

EL DESFRONDE EN BOSQUES DE *PINUS SYLVESTRIS* L. EN RELACION CON LAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

J. G. PAUSAS¹, F. CARCELLER¹ y V. RAMÓN VALLEJO¹

RESUMEN

A partir del análisis bibliográfico del desfronde de 21 bosques europeos de *Pinus sylvestris*, se constata la relación inversa entre el logaritmo de la caída de acículas y la latitud, con una mayor dispersión de los datos para latitudes bajas, en bosques de la Península Ibérica. Con el objetivo de relacionar el desfronde con la productividad forestal, se analizan con detalle dos parcelas que presentan valores de desfronde diferentes, una en la Sierra del Moncayo, y la otra en el Pirineo Oriental.

La duración del período vegetativo y la disponibilidad hídrica explican en las dos parcelas las diferencias en productividad de madera e índice de sitio, mientras que el desfronde presenta una relación inversa. El análisis del desfronde de la parcela del Moncayo en un período de 4 años, muestra una elevada variabilidad interanual, relacionada con la propia variabilidad climática. Se concluye que en bosques de pino albar, en el límite sur de su área de distribución, la caída de acículas no puede ser utilizada como un índice de productividad de la masa forestal.

Palabras clave: Clima, productividad forestal, desfronde, *Pinus sylvestris*, pino albar.

INTRODUCCION

Los bosques de pino albar (*Pinus sylvestris* L.) están ampliamente distribuidos en Europa y corresponden a una de las formaciones forestales más sometidas a planes y proyectos de ordenación. Esto ha llevado a la realización de un gran número de estudios referentes a la ecología de esta especie, llevados a cabo principalmente en el norte de Europa.

En la Península Ibérica se encuentra el límite sur del área de distribución del pino albar (JALAS Y SUOMINEN, 1973), lo cual puede dar lugar a que esta especie presente unas características ecológicas particulares. Sin embargo, todavía son pocos los estudios referentes a la ecología del pino albar en la Península Ibérica (por ejemplo, NICOLÁS Y GANDULLO, 1969; ALVERA, 1973, 1980; PUIG-DEFABREGAS Y ALVERA, 1977; SANTA REGINA Y GALLARDO, 1985; CARCELLER *et al.*, 1989, 1992; PAUSAS Y FONS, 1992).

Un método indirecto para estimar la productividad forestal es el estudio de la producción de hoja-

rasca. A menudo se asume que existe una relación directa entre la producción de hojarasca y la calidad de la estación (BRAY Y GORHAM, 1964). Sin embargo, algunos estudios (GHOLZ *et al.*, 1985; LINDER *et al.*, 1987), muestran resultados que no corroboran esta relación. Por otra parte, la producción de hojarasca es la principal vía de transferencia de la materia orgánica y nutrientes de la planta al suelo (BINKLEY, 1986). El estudio de este proceso y su relación con el clima es de gran importancia para el conocimiento de la ecología del pino albar.

Estudios previos (PAUSAS Y FONS, 1992) han mostrado una clara relación entre las condiciones microclimáticas (diferencias en la posición topográfica) y la estructura, el crecimiento y la producción, en pinares ibéricos tanto de pino albar como de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.). El objetivo del presente trabajo es estudiar la relación existente entre la estructura y producción de los bosques de pino albar y las diferentes condiciones bioclimáticas.

MATERIAL Y METODOS

Base de datos

Se han seleccionado datos bibliográficos corres-

¹ Departament de Biologia Vegetal, Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.

pondientes a producción de acículas en 21 bosques europeos de *Pinus sylvestris* (Tabla I). En todos ellos se utiliza una metodología similar a la del presente trabajo (ver más adelante) para la estimación de la producción de hojarasca. Se utiliza solamente la fracción de acículas dado que es la fracción principal y la más independiente de la metodología utilizada. Una comparación precisa es de todas formas delicada debido a las variaciones metodológicas, principalmente en cuanto a la superficie recolectora, número de años de muestreo y número de parcelas.

Para el presente trabajo, se ha muestreado la producción en dos parcelas de bosque de pino albar de la Península Ibérica con diferentes condiciones bioclimáticas. Una parcela está situada en el Pirineo Oriental, en una umbría cerca de Planoles (Ripollés, Girona), a 1380 m de altitud. La segunda parcela está situada en una umbría del macizo del Moncayo (Sistema Ibérico), a 1610

m. En ninguna de las dos parcelas se observan restos de tala u otras perturbaciones recientes. Detalles de las características generales de las parcelas se muestran en la Tabla II.

La parcela pirenaica corresponde a un bosque natural. El sotobosque es pobre en arbustos (*Juniperus communis*), pero los estratos herbáceos y muscinales son densos y continuos (Tabla II). Las especies dominantes (con recubrimientos superiores al 75%) son *Deschampsia flexuosa*, *Vaccinium myrtillus*, y el musgo *Hylocomium splendens*. Se presentan también, aunque menos frecuentes (recubrimientos inferiores al 40%) *Melanopyrum pratense*, *Calluna vulgaris*, *Lathyrus linifolius* y los briófitos *Pleurozium schreberi* y *Rythidiadelphus triqueter*. Fitosociológicamente, este bosque rico en musgos y en plantas acidófilas de alta montaña, se clasifica dentro de la asociación *Hylocomio Pine-tum catalaunicae* (VIGO, 1968).

TABLA I
LOCALIDAD, PRODUCCION DE ACICULAS, ALTITUD, LATITUD Y REFERENCIA BIBLIOGRAFICA,
DE LOS DATOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACION DE LA FIGURA 1

Localidad	Producción (Mg/ha)	Altitud (m)	Latitud (°)	Referencia
Península Ibérica				
La Demanda (Pradolongo)	2.92	1150	42.25	ZALDIVAR <i>et al.</i> , 1992
El Moncayo	1.79	1610	41.48	presente artículo
Pirineo oriental	1.19	1380	42.32	presente artículo
Prepirineo central	2.01	1230	42.05	ALVERA, 1973
Prepirineo central	1.63	1150	42	ALVERA, 1980
Sierra de Béjar	4.10	1500	42.2	SANTA REGINA Y GALLARDO, 1985
Marco de Curra (Coruña)	3.65	550	42.45	SILVA-PANDO Y GONZÁLEZ (en prep).
Resto de Europa				
Finlandia	0.80	133	60	MÄLKONEN, 1974; (in CANNELL, 1982)
Finlandia	1.04	106	61.49	KOUKI Y HOKKANEN, 1992
Finlandia	1.45	105	61	AALTONEN, 1955 (in BRAY Y GORHAN, 1964)
Francia	4.13	250	48.42	AUSSENAC, 1969
Noruega	0.50	800	62	MORK, 1942 (in BRAY Y GORHAN, 1964)
Polonia	1.32	165	52.33	BREYMEYER, 1991
Polonia	1.84	105	52	TRACZK, 1981 (in CANNELL, 1982)
Polonia (Kampinos)	1.40	120	52.37	BREYMEYER, 1991
Rusia	2.00	—	52	EHWALD, 1957 (in BRAY Y GORHAN, 1964)
Suecia	1.61	144	62	ALBREKTSON, 1988
Suecia (Jadraas)	0.70	185	60.49	FLOWER-ELLIS, 1985
Suecia (Jadraas)	0.94	185	60.49	FLOWER-ELLIS, 1985
Suecia (Jadraas)	1.51	185	60.49	FLOWER-ELLIS, 1985
Suecia (Tornetrask)	0.33	370	68.23	BREYMEER, 1991

La parcela del Moncayo corresponde a una antigua repoblación de pino albar. El estrato arbustivo es bastante denso, dominado principalmente por *Erica arborea*, y con la presencia (recubrimiento inferior a 10%) de *Juniperus communis* y *Cytisus purgans*. Los estratos herbáceos y muscinales presentan recubrimientos bajos (Tabla II) y están dominados por *Deschampsia flexuosa*, con presencias poco frecuentes de *Vaccinium myrtillus* y *Hylocomium splendens*. Este pinar se encuentra en ecotono en su parte inferior con los hayedos y en la parte superior con los enebrales rastreros. Fitosociológicamente (NAVARRO, 1989) presenta cierta similitud tanto con los hayedos (por la presencia de *Erica arborea*, *Rubus idaeus*, etc.) como con los enebrales (por la presencia de *Juniperus communis*, *Cytisus purgans*, *Deschampsia flexuosa*, etc.).

La parcela del Moncayo corresponde a una antigua repoblación de pino albar. El estrato arbustivo es bastante denso, dominado principalmente por *Erica arborea*, y con la presencia (recubrimiento inferior a 10%) de *Juniperus communis* y *Cytisus purgans*. Los estratos herbáceos y muscinales presentan recubrimientos bajos (Tabla 2) y están dominados por *Deschampsia flexuosa*, con presencias poco frecuentes de *Vaccinium myrtillus* y *Hylocomium splendens*. Este pinar se encuentre en ecotono en su parte inferior con los hayedos y en la parte superior con los enebrales rastreros. Fitosociológicamente (NAVARRO, 1989) presenta cierta similitud tanto con los hayedos (por la presencia de *Erica arborea*, *Rubus idaeus*, etc.) como con los enebrales (por la presencia de *Juniperus ccommunis*, *Cytisus purgans*, *Deschampsia flexuosa*, etc.).

Metodología del muestreo

Clima

Durante cuatro años se han tomado medidas climatológicas en la parcela del Macizo del Moncayo. Si bien estos datos no son del todo representativos, dado el corto período de tiempo y la irregularidad que conlleva la influencia mediterránea, nos definen los rasgos generales del clima y constituyen por otra parte los únicos datos reales de que se dispone en esta zona (CARCELLER *et al.*, 1992).

Para definir el clima de la parcela del Pirineo, se han utilizado los datos de la estación climatológica de La Molina (una serie de 22 años), situada cerca de la parcela, a 1.711 m. Se ha aplicado el gradiente térmico de 0.55°/100 m (XERCAVINS, 1981) para ajustar la temperatura a la altitud de la parcela (1.380 m).

Para la caracterización del clima, se aplica la clasificación de THORNWAITE (1948), que en nuestras latitudes depende más del calor del verano que del frío del invierno, y los diagramas bioclimáticos de MONTERO Y GONZÁLEZ (1974). Estos diagramas establecen relaciones clima-vegetación, introduciendo el suelo como factor decisivo en la disponibilidad hídrica de las plantas.

Biomasa y producción

La determinación de la biomasa arbórea se basa en el análisis dimensional normalizado según WHITTAKER Y WOODWELL (1969) y WHITTAKER Y MARKS (1975), que corresponde a una aplica-

TABLA II
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS DOS PARCELAS ESTUDIADAS

	Moncayo	Pirineo
Coordenadas U.T.M.	WM986271	DG2485
Altitud (m s.n.m.)	1610	1380
Orientación	NNE	N
Pendiente (°)	31	28
Posición topográfica	Media ladera	Media ladera
Suelo	Ranker	Pardo ácido
Substrato	Coluvión areniscas	Esquistos
Afloramientos rocas (%)	10	0
Recubrimiento del sorobosque (%):		
Estrato arbustivo	59	0.1
Estrato herbáceo	22	74.7
Estrato muscinal	5	56.8

ción concreta del concepto de alometría ($y = aX^b$). Para ello se seleccionó una parcela de 625 m² en cada una de las dos localidades estudiadas, y se muestreó siguiendo la metodología descrita en PAUSAS Y FONS (1992).

Desfronde

Para la recolección de la materia fina del desfronde se dispusieron 5 colectores al azar dentro de cada parcela. Los colectores eran del tipo cono invertido (NEWBOULD, 1967) de 0.8 m de diámetro. El contenido de cada uno de ellos fue recogido mensualmente y secado al aire. En el laboratorio se procedió a la separación por fracciones y posterior pesaje. Los datos referentes al Pirineo corresponden al período 1990-92, mientras que los del Moncayo corresponden al período 1986-1990.

RESULTADOS Y DISCUSION

Relación del desfronde con la latitud

Se observa una relación significativa ($p < 0.001$) y negativa entre la producción de acículas y la latitud en las 22 estaciones estudiadas (Figura 1). La latitud está estrechamente relacionada con la temperatura, y por lo tanto, se puede considerar que este factor es el que limita la producción de acículas en los bosques nórdicos. Similares relaciones se han encontrado en el norte de Europa para el pino albar (ALBREKTSON, 1988), así como para diferentes especies de coníferas a nivel mundial (BRAY Y GORHAM, 1964; ALVERA, 1973; VAN CLEVE *et al.*, 1983). COOPER (1975) presenta también relaciones muy similares entre la producción y la latitud en diversos ecosistemas (prados, cultivos, lagos, etc.). La altitud, así como la interacción de ésta con la latitud, no han mostrado ninguna relación significativa con la producción de acículas en las estaciones estudiadas. En la Figura 1 se observa claramente que a bajas latitudes (Península Ibérica) existe un rango de producción de acículas muy amplio. Esto puede estar relacionado con las peculiaridades climáticas y topográficas que se dan en los ecosistemas meridionales. A continuación se analiza la producción en dos pinares ibéricos y su relación con las características climáticas.

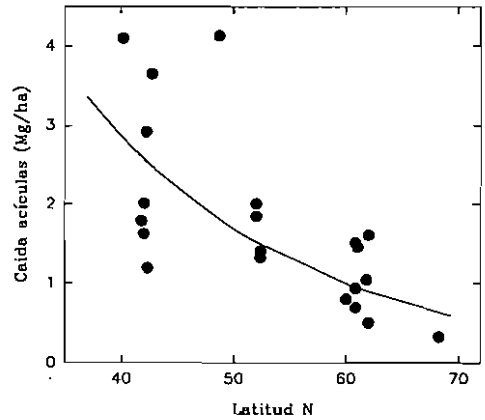


Fig. 1. Relación entre la producción de acículas y la latitud en las diferentes estaciones estudiadas. La línea continua corresponde al ajuste logarítmico ($\log(\text{caída de acículas}) = 1.38 - 0.23 * \text{Latitud}$; $F = 23.25$; $R^2 = 0.55$ $p < 0.001$).

Comparación de la producción en dos pinares de la Península Ibérica

Características climáticas

En la Tabla III se presentan los diferentes valores e índices climáticos considerados y en la Figura 2 se muestran los diagramas bioclimáticos de las dos estaciones. A partir de los datos expuestos y atendiendo a la clasificación utilizada por RIVAS-MARTÍNEZ (1988), se observa que la parcela pirenaica corresponde a la región eurosiberiana, al piso bioclimático montano con ombroclima húmedo, mientras que la estación del Moncayo estaría en la región supramediterránea superior, en el límite con la oromediterránea con un ombroclima subhúmedo. Por otra parte, el período de actividad vegetativa (se considera el límite de la actividad vegetativa a 7,5° C, MONTERO Y GONZÁLEZ, 1974) es mayor en el Pirineo que en el Moncayo; asimismo, la amplitud térmica es menor y no existe ningún período de déficit hídrico en el Pirineo. Todos estos caracteres denotan una mayor mediterraneidad y continentalidad del clima en el Moncayo. Si se aplica el método de Bagnouls y Gausson para comparar bioclimas según hace BOLOS (1989), se aprecia que atendiendo a las temperaturas medias, en el Moncayo hay tres meses subestivales frente a dos en el Pirineo y en cuanto al aspecto hídrico hay 9

TABLA III
CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS DE LAS DOS PARCELAS ESTUDIADAS

	Moncayo	Pirineo
Precipitación (mm)	757	1280
EVP (mm)	570.0	463.7
Temperatura media	8.07	7.05
Amplitud térmica	17.30	16.37
UBC libre fría (*)	5.96	6.99
UBC libre cálida	4.43	5.91
PAV meses	5	6
Im1 (b)	4.6	0.75
Im2	6.3	0.72
Im3	3.9	0.65
Clas. Thornwaite (c)	AC2rb4	B2B1-C2sb4

(*) Unidad bioclimática (UBC, MONTERO Y GONZÁLEZ, 1974): UBC libre fría = no hay actividad vegetativa; UBC libre cálida = con actividad vegetativa (productividad climática forestal); PAV = período de actividad vegetativa.

(b) Índices de mediterraneidad (RIVAS-MARTÍNEZ, 1988): $Im1 = ETP_{j1}/P_{j1}$; $Im2 = ETP_{j1}/P_{j1} + ag/P_{j1} + ag$; $Im3 = ETP_{j1+ag}/P_{j1+ag}$

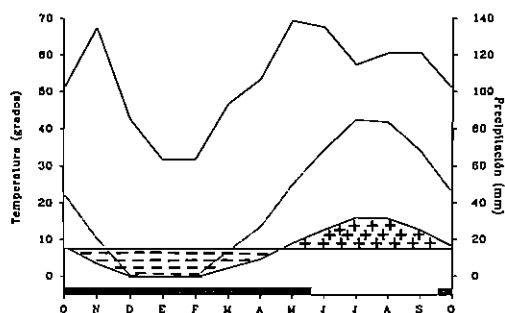
(c) Clasificación de Thornwaite: AC2rb4 = Perhúmedo Microtérmino II; B2B1-C2sb4 = Húmedo II Mesotérmino I-Microtérmino II.

TABLA IV
CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LAS PARCELAS ESTUDIADAS. DN CORRESPONDE A LA MEDIA DEL DIÁMETROS DE LOS PIES A 1,30 m

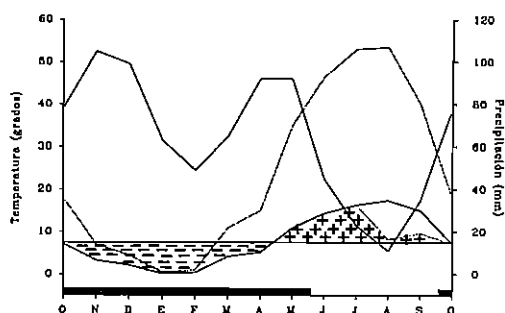
	Moncayo	Pirineo
Edad (años)	55	103
Densidad (pies/ha)	992	864
Regeneración (pies/ha)	80	0
DN (cm)	21,50	24,81
Área basal (m ² /ha)	36,00	53,22

TABLA V
BIOMASA Y PRODUCCIÓN DE LAS PARCELAS ESTUDIADAS

	Moncayo	Pirineo
Biomasa (Mg/ha)		
fuste	56,63	181,80
corteza	5,74	35,29
ramas	32,52	31,89
total	94,89	248,98
Producción (Mg/ha/año)		
fuste	1,77	2,22
corteza	0,20	0,73
ramas	1,07	0,65
total	3,04	3,60



2 (a)



2 (b)

Fig. 2. Diagramas bioclimáticos correspondientes al Pirineo (a) y al Moncayo (b). Con segmentos horizontales están representadas las UBC libre frías y, con cruces, las UBC libres cálidas. En punteado gris se representan los meses con temperatura mínima menor que cero grados.

meses perhúmedos y 3 húmedos en el Pirineo frente a 7 perhúmedos, 1 húmedo, 1 subhúmedo, 1 subárido y 2 áridos en el Moncayo. Existe por lo tanto, claramente, una mayor disponibilidad hídrica en la parcela pirenaica que en la del Moncayo.

Biomasa y producción

En la Tabla IV se muestran las características estructurales de las parcelas estudiadas. Se observa que el área basal es superior en la parcela del

Pirineo que en la del Moncayo. En la Figura 3 se observa que para un mismo DN (diámetro a 1,30 m) la altura es menor en la parcela del Moncayo que en la del Pirineo, por lo tanto, se puede considerar que la calidad de la estación (índice de sitio, ORTEGA Y MONTERO, 1988) es inferior en el Moncayo. En la Tabla V se exponen los resultados de la cuantificación de la biomasa aérea desglosada en sus diferentes fracciones en las dos parcelas estudiadas. Se observa una menor biomasa y producción en la parcela del Moncayo con respecto a la del Pirineo. Los datos de la parcela del Pirineo son similares a los obtenidos por PUIGDEFABREGAS Y ALVERA (1977) en el Pirineo aragonés (para más detalles ver PAUSAS Y FONS, 1992).

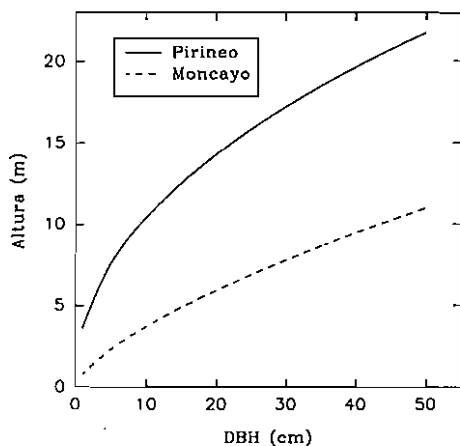


Fig. 3. Relación DN - altura para las dos parcelas estudiadas (relaciones significativas al nivel de $p < 0.01$). En línea continua la parcela correspondiente al Pirineo y en línea de puntos la correspondiente al Moncayo.

Las características climáticas del pinar pirenaico (mayor disponibilidad hídrica y mayor período vegetativo) permiten mantener una mayor biomasa así como una mayor producción de madera respecto al pinar del Moncayo (Figura 4, Tabla V). Existe, por tanto, una relación directa positiva entre la disponibilidad hídrica y la calidad de la estación.

Desfronde

Los valores medios anuales del desfronde, totales y por fracciones, se exponen en la Tabla VI y Fi-

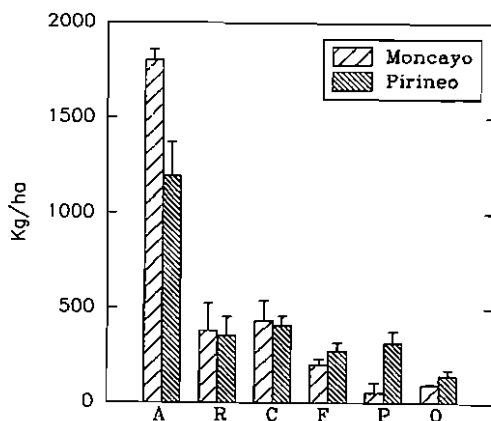


Fig. 4. Producción media anual por fracciones para las dos parcelas. Las líneas verticales representan el error estándar.

gura 4. La media anual para el caso del Moncayo es de 2.907 kg/ha. Las acículas representan el 61,7% del total, la segunda componente en importancia corresponde a las cortezas con el 14,8% del total seguido de las flores y las ramas. En el Pirineo la producción anual de hojarasca fue de 2.685 kg/ha. Las acículas suponen en este pinar un 44,5% del total, la segunda componente en importancia corresponde a las cortezas con un 15,1%. En las dos parcelas el porcentaje de acículas se acerca al 50% del total de hojarasca, porcentaje que según KIRA Y SHIDEI (1967) indica que se trata de bosques maduros.

Los coeficientes de variación de la producción de acículas entre los cinco colectores, así como del total anual, son aceptables (3-16%) para considerar que el número y tamaño de los colectores es adecuado para la estimación de la producción de estas fracciones. Sin embargo, la estimación de la producción de ramas y piñas está sometida a una gran variación (Tabla VI).

No se observa una relación positiva entre la producción de hojarasca y las características de la estación. La parcela situada en el Moncayo, que corresponde a la de menor disponibilidad hídrica, presenta una producción de hojarasca significativamente mayor que la de la parcela del Pirineo. Similar resultado se observó al estudiar bosques de pino albar en diferentes condiciones

TABLA VI

DESFRONDE ANUAL MEDIO DE HOJARASCA TOTAL Y POR FRACCIONES EN kg/ha DE PESO SECO, DESVIACION (sd) Y COEFICIENTE DE VARIACION (cv) DENTRO DE LAS PARCELAS, Y PORCENTAJE QUE REPRESENTA CADA FRACCION RESPECTO AL TOTAL (ENTRE PARENTESIS)

	Moncayo			Pirineo		
	media	sd	cv	media	sd	cv
Acículas	1791,04 (61,7)	60,72	3,4	1188,29 (45,0)	172,64	14,5
Ramas	380,35 (13,1)	143,49	37,7	333,57 (12,6)	102,76	30,8
Corteza	431,47 (14,8)	105,57	24,5	389,48 (14,8)	49,63	12,7
Flores	201,29 (6,9)	27,65	13,7	272,47 (10,3)	44,12	16,2
Piñas	52,20 (1,8)	50,97	97,6	311,42 (11,8)	56,16	19,2
Otros	45,48 (1,6)	5,96	13,1	143,00 (5,4)	30,15	21,1
Total	2907,83	182,50	6,3	2638,24	329,11	12,5

microcláticas (PAUSAS, 1993). Diversos estudios experimentales han demostrado también, que no siempre existe una relación directa entre la producción de la hojarasca y la calidad de la estación. En este sentido, LINDER *et al.* (1987) encuentran una mayor producción de hojarasca en parcelas no irrigadas respecto a parcelas irrigadas en pinares de *Pinus radiata*, como consecuencia del *stress* hídrico provocado por un año

seco. Asimismo, GHOLZ *et al.* (1985) atribuyen un incremento de producción de hojarasca en *Pinus elliottii* a condiciones de sequía.

En las dos parcelas estudiadas se observa una marcada estacionalidad en cuanto a la fenología de la caída de hojarasca. Así el 81% (en el Moncayo) y el 79,2% (en el Pirineo) de las acículas caen durante el período de agosto a octubre. La frac-

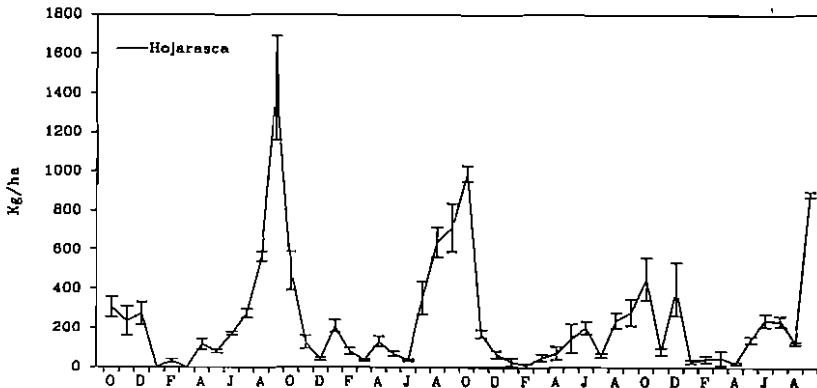


Fig. 5. Producción de hojarasca a lo largo de cuatro años (1986-90) en el Moncayo. Obsérvese la marcada variabilidad interanual. En líneas verticales se indica el error estándar.

ción de las flores presenta también una marcada estacionalidad, cayendo casi exclusivamente entre junio y agosto en las dos parcelas estudiadas.

Variabilidad interanual del desfronde

En la parcela del Moncayo, en la cual se han tomado datos durante cuatro años, se ha observado una gran variabilidad interanual (Figura 5). El máximo desfronde se observó en 1987 con 3.604 kg/ha, y el mínimo fue de 2.316 kg/ha en 1989. Diferentes estudios en ecosistemas mediterráneos han mostrado también cierta variabilidad en el desfronde (RAPP, 1971; VERDU *et al.*, 1980; CARCELLER *et al.*, 1989; HERNÁNDEZ *et al.*, 1992). Esta variabilidad interanual parece estar relacionada con la variabilidad climática (KOUKI Y HOKKANEN, 1992; HENNESSEY *et al.*, 1992).

CONCLUSIONES

El clima es uno de los parámetros que determinan la producción en los bosques de pino albar.

Existe una relación negativa entre la producción de acículas y la temperatura (latitud). Sin embargo, en las regiones meridionales el desfronde presenta un rango de variación muy importante. Esto parece ser debido a que las variaciones provocadas por la topografía en los ecosistemas meridionales dan lugar a acentuados contrastes climáticos (relacionados con la disponibilidad hídrica) que se reflejan en diferencias en la producción de hojarasca. Por otra parte, en los climas de tendencia mediterránea existe una acentuada variabilidad interanual climática, que da lugar también a una variabilidad interanual del desfronde. Esta variabilidad es a menudo la responsable de que en los ecosistemas forestales del sur de Europa, el desfronde no se puede considerar como un buen estimador de la calidad de la estación. Sin embargo, parámetros forestales como el índice de sitio son mucho más estables e incorporan la variabilidad interanual climática.

SUMMARY

The analysis from literature data of litterfall in 21 European stands of *Pinus sylvestris* showed a logarithmic decrease of needle fall towards high latitudes. A larger dispersion of the data was observed at lower latitudes, in forests from the Iberian Peninsula. Two Scots pine plots with different litterfall amounts were sampled in Spain to search the possible relations between needle fall and different parameters of forest structure and productivity.

The length of the growth period and the water availability explained the differences in wood productivity and site index. Otherwise needle fall presents inverse relationships with those climatic parameters. The analysis of needle fall for 4 years in one of the plots showed a high interannual variability related with the irregular climatic conditions. It is concluded that litterfall cannot be used as a productivity index for the southern Scots pine forests.

Key words: Climate, forest production, litterfall, *Pinus sylvestris*, Scots pine.

BIBLIOGRAFIA

- ALBREKTSON, A., 1988: «Needle litterfall in stands of *Pinus sylvestris* L. in relation to site quality, stand age and latitude». *Scand. J. For. Res.* 3: 333-342.
- ALVERA, B., 1973: «Estudios en bosques de coníferas del Pirineo Central. Serie A: Pinar con acebo de San Juan de la Peña: 1) Producción de hojarasca». *Pirineos* 109: 17-29.
- ALVERA, B., 1980: «Retorno al suelo de materia orgánica y bioelementos minerales en dos bosques altoaragoneses». *P. Cent. Pir. Biol. Exp.* 12: 55-62.
- AUSSENAC, G., 1969: «Production de litière dans divers peuplements forestiers de l'est de la France». *Oecol. Plant.* 4: 225-236.

- BINKLEY, D., 1986: *Forest nutrition management*. J. Wiley & Sons, NY.
- BOLOS, O. DE, 1989: «Bioclimatología i Geografía Botànica». *Mem. R. Acad. Cien. Art. de Barcelona*. 48: 423-444.
- BRAY, J. R. & GORHAM, E., 1964: «Litter production in forest of the world». *Advances Ecol. Res.*, 2: 101-157.
- BREYMEYER, A. I., 1991: «Comparative analysis of organic matter transformation in coniferous forests in Europe». In: NAKAGOSHI, N. & GOLLEY, F. B. (eds.). *Coniferous forest ecology from an international perspective*, pp. 161-177. SPB Academic Publishing bv, The Hague.
- CANNELL, M. G. R., 1982: *World forest biomass and primary production data*. Academic Press, London.
- CARCELLER, F.; SANTA CECILIA, M. A. y VALLEJO, V. R., 1989: «Introducción al ciclo de la materia orgánica en cinco ecosistemas forestales del Moncayo». *Turiaso* 9: 361-372. Centro de Estudios Turiasonenses. Zaragoza.
- CARCELLER, F.; IBÁÑEZ, J.; VAYREDA, J. y GRACIA, C., 1992: «Análisis de la estructura y la biomasa del hayedo de la Sierra del Moncayo». *Actas del Congreso Internacional de La Haya*. INIA; *Sistemas y recursos forestales*. Fuera de serie 1: 67-80.
- COOPER, J. P. (ed.), 1975: *Photosynthesis and productivity in different environments*. Cambridge University Press.
- FLOWER-ELLIS, J. G. K., 1985: «Litterfall in an age series of Scots pine stands: Summary of results for the period 1973-1983». *Swed. Univ. Agr. Sci. Institute of Ecology and Environmental Research*, Report 19: 75-94. Uppsala.
- GHOLZ, H. L.; PERRY, C. S.; CROPPER, W. P. & HENDRY, L. C., 1985: «Litterfall, decomposition, and nitrogen and phosphorus dynamics in a chronosequence of slash pine (*Pinus elliottii*) plantations». *Forest Sci.* 31: 463-478.
- HENNESSEY, T. C.; GOUGHERTY, P. M.; CREGG, B. M. & WITWER, R. F., 1992: «Annual variation in needle fall of a loblolly pine stand in relation to climate and stand density». *For. Ecol. Manage.* 51: 329-338.
- HERNÁNDEZ, I. M.; GALLARDO, J. F. & SANTA REGINA, I., 1992: «Dynamic of organic matter in forestal subject to a mediterranean semi-arid climate in the Duero basin (Spain): litter production». *Acta Oecol.* 13: 55-65.
- JALAS, J. & SUOMINEN, J. (eds.), 1973: *Atlas Florae Europaeae. Distribution of vascular plants in Europe*, vol. 2. *Gymnospermae*. The Committee for Mapping The Flora of Europa, Helsinki.
- KIRA, T. & SHIDEI, T., 1967: «Primary productivity and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific». *Japan J. Ecol.* 17: 70-87.
- KOUKI, J. & HOKKANEN, T., 1992: «Long-term needle litterfall of Scots pine *Pinus sylvestris* stand: relation to temperature factors». *Oecologia* 89: 176-181.
- LINDER, S.; BENSON, M. L.; MYERS, B. J. & RAISON, R. J., 1987: «Canopy dynamics and growth of *Pinus radiata*. I. Effects of irrigation and fertilization during a drought». *Can. J. For. Res.* 17: 1157-1165.
- MONTERO DE BURGOS, J. L. y GONZÁLEZ REBOLLAR, J. L., 1974: *Diagramas Bioclimáticos*. ICONA. Min. Agr. Madrid.
- NAVARRO, G., 1989: «Contribución al conocimiento de la vegetación del Moncayo». *Opusc. Bot. Pharm. Complutensis* 5: 5-64.
- NEWBOULD, P. J., 1967: *Methods for estimating the primary production of forests*. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh. 62 pp. International Biological Programme, handbook 2.
- NICOLÁS, A. y GANDULLO, J. M., 1969: *Ecología de los pinares españoles. II. Pinus sylvestris L.* Inst. For. de Invest. y Exp. Madrid.
- ORTEGA, A. y MONTERO, G., 1988: «Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revisión bibliográfica». *Ecología* 2: 155-184.
- PAUSAS, J. G. y FONS, J., 1992: «Estructura i creixement d'algunes pinedes en diferents situacions topogràfiques». *Fol. Bot. Misc.* 8: 199-213.

- PAUSAS, J. G., 1993: «Litterfall in two pyrenean stands of *Pinus sylvestris* L. under different environmental conditions». *Fol. Bot. Misc.* 9: 127-136.
- PUIGDEFABREGAS, J. y ALVERA, B., 1977: «Biomasa, producción y desfronde en el pinar con acebo de San Juan de la Peña (Huesca)». *Publ. Cent. Pir. Biol. Exp.* 8: 23-40.
- RAPP, M., 1971: *Cycle de la matière organique et des éléments dans quelques écosystèmes méditerranéens*. Ed. CNRS, Paris.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1988: *Mapas de series de vegetación de España*. ICONA. Madrid.
- SANTA REGINA, I. y GALLARDO, J. E., 1985: «Producción de hojarasca en tres bosques de la Sierra de Béjar (Salamanca)». *Mediterránea (Ser. Biol.)* 8: 89-101.
- SILVA-PANDO, F. J. y GONZÁLEZ, P. (en prep.): «Estudio de la producción de hojarasca en un bosque de *Pinus sylvestris* al N.O. de la Península Ibérica».
- THORNWAITE, C. W., 1948: «An approach toward a rational classification of climate». *Geog. Rev.* 38: 55-94.
- VAN CLEVE, K.; OLIVER, L. K.; SCHLENTNER, P.; VIRECK, L. A & DYRNESS, C. T., 1983: «Productivity and nutrient cycling in taiga forest ecosystems». *Can. J. For. Res.* 13: 747-766.
- VERDU, A. M. C.; FERRES, LL.; RODA, F. y TERRADAS, J., 1980: «Estructura y funcionalismo de un encinar montano en el Montseny. IV. Producción de hojarasca». *Mediterránea (Ser. Biol.)* 4: 51-68.
- VIGO, J., 1968: «Notas sobre la vegetación del valle de Ribes». *Collect. Bot.* 7: 1171-1185.
- WHITTAKER, R. H. & MARKS, P. L., 1975: «Methods for assessing terrestrial productivity». In: LIETH, H. y WHITTAKER, R. H. (eds.). *Primary productivity of the biosphere*. pp. 55-118. Springer. Berlin.
- WHITTAKER, R. H. & WOODWEL, G. M., 1969: «Structure production and diversity of the oak-pine forest at Brookhaven, New York». *J. Ecol.* 57: 155-174.
- XERCAVINS, A., 1981: *Los climas de montaña media y alta en el Pirineo oriental. Análisis de las precipitaciones*. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona.
- ZALDIVAR, P.; MOREIRO, S. y TARAZONA, T., 1992: «Aporte de elementos minerales por el desfronde en ecosistemas forestales». *Actas del Congreso Internacional del Haya*. INIA.