

# LA VEGETACIÓN DEL VENTISQUERO DE LA CONDESA (SIERRA DE GUADARRAMA, MADRID) Y SUS CONDICIONANTES TERMO-NIVALES

**Julio Muñoz Jiménez\***, **Arturo García Romero\*\***,  
**Nuria Andrés de Pablo\***, **David Palacios Estremera\***

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

\*\* Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

## RESUMEN

El trabajo analiza la composición y la distribución de la vegetación dentro de un nevero situado en la vertiente oriental del alto de las Guarramillas (2258 m; 40° 47' 10" N y 3° 58' 35" W) en la Sierra de Guadarrama (Madrid, España) y estudia la influencia que sobre ellas tienen la duración de la nieve y el régimen térmico del suelo. Para ello se han efectuado inventarios florísticos y referentes a abundancia y cobertura en más de 500 pequeñas parcelas, se ha realizado mediante registro fotográfico un mapa de permanencia media anual de la nieve y se ha instalado una red de termómetros automáticos. El análisis estadístico de los datos obtenidos permite afirmar que la persistencia de un manto de nieve con espesor suficiente es un factor de protección de las plantas frente al frío y a la sequía y lleva a pensar que la superficie del ventisquero se está reduciendo y está siendo invadida por plantas de su entorno adaptadas a ambientes menos marcados por la nivación, menos húmedos y más expuestos a los cambios de temperatura.

**Palabras clave:** nichos de nivación, biogeografía nival, cubierta nival, temperatura del suelo bajo la nieve y Sierra de Guadarrama.

---

Fecha de recepción: marzo 2007.

Fecha de aceptación: septiembre 2007.

## ABSTRACT

The study analyzes the composition and distribution of vegetation inside a nival hollow located on the eastern slope of Alto de Guarramillas (2258 m; 40° 47' 10" N and 3° 58' 35" W) in Sierra de Guadarrama (Madrid, Spain) and associates it with the influence of snow cover duration and ground temperature regime. Several plant inventories were conducted to record abundance and coverage in more than 500 small plots, a map of the average yearly snow cover duration was created using a photographic register, and a network of automatic thermometers was installed. The statistical data analysis confirms that the permanence of a sufficiently thick snow cover is a factor in the protection of plants from cold and drought. It also reveals that the surface of the snow hollow is shrinking and is being invaded by nearby plants that have adapted to drier environments with less nivation and greater exposure to temperature change.

**Key words:** nivation niche, nival biogeography, snow cover, bottom snow temperature.

## I. INTRODUCCIÓN

Las áreas donde la nieve alcanza un mayor espesor y tiene una duración más dilatada, pudiendo conservarse en alguna medida hasta el verano e incluso perdurar durante varios años consecutivos, se diferencian con claridad en el paisaje de la alta montaña mediterránea. Aparecen en ella como enclaves o franjas aparentemente desnudos, pero que en realidad están colonizadas por una vegetación extremadamente laxa casi exclusivamente herbácea, cuya presencia en la época estival —cuando la cubierta nival disminuye o incluso desaparece en ellos y se produce la floración— se hace más evidente (Walker et al., 1993). En las montañas mediterráneas más elevadas de la Península Ibérica, entre las que se encuentra la sierra de Guadarrama (situada en el tramo medio del Sistema Central Español y cuyas cumbres alcanzan entre 1850 y 2429 m de altura), estos enclaves reciben el nombre de *neveros* o *ventisqueros* (Sanz, 1979 y 1988; Palacios y García, 1997; Gavilán et al., 1998; Palacios et al., 2004) y muchos de ellos han sido objeto de explotación como fuente de abastecimiento y punto de partida durante siglos de un activo comercio de la nieve (Corella, 1988).

De acuerdo con los resultados de anteriores estudios, todos los neveros o ventisqueros de la sierra Guadarrama quedan dentro del ámbito supraforestal inmediato a las mayores cumbres (por encima casi siempre de los 1900 m de altura), donde la temperatura media anual es inferior a 6,5° C y la pluviosidad media anual superior a 1300 mm, más de la mitad de los cuales caen en forma sólida constituyendo un recubrimiento que se mantiene sobre el suelo un intervalo siempre superior a 60 días al año (Fernández, 1991; Rivas-Martínez et al., 1999; Palacios y Andrés, 2000). En ellos concretamente la duración media anual de la nieve es como mínimo de 180 días, apreciándose que, si no se alcanza este nivel de duración, no se produce con claridad su diferenciación morfológica, biogeográfica y paisajística (Palacios et al., 2003; Palacios et al., 2004).

La extensión que suman los neveros y ventisqueros de Guadarrama es reducida (menos de 500 ha en total) y sólo significa aproximadamente el 5,5% del área supraforestal de esta sierra. Dentro de la vertiente meridional de la sierra, varios de estos enclaves marcados por la preferente acumulación y la alta duración de la nieve se encuentran en la elevada cuenca donde tiene su cabecera el río Manzanares, afluente al Tajo a través del Jarama, siendo los más importantes el ventisquero de Valdemartín y el ventisquero de la Condesa (Andrés y Palacios, 2004; Muñoz y García, 2004; Andrés et al., 2007). Este último se ha seleccionado como ámbito de estudio representativo del conjunto debido a su nítida diferenciación paisajística, a su accesibilidad desde el puerto de Navacerrada, por donde pasa una importante carretera que enlaza las ciudades de Madrid y Segovia, y a su secular y bien documentada importancia en el abastecimiento de nieve a estas ciudades y a los Reales Sitios ubicados en sus inmediaciones (Mas, 1998).

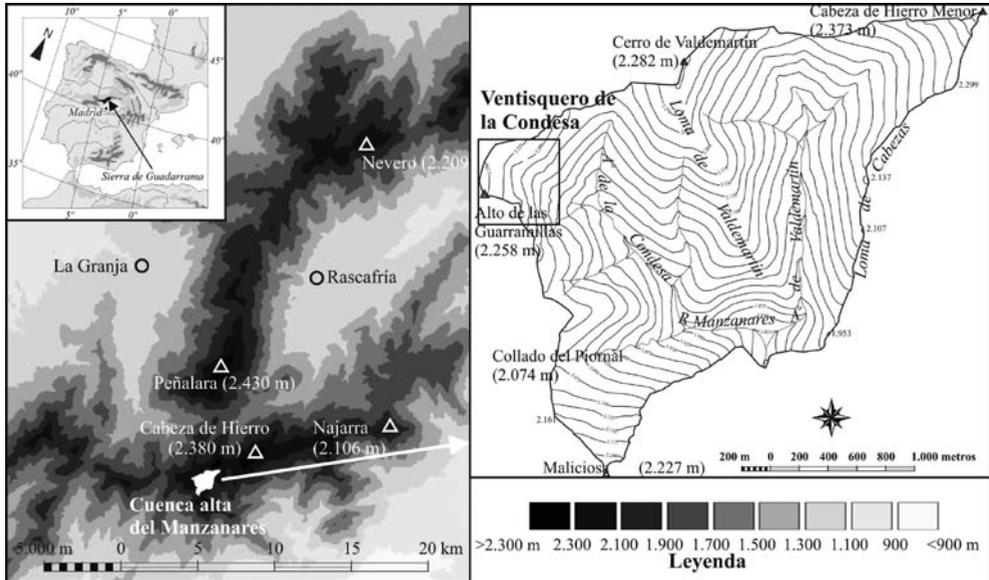
Este ventisquero aparece como una franja de planta arqueada abierta hacia el SE y dispuesta conforme a las curvas de nivel, situada entre los 2180 y los 2210 m de altura, pocos metros por debajo del área de cumbres (que en este sector tiene topografía aplanada y alcanza los 2258 m en el alto de las Guarramillas (40° 47' 10" N y 3° 58' 35" W), también conocido como Bola del Mundo) (Figs. 1 y 2). Con una longitud de 625 m y una anchura media de 85 m, su extensión es de 5,3 ha aproximadamente, la cual se ha reducido de forma moderada aunque apreciable en los últimos 50 años: en 1956 ocupaba 6,1 ha, por lo que su retroceso espacial reciente se cifra en un 12,4% (Muñoz y García, 2004). La máxima anchura (145 m) y desnivel (alrededor de 30 m) se registran en su sector central, correspondiente a la «clave» del arco, a partir del cual se diferencian dos ramas: una orientada al SSE y otra al ESE. Esta última y el indicado sector central están cerrados en su parte inferior por una pared de mampostería suelta compuesta por bloques de gneis de 1,6 m de altura y 400 m de longitud, que en la actualidad se encuentra bastante desmantelada, aunque conserva básicamente su continuidad.

Utilizando como base los valores climáticos obtenidos a partir de los registros (correspondientes al período 1951-2000) de la estación de observación meteorológica del puerto de la Navacerrada, emplazada a sólo dos kilómetros de distancia, aunque a una altura algo inferior (1889 m) (Alarcón et al., 1984; Servicio Meteorológico Nacional, 1976; Instituto Nacional de Meteorología, 1995 y 2002), en el ventisquero de la Condesa la temperatura media anual es de aproximadamente 5,0° C; la temperatura media anual de las máximas se acerca a los 8,5° C; y la temperatura media anual de las mínimas se sitúa en torno a 1,5° C. En otoño la temperatura media es de 6,0° C; en invierno, de -1,5° C; en primavera, de 2,5° C; y en verano, de 13,5° C. Por lo que se refiere a la pluviosidad, en las altas cuencas de la cabecera del Manzanares donde se ubica el ventisquero se reciben por término medio 1400 mm de agua al año, casi un tercio de los cuales (en torno a 450 mm) caen durante la estación invernal. El número medio anual de días de precipitación es de 150, teniendo ésta en alrededor de la mitad de ellos (75 días de otoño, invierno y primavera) forma de nieve, la cual cubre el suelo 135 días al año por término medio, aunque en algunos enclaves —como el citado ventisquero— llega a hacerlo entre 180 y 250 días.

Al igual que el resto de los ventisqueros, cuando a finales de verano se encuentran sin nieve o con un escaso volumen de ella, el ventisquero de la Condesa se presenta a quien lo observa desde lejos o lo reconoce por medio de imágenes aéreas como una franja desnuda

**Figura 1**

LOCALIZACIÓN DEL VENTISQUERO DE LA CONDESA EN LA VERTIENTE ORIENTAL DEL ALTO DE LAS GUARRAMILLAS, DONDE TIENE SU NACIMIENTO EL RÍO MANZANARES.

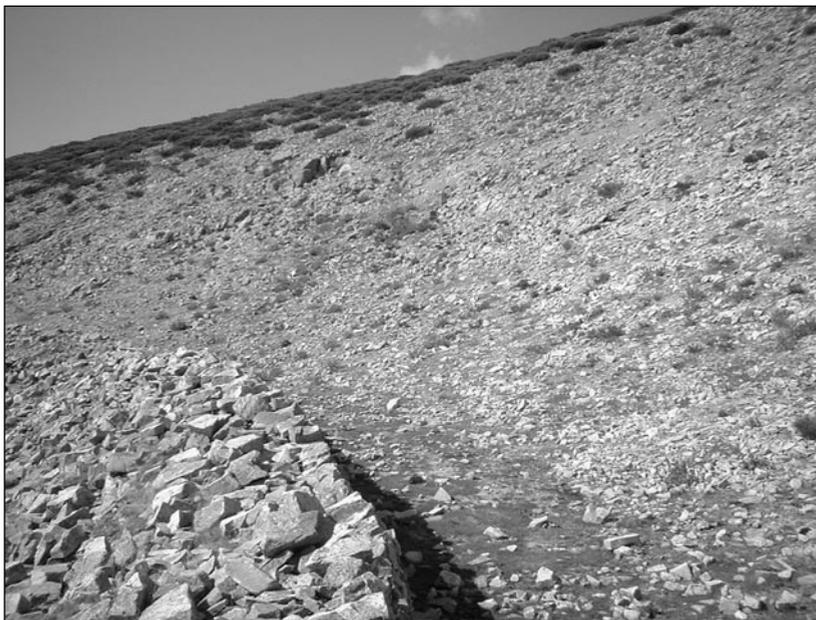


**Figura 2**

FOTOGRAFÍA DEL VENTISQUERO DE LA CONDESA EN LA VERTIENTE ORIENTAL DEL ALTO DE LAS GUARRAMILLAS (10 DE JUNIO DE 2003).



**Figura 3**  
FOTOGRAFÍA DEL SECTOR CENTRAL DEL VENTISQUERO DE LA CONDESA (3 DE SEPTIEMBRE DE 2002).



y pedregosa con algunos afloramientos de la roca *in situ* y huellas evidentes de inestabilidad geomorfológica enmarcada en su parte superior por matorrales densos de piorno o localmente por pastizales psicroxerófilos abiertos («joragales») y, en su parte inferior, por pastizales higrófilos muy densos («cervunales») (Rivas-Martínez et al., 1987, 1989 y 1999). Pero si se accede a su ámbito, puede apreciarse que sobre los pedregales y los roquedos —ambos de naturaleza neísica— existe una laxa cubierta vegetal compuesta por musgos y plantas herbáceas casi siempre de baja talla (Fig. 3). Esta cubierta, encuadrada en el piso *Crioromediterráneo* e integrada globalmente en la asociación *Digitali carpetanae-Senecionetum carpetani*, ha sido estudiada hasta el presente de forma conjunta sin tener en cuenta el modo en que las especies que la constituyen se distribuyen dentro del ámbito del ventisquero (Rivas-Martínez et al., 1999).

## II. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Con el objeto de conocer esta distribución y analizar en qué medida se encuentra condicionada por la duración de la nieve y la temperatura del suelo se han trazado 29 transectos transversales a la disposición del ventisquero distantes entre sí 20 m y dentro de ellos se han establecido, cada 3 m, microparcelas de 0,25 m<sup>2</sup>. Estas microparcelas alcanzan el número

de 579 y en cada una de ellas se ha realizado (siempre en el mes de septiembre, cuando la nieve está ausente) un inventario completo de la vegetación, identificando las especies y apreciando el número de individuos, así como la tasa de cobertura de cada una de ellas. Este inventario ha permitido reconocer el stock florístico y apreciar la localización y la mayor o menor abundancia de sus componentes dentro del área estudiada (Fig. 4).

Para analizar la distribución de la acumulación nival se ha monitorizado la permanencia de la nieve en el ventisquero entre 1996 y 2004, mediante la toma de fotografías digitales oblicuas (semanalmente desde finales de primavera hasta comienzos de otoño) (Andrés et al., 2007). Estas fotos se han georreferenciado sobre un Modelo Digital del Terreno de alta precisión y —después del correspondiente tratamiento estadístico— han permitido obtener un mapa en que el área estudiada se ha dividido en sectores según el número de días en que, como media, permanece la nieve sobre el suelo. Teniendo en cuenta su localización dentro de uno u otro de estos sectores se ha asignado a cada una de las microparcelas un valor referente a la permanencia media de la nieve.

Para conocer la temperatura real que se soporta dentro del ámbito del ventisquero y evaluar sus diferencias con la que se registra en las áreas colindantes se ha establecido una red de termómetros automáticos con capacidad para retener datos térmicos cada hora durante un año (en concreto desde 1 de octubre de 2004 hasta 30 de septiembre de 2005). El primero de ellos, al que se denominó AIRE, registró la temperatura del aire en la cumbre del Alto de las Guaramillas, a 2258 m de altitud. En un sector próximo (a 2248 m), muy venteado y con una permanencia media anual de la nieve muy reducida, donde la vegetación es un típico pastizal psicoxerófilo, se instalaron dos termómetros de suelo: uno, denominado CUMBRE SUPERFICIE, a 10 cm de profundidad y otro, denominado CUMBRE PROFUNDIDAD, a 60 cm de profundidad. Otro termómetro de suelo, denominado PIORNO SUPERFICIE, se situó a 2223 m de altura y 10 cm de profundidad en un área colonizada por un denso matorral de piorno (*Cytisus carpetanus*) muy cerca del límite superior del ventisquero. En el centro de éste (2205 m), donde se registra la más alta duración media anual de la nieve, se instalaron dos termómetros más: uno, denominado NIEVE SUPERFICIE, a 10 cm de profundidad; y otro, denominado NIEVE PROFUNDIDAD, a 60 cm de profundidad. Por último, a 2187 m y al pie del margen inferior del ventisquero, en un ámbito pronival ocupado por un denso pastizal higrófilo, se ubicó otro termómetro, denominado PRONIVAL PROFUNDIDAD, a 80 cm por debajo de la superficie. Con esta red, además de conocer la temperatura del aire, se han podido apreciar y valorar las diferencias de la temperatura del suelo entre los sectores de cumbre con menos duración de la nieve, los sectores donde ésta alcanza su máxima persistencia, los sectores intermedios situados entre ambas y los sectores inferiores prioritariamente afectados por las aguas de fusión nival. Igualmente se ha podido disponer de información acerca de las condiciones térmicas del suelo a las que se adaptan las principales formaciones vegetales.

Para poder relacionar los registros de temperatura con el volumen de la cubierta nival se han realizado, con una periodicidad semanal o quincenal, mediciones del espesor de la nieve en cada uno de los lugares de emplazamiento de los termómetros. Además, cada mes se han tomado medidas de la temperatura y la densidad de la nieve.

Los datos obtenidos han sido sometidos a análisis estadístico para hallar la correlación existente dentro del ventisquero entre la presencia y la abundancia de las especies vegetales

**Figura 4**

ORTOFOTO (JULIO DE 1998) DEL VENTISQUERO DE LA CONDESA, DONDE SE LOCALIZAN LOS 29 TRANSECTOS EN QUE SE REALIZARON LOS 579 INVENTARIOS DE VEGETACIÓN Y SE SEÑALA LA POSICIÓN DEL TERMÓMETRO DE AIRE Y DE LOS TERMÓMETROS DE SUELO.



y la duración media de la nieve y el régimen térmico del suelo. Este tratamiento estadístico, que constituye el paso metodológico fundamental del estudio, tiene tres objetivos: valorar el peso relativo de estos factores sobre la distribución de la vegetación dentro del ventisquero; realizar una clasificación de las especies (o grupos de especies) según su nivel de quionofilia; y definir en la medida de lo posible las facies vegetales que —en función de la duración de la nieve y de la temperatura del suelo— se reparten el área, estableciendo de este modo su significado como indicadores de nivación dentro del ámbito supraforestal de las altas laderas y cumbres de la sierra de Guadarrama.

### III. EL STOCK FLORÍSTICO

La superficie del ventisquero de la Condesa se encuentra colonizada por plantas, muy mayoritariamente pequeñas y de baja talla, que a finales de verano forman un tapiz discontinuo, cuya tasa de cobertura media es del 32,59% y pertenecen a 28 especies, sólo dos de las cuales son criptógamas (un helecho y un musgo), siendo las 26 restantes fanerógamas correspondientes a 11 familias: *Campanulaceae*, *Cariofilaceae*, *Compositae*, *Crasulaceae*, *Cruciferae*, *Escrofulariaceae*, *Gentianaceae*, *Gramineae*, *Leguminosae*, *Cupresaceae* y *Poligonaceae* (Tabla 1).

Dicho tapiz no es espacialmente homogéneo desde el punto de vista florístico y en él no se aprecia tampoco una estructura en teselas monoespecíficas o poco diversificadas; puede decirse que, por el contrario, su característica más marcada es la diversidad, ya que por término medio el número de especies presente en cada metro cuadrado es de 8,65 (4,13 especies/parcela de 0,25 m<sup>2</sup>). Dado el reducido tamaño de las plantas que la forman, otra característica de la cubierta vegetal del ventisquero es el alto número de individuos presentes en cada unidad de superficie: 115,9 individuos/m<sup>2</sup> por término medio, pese a que -como se ha señalado- sólo cubren un tercio del área.

A nivel de familia, las gramíneas son las plantas más difundidas en el ventisquero, ya que están presentes en el 91% de las parcelas inventariadas; las siguen a gran distancia las compuestas (58%) y las poligonáceas (45%). Con un grado de presencia mediano se encuentran las escrofulariáceas (32%), las cariofiláceas (29%), las crasuláceas (24%) y el musgo (22%). Más raras son las leguminosas (15%) y las campanuláceas (14%), ocupando los últimos lugares el helecho (3%) y las crucíferas (2%) junto con las gencianáceas y las cupresáceas (cuya presencia se ha constatado en menos del 0,5% de las parcelas analizadas). Pese a la reducida extensión de éstas, en cada una de las estaciones de inventario están presentes por término medio 3,32 familias; y es bastante frecuente que en 0,25 m<sup>2</sup> coexistan plantas pertenecientes 5 ó 6 familias.

A nivel de especies, las más difundidas en el área son una gramínea —*Agrostis truncatula*— y una poligonácea —*Rumex acetosella*—, que se encuentran respectivamente en el 58,75% y en el 44,37% de las parcelas. Tienen también un índice de presencia importante otras dos gramíneas —*Koeleria caudata* (37,61%) y *Avenella iberica* (30,50%)—, dos compuestas —*Leucantemopsis pallida* (31,37%) y *Senecio pyrenaicus* (25,30%)—, una cariofilácea —*Paronychia polygonifolia* (29,21%)—, una crasulácea —*Sedum candolei* (20,44%)— y el musgo *Politrichum juniperinum* (21,83%). En el extremo opuesto, con presencia en menos del 2% de las estaciones de inventario, están *Juniperus alpina*, *Gentiana lutea*, *Campanula herminii*, *Cerastium ramosissimum*, *Silene ciliata*, *Deschampsia felexuosa* y *Jurinea humilis*.

Por lo que se refiere a la abundancia, es decir al número de ejemplares por unidad de superficie (parcela de 0,25 m<sup>2</sup>), ocupan los primeros lugares tres gramíneas —*Koeleria caudata*, *Agrostis truncatula* y *Avenella iberica*— con una media de 5,40, 4,38 y 4,25 ejemplares/parcela respectivamente. Las siguen a corta distancia la poligonácea *Rumex acetosella* (4,19 ejs./parcela) y las crasuláceas *Sedum brevifolium* (3,54 ejs./parcela) y *Sedum candolei* (3,03 ejs./parcela). Las restantes especies registran medias de abundancia inferiores a 1 ej./parcela, salvo *Politrichum juniperinum* y *Leucantemopsis pallida* (que alcanzan estrictamente este valor).

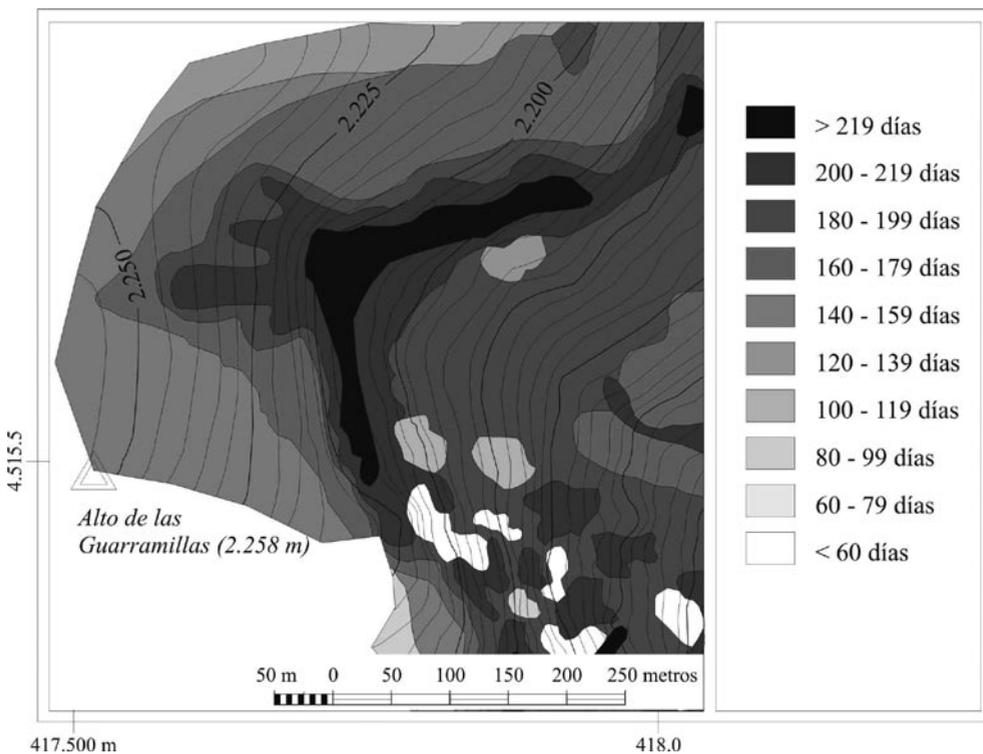
**Tabla 1**  
**NOMBRE CIENTÍFICO Y DENOMINACIÓN MÁS COMÚN DE LAS ESPECIES VEGETALES**  
**INVENTARIADAS EN EL VENTISQUERO DE LA CONDESA**

<b>Familias y especies</b>	<b>Nombre común</b>
Helechos	
<i>Criptogama crispa</i>	Helecho rizado
Musgos	
<i>Politrichium juniperinum</i>	Musgo de jabino
Campanuláceas	
<i>Campanula herminii</i>	Campanilla
<i>Jasione crispa</i>	Botón azul
Cariofiláceas	
<i>Cerastium ramosissimum</i>	Oreja de ratón
<i>Paronichya polygonifolia</i>	Sanguinaria.
<i>Silene ciliata</i>	Silene
Compuestas	
<i>Hieracium valí</i>	Vellosilla
<i>Jurinea humilis</i>	Escobilla
<i>Leucantemopsis pallida</i>	Margarita serrana
<i>Senecio pyrenaicus</i>	Belesa
Crasuláceas	
<i>Sedum brevifolium</i>	Arrocillo
<i>Sedum candolei</i>	Oreja de monte
Crucíferas	
<i>Erysimum peñalarensis</i>	Callejón
Cupresáceas	
<i>Juniperus alpina</i>	Jabino
Escrofulariáceas	
<i>Digitalis tapiz</i>	Dedalera
<i>Linaria saxatilis</i>	Linaria de roca
Gencianáceas	
<i>Gentiana lutea</i>	Genciana amarilla
Gramíneas	
<i>Agrostis truncatula</i>	Hierba fina
<i>Avenella ibérica</i>	Avenilla
<i>Deschampsia flexuosa</i>	Hierba brava
<i>Festuca curvifolia</i>	Joraga
<i>Festuca iberica</i>	Cañuela
<i>Koeleria caudata</i>	Cola de zorra
<i>Nardus stricta</i>	Cervuno
Leguminosas	
<i>Cytisus carpetanus</i>	Piorno
Poligonáceas	
<i>Rumex acetosella</i>	Acedera
<i>Rumex suffuticosus</i>	Acedera leñosa

#### IV. LA ACUMULACIÓN NIVAL Y LA DURACIÓN DE LA NIEVE

De acuerdo con los resultados de la monitorización realizada mediante fotografía desde tierra entre 1996 y 2004, la duración media de la nieve dentro los límites del ventisquero de la Condesa es de 209 días/año (Fig. 5). Pero este valor estadístico de conjunto es resultado de valores sectoriales sensiblemente distintos: en el 23,5% de su superficie la duración de la cubierta nival es moderada (entre 180 y 200 días/año); en el 44,3% es moderadamente alta (entre 200 y 220 días/año); en el 23,2% es alta (entre 220 y 240 días/año); y sólo en el 9,0% es muy alta (entre 240 y 250 días/año) (Fig. 6). Este sector minoritario donde la nieve registra su máxima duración se localiza en la parte inferior del tramo central del ventisquero y se prolonga, hacia la rama del mismo orientada al ESE; y el sector donde la duración de la nieve es alta coincide, por su parte, con la franja intermedia tanto de esta rama como de la orientada al SSE pero sin llegar a alcanzar sus extremos, dando paso ladera abajo — fuera ya del ventisquero — a extensos pastizales hidrófilos («cervunales»). El sector mayoritario en el que la presencia de la nieve es moderadamente alta comprende los indicados extremos y, sobre

**Figura 5**  
 MAPA DE LA PERMANENCIA MEDIA DE LA NIEVE EN EL VENTISQUERO DE LA CONDESA PARA EL PERIODO 1996/2004.



**Figura 6**  
FOTOGRAFÍA DEL VENTISQUERO DE LA CONDESA CON LA EXTENSIÓN CARACTERÍSTICA DE LA NIEVE DURANTE EL MES DE MAYO (7 DE JUNIO DEL 2004).



todo, la franja superior del ventisquero, que en el tramo central incrementa fuertemente su anchura; y por último, por encima de él, el sector donde la cubierta nival tiene una duración moderada corresponde al borde alto del ventisquero, muy próximo a las aplanadas cumbres colonizadas por pastizales psicoxerófilos («joragales») y matorrales de piorno.

Dentro del ventisquero, la duración de la cubierta nival se relaciona prioritariamente con la distancia a la línea de cumbres (Coeficiente de Correlación de 0,747) y, en algo menor medida, con la centralidad (Coeficiente de Correlación de 0,433) y no está influida de forma significativa por la pedregosidad o la inestabilidad de su superficie (Coeficientes de Correlación de -0,004 y -0,047 respectivamente). Puede decirse pues que, con independencia de los caracteres del suelo, la permanencia de la nieve crece en sentido inverso a la altura y a la distancia al tramo central (o «clave» del arco que este describe). Y se aprecia también que la orientación ESE es algo más favorable que la SSE para la acumulación y conservación de los aportes nivales.

## **V. EL RÉGIMEN TÉRMICO DEL SUELO**

Los datos obtenidos por el termómetro de aire y los seis termómetros de suelo que han funcionado correctamente son muy relevadores de cuál es el comportamiento térmico del

suelo y el estado del agua en el subsuelo, poniendo de manifiesto un enorme contraste entre las áreas nivales y las no nivales debido a la gran capacidad de la nieve para comportarse como aislante térmico (Tabla 2).

**Tabla 2**  
RESUMEN DE LOS PRINCIPALES ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS DE TEMPERATURAS  
RECOGIDOS EN EL 1 DE OCTUBRE DEL 2004 AL 30 DE SEPTIEMBRE DEL 2005 EN EL  
VENTISQUERO DE LA CONDESA

ESTACIÓN	Tmáx (°C)	Tmín (°C)	A (°C)	Nº días T>0°C	Nº días T<0°C	Mayor nº de días seguidos de helada	Nº de ciclos hielo/ deshielo
AIRE	30,07	-16,68	46,75	214	56	7 (1/3 al 7/7)	100
CUMBRE SUPERFICIE	22,01	-7,42	29,43	215	131	51 (23/9 al 13/11)	19
CUMBRE PROFUNDIDAD	16,72	-4,44	21,16	262	98	105 (12/1 al 26/4)	7
NIEVE SUPERFICIE	22,31	-0,08	22,39	331	32	32 (30/4 al 31/5)	2
NIEVE PROFUNDIDAD	18,19	-0,08	18,27	223	31	31 (1/5 al 1/6)	2
PRONIVAL PROFUNDIDAD	14,14	0,58	13,56	365	-	-	-
PIORNO SUPERFICIE	17,08	-0,08	17,06	300	45	40 (19/2 al 30/3)	21

**Tmáx:** Temperatura máxima absoluta, obtenida a partir de los datos horarios

**Tmín:** Temperatura mínima absoluta, obtenida a partir de los datos horarios

**A:** Amplitud, diferencia entre T máx y T mín

**Nº días T>0:** Número de días en los que la temperatura media diaria es superior a 0° C.

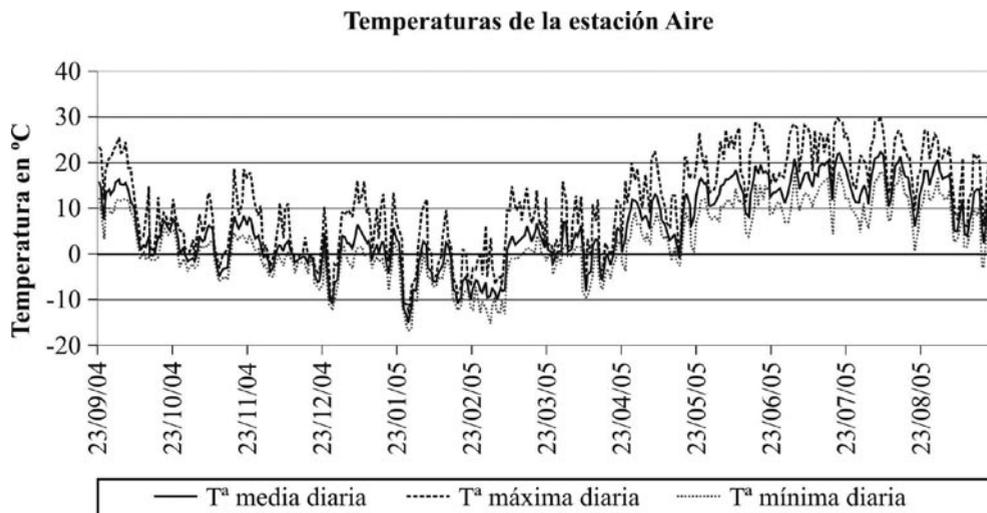
**Mayor número de días seguidos de helada:** Serie más larga de días consecutivos en los que la temperatura media es inferior a 0° C

**Nº de ciclos hielo/deshielo:** Número de ciclos de hielo/deshielo.

Los registros termométricos más extremos y contrastados son evidentemente los correspondientes al termómetro AIRE (Fig. 7), referentes a la temperatura del aire, con una temperatura mínima absoluta de -16,68° C, una amplitud térmica de 46,75° C y 100 ciclos de hielo-deshielo al año. Donde la temperatura del suelo refleja mejor los cambios térmicos del aire es, sin lugar a dudas, en el emplazamiento de CUMBRE SUPERFICIE (Fig. 8), con una mínima absoluta de -7,42° C, una amplitud térmica de 29,43° C y 19 ciclos de hielo-deshielo. Si se observa la relación entre los registros de este termómetro y el espesor de la nieve en superficie, se puede deducir que cuando éste es superior a 20 cm, la temperatura del suelo se estabiliza entre los 0,5° C y los -0,5° C, independientemente de que la temperatura del aire sea muy superior o muy inferior. Cuando el espesor es menor del señalado, el suelo tiende a ir perdiendo calor a lo largo del invierno permaneciendo congelado un largo periodo ininterrumpido (51 días). Por este motivo, el mayor número de ciclos hielo-deshielo se produce a finales del otoño y principios de la primavera. Los datos del termómetro CUMBRE PROFUNDIDAD tiene lógicamente una menor amplitud térmica (21,16° C) y la temperatura mínima absoluta se queda en los -4,44° C; ello indica que el suelo se va enfriando lentamente a lo largo del invierno hasta alcanzar los 0° C ya bien entrado éste y permanece congelado

**Figura 7**

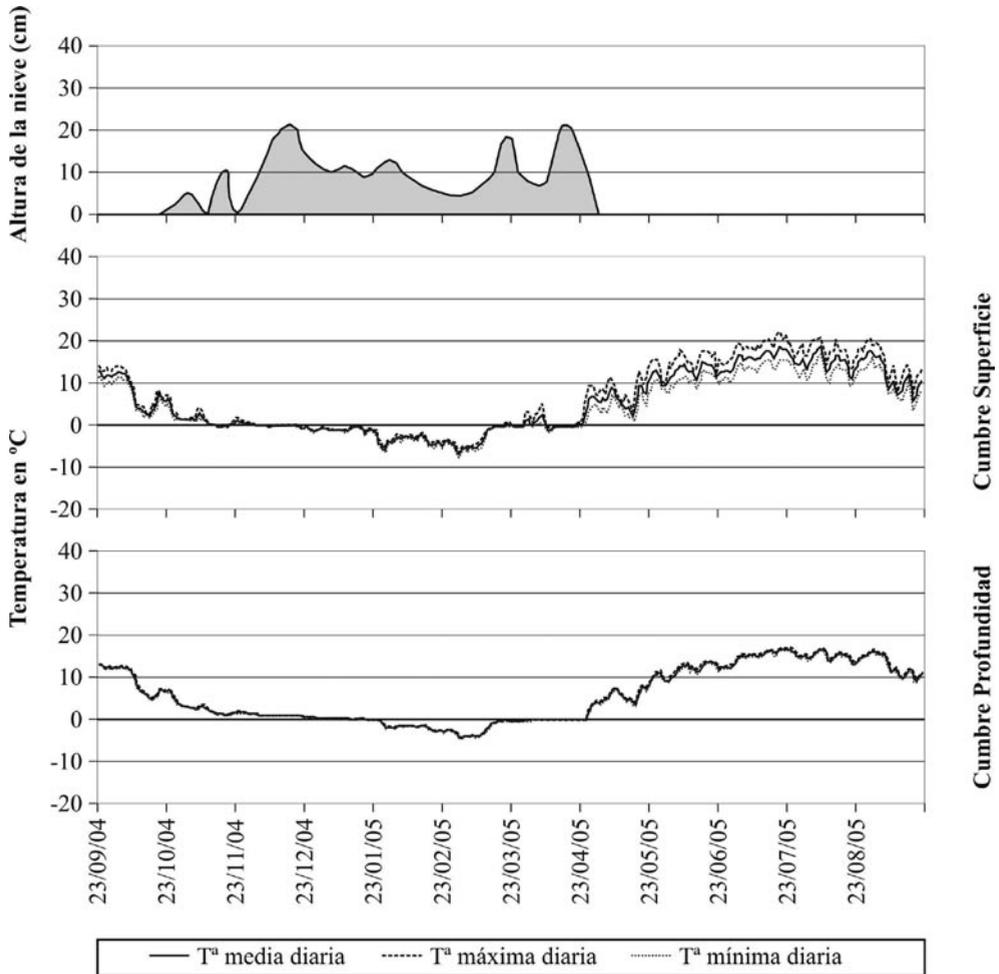
DATOS DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN EL ALTO DE LAS GUARRAMILLAS REGISTRADOS POR EL TERMÓMETRO AIRE (VER LOCALIZACIÓN EN LA FIGURA 4) EN EL AÑO 2004/2005.



105 días seguidos hasta que, también lentamente, se va calentando con la primavera. Los escasos ciclos de hielo-deshielo (sólo 7) se producen poco antes o poco después de la prolongada helada, en variaciones de menos de 5 décimas de grado. Los datos de los termómetros de CUMBRE y del espesor de nieve que los cubrió indican que pequeños cambios en el espesor de la nieve provocan alteraciones fundamentales en el régimen térmico del suelo (Ling y Zhang, 2007).

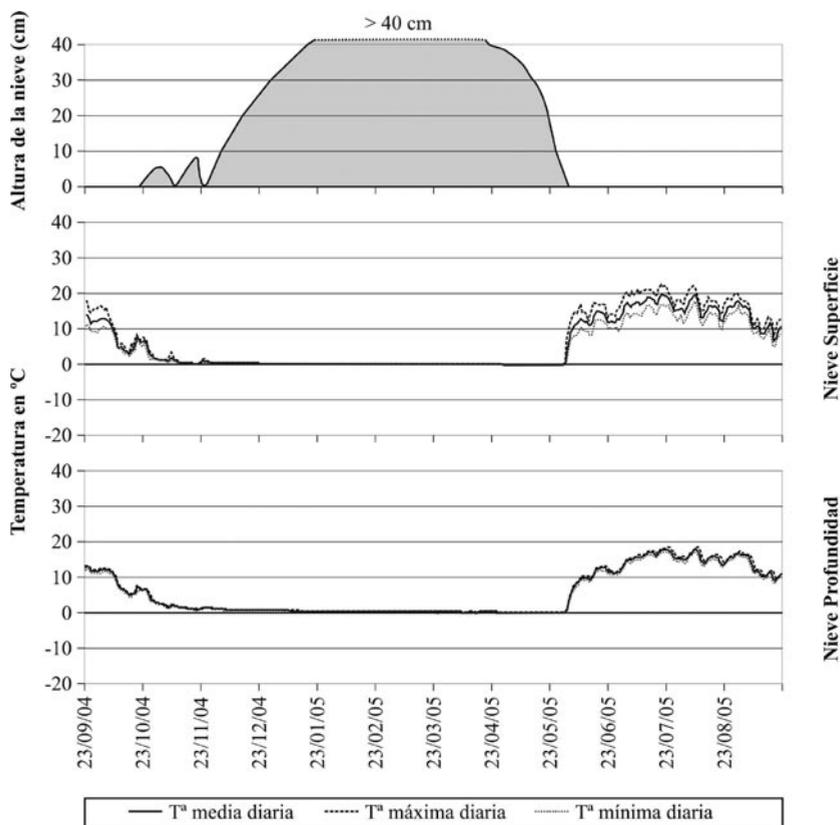
Los datos aportados por los termómetros situados en el centro del ventisquero son muy diferentes a los de los ubicados en el área de cumbres. En NIEVE SUPERFICIE la amplitud térmica (22,39° C) no difiere demasiado de la registrada en los termómetros de suelo antes citados, ya que los mayores contrastes térmicos diarios se dan en verano (Fig. 9). En este caso, la diferencia consiste en que al superar la nieve un espesor de 20 cm, la temperatura queda estabilizada en torno a los 0,5° C. Esto ocurre en el otoño y, a partir de entonces, la temperatura desciende muy lentamente y hasta bien entrada la primavera no se sitúa por debajo de la barrera de los 0° C. Por este motivo, la mínima absoluta es de sólo -0,08° C y se registra en el mes de mayo. Este régimen es característico de suelos situados en climas templados poco rigurosos, donde se da una potente capa nival pero ésta no se recongela y se mantiene muy porosa todo el invierno (Ishikawa, 2003; Sawada et al., 2003). Cuando la nieve desaparece a principios de junio, la temperatura se dispara y se hace similar a la de CUMBRE SUPERFICIE. El número de ciclos de hielo-deshielo es de sólo 2 y el período durante el que el suelo está congelado es de 32 días. El termómetro NIEVE PROFUNDIDAD muestra exactamente la misma tendencia, pero con una menor amplitud térmica.

**Figura 8**  
 DATOS DE LA TEMPERATURA DEL SUELO Y LA DURACIÓN DE LA NIEVE EN EL VENTISQUERO DE LA CONDESA REGISTRADOS POR LOS TERMÓMETROS CUMBRE (VER LOCALIZACIÓN EN LA FIGURA 4) EN EL AÑO 2004/2005.



Aunque el espesor de la nieve sobre los termómetros NIEVE, instalados en el centro del ventisquero, puede superar los 4 m, ello no se refleja en la temperatura del suelo, lo cual pone de manifiesto que la capacidad de aislamiento de la nieve es la misma con un espesor de 30 cm o de 3 m. De hecho, en los sondeos térmicos realizados en la nieve, la temperatura de ésta nunca ha sido inferior a los  $-0,6^{\circ}\text{C}$ , salvo en ocasionales bolsas de aire frío atrapado entre dos capas. Y es de destacar que la densidad de la cubierta nival nunca supera los  $600\text{ kg/m}^3$ .

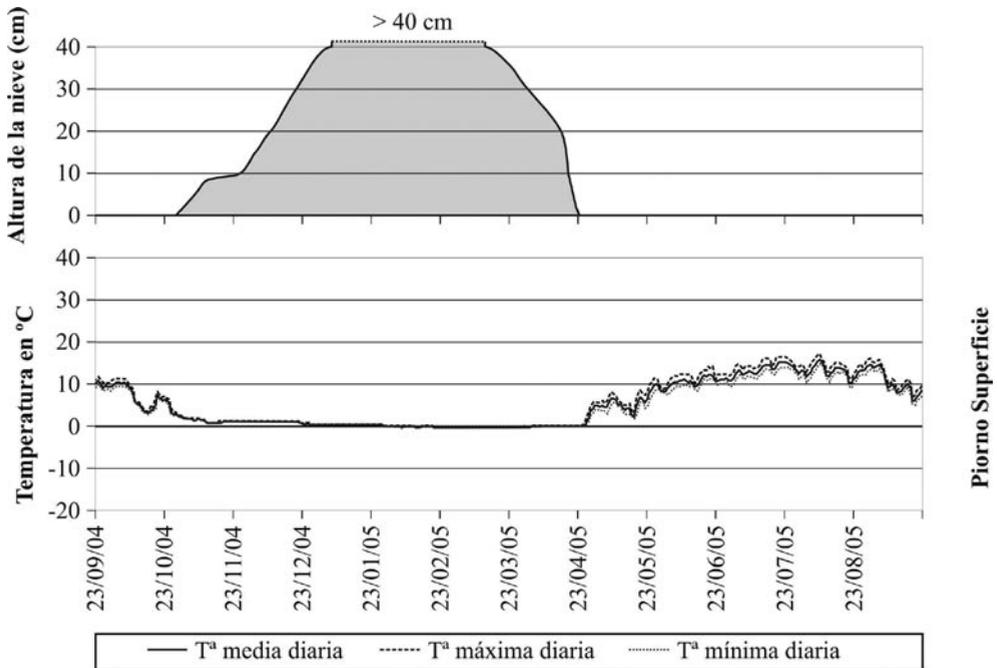
**Figura 9**  
 DATOS DE LA TEMPERATURA DEL SUELO Y LA DURACIÓN DE LA NIEVE EN EL VENTISQUERO DE LA CONDESA REGISTRADOS POR LOS TERMÓMETROS NIEVE (VER LOCALIZACIÓN EN LA FIGURA 4) EN EL AÑO 2004/2005.



Si se comparan los datos de los termómetros NIEVE SUPERFICIE y PIORNO SUPERFICIE se puede observar que muestran una notable analogía, salvo en el hecho de que el período de estabilización térmica es más corto en éste, por la menor permanencia de la nieve (Fig. 10). Lo mismo ocurre si comparamos los datos del termómetro NIEVE PROFUNDIDAD con PRONIVAL PROFUNDIDAD: en este último, al estar situado a una mayor profundidad (-80 cm) la temperatura nunca alcanza los 0° C (Fig. 11).

Los resultados expuestos permiten reconocer unas condiciones térmicas extremas y fuertemente contrastadas en las áreas de cumbre muy venteadas con una acumulación de nieve mínima, donde la helada es intensa y prolongada, tal y como se había comprobado en trabajos previos (Marcos y Palacios, 2004). Por el contrario, en las áreas nivales como el ventis-

**Figura 10**  
 DATOS DE LA TEMPERATURA DEL SUELO Y LA DURACIÓN DE LA NIEVE EN EL VENTISQUERO DE LA CONDESA REGISTRADOS POR LOS TERMÓMETROS PIORNO (VER LOCALIZACIÓN EN LA FIGURA 4) EN EL AÑO 2004/2005.



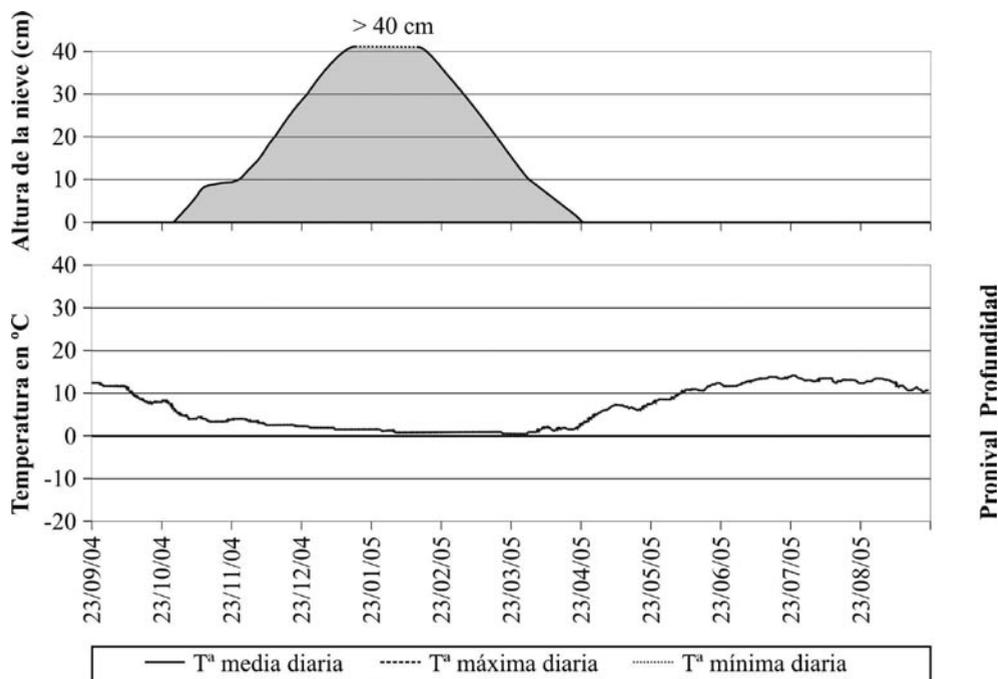
quero, la temperatura es muy estable y, aunque baje por debajo de los 0° C en la primavera, al ser menos de una décima, el suelo no se llega a congelar y permanece húmedo muchos meses al año (Goodrich, 1982; Tarnawski, 1989). La diferencia más significativa entre las áreas centrales y las marginales del ventisquero es que, en las primeras, la permanencia de la nieve se prolonga hasta finales de la primavera, mientras que en las segundas se termina a principios de ésta.

## VI. LA INCIDENCIA DE LA DURACIÓN DE LA NIEVE Y LA TEMPERATURA DEL SUELO EN LA PRESENCIA Y LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES VEGETALES

Con el objeto de valorar la incidencia de la nieve en la distribución y en la presencia de las especies dentro del ventisquero, las 579 estaciones de inventario de la vegetación se han repartido —teniendo en cuenta su localización— entre las cuatro áreas establecidas según la duración de la cubierta nival; de dicho reparto ha resultado que 126 (21,8%) de ellas se ubican en el área de duración moderada, 256 (44,2%) en el de duración moderadamente alta,

**Figura 11**

DATOS DE LA TEMPERATURA DEL SUELO Y LA DURACIÓN DE LA NIEVE EN EL VENTISQUERO DE LA CONDESA REGISTRADOS POR LOS TERMÓMETROS PRONIVAL (VER LOCALIZACIÓN EN LA FIGURA 4) EN EL AÑO 2004/2005.



144 (24,9%) en el de duración alta y 53 (9,1%) en el de duración muy alta. A continuación se ha determinado el porcentaje de las estaciones correspondientes a cada área en que está presente cada una de las 28 especies reconocidas en los inventarios y se ha obtenido después el coeficiente de correlación entre los valores porcentuales de presencia de cada especie en cada área y los respectivos valores medios de duración de la nieve.

Este análisis estadístico revela en primer lugar que todas las especies, prácticamente sin excepción, son compatibles con todos los niveles de duración media de la nieve registrados en el ventisquero (entre 180 y 260 días/año) y pone de manifiesto que sólo 6 de ellas muestran una correlación positiva superior a 0,50 con dicha duración: *Rumex acetosella* (CC= 0,889), *Politrychium juniperinum* (CC= 0,768), *Linaria saxatilis* (CC= 0,747), *Koeleria caudata* (CC= 0,556), *Criptogama crispa* (CC= 0,555) y *Senecio pyrenaicus* (CC= 0,547). Por el contrario, son 9 las especies que presentan una correlación negativa superior a -0,50: *Avenella iberica* (CC= -0,987), *Cytisus carpetanus* (CC= -0,951), *Leucantemopsis pallida* (CC= -0,950), *Hieracium vahlIIi* (CC= -0,843), *Sedum brevifolium* (CC= -0,764), *Jurinea humilis* (CC= -0,747), *Digitalis thapsi* (CC= -0,698), *Festuca curvifolia* (CC= -0,698) y

*Jasione crispa* (CC= -0,647). Las 13 especies restantes no alcanzan coeficientes de correlación positivos o negativos significativos, por lo cual podrían considerarse -si no indiferentes a la mayor o menor duración de la nieve- condicionadas prioritariamente en cuanto a presencia por otros factores ambientales (pedregosidad, inestabilidad, exposición, etc.).

Así, dejando claro que todas las plantas que colonizan el nevero tienen capacidad para convivir con cubiertas nivales de más de medio año de duración y que, por lo tanto, cuentan con un grado de quionofilia destacado dentro del ámbito supraforestal de la sierra de Guadarrama, se puede establecer a la escala del ventisquero una distinción entre 6 especies quionófilas, cuya presencia se incrementa de forma más o menos regular y marcada conforme aumenta la permanencia de la nieve; 9 especies quionófugas, cuya presencia disminuye con mayor o menor ritmo según aumenta la permanencia de la nieve, y 13 especies no significativas, cuya presencia no está condicionada prioritariamente por el recubrimiento nival y pueden tener niveles de difusión análogos en cualquiera de las áreas en las que, teniendo en cuenta la duración éste, se ha dividido el ventisquero de la Condesa (Tabla 3).

Tomada en consideración globalmente, la abundancia (número de individuos por unidad de superficie) tiende a disminuir conforme aumenta la duración de la nieve, pero no lo hace de forma marcada ni muy significativa, ya que los márgenes de variación de los valores medios de abundancia registrados en las cuatro áreas diferenciadas son estrechos (entre 26 y 34 individuos/parcela) y el coeficiente de correlación de los mismos con la correspondiente duración media de la nieve es de -0,466.

**Tabla 3**  
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE LA DURACIÓN MEDIA ANUAL DE LA NIEVE CON LA PRESENCIA Y LA ABUNDANCIA DE ALGUNAS DE LAS ESPECIES MÁS FRECUENTES EN EL VENTISQUERO DE LA CONDESA.

	<b>Presencia</b>	<b>Abundancia</b>
<i>Agrostis truncatula</i>	0,204	0,367
<i>Avenella iberica</i>	-0,987	-0,901
<i>Criptogama crispa</i>	0,555	0,560
<i>Cytisus carpetanus</i>	-0,951	-0,884
<i>Digitalis tapiz</i>	-0,698	-0,294
<i>Jasione crispa</i>	-0,647	-0,220
<i>Koeleria caudata</i>	0,556	0,534
<i>Leucantemopsis pallida</i>	-0,950	-0,944
<i>Linaria saxatilis</i>	0,747	-0,184
<i>Paronychia poligonifolia</i>	0,464	0,114
<i>Politychium juniperinum</i>	0,768	0,103
<i>Rumex acetosella</i>	0,889	0,719
<i>Sedum brevifolium</i>	-0,764	-0,324
<i>Senecio pyrenaicus</i>	0,547	0,446

Además, a nivel de especie, la relación entre estas dos variables es muy heterogénea y tiene en algún caso un sentido distinto a la relación antes analizada entre la presencia de las plantas y la permanencia de la masa nival (Tabla 3). Así, en el grupo de las 6 especies quionófilas, todas, salvo *Linaria saxatilis*, incrementan -no sólo su presencia- sino también su abundancia conforme aumenta dicha permanencia. En el grupo de las 9 quionófugas, por su parte, tres especies (*Avenella iberica*, *Cytisus carpetanus* y *Leucantemopsis pallida*) reducen de forma clara su abundancia conforme crece la duración de la nieve, dos (*Hieracium vahlii* y *Jurinea humilis*) la incrementan, al tiempo que las cuatro restantes no muestran en este aspecto coeficientes de correlación significativos lo mismo que las otras 13 especies reconocidas en los inventarios realizados en el ventisquero.

Los resultados del análisis de la temperatura del suelo ponen de manifiesto la existencia de un claro límite ecológico térmico relacionado con la presencia duradera y el espesor de la nieve. Fuera de los neveros, los cambios térmicos invernales son extremos y el suelo se congela con intensidad, de modo que las plantas deben estar preparadas para soportar temperaturas extremas y un suelo helado varios meses al año. Por el contrario, en el interior de los neveros las temperaturas invernales del suelo son suaves y regulares, no hay helada y el suelo está húmedo de forma casi permanente, conformando un ambiente más favorable en principio para las plantas. Sin embargo, en los sectores centrales de éstos, la nieve se encuentra aún sobre el suelo en momentos claves del ciclo vegetal e impide la floración de la mayor parte de las especies herbáceas y de todas las arbustivas. Donde las condiciones para la colonización vegetal son mejores en los márgenes de los neveros, donde no hay temperaturas extremas, hay agua líquida y la nieve desaparece en el momento justo, cuando ha terminado su papel protector y puede permitir la floración. Esto puede explicar que precisamente en los bordes del ventisquero se registre la mayor densidad y desarrollo de la vegetación y que sean las plantas más frecuentes en ellos las que tengan una mayor capacidad de colonización en el caso que el nevero tienda a reducirse.

## VII. DISCUSIÓN

En los estudios sobre la flora y la vegetación de la alta montaña mediterránea referidos al Sistema Central español (en concreto a las sierras de Gredos y Guadarrama) se atribuyen diferentes afinidades ecológicas prioritarias a las especies reconocidas en el ventisquero de la Condesa y se las considera componentes característicos de diversas comunidades o formaciones (Rivas-Martínez et al, 1989 y 1999; Sánchez, 1989; Luceño, 1998). Así, *Avenella iberica*, *Leucantemopsis pallida*, *Jasione crispa*, *Sedum brevifolium*, *Erysimum peñalarensis*, *Festuca curvifolia* y *Koeleria caudata* son consideradas propias de áreas de cumbre muy frías donde el viento limita la permanencia de la nieve y reduce los niveles de humedad, encontrándose como elementos fundamentales en la composición de los pastizales psicoxerófilos que colonizan dichas áreas. Por el contrario, *Nardus stricta*, *Festuca iberica*, *Campagna herminii*, *Gentiana lutea* y *Hieracium vahlii* manifiestan una clara adaptación a ámbitos muy húmedos, abrigados y relativamente bajos (fondos de valle, pies de neveros, fuentes), donde son componentes básicos de los pastizales higrófilos siempre verdes que en ellos se desarrollan. *Cytisus carpetanus*, *Juniperus alpina*, *Cerastium ramosissimum* y *Sedum candolei*, por su parte, tienen su ámbito propio en las altas laderas con duración moderada de la

nieve y suelos medianamente desarrollados, formando parte en ellas de matorrales de mayor o menor densidad. Finalmente, *Deschampsia flexuosa*, *Silene ciliata* y *Digitaria thapsi* se consideran propias de roquedales; y *Rumex suffruticosus*, *Jurinea humilis*, *Agrostis truncatula* y *Criptogama crispa* son reconocidas como plantas especializadas en la colonización de pedreras sueltas y relativamente móviles. Sólo a *Paronychia polygonifolia*, *Rumex acetosella*, *Politrychium juniperinum*, *Senecio pyrenaicus* y *Linaria saxatilis* se las considera adaptadas ante todo a las condiciones ambientales de los enclaves, como los ventisqueros, donde se registra una presencia muy duradera de la nieve.

Los resultados del análisis efectuado en el área de estudio confirman prácticamente en todos sus términos esta relación de especies quionófilas, por lo que puede decirse que en el ventisquero de la Condesa conviven y se combinan plantas «autóctonas» o propias de él con plantas que registran su mayor índice de presencia e incluso son características de las formaciones vegetales de alta montaña mediterránea que lo circundan. Y en la actualidad estas plantas «alóctonas» son mayoritarias desde varios los puntos de vista, ya que a ellas corresponde el 78% de las especies y el 56,5% de los individuos recogidos en los inventarios. Y es de destacar, si las afinidades ecológicas señaladas son correctas, la preeminencia que dentro de ellas la tienen las psicroxerófilas: a este grupo pertenecen el 42,3% de las más de 16.700 plantas registradas en las microparcelas, a escasa distancia en cuanto a número de ejemplares reconocidos en el conjunto de los inventarios del grupo de las especies propiamente quionófilas, al que pertenecen el 43,5% de las mismas.

Tomando en consideración los valores de presencia, ocupan de nuevo el segundo lugar, a corta distancia de las especies quionófilas — presentes en el 86,5% de las microparcelas analizadas — las especies psicroxerófilas, que se encuentran en un 78,0% de las microparcelas. Muy lejos en cuanto a difusión se encuentran las asociadas a los matorrales de leguminosas y cupresáceas (26,6%), las higrófilas (17,8%), las rupícolas (11,6%) y las glerícolas (9,0%).

Está claro que la nieve supone un factor en parte de protección y en parte de limitación de la vegetación (Körner, 1999). De hecho, la permanencia de la nieve con un espesor suficiente sobre el suelo no es un factor de «endurecimiento» del ambiente climático, ya que supone una protección frente al frío extremo y permite a las plantas disponer de agua líquida durante gran parte del año. Las especies quionófilas son en consecuencia aquéllas que buscan la protección y la humedad que la nieve proporciona, huyendo de suelos prolongadamente helados y de las temperaturas extremas (Billings y Bliss, 1959). De este modo, en los lugares donde la permanencia de la nieve no es excesiva y el suelo está ya libre de ella durante la época más favorable para la floración (cuando la temperatura se modera y no hay helada) se dan unas condiciones óptimas para el desarrollo vegetal: en ellos las especies quionófilas se desarrollan con normalidad, pero su territorio puede ser invadido sin impedimentos ecológicos importantes por plantas procedentes de las formaciones más próximas, ya sea de los pastizales psicroxerófilos de las cumbres, de los pastizales higrófilos de la base de los ventisqueros o incluso de los matorrales de leguminosas y cupresáceas.

La notable riqueza florística del Ventisquero de la Condesa y la inexistencia de una norma clara de distribución de los distintos tipos de plantas dentro de su ámbito puede ser interpretada en este momento como testimonio de su reducción espacial y síntoma de su decadencia. En él las especies verdaderamente especializadas en el aprovechamiento de las condiciones derivadas de la presencia duradera de la nieve conviven hoy con plantas procedentes de

los bordes, las cuales —si la reducción de la duración de la cubierta nival detectada en las últimas décadas se mantiene, en especial a causa del ascenso de las temperaturas medias de primavera en las últimas décadas (Sanz et al., 2003; Muñoz y García, 2004)— acabarán por prevalecer sobre ellas e incluso sustituirlas (Groisman, 1994).

## VIII. CONCLUSIONES

— La diferenciación paisajística y ambiental del ventisquero de la Condesa (como la de todos los ventisqueros) es resultado de la excepcionalmente dilatada permanencia de la nieve que en él se registra. Sin embargo, dentro de su ámbito, las variaciones espaciales de esta permanencia no son un condicionante directo ni único de la composición y la estructura de la laxa y baja cubierta vegetal que lo coloniza, aunque influyen de forma significativa en ellas.

— La práctica totalidad de las especies presentes en el ventisquero tienen una amplitud ecológica suficiente para soportar los períodos de recubrimiento nival (entre 180 y 250-260 días/año por término medio) que se dan en él, aunque la adaptación a sus variaciones es distinta. Puede decirse que, mientras la mitad de ellas son básicamente indiferentes a estas variaciones y se distribuyen por todo el ventisquero sin relación significativa con el mapa de duración de la nieve, la otra mitad manifiesta niveles de correlación apreciables con ella. En unos casos esta correlación es positiva y en otros, negativa.

— Pese a representar el 50% del total de especies, las plantas no significativamente influidas por las variaciones de duración de la nieve — que pueden encontrarse en cualquier sector del ventisquero y cuya presencia y abundancia se relacionan presuntamente con otros factores ajenos ellas —, sólo suman el 14,2% del total de individuos inventariados, mientras que las que se han definido como quionófilas y quionóforas suman, y se reparten a partes casi iguales, el 85,8% restante.

— Las plantas quionófilas, tienden a situarse prioritariamente en la parte baja del sector central del ventisquero donde la topografía, la orientación y la posición a cubierto del viento favorecen la acumulación y la persistencia de la nieve. Pero, al tiempo que unas aumentan la densidad de sus individuos conforme se penetra en estos sectores, otras no lo hacen o incluso la disminuyen.

— Las plantas quionóforas, por el contrario, tienden a ocupar de forma prioritaria las partes marginales del ventisquero, en especial los sectores altos próximos a la línea de cumbres. En estos sectores, donde el viento arrastra ladera abajo una parte de los aportes nivales dificultando su acumulación y su permanencia, destacan por su amplia presencia especies que son componentes característicos de los inmediatos pastizales psicroxerófilos de las áreas culminantes; también muestra en ellos una significativa presencia la leguminosa arbustiva que constituye los más importantes matorrales de alta montaña en la sierra de Guadarrama.

— Tomando en consideración sólo las especies que se encuentran en más del 10% de las estaciones de inventario y cuya presencia y abundancia tienen por ello alguna trascendencia visual, la belesa (*Senecio pyrenaicus*) y la linaria de roca (*Linaria saxatilis*) resultan ser las indicadoras positivas más fiables de la duración de la nieve en el ventisquero de la Condesa, ya que donde mayor es su profusión y su densidad puede afirmarse que dicha duración es alta o muy alta. La avenilla (*Avenella ibérica*) y el piorno (*Cytisus carpatanus*) son, por su

parte, los mejores indicadores negativos, pues sólo alcanzan una presencia relevante donde la duración de la capa nival es baja (dentro de los márgenes propios de un ventisquero).

— Las conclusiones de recientes trabajos indican que desde mediados del siglo XX el número y la extensión de los ventisqueros se ha reducido en los sectores centrales de la sierra de Guadarrama de forma apreciable (y valorable a través de la observación de las sucesivas coberturas de fotografía aérea) (Sanz et al., 2003; Muñoz y García, 2004). Desde esta perspectiva, los resultados del estudio realizado en el ventisquero de la Condesa muestran un stock florístico y una estructura actual propios de un área nival en decadencia, donde se está produciendo la invasión de parte de su superficie por plantas de su entorno adaptadas a ámbitos menos marcados por la nivación, menos húmedos y más expuestos a los cambios de temperatura. Dicha invasión —sólo explicable por una disminución de los niveles de permanencia de la nieve— se produce de arriba a abajo, ya que las especies implicadas en ella proceden fundamentalmente de los pastizales psicroxerófilos y, en menor medida, de los pionales que se desarrollan por encima del ventisquero. Mientras la presencia de la nieve es constante, durante los meses más fríos, estas especies conviven y comparten el espacio con las quionófilas, pero la ausencia de nieve durante períodos con helada cada vez mayores tiende a hacerlas prevalecer sobre estas últimas, salvo en los enclaves del ventisquero donde la cubierta nival alcanza su máxima duración.

— La sensibilidad de la vegetación a los efectos derivados del incremento de los niveles térmicos y de la duración de la nieve dentro de los ventisqueros de la sierra de Guadarrama, como el de la Condesa, sitúa a éstos en un lugar preferente para el control y la monitorización de las consecuencias de las actuales modificaciones del clima sobre el medio ambiente y el paisaje de alta montaña en el centro de la Península Ibérica.

**Agradecimientos.** Esta investigación se ha realizado dentro del proyecto financiado por la Comunidad de Madrid con número de referencia GR/AMB/0614/2004.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN LÓPEZ, S.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, M.T. y MARTÍNEZ MOLINA, I. (1984): *Climatología de Puerto de Navacerrada*. Madrid. Instituto Nacional de Meteorología, 79 pp.
- ANDRÉS, N. y PALACIOS, D. (2004): «Interrelación nieve / geomorfología en la Sierra de Guadarrama: altas cuencas del Ventisquero de la Condesa y Valdemartín». *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 30, págs. 83-113.
- ANDRÉS, N.; GARCÍA, A.; MUÑOZ, J. y PALACIOS, D. (2007): «Characterization of nivation areas in Mediterranean mountains: Manzanares Headvalley, Sierra de Guadarrama (Spain)». *Zeitschrift für Geomorphologie*, (en prensa).
- BILLINGS, W.D. y BLISS, L.C. (1959): «An alpine snowbank environment and its effects on vegetation, plant development, and productivity». *Ecology*, 40, págs. 388-397.
- CORELLA SUÁREZ, P. (1988): «El comercio de la nieve y del hielo en la provincia de Madrid» en *Establecimientos tradicionales madrileños. Cuaderno VIII, Periferia de Madrid y pueblos de la Comunidad*. Madrid, Cámara de Comercio e Industria, págs. 229-240.

- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F. (1991): «La vegetación del valle del Paular (Sierra de Guadarrama, Madrid)». *Lazaroa*, 12, págs. 153-272.
- GAVILÁN, R.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F. y BLÁSIC, C. (1998): «Climatic classification and ordination of the Spanish Sistema Central: relationships with potential vegetation», *Plant Ecology*, 139, págs. 1-11.
- GOODRICH, L.E. (1982): «The influence of snow cover on the ground thermal regime». *Canadian Geotechnical Journal*, 19, págs. 421-432.
- GROISMAN, P.Y.; KARL, T.R. y KNIGHT, R.W. (1994): «Observed impact of snow cover on the heat balance and the rise of continental spring temperature». *Science*, 263, págs.198–200.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA (1995): *Valores normales y estadísticos de estaciones principales (1961-1990)*. Observatorio de Madrid «Puerto de Navacerrada». Madrid, INM, 54 pp.
- 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, Castilla La Mancha y Extremadura. Madrid, INM, págs. 67-86.
- ISHIKAWA, M. (2003): «Thermal regimes at the snow-ground interface and their implications for permafrost investigation». *Geomorphology*, 52, págs. 105–120.
- KÖRNER, C. (1999): *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*, Berlin, Springer-Verlag, 338 pp.
- LING, F. y ZHANG, T. (2007): *Modeled impacts of changes in tundra snow thickness on ground thermal regime and heat flow to the atmosphere in Northernmost Alaska Global and Planetary Change* (en prensa)
- LUCEÑO GARCÉS, M. (1998): *Flores de Gredos*, Ávila, Caja de Ahorros de Ávila, 408 pp.
- MARCOS, F.J. y PALACIOS, D. (2004): «Efectos de la nieve y la temperatura del suelo en la actividad geomorfológica: primeros resultados de su monitorización en la Sierra de Guadarrama, España». *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 99 (1-4), págs. 25-36.
- MAS HERNÁNDEZ, R. (1998): «El territorio»; En MARTÍNEZ DE PISÓN, E (dir.), *Madrid y la Sierra de Guadarrama*, Madrid, Museo Municipal, págs. 37-77.
- 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 durante la segunda mitad del siglo XX: las altas cuencas del Ventisquero de la Condesa y de Valdemartín», *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 30, págs. 117-146.
- PALACIOS, D. y ANDRÉS, N. (2000): «Morfodinámica supraforestal actual en la Sierra de Guadarrama y su relación con la cubierta nival: el caso de Dos Hermanas-Peñalara»; En PEÑA, J.L.; SÁNCHEZ-FABRE, M.; LOZANO, M.V. (Eds.), *Procesos y formas periglaciares en la montaña mediterránea*, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses, págs. 235-264.
- PALACIOS, D.; ANDRÉS, N. y LUENGO, E. (2003): «Distribution and effectiveness of nivation in Mediterranean mountains: Peñalara (Spain)», *Geomorphology*, 54 (3-4), págs. 157-178.

- 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), págs. 141-158.
- PALACIOS, D. y GARCÍA SÁNCHEZ-COLOMER, M. (1997): «The influence of nival erosion on the distribution of high mountain vegetation to snow cover: Peñalara, Spain», *Catena*, 30, págs. 1-40.
- 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, págs. 13-124.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; CANTÓ, P.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F.; NAVARRO, C. y SÁNCHEZ MATA, D. (1989): *Sinopsis de la vegetación saxícola del Sistema central*, Madrid, Facultad de Farmacia (Universidad Complutense), 21 pp.
- 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, págs. 189-206.
- SANZ, C. (1979): «El mosaico de geofacies supraforestales en la zona más elevada de la Sierra de Guadarrama» en *VI Coloquio de Geografía*, Palma de Mallorca, Asociación de Geógrafos Españoles, págs. 243-248).
- SANZ, C. (1988): *El relieve del Guadarrama oriental*, Madrid, Comunidad de Madrid (Consejería de Política Territorial), 547 pp.
- SANZ ELORZA, M.; DANA, E.D.; GONZÁLEZ, A. y SOBRINO, E. (2003): «Changes in the high-mountain vegetation as a probable sign of Global Warming», *Annals of Botany*, 92, págs. 273-280.
- SÁNCHEZ MATA, D. (1989): *Flora y vegetación del Macizo oriental de la Sierra de Gredos (Ávila)*, Ávila, Diputación Provincial – Institución Gran Duque de Alba, 440 pp.
- SAWADA, Y.; ISHIKAWA, M. y ONOA, Y. (2003): «Thermal regime of sporadic permafrost in a block slope on Mt. Nishi-Nupukaushinupuri, Hokkaido Island, Northern Japan», *Geomorphology*, 52, págs. 121-130.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (1976): *Relación de valores normales correspondientes a Observatorios Principales con datos del período 1931-60*, Madrid, SMN (policop.), 64 pp.
- TARNAWSKI, V. R. (1989): «Effect of snow cover on ground heat pump performance and soil moisture freezing», *International Journal of Refrigeration*, 12, págs. 71-76.
- WALKER, D.A.; HALFPENNY, J.C.; WALKER, M.D. y WESSMAN, C.A. (1993): «Long-term Studies of Snow-Vegetation Interactions», *Bio-Science*, 43(5), págs. 287-301.