrieron describiendo sus paisajes, sus gentes y sus formas de vida. El resultado de este empeño resultó doble: se logró tener un mejor conocimiento geográfico del territorio (de los aspectos físicos y humano, y también de su cartografía) y, al tiempo, se favoreció el progreso de determinadas ciencias, en especial las ciencias naturales, las matemáticas y las físicas (fig. 2).

Por lo que respecta al descubrimiento de los tramos de cumbres de Sierra Nevada, los más desconocidos hasta ahora porque las poblaciones quedan retenidas en tramos de las laderas medias, hay que resaltar que comienza a describirse y precisar más la organización espacial de la orografía y de los valles (nombres y altitudes de picos y collados, disposición de los barrancos y recorrido de las aguas que canalizan, etc. *“Nace Genil en dos fuentes en la cumbre de la Sierra Nevada (que los moros llamaron monte de la Elada) en una umbría que está encima del lugar de Güejar, de una laguna*

grande en los más alto de la cumbre, de donde baja despeñándose por entre riscos y peñas ..." (Bermúdez de Pedraza, 1638: 32). "El río Monachil es el tercero de los que refrescan y fructifican la vega de Granada o parte de ella. Tiene su nacimiento en la Nevada sierra, al mediodía (...). Tiene por madre a la nieve ..." (Henríquez de Jorquera, 1646: 39, edición de Antonio Marín Ocete, 1987, V.1: 39).

Figura 2. Obras de época en las que se refieren las cumbres de Sierra Nevada.

Instalados ya en el siglo XVIII, los comisionados, científicos o viajeros que recorren la Sierra continúan describiendo su organización orográfica, pero ahora, además, informan de los sectores o parajes que inspeccionan, de acuerdo con los itinerarios establecidos de antemano. Los datos que reflejan los escritos se refieren a todo aquello que distingue y resalta más del medio natural (topografía, cubierta vegetal, aguas y nieves). "Inmediato al Picacho del Veleta está el Corral así llamado por la forma que tiene de un Corral de doscientas varas de largo y ciento de ancho, cuyas paredes están hechas de los mismos tajos y el suelo, bien profundo, va en disminución como un embudo" (Fernández Navarrete, (1732, transcrito de Gil Albarracín, 1997: 337). "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 solo una ciudad tan populosa (alude a Granada), sino que se lleva de allí a otras parte de Andalucía, sin que haya miedo de que jamás se acabe ..." (Murillo Velarde, 1752: 168-169).

Las informaciones de mayor interés que han llegado a nosotros acerca del paisaje de cumbres de la Sierra y de las condiciones climáticas que debieron imperar a partir de la segunda mitad del siglo XVIII con prolongación durante el XIX, permiten deducir los procesos biofísicos dominantes y su evolución en el tiempo. La documentación analizada, en la que los autores tienden a armonizar descripción y explicación de los hechos, así como el perfil intelectual de ellos (clérigos eruditos, naturalistas y científicos) avala la veracidad de sus informaciones. En tal sentido, ahora

para nuestros objetivos, interesa lo relativo a geomorfología, vegetación y climatología, referida al sector de cumbres de la Sierra, cordales y cabeceras de los barrancos entre los picachos del Mulhacén y Veleta.

Al respecto, la información geomorfológica y glaciológica que se desprende de los siguientes párrafos resulta valiosa. *“Dexado este sitio (se refiere al picacho del Veleta) pasamos á registrar el propinquo llamado corral del 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, v. 28:110). *“(…) El tercer barranco es el nombrado de Guadarnón, por cuya cabecera tiene el corral de Veleta, llamado así no porque haya hecho algún corral la manufactura, sino porque el conjunto de cerros y colinas (se refiere a la cabecera del Guarnón) puestos por la misma naturaleza, forman a manera de un corral de grande profundidad con un depósito de nieve que se puede regular desde qué 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 brocín que meten los aires del verano”* (Rodríguez Porcel, 1795; citado en López y Vargas Machuca, 1990: 88).

La información botánica en tramos cimeros de Sierra Nevada igualmente resulta de gran interés. En tal sentido son muy significativas las aportaciones aparecidas durante la primera mitad del siglo XIX procedentes de los botánicos Rojas Clemente (1804-1809) y Boissier (1839), que establecen y fijan en altitud los pisos bioclimáticos de Sierra Nevada. Acerca de las propuestas que hacen de los más elevados hay que señalar que ambos fijan en ellos los dominios fríos. Para Rojas Clemente a partir de las 2.900 varas -2.436 m- (región frigidísima). Y para Boissier 8.000 pies -2.228 m- (región nevosa).

Pero quizá, lo más sobresaliente de ambos autores y muy entroncado con el método de trabajo que practican en las observaciones de campo es analizar la influencia del entorno ambiental próximo en las plantas. En tal sentido, resulta muy significativo que el análisis del hecho geográfico se realiza desde un enfoque globalizado. *“Noto de paso que todas las altas cumbres de Sierra Nevada están peladas no porque deje de caer en ellas la nieve, sino porque la arrojan de ellas los vientos fuertes a que están expuestas así muy cerca de ellas, como a 100 varas o menos más abajo (así se observa en el Mulhacén y Veleta), ya se hallan grandísimos ventisqueros perpetuos. (...) lo que apoyo en la observación de las plantas, principalmente del Geranium”* (Rojas Clemente (1804-1809, transcrito de Gil Albarracín, 2002: 951). En el caso de Boissier sus informaciones son aún más precisas. Interesa

ahora la referida a los hielos del Corral del Veleta, que los califica como de glaciares: *“El glaciar tiene una pendiente muy inclinada (...). Tiene la peculiaridad de ser el único en toda la Sierra y el más meridional de Europa: debe su formación a su posición, en el fondo de un circo abrigado y dominado en todas partes por las altas cumbres donde las tormentas barren la nieve en invierno (...) presenta en miniatura todos los caracteres de los glaciares alpinos (...). Unos pastos muy verdes y entremezclados de rocas se extienden al pie del glaciar (...). Allí crecían Carex alpina, Antennaria dioica ...”* (Boissier, 1839, versión castellana de 1995: 290).

Las referencias que siguen a lo largo del siglo sobre los hielos y nieves en la Sierra no varían en lo sustancial (Madoz, 1849; Schimper, 1849; Bide (1893), etc. Todos los autores se reafirman en su presencia, aunque precisando lugares de permanencia. En tal sentido, Madoz confirma la existencia de hielos en los corrales de mayor altitud: *“Los parages que en estas dos elevadas montaña, Mulhacén y Veleta, y en sus inmediaciones, se hallan cubiertos de perpetuas y endurecidas nieves”* (Madoz, 1849, tomo XIV: 384). Schimper, por su parte insiste en las nieves e hielos del Corral del Veleta y en sus condiciones de mantenimiento: *“La cima (se refiere al picacho del Veleta) se eleva 3.570 m por encima del nivel del mar, conforma un pequeño promontorio inclinado hacia el SW, bordeado al NE por un precipicio a pico de una profundidad de al menos 600 m y a su pie la sombra del barranco del Veleta colmado de nieves y de hielos eternos. Este barranco conforma un circo abierto al este que se denomina corral (glaciar) del Veleta (...) También es probable, que sin la frescura considerable de las noches, el corral del Veleta y las nieves de otros barrancos no resistirían el calor que reina sobre estas alturas durante los meses de julio y agosto”* (Schimper, 1849: 191). Y por su parte Bide remarca la presencia de grandes neveros durante el verano y ventisqueros permanentes en sectores deprimidos y al resguardo de los vientos, además de realizar el primer esquema orográfico del nivel de cumbres de la Sierra con la localización del foco glaciar del Corral del Veleta: *“Sobre los graderíos gigantescos de este circo (alude a los Basares del Veleta) reposan grandes nevés que persisten durante los veranos más cálidos”* (Bide, 1893: 296).

Instalados en el siglo XX la información documental de que se dispone centra atención en el foco glaciar del Corral del Veleta, considerado como el más meridional de Europa, pero los datos que se ofrecen de él son muy generales aludiendo, en la mayoría de ocasiones, a referir su existencia y a considerarlo como relicto. Quelle (1908) es el autor que ofrece más detalles de él insistiendo en: *“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. El borde inferior del glaciar está (...) yo mismo lo establecí en 2835 m”* (Quelle, 1908). Posteriormente, Obermaier (1917), Solé Sabaris

(1942) y García Sainz (1947) ya lo califican como diminuto reducto inmovilizado y arrinconado en el seno de la base del Corral, al amparo de sus paredes. En la actualidad, del foco glaciar del Corral del Veleta, construido durante la Pequeña Edad del Hielo, solo quedan restos de sus hielos enterrados bajo escombros detríticos, en proceso de degradación acelerado. Y de los ventisqueros permanentes tan aludidos por Bide no quedan rastros, en el mejor de los casos neveros de fusión tardía en las partes más elevadas de las lomas y circos, cerca de los cordales cimeros (Gómez Ortiz *et al.*, 2012a).

3.2. La información procedente de registros naturales

Sierra Nevada concentra un amplio abanico de registros naturales que han sido analizados por los investigadores para inferir la evolución ambiental cuaternaria y la variabilidad climática asociada. Entre estos registros destacan los sedimentarios, y de ellos, los lóbulos de solifluxión y los sedimentos lacustres (fig. 3).

Figura 3. Lóbulo de solifluxión localizado en el circo de Río Seco (izquierda) y Laguna de la Mosca, en la Hoya del Mulhacén (derecha).

3.2.1. Geoformas solifluidales

Los movimientos de masa lentos vinculados a la presencia de un suelo helado estacional han favorecido la existencia de centenares de morfologías solifluidales en el ambiente periglacial de Sierra Nevada, sobre todo en cabeceras de barrancos. Su distribución y morfometría han sido analizados en detalle en estudios anteriores (Oliva, 2009a; Oliva & Gómez Ortiz, 2011a). La monitorización de su dinámica actual ha señalado que estas geoformas muestran tasas de desplazamiento nulas o inferiores a <1 cm/año en algunos casos (Oliva *et al.*, 2009a). La presencia de una densa vegetación recubriendo estas geoformas también induce a considerar su práctica inactividad.

El origen de estas formaciones está ligado a condiciones climáticas pasadas más propicias para la solifluxión, pues su litoestratigrafía incluye la existencia de potentes paquetes detríticos fosilizados por niveles de suelos (pasados y actuales). El análisis sedimentológico de decenas de geoformas

solifluidales ha permitido reconstruir para el Holoceno fases con predominancia de procesos morfogénicos frente a otras con predominancia de los edafogénicos (Oliva & Gómez Ortiz, 2011b; Oliva *et al.*, 2011c). Las fases de mayor intensidad de procesos morfogénicos (solifluxión) vendrían canalizadas por periodos con unas condiciones de mayor frío y humedad, mientras que se suponen unas temperaturas más elevadas durante aquellos otros periodos con predominio de edafogénesis activa.

En todas las secuencias sedimentarias solifluidales analizadas de Sierra Nevada destaca la existencia de una capa de gravas fosilizada por el suelo actual, que corresponde al último episodio generalizado de solifluxión que afectó al tramo de los 2.500 y 3.000 m en ambas vertientes de la Sierra. Las dataciones de estos niveles edáficos por C^{14} han permitido situar cronológicamente esta fase de gravas en una edad que se extiende de los 400 a 150 años BP (Oliva, 2009b; Oliva *et al.*, 2011b), lo que permite afirmar su formación entre los años 1550 y 1800, en la Pequeña Edad de Hielo.

3.2.2. Sedimentos lacustres

La morfología glaciar de la zona de cumbres de Sierra Nevada condiciona la presencia de decenas de lagos y lagunas de moderadas dimensiones. Dentro de los circos glaciares se localizan cuencos obturados por morrenas de cierre que han favorecido la acumulación de agua y la formación de lagos. Su formación se remonta a la deglaciación de la Sierra, un proceso rápido en el tiempo que culminó en torno a 14-15 ka BP (Gómez Ortiz *et al.*, 2012b). Desde entonces estos cuerpos lacustres han incorporado en su fondo el material denudado de sus cuencas. El estudio e interpretación de las propiedades de estos sedimentos permite inferir los cambios ambientales y climáticos acontecidos durante los últimos milenios en Sierra Nevada. De los lagos analizados interesa en esta ocasión la laguna de La Mosca (2.898 m).

Esta laguna se enmarca en el circo glaciar de la Hoya del Mulhacén, cabecera del barranco de Valdecasillas. Se localiza en la parte distal de los canchales y arcos morrénicos que tapizan el fondo del circo. De su fondo se extrajo y analizó un testigo sedimentario continuo de 90 cm de longitud de la parte más profunda de la laguna (3,2 m de profundidad). El testigo muestra una clara alternancia de colores y partículas finas y gruesas. Las variaciones en el contenido de arenas son muy significativas y permiten distinguir hasta siete unidades litoestratigráficas (fig. 4). Algunas unidades se caracterizan por una proporción muy alta de arenas (60-90 %), otras tienen un contenido moderado (40-50 %) y el resto contienen porcentajes más bajos (<30 %). Las unidades G, D y B muestran porcentajes muy altos de arenas, que se correlacionan con picos agudos de SM, incrementos de 5-6 valores de C/N y disminuciones de carbón orgánico del orden de 1 a 1,5 %. Según las dataciones obtenidas para estas unidades se sugieren que

sus secuencias sedimentarias se depositaron entre 2800-2700, 1400-1200 y 510 a 240 cal años BP (Oliva & Gómez Ortiz, 2012). La unidad B corresponde al evento más intenso que aconteció durante la mencionada PEH.

Figura 4. Secuencia sedimentaria de la Laguna de la Mosca y cronología ambiental/climática para los últimos 3.000 años (a partir de Oliva & Gómez Ortiz, 2012).

Estos tres periodos se interpretan como fases con aparición puntual de un glaciar en este circo, pues solo la existencia de este cuerpo podría generar una escorrentía superficial muy significativa capaz de transportar y depositar una gran proporción de partículas de textura gruesa en lagos adyacentes durante la temporada de fusión. Cabe interpretar, pues, que durante la PEH la Hoya del Mulhacén acogió un foco glaciar de moderadas proporciones adosado a sus paredes, siendo el más extenso, de los últimos 3.000 años en este enclave. Algunos de los arcos morrénicos existentes en el fondo de este circo podrían ser coetáneos de esta fase. A lo largo del siglo XVIII y XIX las condiciones climáticas más cálidas conllevaron la fusión gradual de este foco glaciar. Desde entonces, la Hoya del Mulhacén ha mantenido neveros de fusión tardía más o menos extensos, pero sin presencia de hielo glaciar en su seno.

4. LA COMPLEMENTARIEDAD DE DATOS: DE LA DESCRIPCIÓN A LA EXPLICACIÓN

Durante la Pequeña Edad del Hielo, y a partir de los documentos históricos y registros naturales analizados (fig. 5), los tramos de cumbres de Sierra Nevada estarían dominados por la generalización de procesos morfogéni-

cos fríos que favorecerían inestabilidad en laderas, aunque en determinados sectores la edafización gozaría de determinado interés. El ambiente climático dominante estaría caracterizado por la persistencia del frío, la nieve, el viento y el hielo, aunque ello no sería obstáculo para el arraigo de un tapiz crioixerófito de gramíneas en disposición abierta tendiera a cubrir el suelo.

Figura 5. Acontecimientos geomorfológicos y edáficos a partir de las fuentes de información utilizadas.

4.1. Tramo altitudinal de cumbres con predominio de ambientes fríos

El tramo altitudinal que imperó en Sierra Nevada bajo condiciones climáticas frías durante la Pequeña Edad del Hielo fue superior al que actualmente existe. El dato más significativo que afirma esta idea es la fijación del límite inferior de los pisos bioclimáticos fríos y nevosos reconocidos por Rojas Clemente y Boissier durante la primera mitad del siglo XIX y que instalan en los 2.436 m y 2.228 m, respectivamente. En la actualidad ambos pisos podrían fijarse en torno a los 2.675 m., que es cuando comienzan a generalizarse los procesos morfogénicos crionivales en la Sierra. Esta diferencia de valores otorgaría a la PEH un tramo altitudinal frío entre 1.046 m y 1.264 m (según los autores citados), frente a los 807 m que en la actualidad presenta.

Las condiciones climáticas en las cumbres de la Sierra durante la PEH se caracterizarían por la persistencia del frío, la nieve, el viento y el hielo. Su reflejo en los sistemas naturales supondría la preponderancia de procesos mecánicos y, en menor medida, biofísicos, propios, todos ellos, de ambientes periglaciares o crionivales. Su comportamiento actual continúa vigente, aunque con menor intensidad por imperativo de unas condiciones climáticas menos rigurosas térmicamente que condicionan que la nieve en el suelo, sobre todo en verano, permanezca menos tiempo.

Estos nuevos ambientes climáticos que se irían imponiendo a partir de mediados del siglo XIX han supuesto progresivamente que la franja periglaciaria remonte en altitud. En la actualidad el límite inferior del ambiente frío se instala en torno a los 2.675 m, frente a los 2.232 m que podría haber quedado establecido en la primera mitad del siglo XVIII. Las consecuencias de este ascenso en el paisaje de cumbres de Sierra Nevada ha conllevado

vado que los focos glaciares redujeran aceleradamente su extensión hasta desaparecer, que las nieves en cotas más bajas fundieran prontamente y que aquellas otras más duraderas (neveros de fusión tardía y ventisqueros) hayan remontado cota hasta cerca de los cordales cimeros, como sucede ahora (fig. 6). Otro dato de interés al respecto es que determinadas especies vegetales propias de ambientes fríos durante la Pequeña Edad del Hielo, también han remontado altitud (Fernández & Molero, 2011).

Figura 6. Comparación entre los procesos geomorfológicos dominantes durante la Pequeña Edad del Hielo y los actuales.

4.2. Predominio de modelados crionivales y periglaciares

El paisaje de la franja periglacial o crionival en Sierra Nevada durante la Pequeña Edad del Hielo se caracterizaría por la predominancia del suelo desnudo o a lo sumo cubierto de una vegetación crioixerófito de gramíneas en disposición abierta. Los procesos morfogénicos serían los de carácter mecánico controlados por la actuación combinada del frío y del hielo y, también del viento, la nieve y las aguas de fusión. Escaparía a este modelo pequeños reducidos en fondos de barrancos o circos donde las aguas de fusión de los neveros propiciarían el desarrollo de un pastizal higrófilo ("borreguiles").

El binomio procesos-formas en las cumbres de Sierra Nevada se comportaría así:

- a) La gelifracción, afectando a resaltes rocosos y asociados a ellos la formación de canchales, conos o taludes de piedras, coladas y lenguas de bloques. Estos mecanismos morfogénicos tuvieron lugar en áreas donde el sustrato desnudo configuraba promontorios, y límites de circos y de valles, siempre dotados de importante pendiente (p.e. *tors*, coronando planicies; *hörn*s y paredes de circos; cabeceras de barrancos).
- b) El binomio gelifracción-deslizamiento de clastos sobre nieve o hielo, conformando morrenas de nevero (*protalus rampart*), particularmente al amparo de concavidades en los circos. Esta asociación se vincula a áreas con presencia persistente de nieve al amparo de paredes que suministran bloques por desprendimientos.
- c) La solifluxión, incidiendo, mayoritariamente, en suelos desnudos construyendo terracitas o mantos detríticos con frente lobulado, generalmente en lomas. Y en aquellos otros sectores vegetalizados, como en “borreguiles”, lóbulos de solifluxión tapizados por pastizal higrófilo.
- d) La geliturbación y crioptación, generando figuras geométricas (generalmente círculos de piedra flotantes) en superficies aplanadas desprovistas de vegetación.
- e) La prolongación de temperaturas negativas en los suelos supondría la formación de *permafrost* en parajes con presencia de neveros de fusión tardía y ventisqueros permanentes, como también en rellanos de cordales sometidos a desnevación repetitiva. Igualmente se formaría en la periferia de los focos glaciares.
- f) Y la acumulación continuada de nieve y su transformación en *nevé* en los cuencos de los antiguos circos daría lugar a pequeños focos glaciares, sobre todo en la fachada norte de la Sierra.

4.3. Inclusión de focos glaciares en antiguos circos

El acontecimiento más singular acaecido durante la Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada, si tenemos en cuenta la fijación latitudinal del macizo (37°N) fue la aparición de pequeños focos glaciares encerrados en los antiguos circos cuaternarios (cabeceras más elevadas de los barrancos), en pleno piso crionival, particularmente en vertiente norte. Los autores que los refieren los describen como “nieves permanentes o endurecidas”, “hielo que parece piedra”, “hielo más duro que el mármol”, etc. Parece ser que el primero en referir el término glaciar fue Humboldt (1799) (citado en Vega, 1999). pero quien lo utilizó en un discurso razonado fue Boissier (1837) y, más tarde, Schimper (1849) La presencia de estos focos glaciares en las cumbres de la Sierra hay que interpretarla por la coincidencia de unas condiciones

climáticas favorables al mantenimiento de las nieves (mayor precipitación nivosa y régimen térmico más frío) y el de una morfotopografía y orientación del cuenco receptor igualmente favorables (orientación norte o encarada a los flujos húmedos del oeste). Y en algunos casos, además, por un suministro de nieve complementario procedente del barrido que los vientos harían sobre las lomas limítrofes. Su localización y distribución, encerrados siempre en los cuencos, así lo delata, desde las inmediaciones del Picón de Jeres (foco del Alhorí) hasta los últimos cuencos del barranco de Dílar (Cascajar Negro). Incluso al este del puerto de Trevélez, en particular en las cabeceras orientadas al Marquesado de Zenete, también podrían haberse formado, aunque con dimensiones muy menores (Casas Morales, 1943).

La existencia de estos focos glaciares históricos fue observada en 1754 por Antonio Ponz y descrita por él en 1797 aunque su formación podría ser muy anterior. Así se deduciría según las referencias de otros autores que retoman noticias de escritos árabes referidas a la presencia permanente de la nieve en la Sierra y a su naturaleza física (Torres Palomo, 1967-1968).

También avala esta idea la sedimentología de la laguna de La Mosca, en el circo de la Hoya del Mulhacén. Las unidades litoestratigráficas G, D y B se interpretan como tres fases con aparición puntual de un glaciar en este circo, pues solo la existencia de este cuerpo podría generar una escorrentía superficial muy significativa capaz de transportar y depositar una gran proporción de partículas de textura gruesa en lagos adyacentes durante la temporada de fusión. El último de estos eventos aconteció entre 510 y 240 cal años BP, durante la fase más fría de la PEH en el sur peninsular. Cabe interpretar, pues, que durante la PEH la Hoya del Mulhacén acogió un foco glaciar de moderadas proporciones adosado a sus paredes, siendo el más extenso durante los últimos 3.000 años en este enclave. Algunos de los arcos morrénicos existentes en el fondo de su circo podrían ser coetáneos de esta fase.

Los focos glaciares de Sierra Nevada tenderían a desaparecer progresivamente a partir de la segunda mitad del siglo XIX, a excepción del instalado en el Corral del Veleta cuyos hielos aún eran visibles en 1942 (García Sainz, 1947). En la actualidad de éstos solo se conservan restos en proceso de degradación bajo espesos paquetes de rocas (Gómez Ortiz *et al.*, 2012c).

4.4. Procesos de edafización y vegetación hidrófila en medios con neveros de fusión tardía

El análisis litoestratigráfico de estas geoformas evidencia cambios significativos en la sucesión ambiental acontecida en el cinturón periglacial de Sierra Nevada desde la Pequeña Edad del Hielo hasta la actualidad.

Durante la PEH los valles culminantes de Sierra Nevada gozarían de una cubierta vegetal más clareada, con suelos incipientes y una mayor pre-

sencia de material detrítico en superficie. En estos ambientes se dispondrían geoformas solifluidales de dimensiones métricas y potencia vertical decimétrica, que mostrarían una actividad moderada transportando en su seno y en superficie el material denudado de las cresterías rocosas circundantes. El régimen climático que propició estas condiciones ambientales debió estar caracterizado por unas precipitaciones significativamente más elevadas que las actuales que se tradujeron en los tramos altos de la Sierra en mayores índices de innivación. Asimismo, las temperaturas serían inferiores, limitando una cobertura vegetal densa en laderas. A su vez, alargarían la estación de fusión de nieves hasta entrado el verano, lo que favorecería la presencia de numerosos neveros de fusión tardía, cuyas aguas, junto con las de los deshielos, favorecerían movimientos solifluidales en los lóbulos.

Solo es a partir de los últimos decenios del siglo XIX, cuando las condiciones climáticas se tornan más cálidas, el aumento térmico incentiva una incipiente edafogénesis en los sectores afectados por solifluxión extendiéndose una cubierta vegetal herbácea. Este proceso se intensifica durante los periodos más húmedos y, gradualmente, la dinámica de vertiente se ve dificultada. Las geoformas solifluidales se estancan en su movimiento generalizado mientras que la edafización se intensifica, favoreciendo la estabilidad geomórfica, dominante hoy. En estos enclaves se forman histosoles, con proporciones muy elevadas de materia orgánica que, en ocasiones, alcanza valores turbosos.

5. CONCLUSIONES

La Pequeña Edad de Hielo (siglos XIV-XIX), fue el periodo histórico más frío de los últimos 3.000 años en el sur peninsular (Oliva & Gómez Ortiz, 2012). Durante estas centurias de marcada variabilidad climática, las temperaturas fueron significativamente más bajas y estuvieron asociadas a unos índices de precipitación oscilantes en el sur de la Península Ibérica. El estudio de sus causas y repercusiones en los sistemas naturales es de gran interés en el actual contexto de incerteza climática futura.

La información obtenida acerca del comportamiento de la Pequeña Edad del Hielo en Sierra Nevada a partir de documentación escrita de época y aquella otra procedente de registros naturales (sedimentología -sedimentos lagunares- y morfología -lóbulos de solifluxión-) ha resultado valiosa y de gran interés científico. De manera particular ha mostrado su bondad el enfoque *multi proxy* de los datos aportados por ambas fuentes, sobre todo por la complementariedad que han supuesto, lo que ha permitido precisar más los acontecimientos ambientales acaecidos y fijarlos en el tiempo.

Las principales ideas clave que ha aportado el empleo de esta metodología en el progreso del conocimiento evolutivo del paisaje reciente en las cumbres de Sierra Nevada podrían resumirse en:

1. Las diferentes condiciones climáticas imperantes en las cumbres de la Sierra (mayor precipitación en forma de nieve y descenso de las temperaturas), significaron la inclusión de un piso periglacial o crionival a partir de los 2.228 m o 2.436 m, según autores. Desconocemos si esta implantación modificó el que ya pudiera existir. Su tramo altitudinal podría aglutinar entre los 1.254 m o 1.046 m, es decir, 239 m o 447 m por encima del actual.
2. Este ambiente periglacial o crionival aglutinaría el predominio de procesos morfogénicos mecánicos que supondrían estados de rexistasia en el paisaje, reflejados por la inestabilidad del suelo y substrato. Pero también estados de biostasia, los menos. Los primeros dominando en lomas, altiplanicies y cabeceras de barrancos. Los segundos, de presencia restringida, quedarían instalados en el seno de los antiguos circos o rellanos de fondos de valles bien surtidos en agua de neveros de fusión tardía. Nos referimos a los “borreguiles”.
3. Los modelados creados por el sistema morfogénico periglacial no modificaron las formas de relieve existentes, en el mejor de los casos significaron pequeños retoques. En particular, al pie de crestas y resaltes, tendieron a formarse depósitos de gravedad, por la acumulación de clastos procedentes de la destrucción de las paredes limítrofes. En lomas y vertientes el suelo desnudo y el escaso pastizal xerófito existente se dispuso formando pequeñas terracitas escalonadas y, en el caso de los cordales cimeros, grandes mantos de rocas conformando, lóbulos y coladas. Los sectores de “borreguiles” se distinguieron por su tapiz herbáceo higrófilo y por la inclusión de lóbulos de gelifluxión. Por último, los fondos de los principales circos cuaternarios albergaron pequeños focos glaciares o glacionivales, -hoy desaparecidos- cuya existencia y dimensión estuvo supeditada a la orientación y morfotopografía. Y, en su entorno próximo y rellanos erosivos somitales, bolsas de *permafrost*.
4. En cuanto a la nieve hay que admitir que cubriría mayor espacio y por más tiempo que en la actualidad. Esto ocurriría en sectores cimeros, allí donde coincidiera concavidad topográfica adecuada y orientación al abrigo de los vientos. Igualmente a sotavento de cordales delimitados por rellanos. En todos estos sectores neveros y ventisqueros perdurarían todo el año o buena parte de él. Por debajo de estos sectores la nieve duraría menos tiempo pues la insolación y los rigores térmicos de las noches serían menores. Ahora las nieves quedarían instaladas en neveros de fusión tardía que podrían haber quedado localizados ligeramente por encima del nivel inferior periglacial establecido. Estas nieves, entrado el verano, serían las primeras en comercializarse en Granada. En la actualidad, no hay ventisqueros permanentes y los neveros de fusión tardía cada vez más se encuentran en cotas más elevadas y perduran menos

tiempo cubriendo el suelo, como pudo comprobarse en agosto de 2013 (fig. 6).

Figura 6. Neveros de fusión tardía (cebeceras del barranco de Dílar y Veleta. Agosto 2013).

5. El aumento térmico experimentado en Sierra Nevada desde los últimos decenios del siglo XIX hasta nuestros días se ha cuantificado en 0.93°C , como mínimo (Oliva & Gómez Ortiz, 2012). Este incremento ha conllevado la migración gradual de la actividad periglacial hacia los tramos más elevados del macizo. En la actualidad, la cubierta vegetal anula la eficacia mecánica del hielo en el suelo en la franja altitudinal inferior del límite periglacial durante la Pequeña Edad del Hielo. Y por encima de los 2.500 m, sobre todo en laderas de pendiente moderada, la edafogénesis ya es incipiente albergando una cubierta vegetal dispersa.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto de Investigación CSO2012-30681 del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

BIBLIOGRAFÍA

- BERMÚDEZ DE PEDRAZA, F. (1638): *Historia eclesiástica de Granada*. Edición facsímil. Universidad de Granada. Granada, 1989.
- BIDE, F. (1893): “Deuxième excursion dans la Sierra Nevada”. *Annuaire du Club Alpin Français*, Vol. XX: 276-305.
- BOISSIER, E. (1839): *Voyage botanique dans le midi de l’Espagne pendant l’année 1837*. Versión castellana en C.E. Boissier «Viaje botánico al sur de España durante el año 1837». Fundación Caja de Granada y Universidad de Málaga. Granada, 1995.
- CASAS MORALES, A. (1943): “Contribución al estudio del glaciario Cuaternario en Sierra Nevada”. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, t. XLI: 543-574.

- COPONS, R. & BORDONAU, J. (1994): "La Pequeña Edad del Hielo en el Macizo de la Maladeta (Alta cuenca del Ésera. Pirineos centrales)". *El glaciarismo surpirenaico: nuevas aportaciones*. Ediciones Geoforma. Logroño, pp. 111-124.
- FERNÁNDEZ NAVARRETE, F. (1732): *Cielo y suelo granadino*. Transcripción, edición, estudio e índices de Antonio Gil Albarracín. Gráficas Lino SL. Albolote-Granada, 1997.
- FERNÁNDEZ CALZADO, M. & MOLERO MESA, J. (2011): "Historical evidences on flora composition changes in a high vegetation belt, Sierra Nevada, Spain (1837-2009)". *International Journal of Geobotanical Research*, 1: 41-54.
- GARCÍA SAINZ, L. (1947): *El clima de la España cuaternaria y los factores de su formación*. Secretariado de Publicaciones. Universidad de Valencia. Valencia.
- GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. (2005): "La Pequeña Edad del Hielo en Picos de Europa (Cordillera Cantábrica, NO de España): análisis morfológico y reconstrucción del avance glaciar histórico". *Cuaternario y Geomorfología*, 19 (3-4): 79-94.
- GONZÁLEZ TRUEBA, J.J., *et al.* (2008): "Little Ice Age glaciation and current glaciers in the Iberian Peninsula". *The Holocene* 18 (4): 551-568.
- GÓMEZ ORTIZ, A. (Coord.) (2002): *Mapa geomorfológico de Sierra Nevada. Morfología glaciar y periglaciar*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Granada.
- GÓMEZ ORTIZ, A., *et al.* (2009): "Evidences from Historical Documents of Landscape evolution alter Little Ice Age of a mediterranean high mountain area, Sierra Nevada, Spain (Eighteenth to twentieth Centuries)". *Geografiska Annaler*, 91A (4): 279-289.
- GÓMEZ ORTIZ, A., *et al.* (2012a): "El paisaje reciente de Sierra Nevada. Documentos escritos de época y significado geográfico de la Pequeña Edad del Hielo". *Nimbus*, 29-30: 305-320.
- GÓMEZ ORTIZ, A., *et al.* (2012b): "The deglaciation of the Sierra Nevada (Southern Spain)". *Geomorphology*, 159-160, 93-105.
- GÓMEZ ORTIZ, A., *et al.* (2012c): "Degradación de hielo fósil y permafrost y Cambio climático en Sierra Nevada". *Proyectos de Investigación en Parques Nacionales 2008-2011*, Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid, pp. 25-43.
- GÓMEZ ORTIZ, A., *et al.* (2013): "The environmental protection of landscapes in the high semiarid Mediterranean mountain of Sierra Nevada National Park (Spain): Historical evolution and future perspectives" *Applied Geography*, 42: 227-239.

- HENRIQUEZ DE JORQUERA, F. (1643-1646): *Anales de Granada. Descripción del Reino y Ciudad de Granada. Crónica de la Reconquista (1482-1492). Sucesos de los años 1588 a 1646*. Edición de Antonio Marín Ocete. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada, 1987.
- LÓPEZ, T. (1990): *Diccionario Geográfico de Andalucía: Granada*. Editorial Don Quijote. Sevilla (Edición e introducción de C. Segura y JC. de Miguel).
- MADOZ, P. (1849): *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Tomo XIV (voz Sierra Nevada), pp. 379-386. Edición facsimil, volumen de Granada. Editoriales Andaluzas Unidas-Ámbito. Valladolid, 1987, pp. 302.
- MATEO GARCÍA, M. (1998): "El método de datación liquenométrico. La curva de crecimiento del "Rhizocarpon geographicum" establecida para el valle del Madriu (Andorra)". *Procesos biofísicos actuales en medios fríos*. Publicaciones de la Universidad de Barcelona. Barcelona, pp. 327-346.
- MOLERO, J., et al. (1992): *Parque Nacional de Sierra Nevada*. Rueda. Madrid.
- MURILLO VELARDE, P. (1998): *Geographia de Andalucía (1752)*. Biblioteca de Cultura Andaluza. Editoriales Andaluzas Unidas. Sevilla.
- OBERMAIER, H. (1917): "Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada". *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Geología)*, 17: 1-68.
- OLIVA, M. (2009a): *Reconstrucció paleoambiental holocena de Sierra Nevada a partir de registres sedimentaris*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona
- OLIVA, M., et al. (2009b): "Morphometry and Late Holocene activity of solifluction landforms in the Sierra Nevada (Southern Spain)". *Permafrost and Periglacial Processes*, 20 (4): 369-382.
- OLIVA, M. & GÓMEZ ORTIZ, A. (2011a): "The role of aridification in constraining the elevation range of Holocene solifluction processes and associated landforms in the periglacial belt of the Sierra Nevada (Southern Spain)". *Earth Surface Processes and Landforms*, 36: 1279-1291.
- OLIVA, M. & GÓMEZ ORTIZ, A. (2011b): "Holocene slope dynamics in Sierra Nevada (Southern Spain). Sedimentological analysis of solifluction landforms and lake deposits". In: Martini IP, French HM, Pérez Alberti A (eds.) *Ice-Marginal and Periglacial Processes and Sediments*. London: Geological Society, Special Publications, v. 354: 227-239.
- OLIVA, M., et al. (2011c): "Factores que condicionan los procesos periglaciares de vertiente actuales en Sierra Nevada. El caso de la soliflucción". *Nimbus*, 27-28: 137-158.

- 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.
- PONZ, A. (1797): "Relación del viaje que desde Granada hizo á Sierra Nevada D. Antonio Ponz a influxo del Excmo. Sr. Marqués de la Ensenada". *Mensagero económico y erudito de Granada*, vol. 25-30. Granada.
- QUELLE, O. (1908): *Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada*. Friedrich Wilhelms Universität zu Berlin- Berlin.
- ROJAS CLEMENTE y RUBIO, S. (2002): *Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809)*. Transcripción, edición, estudio e índices de Antonio Gil Albarracín. G.B.G. Editora. Barcelona.
- RUTE, L. (1889): *La Sierra Nevada*. Imprimerie Charaire et fils. Paris.
- SOLÉ SABARIS, L. (1942): 2ª Reunión de Estudios Geográficos. *Estudios Geográficos*, 9: 687-726.
- 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.
- TORRES PALOMO, M.P. (1967-1968): "Sierra Nevada en los escritos árabes". *Miscelánea de Estudios Árabes y Hebraicos*, V. XVI-XVII: 57-88.
- VEGA, M.A. (1998): *Diario de Viaje a España (1799-1800)*. Ediciones Cátedra. Madrid.