

# **Los efectos de las modificaciones recientes del clima sobre los ventisqueros de la Sierra de Guadarrama históricamente explotados para el abastecimiento de nieve a Madrid: el caso del ventisquero del Ratón (Cuerda Larga, Manzanares el Real).**

Julio Muñoz Jiménez

*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad Complutense*

“El [ventisquero] del Ratón se halla en el nacimiento del río Mediano en la unión de dos barrancos. Para favorecer la acumulación de la nieve se construyeron en el mayor tres paredones, uno de ellos semicircular. El del Algodón se halla inmediato, pero ya en la vertiente opuesta. Antes de que se abriese la carretera de Navacerrada [1788], de estos dos neveros venía a Madrid la mayor parte de la nieve por Chozas de la Sierra y Colmenar Viejo, en lo cual se ocupaban varias recuas de mulos”. Prado, Casiano de (1864): *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*, Madrid, Junta General de Estadística-Imprenta Nacional, 207 (pág. 32).

## **1. INTRODUCCIÓN.**

El enfriamiento del clima registrado desde mediados del siglo XVI hasta finales del siglo XIX (coincidiendo con la “Pequeña edad del Hielo”) favoreció la acumulación de la nieve en los sectores más elevados de las montañas del centro de la península Ibérica y, en concreto, de la sierra de Guadarrama (Fagan, 2008; Bullón, 2008). Esta acumulación nival se hizo especialmente voluminosa y duradera, pero no persistente, en enclaves favorables por su altitud, su topografía, su orientación y su exposición. La disponibilidad en estos “ventisqueros” de un producto crecientemente demandado y de elevado precio, a corta distancia de Madrid, que se consolidaba como ciudad y como capital política y administrativa, hizo surgir una importante actividad de extracción y comercio de la nieve, que en principio fue desarrollada por familias o grupos de “neveros” de forma artesanal y sin capacidad para asegurar un abastecimiento suficiente y regular al centro de consumo (Corella Suárez, 1988a).

Con el objeto de solventar estas deficiencias el rey Felipe III concedió en 1607 a Pablo Xarquies un privilegio por el que se le entregaban en exclusiva los derechos de explotación de los ventisqueros de la sierra de Guadarrama. En los años siguientes este empresario de origen catalán y sus descendientes se hicieron con el control de los mejores y más próximos enclaves de acumulación nival, los acondicionaron, mejoraron las vías de acceso y construyeron las infraestructuras necesarias para el traslado, el almacenamiento, la distribución y la comercialización de la nieve en Madrid y su entorno (Capel Sáez, 1970; Corella Suárez, 1988b). La dirección del negocio tuvo su sede, desde 1608 hasta 1863, en la Casa Arbitrio de la Nieve y Hielos -ubicada en la calle de Fuencarral de Madrid- a corta distancia de la cual -en la actual glorieta de Bilbao- se encontraba los grandes pozos en los que se almacenaba el valioso producto. En este lugar la “cerca” que rodeaba la ciudad tenía un acceso que en todos los planos fechados en el indicado período figura como “Puerta de los pozos de la nieve” o como “Puerta de los pozos” (Corella Suárez, 1989).

Hasta 1788, cuando se abrió al tráfico la carretera de Madrid a Segovia por el puerto de Navacerrada (1858 m), la actividad extractiva se concentró en los ventisqueros localizados el tramo centro-oriental de la Cuerda Larga (alineación más meridional de la sierra de Guadarrama), cerca del puerto de la Morcuera (1796 m), en el área limítrofe entre los actuales términos municipales de Manzanares el Real, Miraflores de la Sierra y Soto del Real. En esta última población (denominada entonces Chozas de la Sierra) se almacenaba y preparaba inicialmente la nieve bajada por los “neveros” de la “compañía” de los Xarquies y se organizaba su transporte a Madrid. En este primer período los más importantes de los ventisqueros objeto de explotación, teniendo en cuenta su accesibilidad, eran el ventisquero del Ratón y el ventisquero del Algodón (o del Aguilón), situados muy cerca de la línea de cumbres de la citada Cuerda Larga. Con posterioridad a la fecha de apertura del puerto de Navacerrada antes indicada, la extracción de la nieve se trasladó al tramo occidental de la Cuerda Larga, cuyos ventisqueros se encontraban muy próximos a este collado y, a través de él, a una vía de acceso a Madrid y a Segovia mejor trazada y acondicionada. De este modo, pasaron a primer plano como fuente principal de abastecimiento de nieve los ventisqueros situados en la cabecera de río Manzanares, como los de Guarramillas (más conocido como “ventisquero de la Condesa”) y Valdemartín, al tiempo que los ventisqueros próximos al puerto de la Morcuera, entre ellos los citados del Ratón y del Algodón, peor conectados y menos productivos, fueron progresivamente abandonados por la “nevería” (Prado, 1864).

*Figura 1. El ventisquero del Ratón con su paredón frontal semicircular construido en el siglo XVII.*



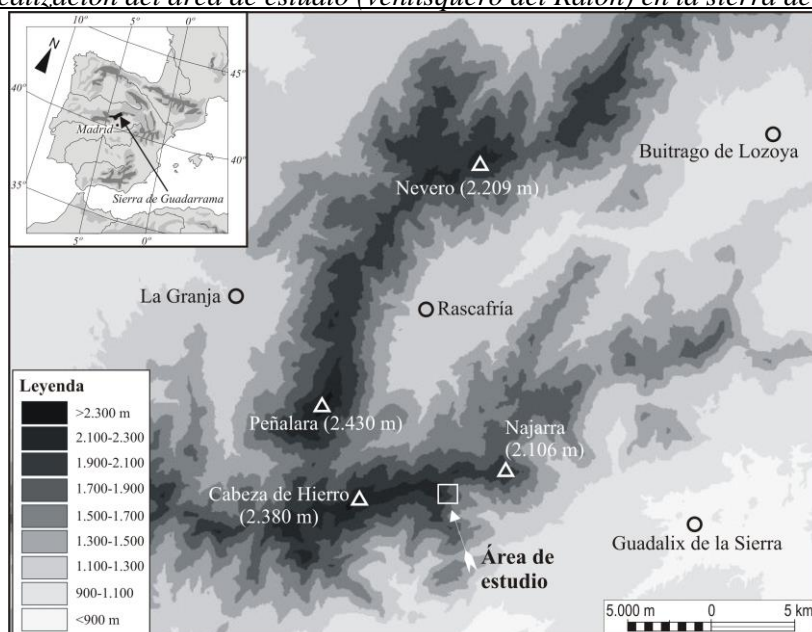
En la segunda mitad del siglo XIX esta actividad extractiva y comercial entró en crisis en toda la Sierra de Guadarrama por la progresiva disminución del volumen y la duración de la nieve y por la instalación de “fabricas de hielo”, que se inicia en Madrid en la penúltima década del indicado siglo y llega en la última a alcanzar una capacidad de producción suficiente para responder a la demanda de la ciudad. Como consecuencia de estos cambios climáticos, económicos y tecnológicos el comercio de la nieve perdió su estructura y su regulación, convirtiéndose en una actividad residual, cesando en 1863 la actividad de la Casa Arbitrio de la Nieve y Hielos de Madrid (Capel Sáez, 1970; Corella Suárez, 1989).

## 2. OBJETO Y MÉTODO.

La evolución de los ventisqueros históricos desde el cese de su explotación hasta el presente, especialmente a partir de mediados del siglo XX -cuando ya hay imágenes fotográficas de ellos y se cuenta con registros meteorológicos sistemáticos del ámbito en que se ubican- constituye una línea de investigación de gran interés tanto para la Geografía Histórica como para la Geografía Física de Alta Montaña, de la cual pueden obtenerse aportaciones de interés para el candente tema del “cambio climático” (Sanz-Elorza et al., 2003; Muñoz Jiménez y García Romero, 2003 y 2009; García Romero y Muñoz Jiménez, 2010; García Romero et al., 2009).

Las sucesivas coberturas de fotografía aérea de que se dispone en la actualidad permiten localizar el área correspondiente a los ventisqueros de la Sierra de Guadarrama, y concretamente la de los que fueron objeto de explotación en la red histórica del comercio de la nieve; y la interpretación de éstas -apoyada en reconocimiento de campo y el análisis de la cubierta vegetal- hace posible observar el estado en que se encontraban en 1946 (fecha del “Primer Vuelo americano”) y apreciar su evolución desde entonces hasta la actualidad. De otro lado, la presencia junto al Puerto de Navacerrada de una Estación completa de Observación Meteorológica emplazada a 1892 m de altura, que proporciona datos termométricos, pluviométricos y nivométricos fiables desde el mismo año 1946, hace viable plantearse el análisis de la relación entre la evolución de la superficie y la configuración de los ventisqueros y la variación que haya podido sufrir el clima de la alta montaña del centro de la Península Ibérica en los últimos 66 años.

*Figura 2. Localización del área de estudio (ventisquero del Ratón) en la sierra de Guadarrama.*



Con el objeto de avanzar en la línea de investigación indicada se ha escogido uno de los ventisqueros que antes se han citado por su importancia en la explotación histórica de la nieve en la sierra de Guadarrama y en el que aún se pueden identificar las construcciones realizadas para su mejor aprovechamiento. Se trata del ventisquero del

Ratón, situado a poco más de 2000 m de altura muy próximo a la línea de cumbres de la Cuerda Larga, en el tramo conocido como Loma de los Bailanderos que se extiende entre las cumbres conocidas como Asómate de Hoyos y la Najarra; desde el punto de vista hidrográfico se ubica en la cabecera del arroyo del Mediano, afluente del río Manzanares. Objeto de explotación sistemática por parte de la “compañía” de Xarquies durante los siglos XVII y XVIII, se construyeron en él -para favorecer la acumulación de la nieve desplazada por el viento, limitar su deslizamiento ladera abajo y facilitar su extracción y carga- tres muros de piedra seca, uno de ellos de trazado curvo aproximadamente semicircular. Estos “paredones”, similares a los que se levantaron con la misma finalidad en otros ventisqueros importantes, se han conservado en bastante buen estado hasta el presente y se pueden identificar en las sucesivas coberturas de fotografía aérea, sirviendo de referencia para apreciar las dimensiones y la forma del área de acumulación nival y para valorar sus modificaciones en cuanto a extensión y configuración.

*Figura 3. Localización del ventisquero del Ratón junto a la superficie culminante de la Cuerda Larga (alineación meridional de la sierra de Guadarrama).*



El ventisquero se acogía en uno de los elevados vallejos que canalizan sus aguas por el valle del arroyo del Mediano. Dicho vallejo de perfil transversal disimétrico, trazado levemente arqueado y bifurcado en cabecera, que se alarga de WSW a ESE y por cuyo fondo circula (siempre por encima de los 2000 m) el arroyo del Ratón, está enmarcado por líneas de cumbres de perfil alomado cuya altura varía entre los 2050 (la meridional) y los 2150 m (la septentrional). Dentro de este elevado surco el área favorable a la acumulación duradera de la nieve corresponde a las vertientes de sotavento a la izquierda del cauce y orientadas al SSE y ESE, que están dominadas la Loma de los Bailanderos y muestran mayor pendiente; las vertientes opuestas, ubicadas en la margen derecha del cauce del arroyo, con exposición a barlovento (orientadas al NNW y WNW) y menor inclinación, tienen unas condiciones muy desfavorable para la captación y conservación de los aportes nivales.

Teniendo en cuenta estas condiciones topoclimáticas y la posición de los muros construidos para la retención de la nieve, puede calcularse que el ventisquero del Ratón

tenía en su período de explotación para el abastecimiento de Madrid una superficie de 2,600 ha, correspondientes en su práctica totalidad a la vertiente de la margen izquierda del arroyo del mismo nombre. Dentro de un ambiente climático apreciablemente más frío que el actual, en dicha superficie se podía acumular nieve en espesores importantes y mantenerse más de 180-200 días al año por término medio, llegando a conservarse una parte de ella hasta comienzos de verano, cuando mayor era su demanda. Como se ha podido constatar en numerosos trabajos, esta particularmente voluminosa y duradera acumulación nival (sin la cual las actividades extractivas, en su momento, no eran rentables) crea unas condiciones microclimáticas que hacen que el suelo de los ventisqueros no pueda ser colonizado por la vegetación de matorral o pastizal que comúnmente coloniza las áreas supraforestales en la alta montaña mediterránea y que sólo sea habitable por comunidades de especies herbáceas adaptadas vivir bajo recubrimientos de nieve que durante una parte importante del año las protegen del viento y de las fuertes y reiteradas oscilaciones térmicas características de la alta montaña mediterránea (Rivas-Martínez et al. (1999). La presencia de estas comunidades vegetales definibles como herbazales o pastizales quionófilos, en las que están ausentes las matas y los arbustos, constituye un indicador altamente fiable de que un enclave de alta montaña es o forma parte de un ventisquero (Andrés et al, 2007a y 2007b).

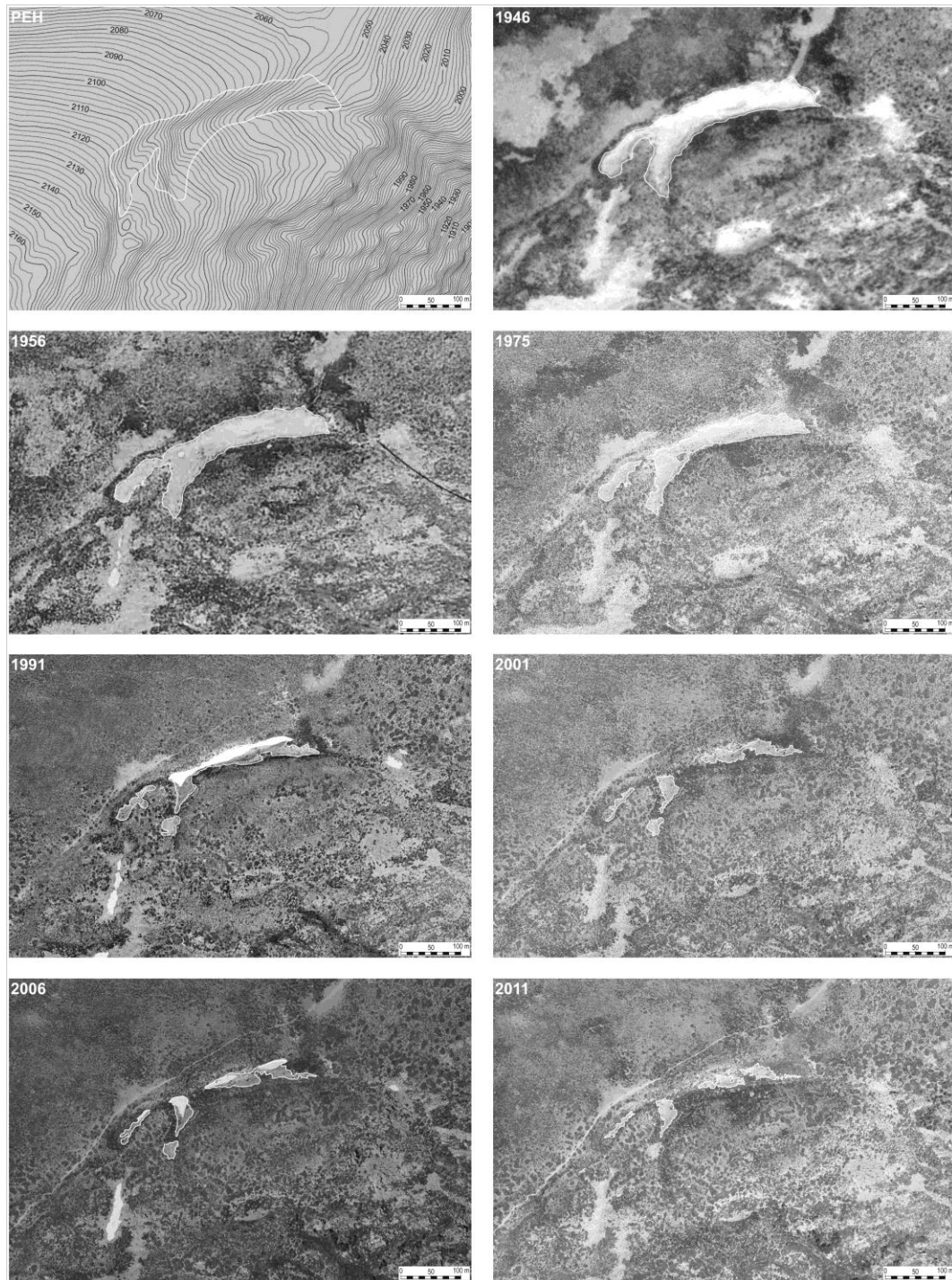
Figura 4. El área del ventisquero del Ratón, rodeada de matorrales de piorno, con su máximo contenido de nieve a finales de primavera.



En la Sierra de Guadarrama estos herbazales/pastizales que permiten identificar y delimitar los ámbitos que mantienen las condiciones ambientales y funcionales de ventisqueros están compuestos por plantas rastreras o de pequeña talla como *Sedum candollei* (“uña de gato”), *Rumex acetosella* (“acederilla”), *Paronychia polygonifolia* (“floreta blanca”), *Leucantemopsis pallida* (“crisantemo pálido”) y *Linaria saxatilis* (“linaria”) y gramíneas adaptadas también a ambientes pedregosos y relativamente húmedos de alta montaña, como *Agrostis trunctula* (“agrostis”), *Koeleria caudata* (“llantén”) y *Avenella iberica* (“avenilla”); también pueden tener una presencia significativa plantas herbáceas de talla media capaces de tolerar una larga duración de la nieve, como *Senecio pyrenaicus* (“senecio”) y *Rumex suffruticosus* (“acedera”), *Digitalis tapshi* (“dedalera”) y *Criptogama crispa* (“helecho de nevero”) (García

Romero et al., 2009; Muñoz Jiménez y García Romero, 2009). Estos recubrimientos vegetales se identifican muy bien en el campo cuando están descubiertos y aparecen con gran claridad en las sucesivas coberturas de fotografía aérea, haciendo posible reconocer, analizar y medir desde 1946 hasta 2011 la evolución superficial de los ventisqueros.

Figura 5. Evolución de la superficie y la forma del ventisquero del Ratón desde la situación atribuida en la Pequeña Edad del Hielo (PEH) hasta el presente, según se observa reconociendo las formaciones quinoófilas en las imágenes aéreas de 1946, 1956, 1975, 1991, 2001, 2006 y 2011.



### 3. RESULTADOS.

#### 3.1. Evolución dimensional del ventisquero conforme a las imágenes de fotografía aérea.

El ventisquero aparece en 1946 como un recinto continuo, enmarcado por manchas densas de matorral de *Cytisus carpetanus* (“piorno”), desarrollado en el vallejo principal y prolongado en dos pequeños ramales afluentes, que ocupaba 1,903 ha, es decir poco menos de las tres cuartas partes de la extensión óptima. A partir de esta fecha los sucesivos vuelos ponen de manifiesto una continuada reducción de la superficie, acompañada por una creciente fragmentación, como resultado de su progresiva invasión por los matorrales de piorno. En 1956 el histórico ventisquero del Ratón sigue teniendo continuidad superficial y una forma análoga aunque algo más adelgazada, con lo que su extensión se ha reducido a 1,685 ha (64,8% de la extensión óptima que podría haber alcanzado en el álgido del Pequeña Edad del Hielo). En 1975 la fotografía aérea muestra cómo la continuidad del área de acumulación nival se ha roto, ya que la parte acogida en uno de los ramales afluentes (el occidental) queda desconectada del resto del ventisquero, y la superficie total de este ha disminuido hasta 1,119 ha (43,4% de la extensión óptima o potencial).

Con posterioridad a los años setenta del siglo XX la reducción y la fragmentación del área de los herbazales/pastizales indicadores de la presencia del ventisquero se aceleran hasta un nivel que le lleva a ser difícilmente reconocible. El vuelo de 1991 permite identificar en las vertientes de sotavento del vallejo del Ratón tres fragmentos de ventisquero claramente separados, uno mayor en el canal principal, que se prolonga en el ramal suroccidental, y dos menores -uno en el extremo de cada uno de los dos ramales afluentes-, que suman 0,756 ha (29,1% de la extensión potencial). A comienzos del presente siglo, como se aprecia en los fotogramas obtenidos en 2001, la extensión del ventisquero se ha reducido a 0,488 ha (18,8% de la que pudo alcanzar en condiciones óptimas) y aparece roto en cuatro fragmentos, uno en el canal principal, dos en el ramal suroccidental y uno en el ramal occidental. Sólo cinco años después, en 2006, la superficie ha pasado a 0,419 ha (16,1% de la potencial) sin que se haya modificado la organización descrita del ventisquero en cuatro fragmentos. Por fin, en el año 2011, fecha a la que corresponde la última imagen aérea, lo que queda del ventisquero del Ratón es un conjunto de retazos -dos en el vallejo principal y uno en cada uno de los pequeños ramales afluentes- que sólo suman 0,309 ha (equivalentes al 11,9% de la extensión óptima que pudo ser alcanzada en los siglos XVII y XVIII y al 16,2% de la conservada a mediados del siglo XX).

La interpretación de las fotografías aéreas correspondientes a siete “vuelos” realizados con un intervalo medio próximo a 10 años pone, pues, en evidencia cómo la rápida y sostenida progresión de los matorrales de *Cytisus carpetanus* es el proceso que ha llevado al adelgazamiento, la fragmentación y la práctica desaparición del ventisquero. Ello no es incompatible con que en algunos años excepcionalmente favorables por la importancia y la dilatación de las nevadas y la moderación de las temperaturas primaverales, como es el caso del presente año 2013, importantes volúmenes de nieve se conserven a principios de verano en el área que anteriormente tenía (recubriendo los piornales que la han invadido e impidiendo o retrasando su floración).

Figura 6. El área frontal del ventisquero del Ratón, enmarcada por el paredón histórico, a finales de verano tras la desaparición de la nieve. Se aprecia su invasión por las formaciones arbustivas de piorno.



### **3.2. Modificaciones del ambiente climático conforme a los registros de la Estación de Observación Meteorológica de Puerto de Navacerrada.**

La progresión acelerada de los matorrales de piorno y la correlativa reducción de los herbazales/pastizales indicadores de ventisquero han coincidido en el tiempo con modificaciones en las condiciones climáticas del Guadarrama central, que se pueden resumir en una tendencia al incremento de todos los valores termométricos y en una tendencia a la reducción de gran parte de los valores pluviométricos y, sobre todo, nivométricos. Como se puede apreciar comparando los registros del observatorio meteorológico de Puerto de Navacerrada, emplazado -según se dijo- a 1892 m de altura dentro de la misma alineación y a poco más de una decena de kilómetros del enclave analizado, en los años centrales del siglo XX con los de la primera década del siglo XXI, el área se ha hecho menos fría, menos proclive a los descensos nocturnos de temperatura, menos lluviosa y menos afectada por la presencia de la nieve (Alarcón López et al, 1984; Instituto Nacional de Meteorología, 1995 y 2002).

Todas las series termométricas anuales y estacionales correspondientes al período 1946 - 2011 proporcionadas por el citado observatorio de Puerto de Navacerrada muestran una tendencia lineal creciente. Igualmente, las medias anuales y estacionales de los parámetros termométricos básicos correspondientes a los tres tramos de 22 años (*inicial*, *medio* y *final*) en los que se dividió el período de registro presentan, casi sin excepción, valores crecientes. De este modo, en un intervalo temporal de 66 años y a una altura ligeramente inferior a la del ventisquero del Ratón, la temperatura media anual ha aumentado 1,2° (de 5,8° a 7,0°), la media anual de las temperaturas máximas se ha incrementado en algo más de 1,5° (de 9,4° a 10,9°) y la media anual de las temperaturas mínimas, aunque de forma menos apreciable, también ha aumentado 0,8°. Por su parte, las temperaturas correspondientes a las cuatro estaciones del año han aumentado, de una manera especialmente marcada en primavera (1,5°, pasando la media de 3,4° a 4,9°) y verano (1,5°, pasando la media de 14,1° a 15,6°) y en una medida menor



en invierno (1,2°, pasando la media de -1,0° a 0,2°) y otoño (0,9, pasando la media de 6,8° en el *tramo inicial* a 7,7° en el *tramo final*).

*Tabla 1. Valores termométricos medios anuales en los tres tramos iguales en que se ha dividido el período 1946-2011 (Observatorio de Puerto de Navacerrada)*

	<b>Tramo 1946-1967</b>	<b>Tramo 1968-1990</b>	<b>Tramo 1991-2011</b>
Temperatura media anual	5,81	6,10	7,01
Temperatura media anual de las máximas	9,43	9,50	10,95
Temperatura media anual de las mínimas	2,24	2,80	3,07

Sin embargo, este calentamiento del ambiente climático no ha tenido a lo largo del período 1946-2011 un ritmo homogéneo, sino creciente o progresivo. Sólo la tendencia ascendente de las temperaturas mínimas anuales y de las temperaturas medias de otoño e invierno ha sido bastante regular. Por el contrario, el aumento de la temperatura media anual y de la media anual de las temperaturas máximas, así como el de las temperaturas medias de primavera y verano, ha sido muy moderado (o incluso nulo) en la primera mitad del período y se ha acelerado muy significativamente en la segunda mitad de éste.

*Tabla 2. Valores termométricos medios estacionales en los tres tramos iguales en que se ha dividido el período 1946-2011 (Observatorio de Puerto de Navacerrada)*

	<b>Tramo 1946-1967</b>	<b>Tramo 1968-1990</b>	<b>Tramo 1991-2011</b>
Temperatura media en primavera	3,42	2,94	4,94
Temperatura media en verano	14,11	14,42	15,58
Temperatura media en otoño	6,78	7,48	7,74
Temperatura media en invierno	-1,03	-0,43	0,19

Puede decirse en consecuencia que el calentamiento climático que ha afectado a las altas laderas y cumbres de la Sierra de Guadarrama es un proceso que ha tenido lugar en su mayor parte a partir de mediados de la década de los setenta del pasado siglo y que ha derivado fundamentalmente del aumento de las temperaturas máximas a lo largo de todo el año y de las temperaturas medias en primavera y verano.

*Tabla 3. Valores pluviométricos medios anuales en los tres tramos iguales en que se ha dividido el período 1946-2011 (Observatorio de Puerto de Navacerrada)*

	<b>Tramo 1946-1967</b>	<b>Tramo 1968-1990</b>	<b>Tramo 1991-2011</b>
Pluviosidad media anual	1376,36	1378,57	1216,76

Por lo que se refiere a las precipitaciones, tanto la pluviosidad media anual como el número medio de días de precipitación al año registran una tendencia lineal descendente, como consecuencia de lo cual en el *tramo final* del período analizado el volumen pluviométrico medio que se recibe anualmente, 1216,76 mm, es casi 160 mm (11,6%) inferior al que se recibía en el *tramo inicial* del mismo, 1376,36 mm, al tiempo que el número medio anual de días de precipitación ha pasado de 139,32 a 128,86, lo que implica una reducción de 10,4 días/año (7,8%). Pero este “empobrecimiento pluviométrico” relativo de las cumbres y altas laderas de la Sierra de Guadarrama no ha sido tampoco un proceso regular, con sentido y ritmo homogéneos. Si se toman en consideración los valores correspondientes a los sucesivos tramos temporales, se aprecia

con claridad cómo en la primera parte del período tanto los volúmenes de agua como la frecuencia de las precipitaciones se mantienen o crecen, haciendo del *tramo central* un intervalo relativamente más húmedo y lluvioso; es, pues, en las décadas más recientes en las que se produce la apreciable reducción de los volúmenes de agua precipitada y lo más importante de la reducción de la frecuencia de las precipitaciones (cuya media cae de 150,22 días/año en el *tramo central* a 128,86 días/año en el *tramo final*).

Por lo que se refiere a la frecuencia de las nevadas, la tendencia lineal que resulta de sus valores anuales en el conjunto de los 66 años considerados es prácticamente plana o levisísimamente ascendente: en el *tramo inicial* de éste se registraban 64,9 días de nevada/año y en el *tramo final* se registran 69,1 días de nevada/año. Pero el destacado valor correspondiente al *tramo central*, 81,2 días de nevada/año, ponen de relieve la existencia de dos fases análogas a las detectadas en las precipitaciones. En la primera, que llega hasta la década de los setenta, la frecuencia de las precipitaciones nivales se va incrementando; en la segunda, que se desarrolla con posterioridad, el número de días de nevada/año se reduce progresivamente hasta niveles parecidos a los del comienzo.

Tabla 4. Valores medios anuales de días de precipitación y de días de nevada en los tres tramos iguales en que se ha dividido el período 1946-2011 (Observatorio de Puerto de Navacerrada)

	<b>Tramo 1946-1967</b>	<b>Tramo 1968-1990</b>	<b>Tramo 1991-2011</b>
Número medio de días de precipitación/año	139,32	150,22	128,86
Número medio de días de nevada/año	64,86	81,17	69,14

Las series de registros referentes a las tres estaciones del año en que se producen precipitaciones en forma de nieve (que en las áreas de alta montaña donde se encuentran el puerto de Navacerrada y la cabecera del vallejo del Ratón son todas menos la estival) ponen de manifiesto cómo a lo largo del período 1946-2011 la frecuencia de las nevadas no ha tendido a crecer ni a disminuir de forma apreciable en otoño e invierno: en el primero los valores medios han sido prácticamente idénticos en el *tramo inicial* (10,36 días), el *tramo medio* (10,35 días) y en el *tramo final* (10,42 días); y en el segundo no existe diferencia entre la frecuencia media de las nevadas al comienzo y el final del intervalo temporal considerado (34,77 días y 34,89 días respectivamente). En ambas estaciones, no obstante, la línea de tendencia permite apreciar un máximo relativo poco marcado en el tramo central de éste.

Tabla 5. Valores medios estacionales del número de días de nevada en los tres tramos iguales en que se ha dividido el período 1946-2011 (Observatorio de Puerto de Navacerrada)

	<b>Tramo 1946-1967</b>	<b>Tramo 1968-1990</b>	<b>Tramo 1991-2011</b>
Número medio de días de nevada en otoño	10,36	10,35	10,42
Número medio de días de nevada en invierno	34,77	38,26	34,89
Número medio de días de nevada en primavera	19,86	32,17	24,16

Es en la primavera en la que se han producido los cambios más relevantes desde el punto de vista de las aportaciones nivales. Por de pronto, la tendencia lineal del número

de nevadas primaverales ha sido globalmente positiva, como se constata al observar que la frecuencia media estacional en el último tramo del período (24,16 días de nevada) es significativamente mayor que la del primero (19,86 días de nevada), aunque queda muy por debajo de la alcanzada en los años centrales (32,17 días de nevada). La evolución de los registros lleva a diferenciar en la evolución de las precipitaciones nivales de primavera dos fases contrastadas: en la primera, partiendo de valores muy moderados, se registra una sostenida tendencia ascendente; en la segunda, que se inicia en torno a 1980, el sentido de la tendencia se invierte y el número de días de nevada en primavera se va reduciendo con rapidez aunque sin alcanzar (todavía) los niveles de los años cuarenta y cincuenta del siglo pasado.

*Tabla 6. Valores medios anuales de días de permanencia de la nieve en los tres tramos iguales en que se ha dividido el período 1946-2011 (Observatorio de Puerto de Navacerrada)*

	<b>Tramo 1946-1967</b>	<b>Tramo 1968-1990</b>	<b>Tramo 1991-2011</b>
Número medio de días de permanencia de la nieve al año	132,00	140,00	121,14

Las modificaciones que han sufrido las variables termométricas analizadas, en especial el aumento cada vez más marcado de las temperaturas medias y máximas anuales y de las temperaturas medias de primavera y verano, han incidido de forma crecientemente negativa en permanencia de la nieve sobre el suelo. Por su parte, la evolución de las variables pluvio/nivométricas más influyentes, como la pluviosidad anual, la frecuencia anual de las precipitaciones, la frecuencia anual de las nevadas y la frecuencia de las nevadas primaverales, ha sido positiva para el mantenimiento y el engrosamiento de la cubierta nival en la primera parte del período y francamente negativa para ello en la segunda. En relación con la combinación de estos cambios en las condiciones climáticas, el número de días de permanencia de la nieve al año y el número medio de días de permanencia de la nieve en primavera (de los que depende su acumulación duradera, así como la formación y la conservación de ventisqueros) registran una tendencia lineal descendente en el conjunto del período, de modo que en el *tramo final* muestran valores medios inferiores a los registrados en el *tramo inicial*: se ha pasado de 132,0 días/año y 45,6 días/primavera, en 1946-1967, a 121,1 días/año y 34,5 días/primavera, en 1991-2011. Sin embargo, esta tendencia no se ha mantenido durante la totalidad de los 66 años: tanto la duración anual de la nieve como su persistencia en primavera han evolucionado en sentido ascendente durante las tres primeras décadas para hacerlo después, hasta el final, en sentido francamente descendente; de este modo los números más altos de días de permanencia de la nieve se han registrado en el *tramo central* (140,0 días/año y 55,6 días/primavera).

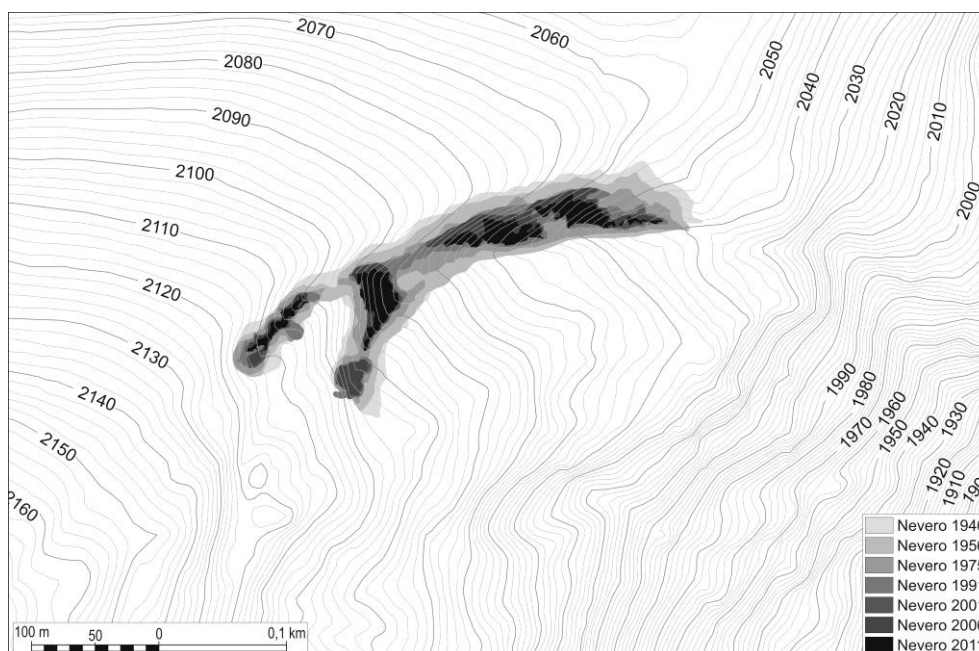
*Tabla 7. Valores medios estacionales del número de días de permanencia de la nieve en los tres tramos iguales en que se ha dividido el período 1946-2011 (Observatorio de Puerto de Navacerrada)*

	<b>Tramo 1946-1967</b>	<b>Tramo 1968-1990</b>	<b>Tramo 1991-2011</b>
Número medio de días de permanencia de la nieve en otoño	14,27	10,35	10,42
Número medio de días de permanencia de la nieve en invierno	73,18	73,70	73,42
Número medio de días de permanencia de la nieve en primavera	45,59	55,57	34,48

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Las dimensiones que -teniendo en cuenta el área atribuida en la fotografía aérea a los herbazales/pastizales quionófilos- muestra el ventisquero del Ratón en 1946 indican una reducción moderada de las alcanzadas en las condiciones óptimas de la Pequeña Edad del Hielo (del orden de 35 m<sup>2</sup>/año); ello lleva a pensar que las condiciones climáticas favorables para la acumulación voluminosa y la conservación duradera de la nieve no se habían modificado en sentido negativo de forma muy significativa hasta la primera del siglo XX. A partir de mediados de éste (a lo largo de los 66 años del período 1946-2011, acerca del que se dispone de imágenes aéreas) el ventisquero registra una marcada retracción superficial y una progresiva fragmentación.

Figura 7. Modificación dimensional del ventisquero (o nevero) del Ratón desde 1946 hasta 2011.



Es evidente que el mecanismo por el que el ventisquero se reduce, adelgaza y fragmenta es la invasión de su ámbito por formaciones arbustivas oromediterráneas compuestas muy mayoritaria por *Cytisus carpetanus* (“piorno”), leguminosa bien adaptada a la presencia regular de la nieve durante el invierno pero que precisa quedar descubierta de ella a comienzos o, como mucho, a mediados de primavera para poder florecer y soporta mal el peso de espesores nivales importantes. Dado que es precisamente el volumen y la masividad de la acumulación de nieve y su duración hasta finales de primavera o entrado el verano lo que caracteriza a los ventisqueros generando en ellos un ambiente nada propicio a los matorrales de leguminosas y sólo habitable por las formaciones de herbáceas anteriormente descritas, su progresiva ocupación por los primeros a costa de las segundas sólo puede relacionarse con un cambio del ambiente climático en las áreas supraforestales de la Sierra de Guadarrama cada vez más desfavorable para la presencia, la permanencia y la duración de la nieve (Rivas-Martínez et al., 1987).

*Tabla 8. Valores superficiales medios del ventisquero del Ratón en los tres tramos iguales en que se ha dividido el período 1946-2011*

	<b>Tramo 1946-1967</b>	<b>Tramo 1968-1990</b>	<b>Tramo 1991-2011</b>
Superficie media del ventisquero (ha)	1,715	1,261	0,612
Ritmo medio de reducción (m2 / año)	177	236	286

Como se ha podido apreciar en anteriores estudios, el aumento de la temperatura media anual, de la temperatura media anual de las máximas, de la temperatura media anual de las mínimas, de la temperatura media de primavera y de la temperatura media de verano definen un calentamiento climático significativamente favorable para la progresión de los matorrales y para el correlativo retroceso de los herbazales y pastizales en la alta montaña mediterránea. Y estos mismos efectos sobre la dinámica y la evolución de la cubierta vegetal lo tiene la disminución de la pluviosidad anual, del número de días de nevada al año, del número de días de lluvia al año y del número de días de nevada en primavera. Se ha podido apreciar igualmente cómo de la combinación de estas variaciones termométricas y pluvio/nivométricas se deriva una reducción del número de días de permanencia de la nieve sobre el suelo año y, en especial, del número de días de permanencia de la nieve sobre el suelo en primavera, lo cual es totalmente contrario a la pervivencia de la vegetación herbácea quionófila característica de los ventisqueros y a la propia pervivencia de éstos ante el avance de las formaciones arbustivas (Palacios y García, 1977; Palacios, Andrés y Luengo, 2004).

*Figura 8. Retazo de herbazal/pastizal quionófilo, rodeado por los matorrales invasores de piorno, en el interior del área del ventisquero del Ratón.*



Dado que a lo largo del período 1946-2011 el clima de las cumbres y altas laderas de la Sierra de Guadarrama ha registrado modificaciones que definen un cambio en el sentido indicado, ha de interpretarse que son ellas -en especial las acaecidas con posterioridad a la década de los años setenta del siglo XX- las responsables de la correlativa decadencia del ventisquero del Ratón, que pese a no encontrarse entre los de mayor tamaño y capacidad ocupó, por su localización y accesibilidad, un puesto muy relevante en el sistema de explotación y comercio de la nieve para el abastecimiento de Madrid durante los siglos XVII y XVIII.

Sin entrar en validaciones estadísticas de precisión ni establecer de forma definitiva relaciones de causalidad, salta a la vista la existencia de paralelismos o coincidencias temporales muy significativas entre la evolución de la cubierta vegetal del ventisquero estudiado y su entorno, de la que deriva el cambio de sus dimensiones y su configuración, y la simultánea modificación desde mediados del siglo XX de las condiciones climáticas que controlan la permanencia de la nieve en la alta montaña mediterránea del centro de la Península Ibérica. La primera de las fases antes definidas, que abarca los años cuarenta, cincuenta y sesenta del indicado siglo y en la que el ventisquero mantiene su forma y su continuidad superficial y su extensión disminuye de forma relativamente lenta, coincide con el intervalo temporal en el que tanto el nivel termométrico como la frecuencia de las precipitaciones nivales crecen con un ritmo muy moderado, haciendo que la duración de la nieve se mantenga o se vaya incrementando en alguna medida. La segunda fase, que abarca las tres últimas décadas del siglo XX y la primera del XXI y en la que la reducción de la superficie del ventisquero se acelera considerablemente y va acompañada por su progresiva fragmentación, coincide por su parte con un intervalo en el que el nivel de las temperaturas aumenta con claridad al tiempo que, del mismo modo, baja la frecuencia de las nevadas y disminuye su presencia en primavera, haciendo que la duración de la nieve disminuya significativamente y que la progresión de los matorrales en las cumbres y altas laderas de la Sierra de Guadarrama resulte muy favorecida. Y no es aventurado pensar que, si la tendencia se mantiene, en pocos años los últimos vestigios naturales del ventisquero del Ratón, tan importante durante siglos para el abastecimiento de nieve y hielo a Madrid, habrán desaparecidos y sólo quedarán las huellas materiales derivadas de su explotación antrópica.

#### **Agradecimientos:**

Mi gratitud a Javier de Marcos García-Blanco y Luis Miguel Tanarro García, compañeros del Grupo de Investigación de Geografía Física de Alta Montaña de la Universidad Complutense, por su inestimable apoyo en el trabajo de campo y en el diseño gráfico de este artículo.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

ALARCÓN LÓPEZ S., MARTÍNEZ MARTÍNEZ, M.T. y MARTÍNEZ MOLINA, I. (1984): *Climatología de Puerto de Navacerrada*, Madrid, Instituto Nacional de Meteorología.

ANDRÉS, N., GARCÍA ROMERO, A., MUÑOZ, J. y PALACIOS, D. (2007a): "Control of snow cover duration in geomorphologic and biogeographic dynamics in Mediterranean mountains: Manzanares valley head, Sierra de Guadarrama (Spain)", *Zeitschrift für Geomorphologie*, 51, Suppl. 2, pp. 91-111.

ANDRÉS, N., GARCÍA ROMERO, A., MUÑOZ, J. y PALACIOS, D. (2007b): "La vegetación del ventisquero de la Condesa (Sierra de Guadarrama, Madrid) y sus condicionantes termonivales", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 44, pp. 29-52.

BULLON, T. (2008): "Evolución de las temperaturas invernales en la segunda mitad del siglo XVI en un sector del Sistema Central Español", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 48, pp. 311-325.

CAPEL SÁEZ, H. (1970), "Una actividad desaparecida de las montañas mediterráneas: el comercio de la nieve", *Revista de Geografía*, pp. 5-42.

CORELLA SUÁREZ, P. (1988a): “El comercio de la nieve y del hielo en la provincia de Madrid” en *Establecimientos tradicionales madrileños. Cuaderno VII*, Madrid, Cámara de Comercio e Industria (pp. 229-240).

CORELLA SUÁREZ, P. (1988b): “Aspectos fiscales de la renta de la nieve en la Corona de Castilla durante los siglos XVII y XVIII”, *Moneda y Crédito*, 184, pp. 47-69.

CORELLA SUÁREZ, P. (1989): “La casa arbitrio de la nieve y hielos del reino y de Madrid”, *Melanges de la Casa de Velázquez*, 25, pp. 175-198.

FAGAN, B. (2008): *La Pequeña Edad del Hielo. Cómo el clima afectó a la historia de Europa 1300-1850*, Barcelona, Gedisa.

GARCÍA ROMERO, A. y MUÑOZ JIMÉNEZ, J. (2010): “Modificaciones recientes de la cubierta nival y evolución de la vegetación supraforestal en la sierra de Guadarrama. España: el puerto de los Neveros”, *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 36 (2), pp. 109-143.

GARCÍA ROMERO, A. y MUÑOZ JIMÉNEZ, J., ANDRÉS, N. y PALACIOS, D. (2009): “Relationship between climatic change and vegetation distribution in the Mediterranean Mountains: Manzanares Headvalley, Sierra de Guadarrama (Central Spain)”, *Climatic Change*, 100 (3-4), pp. 645-666.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (1995): *Valores normales y estadísticos de estaciones principales (1961-1990). Observatorio de Madrid “Puerto de Navacerrada”*, Madrid, INM.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (2002): “Observatorio Meteorológico de Madrid ‘Puerto de Navacerrada’” en *Valores normales y estadísticos de los observatorios meteorológicos principales (1971-2000). Volumen 4*, Madrid, INM (pp. 67-86).

MUÑOZ JIMÉNEZ, J. y GARCÍA ROMERO, A. (2004): “Modificaciones climáticas y evolución de la cubierta vegetal en las áreas culminantes de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español) durante la segunda mitad del siglo XX. Las altas cuencas del Ventisquero de la Condesa y Valdemartín”, *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 30, pp. 117-146.

MUÑOZ JIMÉNEZ, J. y GARCÍA ROMERO, A. (2009): “Plant colonization in Condesa nivation hollow, Sierra Guadarrama (Spanish Central System)”. *Geografiska Annaler*, 91A (3), pp. 189–204.

PALACIOS, D., ANDRÉS, N. y LUENGO, E. (2004): “Tipología y evolución de los nichos de nivación en la Sierra de Guadarrama, España”, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 99, 1-4, pp. 141-158.

PALACIOS, D. y GARCÍA, M. (1997): “The influence of nival erosion on the distribution of high mountain vegetation to snow cover: Peñalara, Spain”, *Catena*, 30, pp. 1-40.

PRADO, CASIANO DE (1864): *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*, Madrid, Junta General de Estadística-Imprenta Nacional.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., BELMONTE, D., CANTÓ, P., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F., FUENTE, V., MORENO, J.M., SÁNCHEZ MATA, D. y GARCÍA SANCHO, L. (1987): “Piornales, enebrales y pinares oromediterráneos (*Pino-Cytisium oromediterranei*) en el Sistema Central”, *Lazaroa*, 7, pp. 13-124.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., CANTÓ, P., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F., MOLINA, J.A., PIZARRO, J.M. y SÁNCHEZ MATA, D. (1999): "Sinopsis of the Sierra de Guadarrama vegetation", *Itinera Geobotánica*, 13, pp. 189-206.

SANZ-ELORZA, M., DANA, E.D., GONZÁLEZ, A. y SOBRINO, E. (2003): "Changes in high-mountain vegetation of the Central Iberian Peninsula as a probable sign of Global warming", *Annals of Botany*, 92, pp. 273-280.