

# **RESPUESTA DE LOS DISTINTOS REGIMENES DE CLARAS A LOS DAÑOS CAUSADOS POR LA NIEVE EN MASAS DE *PINUS SYLVESTRIS* L. EN EL SISTEMA CENTRAL**

**M. DEL RIO  
G. MONTERO  
C. ORTEGA**

Area de Selvicultura y Mejora Forestal, CIFOR-INIA  
Ctra. La Coruña, km 7,5. 28040 MADRID

## **RESUMEN**

Se presenta un análisis de los factores que influyen en los daños producidos por el temporal de nieve del invierno de 1996. La evaluación se ha realizado a partir de los datos obtenidos en dos ensayos de claras en masas de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central plantados en 1970 y 1991, que constan de tres bloques y cuatro o cinco tratamientos de claras. En una de las experiencias se han ensayado distintas intensidades de claras bajas, y en la otra distintos tipos de claras. Los resultados muestran que los mayores daños se producen en las masas en las que se han realizado claras altas, seguidas por aquellas en las que no se han realizado claras. Las claras bajas y mixtas favorecen la estabilidad de la masa, disminuyendo los daños a medida que aumenta la intensidad del régimen de claras aplicado. El efecto positivo de las claras bajas y mixtas sobre la estabilidad de la masa, se debe a la menor densidad de la masa principal después de la clara, a la eliminación de los pies más susceptibles a ser dañados, y al aumento de la estabilidad individual a través de la menor esbeltez, mayor diámetro y mayor longitud de copa viva.

**PALABRAS CLAVE:** *Pinus sylvestris* L.  
Daños por nieve  
Régimen de claras

## **INTRODUCCION**

La acumulación de nieve en las copas de los árboles genera una comprensión y momento flector en el fuste, que puede conllevar la rotura del mismo. A pesar de que en España los riesgos de este tipo de daños no son excesivamente altos, no conviene descuidar este aspecto ante la posibilidad de condiciones climatológicas adversas.

Una muestra de las consecuencias de las fuertes nevadas sobre los montes, son las numerosas pérdidas en el Sistema Central durante el invierno de 1996. En el mes de enero de este año, se registraron en la estación meteorológica de Navacerrada (Madrid) 150 litros de nieve por metro cuadrado en una semana. El resultado de esta nevada fue un gran número de árboles tronchados en masas de *Pinus sylvestris* L. Las pérdidas estimadas son:

---

Recibido: 10-4-97

Aceptado para su publicación: 12-5-97

200.000 m<sup>3</sup> de madera (más del doble de la posibilidad de estos montes), más de 400.000 árboles mayores de 20 cm de diámetro normal, y más de un millón de pies menores de 20 cm de diámetro normal (Montero *et al.*, 1997).

Si bien los daños por nieve son relativamente frecuentes en el Sistema Central, no suelen suponer perturbaciones de importancia que afecten a la dinámica de la masa. Daños como los producidos en 1996 y los citados por Campo (1878) al describir el deficiente estado de los pinares de Cercedilla y Navacerrada, se producen sólo esporádicamente.

Las características que influyen en la posibilidad de sufrir daños por nieve, se pueden dividir en cuatro grupos (Rottman, 1985): las características de la estación, del árbol individual, de la masa, y el tipo de selvicultura aplicada. Todas ellas están muy relacionadas, siendo el conjunto de estas características lo que determina la menor o mayor resistencia del árbol a los daños por nieve.

Dentro de las características de la estación son la altitud, exposición, grado de encharcamiento del suelo, posición relativa en la ladera (coeficiente de resguardo) y la pendiente. Con fuertes pendientes, los árboles suelen estar algo inclinados acumulándose sobre ellos más nieve; por otra parte, si un pie es derribado, se produce con mayor facilidad el "efecto dominó" (Cremer *et al.*, 1983).

La susceptibilidad de un individuo a los daños por nieve, varía con la edad, diámetro, altura, esbeltez (definida como el cociente entre la altura total y el diámetro normal del árbol), y longitud de copa viva (expresada habitualmente como porcentaje de copa viva con respecto a la altura total), siendo las dos últimas a las que se reconoce una mayor importancia, encubriendo, en muchos casos, el efecto de las anteriores (Rottmann, 1985). Un estudio sobre la resistencia mecánica de los fustes de coníferas ante los daños por nieve (Petty, Worrell, 1981), confirmó que la mayor resistencia se produce con diámetros mayores, baja esbeltez (altura-diámetro) y mayor conicidad. Este estudio incluye factores que condicionan la resistencia individual, como la flecha e inclinación del fuste, y la asimetría de las copas. Al aumentar estos defectos, se desplaza el centro de gravedad sobre el que actúa el peso del árbol y de la nieve, provocándose un aumento del momento flector. Según Hawley, Smith (1954), la resistencia a la nieve y al viento se ve favorecida por la conicidad del fuste. Las masas con menores densidades, soportarán más peso de nieve en sus copas sin rotura, al aumentar la conicidad con la mayor exposición del individuo.

Junto con la esbeltez, el porcentaje de copa viva es una de las características de los árboles que más interviene en su estabilidad. Cuanto menor es la longitud de copa viva, más daños se producen, en especial en las masas jóvenes. Al aumentar la edad de la masa, disminuye la influencia de este factor en el riesgo de derribo por nieve (Rottmann, 1985).

Las características de la masa que afectan a la estabilidad son la composición específica, la procedencia, la calidad y la densidad. En varios estudios que comparan la susceptibilidad de masas con distinta composición específica (Cremer *et al.*, 1983, Rottmann, 1985; Mangold, Spellmann, 1989; Polley, 1995), se concluye que los mayores daños se producen en las masas monoespecíficas de coníferas, con especial incidencia sobre masas regulares. Dentro de las especies europeas, la mayor susceptibilidad se da en *Picea abies* L., seguida de *Pinus sylvestris*. La procedencia de la masa es otro factor a tener en cuenta, puesto que la esbeltez varía frecuentemente con las distintas procedencias (Cremer *et al.*, 1983). Otro factor que interviene indirectamente sobre la resistencia de la masa, es la calidad de estación, al condicionar la evolución de la masa (número de pies, altura, diámetro, etc.), influyendo en la susceptibilidad de la masa.

La densidad es la variable de masa que más relacionada está con el tipo de selvicultura aplicada, y, a su vez, tiene gran importancia en la estabilidad de la masa. En principio,

con altas densidades los daños son mayores, puesto que se forma con mayor facilidad una placa de nieve sobre las copas. A esto hay que añadir que si se producen roturas, es más probable que afecten a mayor número de pies al producirse fácilmente el efecto "dominó". Por otra parte, los árboles vecinos proporcionan cierta protección lateral, que unido al entrecruzamiento de sus raíces, hace que tengan mayor resistencia al viento, que puede acompañar a las nevadas. En cualquier caso, el efecto de la densidad está muy relacionado con las características morfológicas del árbol individual, y con el régimen de claras y el momento en el que se realizó la última clara.

La mayor parte de los autores que han estudiado los daños por nieve coinciden en que las claras, a través de sus efectos en la densidad y el desarrollo de los árboles, son las intervenciones que más relacionadas están con la estabilidad de la masa. Con un régimen de claras intenso, se aumenta la estabilidad al disminuir la densidad y eliminarse los árboles más susceptibles a ser dañados. Las claras también favorecen el desarrollo de las copas de los árboles que quedan en pie, por lo que se producen menores pérdidas.

El efecto beneficioso de las claras se produce a largo plazo, es decir, es el régimen aplicado y no una sola intervención, el que da estabilidad a la masa. En los primeros años después de la clara, aumenta en cierto grado la susceptibilidad de daños por nieve, debido a que se elimina la protección lateral, y la masa principal no ha tenido tiempo para reaccionar a la clara modificando sus variables (diámetro, esbeltez, etc.) (Burschel, Huss, 1987). Este hecho, tiene especial trascendencia en masas muy densas en las que se realiza una clara muy fuerte. Si el régimen de claras es adecuado, y no se realizan intervenciones drásticas, toma menor importancia.

En una experiencia de *Pinus sylvestris* sometido a distintos grados de claras y fertilización en Suecia, se observó que los mayores daños se daban en las parcelas no aclaradas, y en las que tenían tratamiento combinado (fertilizadas y aclaradas). Los autores explican este hecho por los distintos patrones de crecimiento que tiene cada tratamiento (Valinger, Lundqvist, 1992). En las masas que recibieron ambos tratamientos, el desequilibrio que se produce después de la intervención es más acusado. Sin embargo, Schnekenburger *et al.* (1985), atribuyen los mayores daños en masas de *P. banksiana* Lamb., a la mayor acumulación de nieve que se produce en las zonas fertilizadas con nitrógeno, por producir acúmulos de mayor longitud.

Según lo expuesto, las claras favorecen tanto la estabilidad individual como colectiva, en mayor o menor grado según el régimen aplicado (edad de iniciación, peso, tipo y rotación de la clara). Sin embargo, no se conoce bien cómo intervienen estos tratamientos en la resistencia a grandes nevadas de las masas españolas de *Pinus sylvestris*.

Se han utilizado los datos de dos ensayos de claras en masas de pino silvestre en la Sierra de Guadarrama, para analizar los distintos factores que influyen en los daños por nieve. Estos ensayos pertenecen a un dispositivo de claras cuyo objetivo principal es determinar el régimen más adecuado para cada calidad de estación, atendiendo a criterios selvícolas, ecológicos y económicos. La estabilidad de la masa es uno de los objetivos particulares de estas experiencias, debido a la gran influencia que tiene sobre el estado selvícola y sanitario de la masa, además de tener repercusiones económicas en algunas ocasiones. En las parcelas mencionadas se han ensayado diferentes regímenes de claras en masas naturales y artificiales con distintas clases de edad.

El objetivo del presente trabajo es analizar los daños producidos en el temporal de nieve de 1996 en masas de *Pinus sylvestris* L. sometidas a distintos regímenes de claras, así como determinar las variables que condicionan la estabilidad en estas masas. Se busca el régimen de claras más adecuado para disminuir el riesgo de daños por nieve.

## MATERIAL Y METODOS

Uno de los dos ensayos utilizados en el presente trabajo se sitúa en el monte "Pinar de Navafría", término municipal de Navafría (Segovia), con altitud 1.750-1.800 m, orientación NO y pendiente suave. La masa es de origen natural conseguida por aclareo sucesivo uniforme de la masa adulta, con calidad de estación 23 según las curvas de calidad de Rojo, Montero (1996). El ensayo se instaló en 1971 cuando la edad de la masa era de treinta y cinco años, y en el momento de la medición (año 1996) poseía sesenta años. El diseño estadístico es de bloques aleatorios, con tres bloques y cuatro tratamientos. Se han realizado claras bajas de distintas intensidades, con una rotación de diez años. Los tratamientos se han denominado "A" para las parcelas testigo (no se realiza ninguna clara eliminándose sólo los pies muertos); y "C", "D" y "E" en las parcelas en las que se han realizado claras bajas con intensidad gradualmente más fuerte (70, 60, 50 p. 100 de área basimétrica residual, respectivamente). Desde el primer inventario se han efectuado tres claras, la última cinco años antes de los daños por nieve.

El segundo ensayo está situado en el monte de "La Morcuera", término municipal de Rascraña (Madrid), a unos 1.700 m de altitud. La masa es de origen artificial y de menor edad que la anterior (cuarenta y cuatro años en el momento de los derribos por nieve). Existe gran variabilidad de pendientes y calidad de estación entre las distintas parcelas, variando esta última entre veinte y veintiséis según las curvas de calidad de Rojo, Montero (1996). En esta masa, el ensayo comenzó en 1991, a los treinta y nueve años, habiéndose realizado una sola clara en el momento de la instalación. El diseño estadístico es de bloques aleatorios con tres bloques y nueve tratamientos. En este caso, los tratamientos son combinaciones de cinco tipos de clara y cuatro de podas. Los tipos de claras realizadas son: 'A', parcelas sin aclarar; "D", claras bajas moderadas; "E" claras bajas fuertes; "Alt", aclarar altas; y "S" claras mixtas con selección de árboles de porvenir. Los tratamientos de podas ensayados son podas a los tres y cinco metros, podas en árboles de porvenir en las claras mixtas, y parcelas sin poda. Se han realizado contrastes de medias entre las diferentes podas dentro de un mismo tipo de claras, obteniéndose que no existen diferencias significativas entre ellas. Por lo tanto, el ensayo queda reducido a un diseño en bloques desequilibrado con cinco tratamientos.

En los dos sitios de ensayo, para cada parcela se han medido los diámetros normales de todos los pies, incluidos los derribados por la nieve, y la altura total en una muestra de 40 pies repartida por toda la distribución diamétrica. La estimación de las alturas no inventariadas se ha realizado a través del ajuste para cada parcela del modo dado por Curtis (1967) que estima la altura de un árbol en función de un diámetro y la edad. La esbeltez media de cada parcela se ha calculado con la media de las esbelteces por clase diamétrica, ponderada con el número de pies por clase diamétrica. El volumen de cada árbol se ha calculado a través de la ecuación de cubicación dada para esta especie por Martínez Millán *et al.*, (1993). Con el fin de analizar el efecto de la esbeltez individual en los daños por nieve, se ha calculado el número de pies dañados y sin dañar para cada valor de la esbeltez en cada una de las masas. Estos valores se han obtenido juntando todos los árboles de las distintas parcelas.

En la Tabla 1 se presentan los valores medios por tratamiento para la masa principal antes de los daños por nieve, correspondientes al inventario realizado en septiembre de 1996 en ambos ensayos. La cuantificación y el tipo de claras que se han realizado en cada masa se describen en la Tabla 2. En esta tabla no aparece el tratamiento "A" por ser éste el tratamiento testigo en el que no se ha realizado ninguna clara.

TABLA 1

**CARACTERISTICAS DE LA MASA PRINCIPAL  
ANTES DE LOS DAÑOS POR NIEVE EN LOS FOCOS  
DE NAVAFRÍA Y LA MORCUERA**

*Attributes of stand before snow damage in Navafría and La Morcuera*

|             |     |    |       |      |      |      |      |       |      |       |       |
|-------------|-----|----|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| Navafría    | A   | 60 | 3.263 | 16,4 | 27,3 | 13,2 | 15,4 | 82,52 | 69,3 | 139,3 | 455,6 |
|             | C   | 60 | 1.983 | 18,0 | 26,4 | 13,4 | 14,5 | 77,68 | 50,3 | 166,8 | 323,7 |
|             | D   | 60 | 1.339 | 20,0 | 28,5 | 13,9 | 15,4 | 72,43 | 41,8 | 211,2 | 279,0 |
|             | E   | 60 | 1.061 | 21,3 | 28,9 | 13,6 | 14,9 | 66,04 | 37,3 | 231,6 | 242,1 |
| La Morcuera | A   | 44 | 2.177 | 16,0 | 23,6 | 10,6 | 12,2 | 71,33 | 43,8 | 106,9 | 231,4 |
|             | ALT | 44 | 1.370 | 15,3 | 21,6 | 9,4  | 10,6 | 64,33 | 25,3 | 86,8  | 119,1 |
|             | D   | 44 | 1.207 | 19,8 | 26,9 | 12,4 | 13,4 | 66,67 | 37,0 | 188,7 | 222,9 |
|             | E   | 44 | 1.030 | 19,6 | 26,1 | 12,1 | 13,2 | 63,25 | 30,3 | 178,8 | 177,1 |
|             | S   | 44 | 1.397 | 17,0 | 24,1 | 10,5 | 11,7 | 66,33 | 31,8 | 119,9 | 167,8 |

TABLA 2

**CARACTERIZACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DE LAS  
CLARAS REALIZADAS EN NAVAFRÍA Y LA MORCUERA**

*Thinnings cualitative and cuantitative description  
in Navafría and La Morcuera*

|             |     |    |    |       |      |      |       |       |       |
|-------------|-----|----|----|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Navafría    | C   | 35 | 86 | 15,06 | 0,74 | 0,49 | 18,27 | 9,94  | 8,86  |
|             | C   | 45 | 78 | 12,34 | 0,74 | 0,48 | 39,87 | 21,78 | 19,52 |
|             | C   | 55 | 71 | 13,84 | 0,81 | 0,63 | 34,18 | 22,54 | 21,44 |
|             | D   | 35 | 72 | 17,81 | 0,74 | 0,49 | 21,37 | 11,92 | 10,62 |
|             | D   | 45 | 66 | 14,03 | 0,79 | 0,56 | 45,52 | 28,47 | 25,62 |
|             | D   | 55 | 58 | 15,88 | 0,90 | 0,77 | 34,51 | 27,52 | 26,67 |
|             | E   | 35 | 59 | 17,17 | 0,83 | 0,62 | 37,83 | 25,84 | 23,49 |
|             | E   | 45 | 55 | 16,04 | 0,82 | 0,61 | 44,00 | 29,54 | 27,00 |
|             | E   | 55 | 48 | 18,07 | 0,87 | 0,72 | 37,43 | 28,46 | 27,19 |
| La Morcuera | ALT | 39 | 60 | 22,78 | 0,91 | 0,85 | 38,92 | 32,15 | 18,82 |
|             | D   | 39 | 64 | 18,29 | 0,82 | 0,63 | 44,71 | 30,53 | 28,53 |
|             | E   | 39 | 58 | 25,00 | 0,91 | 0,82 | 43,22 | 34,55 | 33,76 |
|             | S   | 39 | 63 | 25,52 | 0,85 | 0,69 | 33,55 | 24,31 | 23,29 |

Se ha estudiado el efecto de los tratamientos en los daños por nieve a través de análisis de varianza. Para corregir la desigualdad de varianzas se han efectuado las siguientes transformaciones de variables: logaritmo del número de pies por hectárea, raíz cuadrada del área basimétrica y del volumen, y arcoseno de la raíz cuadrada de los porcentajes. Cuando existen diferencias significativas entre tratamientos, se ha procedido a la comparación de medias aplicando el test de Duncan.

Para analizar qué variable del árbol individual o de masa está más relacionada con los daños por nieve, se ha realizado un análisis de regresión paso a paso en el que interviene el número de pies dañados por hectárea como variable dependiente, y como variables independientes el diámetro cuadrático medio, la altura media, altura dominante y esbeltez media, así como otras funciones de estas variables tales como: diámetro cuadrático medio al cuadrado y altura media dividida por el diámetro cuadrático medio al cuadrado.

## RESULTADOS

En la Tabla 3 se presentan los datos de la masa dañada por la nieve en valores absolutos y relativos a la masa antes de sufrir los daños (Tabla 1), correspondientes a los dos ensayos estudiados.

**TABLA 3**

### CARACTERISTICAS DE LA MASA DAÑADA POR LA NIEVE EN LAS MASAS DE NAVAFRÍA Y LA MORCUERA

(Valores absolutos y relativos a la masa antes de los daños)

*Snow damaged stand attributes in Navafría and La Morcuera*

(Absolute and relative to the stand before damage values are shown)

| Navafría    | A   | 60 | 1.123 | 13,7 | 12,4 | 18,2 | 92,4  | 115,4 | 37,97 | 25,84 | 24,54 |
|-------------|-----|----|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | C   | 60 | 467   | 15,3 | 12,9 | 8,7  | 116,5 | 53,9  | 23,55 | 17,34 | 16,72 |
|             | D   | 60 | 272   | 16,5 | 13,1 | 5,7  | 136,2 | 35,6  | 20,16 | 13,63 | 12,87 |
|             | E   | 60 | 73    | 19,2 | 13,2 | 2,1  | 183,8 | 13,4  | 7,86  | 5,87  | 5,67  |
| La Morcuera | A   | 44 | 450   | 12,4 | 9,5  | 6,1  | 60,7  | 31,1  | 21,59 | 14,14 | 13,39 |
|             | ALT | 44 | 590   | 13,3 | 9,0  | 8,3  | 63,0  | 37,4  | 42,80 | 32,31 | 31,06 |
|             | D   | 44 | 427   | 17,3 | 12,0 | 9,8  | 139,1 | 56,5  | 27,43 | 21,04 | 20,35 |
|             | E   | 44 | 360   | 16,9 | 11,6 | 7,8  | 127,7 | 43,5  | 23,05 | 17,68 | 17,08 |
|             | S   | 44 | 360   | 13,8 | 9,9  | 5,2  | 74,7  | 25,0  | 26,47 | 18,59 | 17,87 |

Los resultados de los análisis de varianza realizados en la masa de Navafría figuran en la Tabla 4. Las variables presentadas son: número de pies por hectárea, área basimétrica y

volumen de la masa dañada; sus respectivos porcentajes respecto a la masa antes de los daños; esbeltez media; y relación diámetro cuadrático medio de los árboles dañados (dge) dividido por el diámetro cuadrático medio antes de producirse los daños (dgac).

TABLA 4

**ANALISIS DE VARIANZA Y RESULTADOS  
DEL TEST DE COMPARACION DE MEDIAS DE DUNCAN,  
EN LA MASA DAÑADA DE NAVAFRÍA**

*Analysis of variance and Duncan's tests of differences between means,  
on damaged stand in Navafría*

| Variables           |             |   |         |         |        |             |
|---------------------|-------------|---|---------|---------|--------|-------------|
| N.º pies/ha         | Tratamiento | 3 | 26.554  | 8.851   | 0,0431 | <u>ACDE</u> |
|                     | Bloque      | 2 | 4.737   | 2.368   | 0,3236 |             |
| N.º pies %          | Tratamiento | 3 | 0,281   | 0,094   | 0,0387 | <u>ACDE</u> |
|                     | Bloque      | 2 | 0,041   | 0,020   | 0,3735 |             |
| Area basimétrica/ha | Tratamiento | 3 | 14.456  | 4.819   | 0,0197 | <u>ACDE</u> |
|                     | Bloque      | 2 | 0,775   | 0,388   | 0,5832 |             |
| Area basimétrica %  | Tratamiento | 3 | 0,176   | 0,058   | 0,0656 | n.s.        |
|                     | Bloque      | 2 | 0,026   | 0,013   | 0,4531 |             |
| Volumen/ha          | Tratamiento | 3 | 89.772  | 29.924  | 0,0319 | <u>ACDE</u> |
|                     | Bloque      | 2 | 4.114   | 2.057   | 0,6834 |             |
| Volumen %           | Tratamiento | 3 | 0,164   | 0,055   | 0,0744 | n.s.        |
|                     | Bloque      | 2 | 0,024   | 0,012   | 0,4749 |             |
| Esbeltez (h/d)      | Tratamiento | 3 | 742.489 | 247.496 | 0,0005 | <u>ACDE</u> |
|                     | Bloque      | 2 | 34.793  | 17.396  | 0,1994 |             |
| Dge/Dgac            | Tratamiento | 3 | 0,139   | 0,046   | 0,5980 | n.s.        |
|                     | Bloque      | 2 | 0,115   | 0,057   | 0,4777 |             |

(n.s. no significativo).

Existen diferencias significativas en el número de pies derribados entre tratamientos. Las mayores pérdidas han tenido lugar en el tratamiento testigo, siendo muy alta la diferencia con respecto al resto de los tratamientos. Dentro de las tres intensidades de clara ensayadas, que lógicamente reflejan el efecto de un peso y una rotación dada, los daños disminuyen según aumenta la intensidad de la clara (menor densidad). Tanto el área basimétrica como el volumen por hectárea presentan diferencias significativas, aunque en menor medida que el número de pies, siendo igualmente menores las pérdidas a medida que disminuye la densidad de la masa. Los mismos resultados se obtienen analizando los datos en porcentaje (masa dañada con respecto a la masa antes de la nevada). En la Figura 1 se representan las medias por tratamiento junto con los errores estándar, para los valores absolutos de estas tres variables de masa.

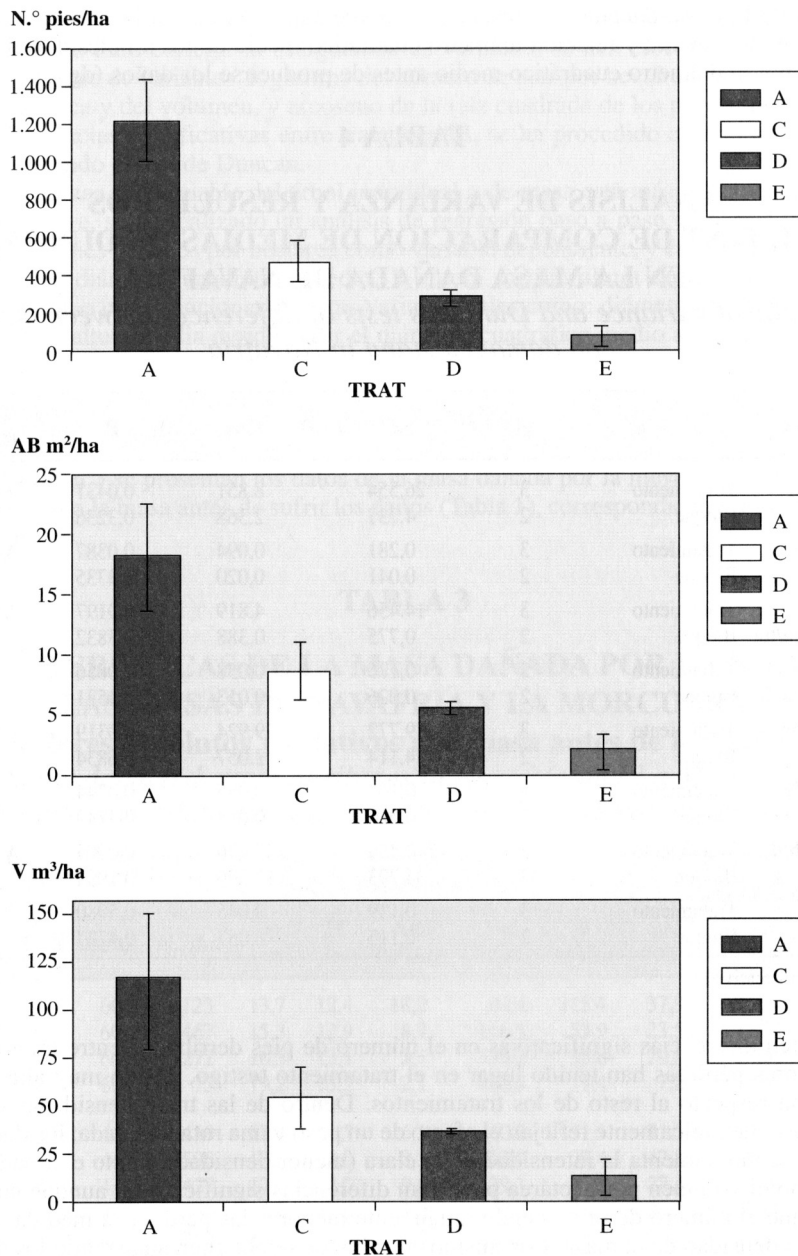


Fig. 1.—N.º de (a) pies/ha; (b) área basimétrica; y (c) volumen, derribados por la nieve en la masa de Navafría  
*Number of trees/ha (a); basal area (b); and volumen (c) damaged by snow in Navafría*

Analizando el diámetro medio de la masa derribada con relación al diámetro antes de los daños, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques ni entre tratamientos en esta relación ( $dge/dgac$ ) (Tabla 4). Representando el número de pies dañados para cada clase diamétrica en los cuatro tratamientos (Fig. 2), se observa que la distribución de los daños es similar en los cuatro tratamientos, es decir, los daños se reparten de la misma manera en la distribución diamétrica variando la magnitud con el tratamiento (a mayor intensidad de clara menores daños). Los diámetros más afectados en todos los tratamientos han sido los comprendidos entre 5 y 20 cm, no existiendo casi pérdidas por encima de este diámetro.

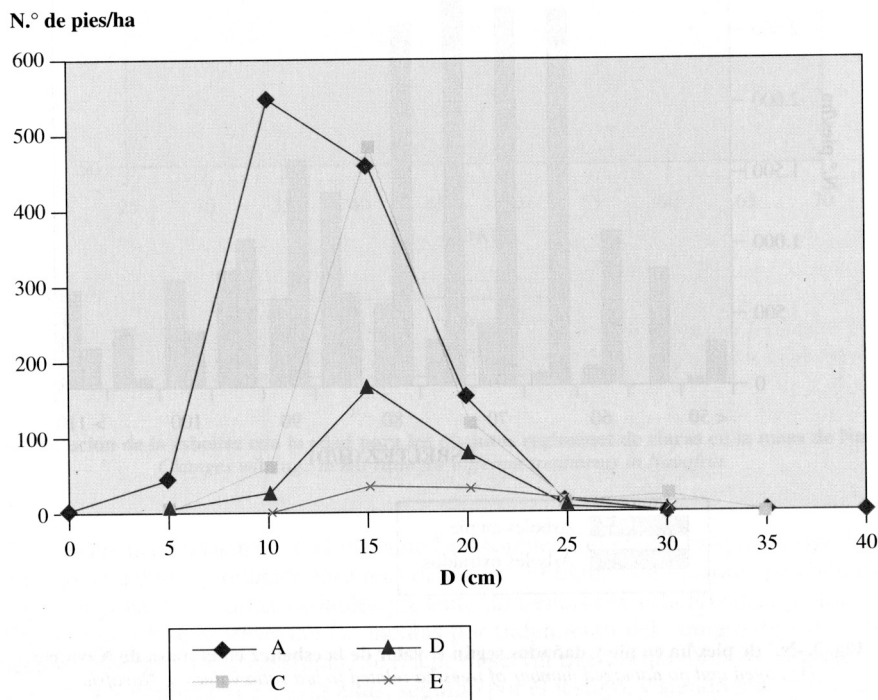
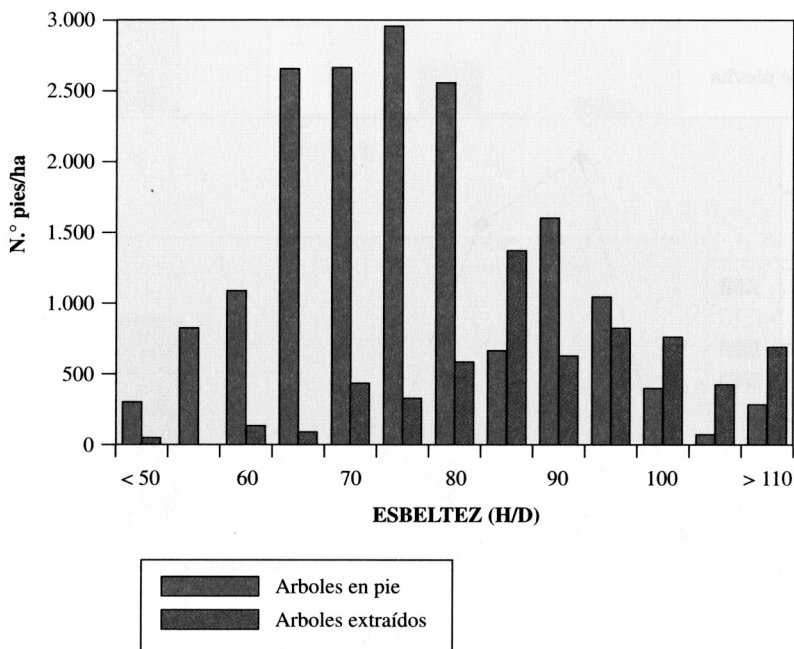


Fig. 2.—Distribuciones diamétricas de los pies dañados por la nieve según tratamiento en la masa de Navafría

*Number of tress/ha damaged according to diameter class and treatments in Navafría*

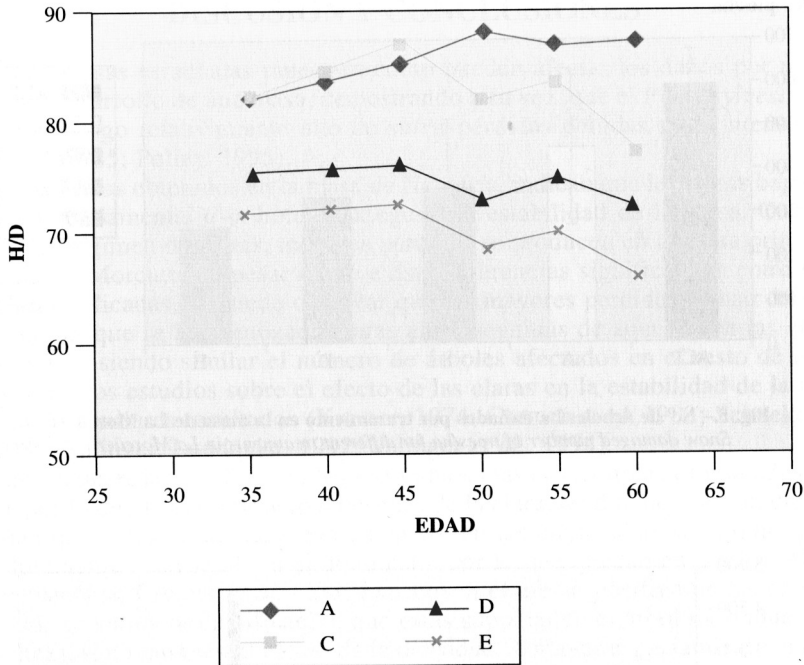
En el análisis de regresión paso a paso, se ha obtenido que la variable más correlacionada con los daños es la esbeltez, obteniéndose un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,84. Al añadir al modelo una segunda variable independiente, el efecto de esta variable sobre el número de pies dañados no es significativo. En la Figura 3 se representa el número de árboles que han permanecido en pie frente a los dañados para cada valor de la esbeltez. Se observa que cuanto mayor es el valor de la esbeltez, el porcentaje de árboles dañados por la nieve aumenta.

La esbeltez media de cada parcela está muy relacionada con el tratamiento que se ha aplicado. En el análisis de varianza se obtienen diferencias entre tratamientos significativos al 1 p. 100, siendo mayor la esbeltez cuanto menor ha sido la intervención (Tabla 4). Es decir, el tratamiento testigo tiene una mayor esbeltez, siendo significativa la diferencia con las masas aclaradas. Dentro de las masas aclaradas, también son significativas las diferencias entre la esbeltez de la masa con menor intensidad de clara y la de mayor intensidad.



**Fig. 3.**—N.º de pies/ha en pie y dañados según el valor de la esbeltez en la masa de Navafría  
*Damaged and no damaged number of trees/ha related to h/d ratio values in Navafría*

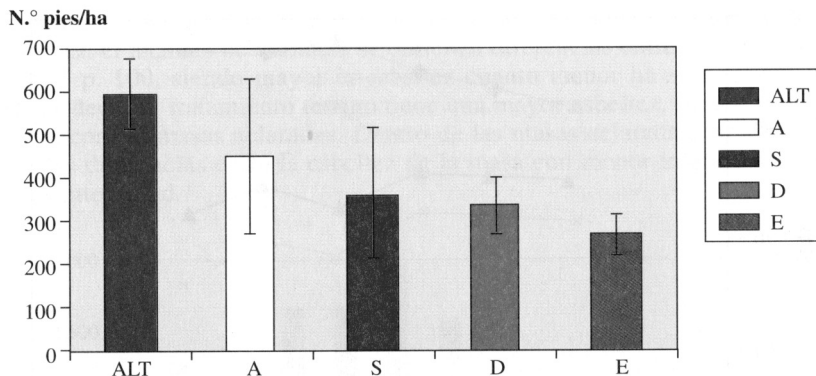
Se ha estudiado con más detalle el efecto de los regímenes de claras aplicados en la evolución de la esbeltez, por lo que se ha calculado ésta para los cinco inventarios realizados en esta experiencia de claras del monte de Navafría. En la Figura 4 se representa la evolución de la esbeltez media por tratamiento desde el inicio de la experiencia hasta el momento actual (5.º inventario). A pesar de existir ciertas diferencias entre tratamientos a la edad de iniciación, estas diferencias se van acentuando con el paso del tiempo. Cuanto mayor es la intensidad del tratamiento, menores se hacen las esbelteces. En esta Figura se observa que en las parcelas testigo, se produce un aumento de la esbeltez con el aumento de la edad de la masa, indicando el comportamiento de esta variable cuando no se producen intervenciones. En el resto de los tratamientos aplicados, la esbeltez media disminuye con la edad.



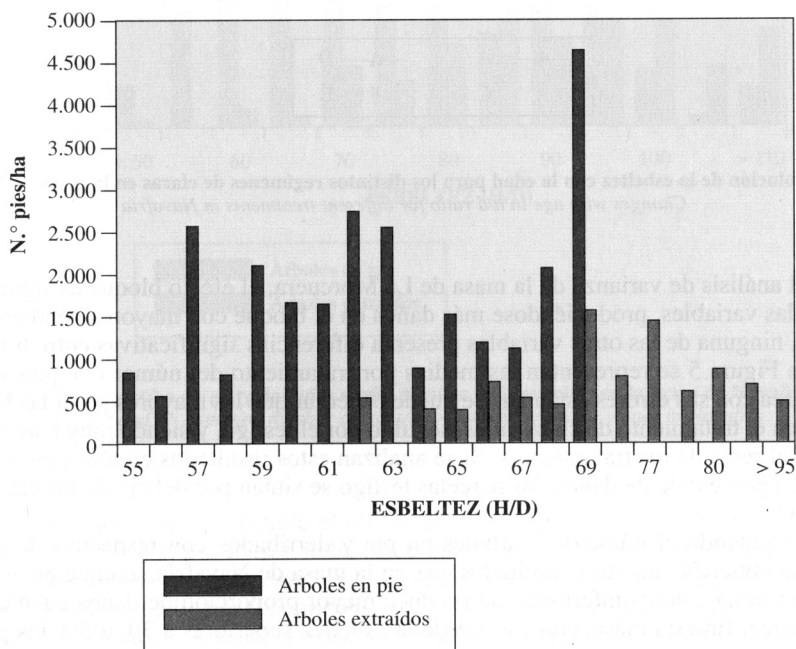
**Fig. 4. Evolución de la esbeltez con la edad para los distintos regímenes de claras en la masa de Navafría**  
*Changes with age in h/d ratio for different treatments in Navafría*

En el análisis de varianza de la masa de La Morcuera, el efecto bloque es significativo en todas las variables, produciéndose más daños en el bloque con mayores pendientes. Sin embargo, ninguna de las otras variables presenta diferencias significativas entre tratamientos. En la Figura 5 se representan las medias por tratamiento del número de pies dañados por hectárea con sus errores estándar. Se puede observar que las mayores pérdidas han tenido lugar en el tratamiento de claras altas, seguido por el testigo, y siendo muy parecidos los daños en el resto de los tratamientos. Si se analizan estos resultados en términos relativos, es decir en porcentaje de daños, las parcelas testigo se sitúan por debajo de las claras mixtas y bajas.

Representando el número de árboles en pie y derribados con respecto a la esbeltez (Fig. 6) se obtienen similares resultados que en la masa de Navafría, aunque en este caso, la esbeltez toma valores inferiores. Se produce mayor proporción de daños cuanto mayor es la esbeltez. En esta masa, con valores de la esbeltez superiores a 70, todos los pies son dañados.



**Fig. 5.**– N.º de árboles/ha dañados por tratamiento en la masa de La Morcuera  
*Snow damaged number of trees/ha for different treatments in La Morcuera*



**Fig. 6.**– N.º de árboles/ha en pie y dañados según el valor de la esbeltez en la masa de La Morcuera  
*Damaged and no damaged number of trees/ha related to h/d ratio values in La Morcuera*

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las dos masas estudiadas muestran cómo pueden afectar los daños por nieve a la evolución y desarrollo de una masa, demostrando a su vez, que el *Pinus sylvestris* es una especie con riesgo relativamente alto de sufrir pérdidas debidas a las intensas nieves (Rottmann, 11985; Polley, 1995).

Los resultados obtenidos en la masa de Navafría, indican que las claras bajas son un tratamiento fundamental a la hora de asegurar la estabilidad de la masa. Cuanto más intenso es el régimen de claras, menores pérdidas se producen en la masa principal. En la masa de La Morcuera, a pesar de no existir diferencias significativas entre las diferentes claras aplicadas, se puede observar que las mayores pérdidas se han dado en las parcelas en las que se han realizado claras altas, seguidas de aquellas en las que no se ha intervenido, siendo similar el número de árboles afectados en la estabilidad de la masa, se han obtenido similares resultados (Kramer, 1974; Cremer *et al.*, 1983; Schneckeburger *et al.*, 1985; Valinger, Lundqvist, 1992; Valinger *et al.*, 1994).

En las claras bajas se eliminan los individuos más susceptibles (dominados y moribundos), por lo que la masa principal después de la clara, tendrá mejores condiciones de estabilidad que antes de la clara. Sin embargo, en las claras altas se elimina parte del estrato dominante y no se altera el dominado, por lo que quedan en pie los árboles de menor resistencia. Cremer *et al.* (1983) atribuyen el efecto positivo de las claras en la estabilidad, no sólo a la modificación que éstas suponen en el árbol individual (diámetro, esbeltez), si no también al efecto de la densidad. A mayor espaciamiento entre árboles, menores daños se producen debido a la menor acumulación de nieve y al menor riesgo de que se produzca el efecto "dominó". A este efecto positivo de las claras sobre la estabilidad colectiva de la masa, hay que añadir un efecto negativo a corto plazo. En los primeros años después de la clara, los daños pueden ser mayores que si no se hubiese aclarado, puesto que la masa que queda en pie está más expuesta a los fuertes vientos por no disponer de protección lateral, y, a su vez, los individuos todavía no ha adquirido las características adecuadas para la estabilidad (Burschel, Huss, 1987). Este hecho puede explicar por qué en la masa de La Morcuera se obtienen más pérdidas, en valores relativos, en las parcelas con claras bajas y mixtas que en las parcelas testigo. En esta masa todavía no se puede hablar del efecto del régimen de claras, si no del efecto a corto plazo de la primera clara. La mayor susceptibilidad que presenta una masa después de ser aclarada, tendrá especial importancia después de la primera clara y en masas que se han desarrollado en altas densidades, ya que la masa principal después de la intervención tendrá todavía características que favorecen la inestabilidad (alta esbeltez y diámetro delgado fundamentalmente).

La ausencia de diferencias significativas entre tratamientos en La Morcuera se debe junto al escaso tiempo transcurrido desde que se efectuó la primera clara, a la gran heterogeneidad topográfica y de calidad de estación existente entre parcelas. El efecto bloque es significativo en la mayoría de las variables analizadas, debiéndose probablemente a que uno de los tres bloques presenta más pendiente que los otros dos. En este bloque, los daños han sido mayores, aunque la pendiente no es la única variable topográfica que varía entre bloques. La variabilidad existente, se produce tanto entre bloques como dentro de cada bloque. En la Figura 5 se refleja esta alta variabilidad en el elevado valor que toma el error estándar en cada tratamiento.

Una de las características más importantes que determinan la susceptibilidad de un individuo a sufrir daños por nieve es la esbeltez, que se puede regular a través del régimen de claras aplicado en la masa. Los resultados de Navarría muestran cómo intervienen las claras bajas en la evolución de la esbeltez media de la parcela, obteniéndose los valores más elevados en el tratamiento testigo (sin aclarar). Debido a que se han realizado claras bajas, los pies más delgados y de mayor esbeltez han sido eliminados, por lo que la esbeltez media disminuye a medida que aumenta la intensidad de claras. Se observa que la esbeltez de las parcelas no intervenidas, crece a medida que aumenta la edad de la masa. Es de esperar que en edades más avanzadas la esbeltez tienda a decrecer y a acercarse al valor de las masas aclaradas, puesto que la masa crecerá más en diámetro que en altura. Las claras suponen un adelanto a la naturaleza, extrayendo aquellos pies que morirían naturalmente, bien por nieve o por otros factores.

Por otra parte, este estudio confirma la influencia de la esbeltez (altura: diámetro) en la estabilidad y resistencia de un individuo frente a la acumulación de nieve. En las dos masas analizadas se observa que con las mayores esbelteces el porcentaje de pies dañados aumenta (Figs. 3 y 6). Según estos resultados, el valor crítico de la esbeltez por encima de la cual se producen daños en la mayor parte de los árboles, está en 80 en la masa de Navarría, mientras que en la de La Morcuera es 70. Probablemente, se debe a que esta masa se encuentra en una zona con características topográficas que favorecen más este tipo de daños (fuertes pendientes), siendo más acusado el efecto de la nieve. Rottmann (1985) da como valor crítico para el pino silvestre en el sur de Alemania la esbeltez 90. La esbeltez de un individuo, indica en cierto grado la posición social que ocupa en la masa, ya que las mayores esbelteces se dan en los árboles más delgados al variar poco la altura en masas coetáneas y regulares. Existen numerosos trabajos en los que se obtiene el mismo efecto de la esbeltez sobre la estabilidad (Kramer, 1974; Cremer *et al.*, 1983; Rottmann, 1985; Cantiani, 1989; Polley, 1995). Sin embargo, Valinger *et al.* (1993) encuentran que la esbeltez de los árboles dañados es similar a la de los no dañados, justificándolo en ese caso con la gran homogeneidad de las masas empleadas.

El efecto del diámetro, queda en parte solapado por la esbeltez, aunque de los resultados se puede concluir que los daños son mayores en los diámetros menores. Los daños están repartidos en la distribución diamétrica en la misma proporción en todas las intensidades de claras (Fig. 2), siendo mayores cuanto menor es la intensidad del tratamiento, tal como indican Cremer *et al.* (1983).

Los daños ocasionados por la nieve, tienen gran importancia no sólo por el volumen perdido, si no por las consecuencias sanitarias que conllevan. Los individuos derribados por la nieve, deben ser extraídos lo antes posible debido al riesgo de ataque de insectos. La dispersión de los pies dañados, así como su escaso valor comercial (fustes tronchados por la mitad), hacen de esta saca una labor con altos costes económicos. Por lo tanto, es conveniente evitar este tipo de pérdidas mediante una adecuada silvicultura. Atendiendo a los resultados de este estudio, se concluye que en masas de pino silvestre ubicadas en zonas con riesgo de sufrir daños por nieve, se deben realizar claras por lo bajo con el objetivo de mantener una densidad de masa baja y eliminar los individuos más susceptibles de ser dañados. En *Pinus sylvestris*, nunca se deben realizar claras altas, ya que se favorece a los individuos menos estables. El peso de cada clara y la rotación deben adecuarse a las características de la masa en ese momento, buscando la estabilidad de la masa principal.

## SUMMARY

Effects of thinning on snow damage in *Pinus sylvestris* L.

The extraordinary damage caused by snow on January 1996 in Scots pine stands in the Sistema Central (Central Spain) are analysed. Data from two thinning experiences carried out in 44 and 60 years old stands have been used. Damage was greater in the crown thinning and control treatment (no thinning plots), compared with low thinning plots. Results clearly show a decrease on snow damage with increasing low thinning intensity. The effects of low thinning on stand stability is related with the lower growing stock, the removal of smaller and suppressed trees, and the lower risk of damage of the remaining stand. The individual susceptibility to snow damage decreases with decreasing height-diameter ratio, increasing diameter, and increasing length of green crown.

**KEY WORDS:** *Pinus sylvestris* L.  
Snow damage  
Thinning intensity

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BURSCHEL P., HUSS J., 1987. Grundriss des Waldbaus. De Paul Parey. Hamburgo y Berlin.
- CAMPO E. DEL., 1878. Los pinares de Guadarrama, Cercedilla y Navacerrada. Revista de Montes, vol. II, 36: 321-329.
- CANTIANI M.G., 1989. Ricerche sperimentali sul diradamento delle preccete pure coetanee della Val di Fiemme. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali, V 38: 11-80.
- CREMER K.W., CARTER P.R., MINKO G., 1983. Snow damage in Australian pine plantations. Aust. For. 46 (1): 53-66.
- CURTIS R.O., 1967. Height-Diameter and Height-Diameter-Age Equations For Second Growth Douglas Fir. For. Sci. 13 (4): 365-375.
- HAWLEY R.G., SMITH D.H., 1954. Selvicultura práctica. Traducción española de J. TERRADAS, Ed. Omega. Barcelona. 452 p.
- KRAMER H., 1974. Der Einfluss verschiedener Durchforstungsarten auf Wachstum und Bestandesschäden. Untersuchungsergebnisse aus Fichtenbeständen in der Bundesrepublik Deutschland. En Aspects of Thinning. Forestry Commission Bulletin. Editor HAMILTON G.J., 55: 82-94.
- MANGOLD S., SPELLMANN H., 1989. Schneeschäden in Erdmann-Beständen. Forst und Holz., 44 (4): 90-94.
- MARTINEZ MILLAN F.J., ARA LAZARO P., GONZALEZ DONCEL I., 1993. Ecuaciones alométricas de tres variables: estimación del volumen, crecimiento y porcentaje de corteza de las principales especies maderables españoles. Invest. Agrar., Sist. Recur. For., vol. 2; 221-228.
- MONTERO G., RIO M. DEL, ORTEGA C., 1997. Efectos de la selvicultura en la reducción de los daños causados por la nieve en masas de *Pinus sylvestris* L. del Sistema Central, Montes, 47: 5-10.
- ROJO A., MONTERO G., 1996. El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 293 p.
- PETTY J.A., WORRELL R., 1981. Stability of Coniferous Tree Stems in Relation to Damage by Snow. Forestry, 54: 115-127.
- POLLEY H., 1995. Beurteilung der mechanischen Stabilität der Waldbäume auf der Grundlage der Bundeswaldinventur. Forst und Holz, 50 (19): 594-597.
- ROTTMANN M., 1985. Waldbauliche Konsequenzen aus Schneebruchkatastrophen. Schweiz Z. Forstwes, 136 (3): 167-184.
- SCHNEKENBURGER F., BROWN K.M., BARKER J.E., 1985. Effects of Nitrogen Fertilization and Low thinning on Snow Damage in Jack Pine. For. Sci., 31 (3): 552-556.
- VALINGER E., LUNDQVIST L., 1992. The influence of thinning and nitrogen fertilization on the frequency of snow and wind induced stand damage in forest. Scottish Forestry, 46 (4): 311-320.
- VALINGER E., LUNDQVIST L., BONDESSON L., 1993. Assessing the Risk of Snow and Wind Damage from Tree Physical Characteristics. Forestry, 66 (3): 249-260.
- VALINGER E., LUNDQVIST L., BRANDEL G., 1994. Wind and Snow Damage in a Thinning and Fertilisation Experiment in *Pinus sylvestris*. Scand. J. For. Res., 9: 129-134.