

PRODUCTIVIDAD AÉREA Y DINÁMICA DE NUTRIENTES EN UNA REPOBLACIÓN DE *Pinus pinaster* AIT. SOMETIDA A DISTINTOS REGÍMENES DE CLARAS

**G. MONTERO
C. ORTEGA
I. CAÑELLAS
A. BACHILLER**

Departamento de Silvicultura, CIFOR-INIA.
Apdo. 8.111 28080 Madrid. ESPAÑA

RESUMEN

En una repoblación de *Pinus pinaster* Ait. se ha aplicado un programa de claras de distinta intensidad, que se comparan con parcelas testigos y con una parcela en la que se alcanza la máxima densidad biológica para esta especie y edad.

Se realizaron cuatro inventarios durante los veranos de 1984, 1988, 1992 y 1996. Con esta información se ha estimado el volumen maderable, el área basimétrica y el número de pies/ha antes de la clara, la masa extraída y la masa principal después de la clara.

Mediante la medición de 100 árboles tipo se calcularon los valores modulares, por clases diamétricas de 5 cm de amplitud. Aplicando los valores modulares a la distribución diamétrica de cada tratamiento se ha estimado la biomasa aérea total antes de la clara, la biomasa aérea extraída por la clara y la biomasa aérea que persiste después de la clara.

Por diferencia entre inventarios se ha estimado el crecimiento medio y corriente en diámetro, altura, área basimétrica y volumen, así como los crecimientos medio y corriente en biomasa aérea total para cada tratamiento.

Se cuantificó el desfronde total en cada tratamiento selvícola. Para el caso de las acículas, por medio de una muestra de 50 contenedores, de 0,25 m², se realizó su seguimiento mensual durante 10 años. El desfronde anual de ramas, piñas y corteza (conjuntamente) se cuantificó por medio de una muestra de 10 subparcelas de 4 m².

Por último se estimó la cantidad de acículas acumuladas sobre la superficie del suelo (barrujo) en 1985, 1988, 1992 y 1995 para cada tratamiento.

PALABRAS CLAVE: Productividad
Claras
Pinus pinaster
Biomasa aérea
Desfronde
Nutrientes

INTRODUCCIÓN

Dentro de un programa de experimentación intenso, dirigido a determinar el régimen de claras más idóneo en repoblaciones de *Pinus pinaster* Ait. se creyó conveniente estimar la biomasa aérea y la porción de la misma extraída con las claras, para poder conocer la extracción total de biomasa y su reparto en los distintos componentes del árbol provocada por estas intervenciones selvícolas, que normalmente se miden en términos de número de pies/ha, área basimétrica y volumen maderable extraído. Además se consideró interesante cuantificar las concentraciones minerales de los nutrientes más importantes (en término de cantidad) presentes en dicha biomasa.

Los aportes por desfrondes de acículas, ramas, piñas y cortezas que se producen después de realizar una clara, dependen de la intensidad de la misma, y su cuantificación, en los años posteriores a la clara, constituye el segundo objetivo de este trabajo. Numerosos autores han estudiado la producción de hojarasca en ecosistemas forestales, pero son escasos los trabajos realizados en pinares, y aún menos en pinares de repoblación. Son muchos los factores que intervienen en dicha producción: a las condiciones climáticas hay que añadir la naturaleza del suelo sobre el cual se desarrolla cada ecosistema forestal y características biológicas de la especie (ritmo de caída, caracteres dendrométricos, etc.). Si además, a todo esto le sumamos los factores bióticos, como la edad, o los abióticos, como los tratamientos selvícolas, tendremos una idea orientativa de las dificultades que rodean toda tentativa de comparación de estas experiencias.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del sitio de ensayo

Localización

Latitud: 38° 28' 23" N
Longitud: 4° 21' 28" W
Término municipal: Fuencaliente (Ciudad Real)
Monte: El Puerto. Lugar próximo al puerto de Valderrepisa

Fisiografía

Pendiente: entre 15 - 20 %
Exposición: N - NE
Altitud: entre 850 y 950 m

Litología

Cuarcitas y arcillas

Edafología

Con carácter general, la zona de estudio corresponde a una “tierra parda meridional sobre rocas metamórficas” (Guerra, 1968), o a un *Cambisol dístrico* (Commission of the European Communities, 1985).

En la Tabla 1 se presentan los resultados analíticos medios de los cuatro perfiles analizados en la zona de ensayo. Según estos resultados el suelo de las parcelas es un suelo evolucionado sobre roca silícea con una capacidad de retención de agua aceptable y la permeabilidad puede oscilar entre moderada y escasa. La reacción es de ácida a fuertemente ácida, con valores aceptables en el contenido de nutrientes. Según la clasificación de suelos de la FAO corresponde con un Luvisol haplico (Commission of the European Communities, 1985).

TABLA 1
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y
QUÍMICO. DATOS MEDIOS DE CUATRO PERFILES

Soils characteristics. Mean data of four soil plots

0-35	A	34,5	29,7	39,3	22,0	9,0	5,0	3,1	0,16	12,7	4,5	62	237	32	30	
35-60	E	32,5	28,4	35,5	24,1	12,0	5,2	1,2	0,07	9,8	3,5	44	161	19	25	
60-90	Bt	29,2	22,7	26,1	24,5	26,7	5,0	1,0	0,03	8,5	4,5	45	144	19	27	
90-130	2C	9,5	14,5	14,9	35,8	34,8	5,1	0,3	0,03	5,5	3,0	38	152	17	26	

Del análisis petrológico de las muestras se desprenden las siguientes observaciones: fragmentos subangulosos de cuarcitas y areniscas cuarzosas, de tierras grises, en los primeros horizontes; fragmentos más deleznales de margas silíceas bastantes ferruginosas en las capas más profundas.

Clima

Según la Clasificación Fitoclimática de Allué Andrade (1990), el sitio de ensayo corresponde al subtipo mediterráneo genuino menos seco (IV4), con alternancias de clima nemoromediterráneo subesclerófilo (VI(IV)1) y con menor frecuencia, se presentan años de clima mediterráneo subnemoral (IV (VI)1).

Según la tipología bioclimática de Rivas Martínez (1987), corresponde al piso mesomediterráneo medio y al ombrotipo seco.

Vegetación

- Actual: Pinar de repoblación de *Pinus pinaster*, acompañado por *Quercus rotundifolia*, *Q. faginea* y *Arbutus unedo*, principalmente.
- Potencial: Se encuadra en la serie *Pyro bourgaeanae* - *Quercetum rotundifoliae* S., en su faciación mesófila con *Quercus faginea*.

Origen y características selvícolas de la masa

Se trata de una repoblación de *Pinus pinaster* realizada por siembra en 1951 en terreno agrícola marginal abandonado. El número inicial de pies/ha no se conoce con precisión, pero se estima que a los 5 - 10 años debieron de existir más de 10.000 árboles/ha. Después de una clara realizada en 1968 (cuando los árboles tenían 17 años) quedaron aproximadamente 1.650 pies/ha, excepto en un pequeño rodal de unos 2.500 m², no aclarado en 1968, en el que se mantenían, al inicio de esta experiencia en 1984, una densidad de 3.600 pies/ha a la edad de 33 años. Este pequeño rodal nos permite conocer la evolución natural de la masa cuando no se realizan claras y comparar los resultados con los obtenidos en zonas aclaradas periódicamente.

Métodos

Diseño Experimental

En la zona aclara en 1984 se diferenciaron tres bloques, en cada uno de los cuales se instalaron tres parcelas de 40 x 25 m (1.000 m²). A cada parcela se le asignó un tratamiento al azar (bloques aleatorios). En el rodal no intervenido se instaló una parcela de tamaño y forma similar a la definida anteriormente.

Tratamientos Aplicados

Los tratamientos aplicados han sido los siguientes:

- Máxima densidad biológica (MDB): Una sola parcela situada en el rodal no intervenido. El elevado número de árboles muertos y dominados permite afirmar que en esta parcela se ha alcanzado la máxima densidad biológica de la especie para esta edad y calidad de estación. En esta parcela no se ha producido ninguna intervención selvícola, ni antes ni durante los años que ha durado esta experiencia, los árboles muertos en cada período se dan de baja en su correspondiente inventario, pero no se extraen de la misma. El número de árboles/ha que inicialmente (1984) era de 3.600 pies/ha, pasó por mortalidad a 3.540 en 1988, a 2.770 en 1992 y a 2.350 en 1996.

- Testigo: Tres parcelas instaladas en la zona aclarada en 1968. No se ha realizado claras durante los años que ha durado la experiencia. Sólo se extrajeron los árboles que aparecieron muertos o moribundos en cada inventario. El número de pies se ha reducido por mortalidad natural a lo largo de los años, pasando de 1.193 árboles/ha en 1984, a 1.187 en 1988, 1.173 en 1992 y 1.163 árboles/ha en 1996.
- Clara 1: Tres parcelas situadas en la zona aclarada en 1968. En 1984 (33 años de edad) se realizó una clara por lo bajo de intensidad moderada que redujo el número de árboles/ha de 1.420 a 753, cortándose el 47 % de los pies. En 1988 se hizo un segundo inventario y se extrajeron algunos pies rotos por el viento o muertos por causas no determinadas, quedando finalmente 736 pies/ha. En 1992, se realizó una segunda clara por lo bajo en la que se extrajeron 193 árboles/ha pasando de 736 a 543 pies/ha. Después del inventario de 1996 quedaron 530 árboles/ha.
- Clara 2: Tres parcelas situadas en la zona aclarada en 1968. En 1984 se realizó una clara por lo bajo, fuerte, en la que se extrajeron el 56 % de los pies, equivalente a 883 árboles/ha, pasando de 1.570 a 687 pies/ha después de la clara. Entre 1984 y 1988 hubo una mortalidad de 20 árboles. En 1992 se realizó una segunda clara en la que se cortaron 207 árboles/ha dejando estas parcelas con 460 árboles/ha a los 45 años. En 1996 se realizó el 4º inventario pero no se hizo clara. Quedan en la actualidad 457 pies/ha, lo que indica que se ha producido una mortalidad natural de 3 árboles/ha entre 1992 y 1996.

En cada parcela se han hecho cuatro inventarios: 1984, 1988, 1992 y 1996 y sus correspondientes claras en 1984 y 1992. En 1988 y 1996 sólo se cortaron los árboles que habían resultado dañados o muertos desde la fecha del inventario anterior. En todas las parcelas se ha medido el diámetro normal en todos los árboles y una muestra de alturas en 45 de ellos para calcular la altura media y la altura dominante.

Determinación de la biomasa aérea total en las distintas partes del árbol

Para la determinación de la biomasa aérea correspondiente a fuste, ramas y acículas se apearon y midieron 100 árboles tipo pertenecientes a todas las clases diamétricas (Tabla 2).

TABLA 2
NÚMERO DE ÁRBOLES POR CLASE DIAMÉTRICA

Number of trees by diameter class

Nº de árboles	10	15	20	20	20	10	5

De cada árbol se tomaron los siguientes datos:

- Diámetro con y sin corteza, a lo largo del fuste, a intervalos de un metro, desde la base del fuste hasta los 7 cm de diámetro en punta delgada.
- Determinación del volumen con corteza (Vcc) y sin corteza (Vsc) por cubicación de las trozas siguiendo el método de Hubber.
- Determinación del porcentaje de corteza respecto al volumen total con corteza (% corteza).
- Altura total y altura del fuste hasta 7 cm de diámetro en punta delgada.
- Peso en verde de todas las ramas con diámetro comprendido entre 2 y 7 cm (2-7 cm).
- Peso en verde de todas las ramas, con acículas, con diámetro menor de 2 cm (< 2cm).
- Peso de las acículas.
- Peso del fuste mediante una muestra de madera y corteza tomada sobre 20 trozas de madera.

Además para determinar la densidad media de la madera y corteza del fuste se eligió una muestra de 20 trozas de madera tomadas a diferentes alturas del árbol y pertenecientes a 6 árboles diferentes, secándola a 102 °C hasta peso constante.

Para conocer el porcentaje de materia seca correspondiente a la madera y corteza de las ramas de diámetro comprendido entre 2 y 7 cm se tomó una muestra de 10 kg, separando la madera y la corteza. Estas muestras se secaron en estufa a 102°C hasta peso constante.

El mismo procedimiento se aplicó a una muestra de 10 kg de ramillas menores de 2 cm de diámetro con sus correspondientes acículas. Una vez separada la madera de la corteza y las acículas se secaron en estufa a 102 °C hasta peso constante.

Contenido en nutrientes en las distintas partes del árbol

Para conocer la riqueza en nutrientes de las diferentes partes del árbol se procedió de la siguiente manera:

- Madera y corteza del fuste: Se cogieron 6 árboles de características medias y en cada uno se tomaron muestras de madera y corteza, en la base del fuste y a lo largo del mismo a intervalos de un metro, correspondiendo la troza cero (T-0) a la muestra tomada en la base del árbol y la troza ocho (T-8) a la tomada a una altura de 8 m sobre el suelo. Para asegurar que la muestra representa a toda la sección se perforó el árbol con una barrena hasta alcanzar el centro y se recogió el serrín extraído. Este método garantiza la existencia de madera de la parte interior y exterior del fuste en cada muestra. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio del INIA y en cada una de ellas se determinó el contenido en N, P, K, Ca y Mg, expresados en % en peso de materia seca (M.S.). Para ello se partió de muestras secadas en estufa a 75 °C durante 24 horas. Posteriormente el material se trituró para su posterior análisis químico. Se calcinaron 2 g por muestra en mufla a 490 °C durante 12 horas. La solución

de las cenizas se preparó con ácido clorhídrico. Ca y Mg se midieron por espectrofotometría de absorción atómica, el K se determinó por espectrometría de emisión, el fósforo por colorimetría en presencia de vanado molibdato, y por último el nitrógeno por digestión en vía húmeda, por el método de Kjeldahl.

- *Ramas con diámetro comprendido entre 2 y 7 cm:* Tal y como se ha descrito en el párrafo anterior se determinaron las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg tanto en la madera como para la corteza.
- *Ramas de diámetro menor a 2 cm y Acículas:* De igual modo se procedió para estas fracciones del árbol.

Determinación de la evolución anual del desfronde y el aporte de nutrientes del mismo

En cada parcela de 40 x 25 m (1.000 m²) se instalaron cinco contenedores de malla de plástico de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) y 0,15 m de altura, repartidos de la forma siguiente: uno en el centro de la parcela y los cuatro restantes en el punto medio de cada una de las semi-diagonales del rectángulo que forma la parcela. En total se instalaron 50 recolectores.

Las acículas fueron recogidas una vez al mes durante los años 1986 a 1995 (10 años). Las muestras fueron secadas a 102°C, hasta peso constante, para la determinación de su peso en materia seca.

El contenido en nutrientes de las acículas caídas a lo largo del año fue analizado mensualmente durante los tres primeros años, lo que supone un total de 36 muestras de cada tratamiento selvícola para cada elemento analizado (N, K, P, Ca y Mg). Los métodos empleados en la realización de los análisis fueron similares a los expuestos en el apartado anterior.

Determinación del peso de acículas acumuladas en la superficie del suelo

Previamente a la instalación de los 50 contenedores referidos en el apartado anterior (al final de 1985), se recogieron las acículas acumuladas en la superficie del suelo en los 50 cuadrados de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²), y sobre estas superficies limpias de acículas se instalaron los contenedores citados. Esta recogida de acículas acumuladas se repitió en 1988, 1992 y 1995 (siempre entre el 27 y el 30 de Diciembre) coincidiendo con los años en los que se hizo inventario y claras, excepto la última recogida que se hizo en 1995 por finalización de la experiencia de desfronde. Estas muestras se secaron en laboratorio a 102 °C hasta peso constante.

Determinación del peso de ramas, piñas y cortezas desprendidas cada año

En cada parcela de 40 x 25 m se delimitó un cuadrado de 2 x 2 m (4 m²) situado en el centro de la parcela sobre el que se recogieron, una vez al año, las ramas, piñas y cortezas desprendidas durante el año (desde 1985 hasta 1995). En laboratorio se pesaron en seco (102 °C hasta peso constante) con el fin de poder estimar el desfronde total producido en los diferentes regímenes de claras.

RESULTADOS

Respuesta de la masa a diferentes intensidades de claras

Los resultados sobre la evolución de la masa sometida a claras de distinta intensidad y su comparación con la masa no aclarada (testigo) y con la que crece con la máxima densidad biológica posible (MDB) se exponen en la Tabla 3. En la misma Tabla se presentan los valores de las principales variables antes y después de la clara.

Aunque la Tabla 3 es suficientemente explicativa por si sola, creemos interesante resaltar los siguientes aspectos:

- La altura dominante (H_o), el área basimétrica total (ABT) y el volumen total (VT) no varían significativamente con la intensidad de la clara, lo que confirma una vez más, la ley o certeza experimental de Wiedemann y Assmann según la cual, para una especie y calidad de estación dada, la intensidad de la clara, dentro de unos límites relativamente amplios, no influye en la producción total. El mismo autor (Assmann, 1970) cuantifica la ley general y define un área basimétrica crítica por debajo de la cual la producción decae más de un 5 % y un área basimétrica máxima, que podría corresponder con la parcela que crece con la máxima densidad biológica, que hace descender la producción aprovechable o utilizable por la industria. Entre estos dos extremos se encuentra una banda, más o menos ancha según la especie y la calidad de estación, en la que se sitúa el área basimétrica óptima que realiza el máximo productivo (Montero, 1992).
- La producción total de biomasa en la parcela de máxima densidad biológica (MDB) es lógicamente la máxima que puede producir la estación, pues ésta está totalmente ocupada. Sin embargo puede observarse que la altura dominante (H_o) es significativamente menor que en el resto de las parcelas y la mortalidad natural muy elevada. Todo lo cual nos indica que nos encontramos en una masa “estancada” que comienza a perder crecimiento por exceso de densidad.
- El diámetro medio, indicador del valor comercial de los productos, crece con la intensidad de la clara, lo cual es lógico, pues equivale a decir que los árboles que crecen más espaciados tienen una mayor disponibilidad de agua y nutrientes y por consiguiente su crecimiento en diámetro es mayor.
- Dentro de unos límites de densidad, no extremos (parcelas testigos, clara 1 y clara 2) la altura dominante no varía significativamente, con la intensidad de la clara.
- El área basimétrica y el volumen extraído a lo largo del período 1984- 1996 aumenta, lógicamente con la intensidad de la clara, o lo que es lo mismo, el número de árboles que quedan en pie después de la clara es menor en las parcelas más intensamente aclaradas, lo cual redundará en una mayor selección de los árboles y en una mayor calidad de los productos que quedan en pie.

TABLA 3
EVOLUCION DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE MASA CON LA EDAD Y LA INTENSIDAD
DE LA CLARA EN UNA REPOBLACION DE *Pinus pinaster*

Evolution of the stand with age and thinning intensity in a reforestation of Pinus pinaster

MDB	33	3.600	15,0	12,1	13,4	63,8	354	—	—	—	—	—	3.600	15,0	12,1	63,8	354	63,8	354
	37	3.540	16,0	12,7	14,0	72,2	422	60	11,3	11,8	0,6	3,1	3.540	16,0	12,8	71,6	419	72,2	422
	41	2.770	16,5	13,2	14,5	75,8	459	770	10,9	12,0	7,1	37,6	2.270	17,8	13,5	68,6	422	76,4	463
	45	2.350	18,2	13,8	14,9	71,7	452	420	12,8	13,0	5,4	30,7	2.350	19,0	14,0	66,3	422	79,4	493
Testigo	33	1.193	22,9	13,4	14,5	49,0	309	—	—	—	—	—	1.193	22,9	13,4	49,0	309	49,0	309
	37	1.187	24,2	14,5	15,6	54,6	371	13	11,3	11,1	0,1	0,6	1.173	24,4	14,6	54,5	371	54,7	372
	41	1.173	25,2	15,4	16,4	58,2	417	10	11,4	12,3	0,1	0,7	1.163	25,2	15,4	58,1	416	58,4	418
	45	1.163	25,8	16,1	17,1	60,8	454	63	14,3	14,0	1,0	6,2	1.100	26,4	16,3	59,8	448	61,2	456
Clara 1	33	1.420	21,2	13,5	15,1	49,6	316	667	17,0	12,5	15,0	87,7	753	24,3	14,3	34,6	228	49,6	316
	37	753	26,4	15,5	16,2	41,0	291	17	20,1	14,5	0,5	3,2	736	26,5	15,5	40,5	288	56,0	379
	41	736	28,2	16,4	17,0	45,6	343	193	25,3	16,0	9,8	71,7	543	29,1	16,5	35,8	271	61,1	434
	45	543	30,3	17,2	17,7	38,9	306	13	26,9	16,9	0,7	5,6	530	30,4	17,2	38,2	301	62,2	469
Clara 2	33	1.570	20,4	12,9	15,7	51,4	317	883	17,3	12,1	20,8	120,2	687	23,8	13,8	30,6	197	51,4	317
	37	687	26,0	15,1	15,8	36,4	254	20	21,2	14,5	0,7	4,2	667	26,1	15,1	35,8	250	57,2	374
	41	667	28,0	16,1	16,7	40,8	302	207	24,8	15,8	10,0	72,0	460	29,2	16,2	30,7	230	62,2	426
	45	460	30,9	17,0	17,4	34,8	268	3	20,7	15,3	0,1	0,8	457	30,9	17,0	34,2	368	65,8	465

N° ac: Número de pies/ha antes de la clara
 Dgac: Diámetro medio cuadrático antes de la clara
 Hgac: altura media antes de la clara
 Ho: altura dominante
 Abac: Area basimétrica antes de la clara
 Vac: Volúmen antes de la clara

N° e: Número de pies/ha extraídos
 Dge: Diámetro medio cuadrático de los pies extraídos
 Hge: altura media de los pies extraídos
 Abe: Area basimétrica de los pies extraídos
 Ve: Volumen de los pies extraídos
 N° dc: Número de pies/ha después de la clara

Dgdc: Diámetro medio cuadrático después de la clara
 Hgdc: Altura media después de la clara
 Abdc: Area basimétrica después de la clara
 Vdc: Volumen después de la clara
 ABT: Area basimétrica total
 VT: Volumen total

- La evolución de los crecimientos corrientes y medios en diámetro, altura, área basimétrica y volumen no varía, significativamente, con la intensidad de la clara, salvo en el caso de la parcela de máxima densidad biológica que parece que comienza a perder crecimiento respecto del resto de las parcelas que crecen en menor densidad, tal y como se expone de manifiesto en la Tabla 4.
- Los crecimientos corrientes en área basimétrica y volumen correspondientes al período 1992-96 son significativamente más bajos que los anteriores y más bajos que los correspondientes crecimientos medios (Tabla 4), ello no se debe, en nuestra opinión, a que la especie esté alcanzando la edad de turno de máxima renta en especie a los 45 años, sino que en ese período se produjo una fuerte sequía, que probablemente, puede haber influido negativamente en el crecimiento en altura y diámetro.
- En los últimos años la parcela con máxima densidad biológica crece un poco menos en altura y diámetro, aumentando el crecimiento en diámetro con la intensidad de la clara en el resto de las parcelas.

TABLA 4
EVOLUCIÓN DE LOS CRECIMIENTOS CORRIENTES Y MEDIOS
EN FUNCIÓN DE LA EDAD Y DE LA INTENSIDAD DE LA CLARA
Evolution of current and mean increment in function the age and
the thinning intensity

MDB	33	–	–	–	–	1,93	10,7
	37	0,24	0,15	2,10	17,1	1,95	11,4
	41	0,11	0,10	1,03	10,0	1,86	11,3
	45	0,10	0,09	0,77	7,6	1,77	11,0
Testigo	33	–	–	–	–	1,48	9,4
	37	0,33	0,28	1,44	15,7	1,48	10,1
	41	0,20	0,21	0,91	11,5	1,42	10,2
	45	0,15	0,17	0,70	9,5	1,36	10,1
Clara 1	33	–	–	–	–	1,50	9,6
	37	0,53	0,29	1,59	15,8	1,51	10,2
	41	0,41	0,22	1,29	13,7	1,49	10,6
	45	0,31	0,17	0,77	8,9	1,43	10,4
Clara 2	33	–	–	–	–	1,56	9,6
	37	0,54	0,31	1,44	14,4	1,55	10,1
	41	0,45	0,24	1,26	13,0	1,52	10,4
	45	0,42	0,19	0,89	9,6	1,46	10,3

IcDg: Crecimiento corriente en Diámetro
 IcHg: Crecimiento corriente en Área basimétrica
 IcAb: Crecimiento corriente en Área basimétrica

IcV: Crecimiento corriente en Volumen
 ImAb: Crecimiento medio en Área basimétrica
 ImV: Crecimiento medio en Volumen

Determinación de la biomasa aérea en las distintas partes del árbol

- Los resultados de Densidad media para la madera y la corteza del fuste fueron los siguientes:
 - Densidad media de la madera del fuste: 0,48
 - Densidad media de la corteza del fuste: 0,35
 - porcentaje en volumen de corteza respecto al volumen total se calculó por diferencia entre el volumen con corteza y el volumen sin corteza, tomando el valor medio para cada clase diamétrica.

Los porcentajes de madera y corteza para la fracción de ramas de diámetro entre 2 y 7 cm, la fracción de ramas menores de 2 cm de diámetro y el porcentaje de acículas obtenidos a partir de la muestra analizada son los siguientes:

- Ramas de diámetro entre 2 - 7 cm
 - Madera: 81,0 % de materia seca
 - Corteza: 19,0 % de materia seca
- Ramas de diámetro menor de 2 cm
 - Madera: 22,4 % de materia seca
 - Corteza: 18,5 % de materia seca
 - Acículas: 59,1 % de materia seca

Con los datos obtenidos en los apartados anteriores y con objeto de conocer la distribución de la biomasa en las distintas partes del árbol (fuste, ramas menores de 2 cm de diámetro, ramas de diámetro comprendido entre 2 y 7 cm y acículas), así como la proporción de madera y corteza en cada fracción, hemos construido la Tabla 5, en la que se presentan los valores modulares medios por clases diamétricas.

TABLA 5
DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA AÉREA EN LAS DISTINTAS PARTES
DEL ÁRBOL POR CLASES DIAMÉTRICAS
Aereal biomass distribution in different fractions of the tree
(by diameter class)

<10	1,20	1,40	1,14	0,82	0,19	5,87	1,97	12,59
10-15	3,49	1,72	1,26	2,34	0,56	20,89	10,84	41,10
15-20	8,28	3,58	2,91	2,84	0,60	44,32	23,40	85,93
20-25	12,90	5,82	4,73	3,86	0,93	71,70	35,34	135,28
25-30	18,47	8,10	6,61	8,18	1,96	109,02	56,93	209,27
30-35	29,23	14,33	10,47	15,66	3,65	153,57	76,77	303,68
35-40	41,79	18,41	14,96	39,70	9,52	237,92	93,12	455,42
40-45	62,68	27,60	22,44	59,55	14,28	356,88	116,25	659,68

La proporción en que se reparte la biomasa entre las diferentes partes del árbol tiene interés para la silvicultura, pues informa sobre cuales son los árboles que tienen mayor rendimiento en madera, y éste es un producto importante dentro de la producción total del monte. Y además pone de manifiesto la importancia cuantitativa de cada componente dentro del árbol. Con este objetivo se agrupan estos datos en la Tabla 6.

TABLA 6
PORCENTAJES DE BIOMASA AÉREA (% M.S.) EN LAS
DISTINTAS COMPONENTES DEL ÁRBOL

Aereal biomass (in % of dry matter) in different fractions of the tree

	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55
Fuste ⁽¹⁾	62	77	79	79	79	76	73	72
Ramas < 2 cm ⁽¹⁾	20	7	7	8	7	8	7	8
Ramas de 2-7 cm ⁽¹⁾	8	7	4	3	5	6	11	11
Acículas	10	9	10	10	9	10	9	9

(1) incluye madera y corteza

De la observación de la Tabla 6 se desprenden los siguientes hechos:

- El porcentaje de biomasa en el fuste es mayor en las clases diamétricas centrales (15 - 20 a 25 - 30) que en las extremas. Ésto es debido a que los árboles delgados están comprimidos o dominados, y los muy gruesos son árboles que están en bordes o son muy dominantes y por consiguiente muy ramosos. Éste mismo efecto se ve en la variación del porcentaje de ramas, y justifica la idea selvícola de favorecer a las clases diamétricas centrales, y mantener una densidad controlada para la producción de madera.
- El porcentaje de acículas respecto a la biomasa total del árbol se mantiene casi constante en todas las clases diamétricas, lo que confirma a la biomasa foliar como un buen indicador de la productividad aérea de la especie.

Otros datos que interesa conocer son los porcentajes de madera (incluyendo fuste y ramas), corteza y acículas con respecto a la biomasa total del árbol (Tabla 7). Es decir, qué porcentaje del peso total de un árbol completo corresponde a madera, cuanto a corteza y cuanto a acículas. En la Tabla 7 se observa un menor porcentaje de corteza en los árboles de 5-10 cm de diámetro que probablemente se debe a que la madera de estos árboles es más densa por haber crecido más lentamente, y a que una alta proporción de su madera se encuentra en el rabeón (fuste de diámetro menor a 7 cm) y en ramas. En los

árboles de 35-40 cm de diámetro, se repite el mismo hecho, y parece lógico pensar que sea debido a la misma causa, ya que por tratarse de árboles aislados tienen un alto porcentaje de su madera en ramas de diámetro comprendido entre 2 y 7 cm, y en éstas el porcentaje de corteza respecto a la madera es menor que en el fuste.

TABLA 7
PORCENTAJES EN PESO DE MATERIA SECA DE MADERA,
CORTEZA Y ACÍCULAS POR CLASES DIAMÉTRICAS

Weight of wood, bark and needles by diameter class (in % D.M.)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Madera	64	61	59	60	60	60	65	68
Corteza	26	30	31	30	31	30	26	23
Acículas	10	9	10	10	9	10	9	9

Variación de la biomasa aérea acumulada en las distintas partes del árbol
(kg/ha M.S.) según los diferentes regímenes de clara

La aplicación de los valores modulares obtenidos en la Tabla 5 a las distribuciones diamétricas de cada tratamiento selvícola, antes y después de la clara y, para los inventarios de 1984, 1988, 1992 y 1996 (Tabla 3), permite obtener valores de las diferentes fracciones de biomasa por hectárea, cuantificar las existencias totales, cuantificar la intensidad de la clara 1 y clara 2 y, estimar el incremento periódico de biomasa (Tabla 8 y 9). Aunque ambas tablas son bastantes explicativas por sí solas, nos parece importante resaltar que el crecimiento o incremento de la biomasa aérea se mantiene sensiblemente constante en los cuatro tratamientos, siempre que no se sobrepase un límite mínimo de densidad (Clara 2). Esta constancia de producción, conocida en la ciencia forestal como “ley o certeza experimental de Assmann”, repetidamente constatada para la producción de madera, se confirma en este caso, para la producción total de biomasa aérea, lo que constituye un apoyo básico a la selvicultura, por cuanto supone una nueva forma de evaluar el peso y la intensidad de la clara, no solo en términos de nº de pies/ha, área basimétrica o volumen de madera extraído, sino también cuantificando la extracción total de biomasa que se produce con la clara y que lógicamente es mucho mayor que el volumen de madera aprovechable por la industria, que es la variable a la que se refiere, normalmente, el peso y la intensidad de la clara. La Tabla 8 es equivalente a la Tabla 3, en la que se han sustituido los criterios de área basimétrica, volumen o número de pies por los de biomasa total. Esta nueva manera de medir la intensidad de la clara permite, además, conocer cuanta biomasa queda en el suelo después de extraer los fustes (restos de corta).

TABLA 8
VARIACION DE LA BIOMASA AEREA (1984-1988-1992-1996) EN DISTINTOS TRATAMIENTOS
SELVICOLAS (kg/ha M.S.)

Aereal biomass variation (in kg/ha D.M.), period 1984-1988-1992-1996, at different intensity of thinning

1984	Fuste	Madera	114.795	88.343	91.418	92.908		27.551	37.875	114.795	88.343	63.867	55.033
		Corteza	58.983	44.880	46.527	47.291		14.145	19.374	58.983	44.880	32.382	27.917
	Ramas < 2 cm	Madera	9.762	7.127	7.367	7.502		2.247	3.133	9.762	7.127	5.120	4.369
		Corteza	7.724	5.689	5.899	6.307		1.795	2.513	7.724	5.689	4.104	3.524
	Ramas 2-7 cm	Madera	8.907	6.298	6.286	6.350		1.911	2.601	8.907	6.298	4.375	3.749
1988		Corteza	2.031	1.481	1.473	1.479		436	594	2.031	1.481	1.037	885
		Aciculas	20.669	15.778	16.335	16.621		4.976	6.852	20.669	15.778	11.359	9.769
	TOTAL		222.871	169.596	175.305	178.188		53.061	72.942	222.871	169.596	122.244	105.246
	Fuste	Madera	127.003	100.089	75.094	65.736	953	1.022	921	1.251	126.050	99.067	74.173
		Corteza	64.993	50.241	37.884	33.110	473	425	469	627	64.520	49.816	37.415
1992	Ramas < 2 cm	Madera	10.693	8.131	6.052	5.322	97	83	75	101	10.596	8.048	5.977
		Corteza	8.500	6.446	4.801	4.222	73	67	61	82	8.427	6.379	4.740
	Ramas 2-7 cm	Madera	9.422	7.889	5.919	5.070	110	159	54	70	9.312	7.730	5.865
		Corteza	2.160	1.862	1.404	1.202	26	38	12	16	2.134	1.824	1.392
		Aciculas	22.852	17.925	13.335	11.713	167	178	169	227	22.685	17.747	13.166
1996	TOTAL		245.623	192.583	144.489	126.375	1.899	1.972	1.761	2.374	243.724	190.611	142.728
	Fuste	Madera	137.454	107.593	85.727	76.318	12.534	237	17.923	18.448	124.920	107.356	67.804
		Corteza	70.244	53.796	42.646	37.927	6.173	121	9.174	9.422	64.071	53.675	33.472
	Ramas < 2 cm	Madera	11.459	8.768	6.957	6.242	1.330	22	1.401	1.448	10.129	8.746	5.556
		Corteza	9.130	6.925	5.472	4.896	1.029	18	1.129	1.168	8.101	6.907	4.343
1996	Ramas z-7 cm	Madera	10.040	8.904	7.739	6.835	1.330	20	1.268	1.284	8.710	8.884	6.471
		Corteza	2.314	2.106	1.837	1.621	312	4	302	306	2.002	2.102	1.535
		Aciculas	24.654	19.233	15.239	13.626	2.219	43	3.134	3.238	22.435	19.190	12.105
	TOTAL		265.295	207.325	165.617	147.465	24.927	465	34.331	35.314	240.368	206.860	131.286
	Fuste	Madera	131.616	113.981	73.995	66.457	9.663	1.833	1.329	239	121.953	112.148	72.666
1996		Corteza	67.427	56.370	35.811	31.837	4.988	948	687	118	62.439	55.422	35.124
	Ramas < 2 cm	Madera	10.628	9.274	6.130	5.609	837	153	100	19	9.791	9.121	6.030
		Corteza	8.514	7.317	4.763	4.319	639	119	82	16	7.875	7.198	4.681
	Ramas 2-7 cm	Madera	9.116	10.138	7.715	7.237	942	157	95	13	8.174	9.981	7.620
		Corteza	2.106	2.400	1.829	1.714	219	36	23	3	1.887	2.364	1.806
1996		Aciculas	23.563	20.350	13.288	12.052	1.687	325	228	43	21.876	20.025	13.060
	TOTAL		252.970	219.830	143.531	129.225	18.975	3.571	2.544	451	233.995	216.259	140.987
	TOTAL EXTRAIDO												
	PRODUCCION TOTAL												

(1) Todo es mortalidad natural y no fue extraído de la parcela.

TABLA 9
INCREMENTO TOTAL DE BIOMASA AÉREA ENTRE
1984 Y 1996 (kg/ha M.S.)

Total increment of aerea biomass between 1984 and 1996 (kg/ha D.M.)

1984-1988	FUSTE	Madera	12.208	11.746	11.227	10.703
		Corteza	6.010	5.361	5.502	5.193
	RAMAS < 2 cm	Madera	931	1.004	932	953
		Corteza	776	757	697	698
	RAMAS 2-7 cm	Madera	515	1.591	1.544	1.321
		Corteza	129	381	367	317
		Acículas	2.183	2.147	1.976	1.944
	TOTAL		22.752	22.987	22.245	21.129
1989-1992	FUSTE	Madera	11.404	8.526	11.554	11.833
		Corteza	5.724	3.980	5.231	5.444
	RAMAS < 2 cm	Madera	863	720	980	1.021
		Corteza	703	546	732	756
	RAMAS 2-7 cm	Madera	728	1.174	1.874	1.835
		Corteza	180	282	445	435
		Acículas	1.969	1.486	2.073	2.140
	TOTAL		21.571	1.714	22.889	23.464
1993-1996	FUSTE	Madera	4.818	6.625	6.191	8.587
		Corteza	2.275	2.695	2.339	3.332
	RAMAS < 2cm	Madera	51	528	574	815
		Corteza	49	410	420	591
	RAMAS 2-7 cm	Madera	144	1.254	1.244	1.686
		Corteza	43	298	294	399
		Acículas	788	1.160	1.183	1.664
	TOTAL		8.618	12.970	12.245	17.074

En el último período se han producido una disminución en el crecimiento, en la parcela de máxima densidad biológica (MDB) con respecto al resto de las parcelas, y un incremento de la producción de las parcelas sometidas a un régimen de clara más intenso (clara 2). No conocemos, con certeza, las causas que hayan podido originar este comportamiento, pero podría deberse al período de sequía que se produjo en los años 1990-1995, durante los cuales la mortalidad de árboles en la parcela de máxima densidad biológica fue muy alta entre aquellos que ya estaban moribundos antes de comenzar el período de sequía. En las parcelas más aclaradas este efecto podría haberse visto más amortiguado que en el resto, al existir menos árboles por hectárea disputándose el agua y los nutrientes del suelo, lo que podría justificar un mayor rendimiento en comparación con las restantes parcelas.

Por último hay que hacer constar que toda la biomasa que figura como extraída de la parcela de MDB se debe a mortalidad natural y no fue retirada para su aprovechamiento, sino que se ha quedado en su totalidad depositada sobre la superficie y se irán incorporando paulatinamente al suelo. En el resto de las parcelas fueron extraído los fustes, ramas y ramillas; los primeros para su aprovechamiento y las segundas para disminuir la posibilidad de incendios y aminorar sus consecuencias en caso de que se produjesen.

Contenido en nutrientes en las distintas partes del árbol

Los valores medios obtenidos para los seis árboles de la muestra analizada y para los diferentes niveles de altura se presentan en la Tabla 10. No se encontraron diferencias significativas (nivel de significación del 0,05 %) entre árboles para ninguno de los elementos analizados, por lo cual se presentan los datos medios de los seis árboles conjuntamente. Tampoco se encontraron diferencias entre los diferentes niveles de altura considerados, si bien se aprecia, en el caso de las cortezas, una tendencia a aumentar en algunos elementos a medida que crece la altura a la que se ha tomado la muestra.

TABLA 10
CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL FUSTE (% M.S.)
(MADERA Y CORTEZA) A DISTINTOS NIVELES DEL MISMO
Mineral element concentration in trunk (wood and bark) at different levels
(% D.M.)

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
T-0	0,05	0,004	0,06	0,07	0,02	0,09	0,020	0,02	0,34	0,01
T-1	0,04	0,003	0,05	0,07	0,02	0,08	0,015	0,03	0,34	0,01
T-2	0,04	0,003	0,05	0,07	0,02	0,08	0,010	0,02	0,30	0,01
T-3	0,04	0,003	0,05	0,07	0,02	0,09	0,014	0,02	0,35	0,01
T-4	0,05	0,004	0,05	0,08	0,03	0,10	0,027	0,03	0,36	0,02
T-5	0,05	0,004	0,06	0,09	0,03	0,13	0,048	0,07	0,53	0,04
T-6	0,06	0,006	0,07	0,09	0,03	0,16	0,040	0,08	0,62	0,05
T-7	0,07	0,005	0,09	0,09	0,03	0,20	0,023	0,19	0,79	0,07
T-8	0,05	0,003	0,08	0,05	0,02	0,20	0,023	0,27	0,94	0,05
Media	0,05	0,004	0,06	0,08	0,02	0,12	0,024	0,08	0,51	0,03

En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos del análisis de nutrientes realizados en las fracciones del árbol de ramas de diámetro menor de 2 cm, de ramas de diámetro entre 2 y 7 cm y acículas. Como regla general, y al no haberse

realizado una separación entre felógeno y corteza, la fracción así considerada y que hemos denominado conjuntamente como “corteza” en las ramas más delgadas y jóvenes contiene una mayor proporción de nutrientes.

TABLA 11
CONTENIDO EN NUTRIENTES EN RAMAS
(MADERA Y CORTEZA) Y ACÍCULAS (% M.S.)
Mineral element concentration in branches (wood and bark) and needles
(% D.M.)

Ramas 2-7 cm de diámetro	Madera	0,10	0,003	0,06	0,08	0,018
	Corteza	0,22	0,011	0,12	1,11	0,080
Ramas < 2 cm de diámetro	Madera	0,19	0,009	0,14	0,13	0,028
	Corteza	0,30	0,016	0,28	1,07	0,093
Acículas		0,74	0,090	0,51	0,29	0,115

Variación de la cantidad nutrientes (kg/ha) acumulados en la biomasa aérea y en la biomasa extraída en función de los distintos regímenes de claras

Aplicando los resultados obtenidos en los apartados anteriores a las distribuciones diamétricas de la masa en los años 1984, 1988, 1992 y 1996 (Tabla 3) puede construirse una tabla en la que se pone de manifiesto la evolución de los nutrientes expresados en kg/ha, de forma similar a lo expuesto en la Tabla 8 para la biomasa. La forma de cuantificar las claras y sus efectos expuestas anteriormente, a través de las variables convencionales y a través de la biomasa total extraída, no quedaría completa si no se presentaran los datos equivalentes a la biomasa expresados en kg/ha de nutrientes, que en términos de ecología sistémica es lo que realmente se extrae del sistema forestal en el cual se interviene.

En la Tabla 12 se exponen los valores conjuntos para el fuste, ramas de diámetro entre 2 y 7 cm, ramas de diámetro menor a 2 cm y acículas acumulado en el vuelo arbóreo y extraído con las claras. Lógicamente, los valores obtenidos para cada período, o año de inventario, siguen un comportamiento análogo a los totales expresados en la Tabla 8 ya que se han obtenido multiplicando las fracciones de biomasa por su correspondiente porcentaje de nutrientes y sumándolos. Éste proceso se ha repetido para cada elemento.

En el tratamiento de MDB no se ha extraído biomasa y por lo tanto los nutrientes acabarán incorporándose al suelo. En los tratamientos de clara 1 y clara 2, los nutrientes han sido extraídos con el aprovechamiento de los fustes y la retirada del monte de los restos de corta.

TABLA 12
VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE NUTRIENTES (kg/ha M.S.)
CONTENIDOS EN LA BIOMASA AÉREA Y EXTRAIDOS CON LAS
CLARAS (1984-96)

Elements concentration (kg/ha D.M.) in aerea biomass and removed thinning
biomass for 1984-1996 in a forestation of Pinus pinaster

1984	N	340,47	258,19	267,00	271,58			81,11	111,69	340,47	258,19	185,89	159,89
	P	39,96	30,41	31,49	32,02			9,57	13,16	39,96	30,41	21,92	18,86
	K	265,93	201,90	208,85	212,45			63,40	87,32	265,93	201,90	145,45	125,13
	Ca	570,17	431,24	445,97	453,56			135,32	186,17	570,17	431,24	310,65	267,39
	Mg	83,43	63,88	65,54	66,65			19,87	27,36	83,43	63,88	45,67	39,29
1988	N	375,27	293,99	219,34	192,17	2,88	2,97	2,71	3,65	372,39	291,02	216,63	188,52
	P	44,09	34,40	25,74	22,56	0,33	0,33	0,32	0,43	43,76	34,07	25,42	22,13
	K	293,28	229,25	171,42	150,21	2,25	2,32	2,12	2,86	291,03	226,93	169,30	147,35
	Ca	627,49	488,38	366,68	320,68	4,88	4,81	4,49	6,02	622,61	483,57	362,19	314,66
	Mg	91,98	71,96	53,88	47,18	0,71	0,73	0,66	0,89	91,27	71,23	53,22	46,29
1992	N	404,81	315,55	251,32	224,21	38,18	0,72	51,80	53,38	366,63	314,83	199,52	170,83
	P	47,60	36,92	29,31	26,15	4,34	0,08	6,12	6,30	43,26	36,84	23,19	19,85
	K	316,46	246,49	196,19	175,02	29,84	0,56	40,54	41,78	286,62	245,93	155,65	133,24
	Ca	677,13	525,31	418,96	373,08	64,41	1,20	87,32	89,81	612,72	524,11	331,64	283,27
	Mg	99,28	77,40	61,70	55,00	9,36	0,17	12,77	13,15	89,92	77,23	48,93	41,85
1996	N	385,43	334,32	218,60	197,58	28,59	5,41	3,81	0,69	356,84	328,91	214,79	196,89
	P	45,48	38,97	25,26	22,74	3,33	0,63	0,45	0,08	42,15	38,34	24,81	22,66
	K	301,38	261,05	170,42	153,92	22,30	4,22	2,98	0,54	279,08	256,83	167,44	153,38
	Ca	644,58	555,51	361,08	324,61	48,54	9,12	6,48	1,14	596,04	546,39	354,60	323,47
	Mg	94,58	82,01	53,53	48,28	7,04	1,33	0,94	0,17	87,54	80,68	52,59	48,11
TOTAL 1984-96	N					69,65	9,10	139,43	169,41				
	P					8,00	1,04	16,46	19,97				
	K					54,39	7,10	109,04	132,50				
	Ca					117,83	15,13	233,61	283,14				
	Mg					17,11	2,23	34,24	41,57				

En la Tablas 13 y 14 se presentan la cantidad de nutrientes extraídos con las claras practicadas en cada parcela para la fracción de fuste y ramas respectivamente. Esta información es muy difícil de encontrar en la bibliografía y pueden ayudar a decidir que tipo de extracción de los productos debe realizarse después de una clara (árbol completo, descortezado en monte, eliminación de residuos, etc.).

En la Tabla 13 se presentan los nutrientes pertenecientes a la madera y corteza del fuste, así como el total de los mismos. La práctica de descortezar en monte supone dejar sobre el terreno el 55 % del nitrógeno, el 76 % del fósforo, el 41 % del potasio, el 77 % del calcio y el 42 % del magnesio en comparación con los nutrientes extraídos, si se sacan los fustes con corteza y se descortezan en cargadero o en el patio de fábrica. Ciertamente, esta forma de proceder puede tener consecuencias económicas que es necesario valorar en cada caso para tomar una decisión concreta.

TABLA 13
CANTIDAD DE NUTRIENTES (kg/ha) EXTRAIDOS EN EL FUSTE
MADERA Y CORTEZA) CON LAS CLARAS EN EL
PERÍODO 1984-1996

Elements concentration (kg/ha) of the cutting in trunk (wood and bark) with
thinnings for 1984-96

1984	N			14,11	19,39			17,66	24,19			31,77	43,58
	P			1,05	1,44			3,45	4,73			4,50	6,17
	K			16,67	22,92			11,50	15,76			28,17	38,68
	Ca			20,90	28,73			71,50	97,93			92,40	126,66
	Mg			6,47	8,90			4,69	6,42			11,16	15,32
1988	N	0,49	0,52	0,47	0,64	0,59	0,53	0,59	0,78	1,08	1,05	1,06	1,42
	P	0,04	0,04	0,03	0,05	0,12	0,10	0,11	0,15	0,16	0,14	0,14	0,20
	K	0,58	0,62	0,56	0,76	0,38	0,35	0,38	0,51	0,96	0,97	0,94	1,27
	Ca	0,72	0,78	0,70	0,95	2,39	2,15	2,37	3,17	3,11	2,93	3,07	4,12
	Mg	0,22	0,24	0,22	0,29	0,16	0,14	0,16	0,21	0,38	0,38	0,38	0,50
1992	N	6,42	0,12	9,18	9,45	7,71	0,15	11,45	11,76	14,13	0,27	20,63	21,21
	P	0,48	0,01	0,68	0,70	1,51	0,03	2,24	2,30	1,99	0,04	2,92	3,00
	K	7,59	0,14	10,85	11,16	5,02	0,10	7,46	7,66	12,61	0,24	18,31	18,82
	Ca	9,51	0,18	13,59	13,99	31,20	0,61	46,37	47,63	40,71	0,79	59,96	61,62
	Mg	2,95	0,06	4,21	4,34	2,04	0,04	3,04	3,12	4,99	0,10	7,25	7,46
1996	N	4,95	0,94	0,68	0,12	6,23	1,18	0,86	0,15	11,18	2,12	1,54	0,27
	P	0,37	0,07	0,05	0,01	1,22	0,23	0,17	0,03	1,59	0,30	0,22	0,04
	K	5,85	1,11	0,80	0,14	4,06	0,77	0,56	0,10	9,91	1,88	1,36	0,24
	Ca	7,33	1,39	1,01	0,18	25,21	4,79	3,47	0,60	32,54	6,18	4,48	0,78
	Mg	2,27	0,43	0,31	0,06	1,65	0,31	0,23	0,04	3,92	0,74	0,54	0,10
TOTAL 1984-96	N	11,86	1,58	24,44	29,60	14,53	1,86	30,56	36,88	26,39	3,44	55,00	66,48
	P	0,89	0,12	1,81	2,20	2,85	0,36	5,97	7,21	3,74	0,48	7,78	9,41
	K	14,02	1,87	28,88	34,98	9,46	1,22	19,90	24,03	23,48	3,09	48,78	59,01
	Ca	17,56	2,35	36,20	43,85	58,80	7,55	123,71	149,33	76,36	9,90	159,91	193,18
	Mg	5,44	0,73	11,21	13,59	3,85	0,49	8,12	9,79	9,29	1,22	19,33	23,38

En la Tabla 14 se resumen los nutrientes extraídos en las fracciones de ramas (ramas de diámetro entre 2 y 7 cm y ramas de diámetro menor de 2 cm) y para la fracción de acículas. Estas fracciones son aún más importantes que la corteza en relación con la extracción de nutrientes de las claras y sobre todo en suelos pobres en materia orgánica y nutrientes, como es el caso que nos ocupa (Tabla 1), deberían dejarse sobre el suelo estos restos de corta. Ello supondría un aporte del 60,7 % de nitrógeno, del 52,9 % de fósforo, del 55,5 % de potasio, del 31,8 % de calcio y del 44,0 % de magnesio. Todo ello referido a la biomasa total extraída si se retirase la biomasa del árbol completo, es decir, el fuste y su corteza y los restos de corta, formados por las leñas de 2 - 7 cm de diámetro y las ramillas de diámetro menor a 2 cm con las acículas. La tendencia actual en todo el Norte de Europa es la de

TABLA 14
CANTIDAD DE NUTRIENTES (KG/HA) EXTRAIDOS EN RAMAS (MADERA Y CORTEZA) Y ACICULAS
CON LAS CLARAS EN EL PERIODO 1984-1996

Elements concentration (kg/ha) of the cutting in branches (wood and bark) and needles with thinnings for 19886-96

1984	N			2,87	3,91			9,66	13,49			36,82	50,70			49,35	68,10
	P			0,11	0,15			0,49	0,68			4,48	6,17			5,08	7,00
	K			1,67	2,27			8,18	11,43			25,38	34,95			35,23	48,65
	Ca			6,37	8,67			22,13	30,96			14,43	19,87			42,93	59,50
	Mg			0,69	0,95			2,30	3,22			5,72	7,88			8,71	12,05
1988	N	0,17	0,24	0,08	0,11	0,40	0,36	0,32	0,44	1,24	1,32	1,25	1,68	1,81	1,92	1,65	2,23
	P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,15	0,16	0,15	0,20	0,17	0,18	0,17	0,22
	K	0,10	0,15	0,04	0,06	0,34	0,31	0,28	0,37	0,85	0,91	0,86	1,16	1,29	1,37	1,18	1,59
	Ca	0,38	0,55	0,17	0,24	0,91	0,83	0,75	1,01	0,48	0,52	0,49	0,66	1,77	1,90	1,41	1,91
	Mg	0,04	0,06	0,02	0,02	0,10	0,08	0,08	0,11	0,19	0,20	0,19	0,26	0,33	0,34	0,29	0,39
1992	N	2,02	0,03	1,93	1,95	5,62	0,09	6,05	6,25	16,42	0,32	23,19	23,96	24,06	0,44	31,17	32,16
	P	0,07	0,00	0,07	0,07	0,28	0,00	0,31	0,32	2,00	0,04	2,82	2,91	2,35	0,04	3,20	3,30
	K	1,17	0,01	1,12	1,14	4,74	0,08	5,12	5,30	11,32	0,22	15,98	16,51	17,23	0,31	22,22	22,95
	Ca	4,52	0,06	4,36	4,43	12,74	0,22	13,90	14,38	6,44	0,12	9,09	9,39	23,70	0,40	27,35	28,20
	Mg	0,49	0,00	0,47	0,47	1,33	0,03	1,44	1,50	2,55	0,05	3,60	3,72	4,37	0,08	5,51	5,69
1996	N	1,42	0,24	0,15	0,02	3,51	0,65	0,44	0,09	12,48	2,41	1,69	0,32	17,41	3,30	2,28	0,43
	P	0,05	0,00	0,00	0,00	0,18	0,03	0,02	0,00	1,52	0,29	0,21	0,04	1,75	0,32	0,23	0,04
	K	0,83	0,13	0,09	0,01	2,96	0,54	0,37	0,07	8,60	1,66	1,16	0,22	12,39	2,33	1,62	0,30
	Ca	3,18	0,53	0,34	0,04	7,93	1,47	1,01	0,19	4,89	0,94	0,66	0,12	16,00	2,94	2,01	0,35
	Mg	0,35	0,06	0,04	0,00	0,82	0,15	0,11	0,11	1,94	0,37	0,26	0,05	3,11	0,58	0,41	0,16
TOTAL 1984-96	N	3,61	0,51	5,03	5,99	9,53	1,10	16,47	20,27	30,14	4,05	62,95	76,66	43,28	5,66	84,45	102,92
	P	0,12	0,00	0,18	0,22	0,48	0,05	0,84	1,02	3,67	0,49	7,66	9,32	4,27	0,54	8,68	10,56
	K	2,10	0,29	2,92	3,48	8,04	0,93	13,95	17,17	20,77	2,79	43,38	52,84	30,91	4,01	60,25	73,49
	Ca	8,08	1,14	11,24	13,38	21,58	2,52	37,79	46,54	11,81	1,58	24,67	30,04	41,47	5,24	73,70	89,96
	Mg	0,88	0,12	1,22	1,44	2,25	0,26	3,93	4,94	4,68	0,62	9,77	11,91	7,81	1,00	14,92	18,29

abandonar estos retos en el monte para su incorporación al suelo. En España no se debe actuar de esta forma por los elevados riesgos de incendios que ello supondría, por lo que en la mayoría de las ocasiones se debería emplear máquinas astilladoras y repartidoras de los restos de corta para que su descomposición e incorporación al suelo fuera más rápida, y por lo tanto, el peligro de incendio menor. Esta actividad podría ser muy interesante para el mantenimiento y crecimiento de la fertilidad de algunas masas forestales.

Los incrementos en nutrientes acumulados en el suelo son lógicamente proporcionales a los incrementos de biomasa que figuran en la Tabla 8. En la Tabla 15, de igual forma que en la Tabla 9, se presenta el incremento total de los contenidos en nutrientes entre los inventarios.

TABLA 15

**INCREMENTO TOTAL DE LOS CONTENIDOS EN NUTRIENTES
EN LA BIOMASA AEREA ENTRE 1984 Y 1996 (kg/ha)**

*Increment in element concentration in aboveground biomass between 1984-96
(kg/ha)*

1984-1988	N	34,80	35,80	33,45	32,28
	P	4,13	3,99	3,82	3,70
	K	27,35	27,35	25,97	25,08
	Ca	57,32	57,14	56,03	53,29
	Mg	8,55	8,08	8,21	7,89
1989-1992	N	32,42	24,53	34,69	35,69
	P	3,84	2,85	3,89	4,02
	K	25,43	19,56	26,89	27,67
	Ca	54,52	41,74	56,77	58,42
1993-1996	N	12,18	19,49	19,08	26,75
	P	1,58	2,13	2,07	2,89
	K	9,49	15,12	14,77	20,68
	Ca	20,90	31,40	29,44	41,34
	Mg	3,06	4,78	4,60	6,43

Cuantificación de la evolución del desfronde a lo largo del año

Para conocer la influencia de las claras en la cantidad y ritmo del desfronde nos basamos en la muestra obtenida en los 50 contenedores instalados en las parcelas experimentales (5 contenedores en cada una de ellas), tal y como se indicó en el apartado de Material y Métodos.

Los resultados obtenidos a lo largo de 10 años (1986-1995) se exponen en la Tabla 16 y Figura 1. Se puede observar que aunque existen grandes diferencias anuales debido, sobre todo, a las variaciones interanuales del clima, el ritmo de desfronde de las acículas es muy similar cada año con un máximo anual durante el

TABLA 16
VARIACION MENSUAL DEL DESFRONDE (ACÍCULAS) DURANTE
EL PERIODO 1986-94 (KG/HA M.S.)

Monthly variation of litterfall (needles) for 1986-94 period (kg/ha D.M.)

MDB	1986	351	137	50	32	79	145	321	553	476	183	278	397	3.000
	1987	328	86	43	181	160	136	1.028	676	384	426	127	98	3.674
	1988	329	67	111	150	140	94	92	395	1.622	352	212	190	3.754
	1989	138	499	102	232	160	139	381	1.537	462	216	612	449	4.929
	1990	77	59	129	165	56	118	1.216	683	675	428	196	71	3.872
	1991	90	54	176	51	138	167	822	983	340	429	222	56	3.529
	1992	60	108	196	161	345	239	231	2.192	456	318	150	186	4.641
	1993	146	173	46	127	306	286	447	1.868	496	458	109	80	4.541
	1994	111	121	48	148	80	109	964	322	204	169	203	36	2.514
	1995	230	164	144	107	174	568	679	464	341	129	290	240	3.532
	Media	186	147	104	136	164	200	618	967	546	311	240	180	3.799
Testigo	1986	451	125	42	37	66	154	297	807	618	380	272	394	3.642
	1987	430	154	34	160	156	177	1.112	562	425	370	131	108	3.820
	1988	314	57	109	165	122	123	109	448	1.799	385	130	177	3.938
	1989	111	690	100	237	154	319	885	1.789	339	196	411	394	5.624
	1990	96	75	93	88	54	94	1.132	480	604	348	177	73	3.314
	1991	104	55	111	61	114	228	592	1.150	540	323	224	58	3.561
	1992	62	99	156	161	213	296	427	1.940	328	298	119	122	4.221
	1993	115	142	51	90	118	111	584	1.502	340	238	69	58	3.419
	1994	108	76	33	91	79	80	798	245	169	101	154	18	1.951
	1995	145	72	86	70	243	496	492	361	236	81	272	133	2.687
	Media	193	154	82	116	132	208	643	929	540	272	196	153	3.617
Clara 1	1986	298	112	34	25	53	153	197	630	581	348	255	347	3.033
	1987	325	82	35	161	168	152	669	691	432	406	137	110	3.367
	1988	374	58	137	158	117	139	99	354	1.879	399	163	259	4.134
	1989	122	737	123	205	132	378	647	2.009	388	163	458	327	5.689
	1990	112	86	107	86	62	92	679	619	588	385	183	73	3.072
	1991	100	71	109	75	123	188	402	1.195	610	327	290	57	3.546
	1992	67	89	206	128	217	137	356	1.512	264	196	95	110	3.378
	1993	101	88	38	61	103	101	433	1.282	286	269	50	43	2.856
	1994	60	42	23	64	64	77	686	212	120	84	133	12	1.577
	1995	108	84	76	61	164	480	470	327	193	79	226	106	2.372
	Media	167	145	89	102	120	190	464	883	534	266	199	145	3.302
Clara 2	1986	209	75	19	19	29	84	147	575	554	191	211	243	2.355
	1987	291	73	17	76	100	91	610	520	265	283	90	89	2.505
	1988	248	59	83	70	89	99	88	296	1.203	273	87	135	2.730
	1989	82	430	92	174	113	186	605	1.714	316	159	424	356	4.651
	1990	103	68	87	69	56	80	911	567	547	246	176	78	2.987
	1991	82	82	94	56	90	176	434	996	398	314	162	51	2.935
	1992	46	93	103	150	208	93	224	1.660	288	197	77	78	3.217
	1993	96	83	45	67	93	88	270	1.361	260	240	53	40	2.695
	1994	43	37	29	42	85	41	772	196	91	61	91	11	1.498
	1995	112	38	38	48	135	546	506	263	150	56	186	96	2.175
	Media	131	104	61	77	100	148	457	815	407	202	156	118	2.775

verano (Julio, Agosto y Septiembre) y un máximo relativo que suele coincidir con los meses de invierno (Diciembre, Enero y Febrero). También [Hernández *et al.* \(1992\)](#) observó durante los tres años de su experiencia un máximo estival con el 60 % del total del desfronde. La variabilidad dentro de cada mes es muy alta, debido a las variaciones fenológicas y climáticas que hacen que los años que, por ejemplo, se adelanta el verano, por sequía, se adelanta también el máximo por desfronde estival. Por otra parte se observa que la cantidad total anual de acículas desprendidas descende con la intensidad de la clara, ordenándose perfectamente los tratamientos según la densidad de la masa.

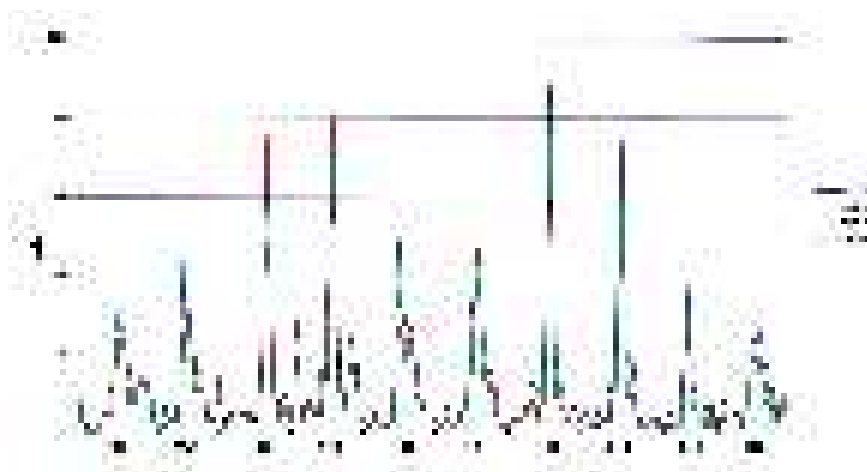


Fig. 1.—Evolución mensual del desfronde en parcelas con distinta densidad. Período 1986-95. Repoblación de *Pinus pinaster* de 45 años. Fuencaliente (Ciudad Real).
Monthly weight of needles fall (1986-95) at different intensity of thinning. Artificial forest of Pinus pinaster, 45 years old. Fuencaliente (Ciudad Real).

Contenido en nutrientes de las acículas caídas a lo largo del año

Dado que no se encontraron diferencias significativas en el contenido de nutrientes correspondientes a las acículas desprendidas en los diferentes meses del año, ni entre años y, tampoco entre las acículas correspondientes a cada tratamiento selvícola, se decidió considerar como valor medio para cada nutriente la media de las 144 muestras analizadas. Los resultados medios obtenidos para cada elemento se exponen en la Tabla 17.

TABLA 17
CONTENIDO MEDIO EN NUTRIENTES DE LAS ACÍCULAS
DESPRENDIDAS A LO LARGO DEL AÑO (%) PARA TODOS LOS
TRATAMIENTOS

*Monthly mineral element concentration of needles litterfall (%) for
all treatments*

N	0,37	0,42	0,44	0,49	0,55	0,47	0,42	0,32	0,30	0,31	0,33	0,38	0,40
P	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
K	0,09	0,13	0,13	0,26	0,27	0,17	0,19	0,25	0,18	0,13	0,11	0,11	0,17
Ca	0,61	0,64	0,60	0,49	0,34	0,44	0,52	0,55	0,55	0,51	0,64	0,64	0,54
Mg	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,16	0,14	0,13	0,11	0,11	0,12

El calcio es el primer elemento por su contribución relativa a la composición de hojarasca; las mayores necesidades de este alcalinotérreo se dan en los órganos foliares, tendencia similar a la observada en *P. halepensis* (Rapp, 1974) y *P. sylvestris* (Santa Regina *et al.*, 1989).

Aunque los contenidos de nitrógeno suelen ser elevados en los órganos foliares, en ocasiones, debido a la escasez de este elemento en el suelo puede dar lugar a bajos contenidos de N en las acículas, tal y como ocurre en nuestro caso (Rodin y Bazilevich, 1967; Volay, 1975).

Aplicando esos porcentajes a la biomasa de acículas desprendidas cada mes se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 18 en la que se cuantifican los kg/ha de cada elemento que mensualmente se depositan en la superficie como consecuencia del bombeo de nutrientes que lleva a cabo el árbol. Lógicamente la cantidad de nutrientes depositados en superficie varía con la densidad de la masa y disminuye a medida que aumenta la intensidad de la clara.

Se ha observado diferencias entre la composición mineral de las acículas verdes y la fracción de desfronde de acículas: se produce una disminución en éstas últimas de los contenidos en N, P y K, mientras que se mantienen los porcentajes de Mg y aumentan considerablemente los de Ca. Este proceso de retranslocación de nutrientes antes de que las acículas se desprendan puede entenderse como una estrategia para incrementar la eficacia en la utilización de nutrientes. Este mecanismo constituye un proceso importante para el crecimiento de las plantas en suelos pobres en nutrientes (tal y como ocurre en nuestro sitio de ensayo). El aumento del contenido en calcio en las acículas desprendidas con respecto a las verdes puede deberse a que para este elemento se produzca una absorción menor que en el resto de los nutrientes (o nula) y a que además no se haya tenido en cuenta la pérdida de masa de las acículas desprendidas.

TABLA 18
VARIACIÓN MENSUAL DE LA CANTIDAD DE NUTRIENTES
DEPOSITADOS EN SUPERFICIE POR EL DESFRONDE
(ACÍCULAS) (kg/ha)
Monthly variation of mineral element return the soil by litterfall (needles)
(kg/ha)

MBD	N	0,69	0,62	0,46	0,66	0,90	0,94	2,60	3,10	1,64	0,96	0,79	0,69	14,04
	P	0,04	0,04	0,04	0,05	0,08	0,10	0,31	0,29	0,16	0,06	0,05	0,05	1,29
	K	0,17	0,19	0,14	0,54	0,44	0,34	1,17	2,42	0,98	0,40	0,26	0,20	7,07
	Ca	1,13	0,94	0,63	0,66	0,56	0,88	3,21	5,32	3,00	1,59	1,54	1,15	20,61
	Mg	0,22	0,16	0,11	0,15	0,18	0,24	0,80	1,55	0,76	0,40	0,26	0,20	5,05
Testigo	N	0,72	0,65	0,36	0,57	0,73	0,98	2,70	2,97	1,62	0,84	0,65	0,58	13,36
	P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	K	0,17	0,20	0,11	0,30	0,36	0,35	1,22	2,32	0,97	0,35	0,22	0,17	6,74
	Ca	1,18	0,99	0,49	0,57	0,45	0,91	3,34	5,11	2,97	1,39	1,25	0,98	19,63
	Mg	0,23	0,17	0,09	0,13	0,15	0,25	0,84	1,49	0,76	0,35	0,22	0,17	4,83
Clara 1	N	0,62	0,61	0,39	0,50	0,66	0,89	1,95	2,83	1,60	0,82	0,66	0,55	12,07
	P	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09	0,23	0,26	0,16	0,05	0,04	0,04	1,10
	K	0,15	0,19	0,12	0,27	0,32	0,32	0,88	2,21	0,96	0,35	0,22	0,16	6,14
	Ca	1,02	0,93	0,53	0,50	0,41	0,83	2,41	4,86	2,94	1,35	1,27	0,92	17,98
	Mg	0,20	0,16	0,10	0,11	0,13	0,23	0,60	1,41	0,75	0,35	0,22	0,16	4,42
Clara 2	N	0,49	0,44	0,27	0,38	0,55	0,70	1,92	2,61	1,22	0,63	0,51	0,45	10,15
	P	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,07	0,23	0,24	0,12	0,04	0,03	0,04	0,94
	K	0,12	0,13	0,08	0,20	0,27	0,25	0,87	2,04	0,73	0,26	0,17	0,13	5,25
	Ca	0,80	0,66	0,36	0,38	0,34	0,65	2,37	4,48	2,24	1,03	1,00	0,75	15,07
	Mg	0,16	0,11	0,07	0,08	0,11	0,18	0,59	1,30	0,57	0,26	0,17	0,13	3,74

Determinación del peso de acículas acumuladas sobre la superficie e incorporadas al suelo

Para evaluar la influencia de la clara en la descomposición de la pinocha por los diferentes grados de luminosidad que llevan consigo las distintas intensidades de clara, se muestreó la superficie de la parcela tal y como se indica en el apartado de Métodos. Los resultados obtenidos para cada tratamiento selvícola, corres-pondientes a los años 1985, 1998, 1992 y 1995 (siempre entre el 27 y 30 de Diciembre) fecha en que se tomaron las muestras, se exponen en la Tabla 19.

La cantidad de acículas descompuestas e incorporadas al suelo entre 1985 y 1995 será la diferencia entre los kg/ha acumulados en 1995 menos los kg/ha acumulados en 1985, más los que se han desprendido durante estos años a través del desfronde (Tabla 20).

TABLA 19
BIOMASA DE ACÍCULAS ACUMULADAS SOBRE LA SUPERFICIE
EN EL PERÍODO 1985-95 (kg/ha M.S.)

Dry weight of needled litterfall on the soils for 1985-1995 (kg/ha D.M.)

MDB	9.888	9.980	8.288	8.120
Testigo	13.664	13.821	10.615	8.430
Clara 1	12.514	11.296	9.476	8.845
Clara 2	12.920	9.869	7.152	6.897

TABLA 20
EVOLUCIÓN DE LA CANTIDAD DE ACÍCULAS ACUMULADAS
SOBRE LA SUPERFICIE E INCORPORADAS AL SUELO
(kg/ha M.S.)

Evolution of weight needles litterfall store on soil surface and mineralized (kg/ha D.M.).

Acumuladas en 1985 ⁽¹⁾	9.888	13.664	12.514	12.920
Acumuladas en 1988	9.980	13.821	11.298	9.869
Diferencias 1988-85	92	157	-1.216	-3.051
Aportadas entre 1985-88	10.428	11.399	10.533	7.599
Incorporadas entre 1985-88	10.336	11.242	11.749	10.650
Incorporadas por año	3.445	3.747	3.916	3.550
Acumuladas en 1992 ⁽¹⁾	8.288	10.615	9.476	7.152
Diferencias 1992-88	-1.692	-3.206	-1.822	-2.717
Aportadas en 1988-92	16.971	16.719	15.195	13.790
Incorporadas entre 1988-92	18.663	19.925	17.017	16.507
Incorporadas por año	4.666	4.981	4.254	4.127
Acumuladas en 1995 ⁽¹⁾	8.120	8.430	8.845	6.897
Diferencias 1995-92	-168	-2.185	-631	-255
Aportadas entre 1992-95	10.587	8.057	6.805	6.368
Incorporadas entre 1992-95	10.755	10.242	7.436	6.623
Incorporadas por año	3.585	3.414	2.479	2.208
MEDIA INCORPORADAS 1985-95	2.924	3.036	2.662	2.471

(1) Las muestras se recogieron siempre del 27 al 30 de diciembre.

Las acículas acumuladas sobre la superficie han disminuido en todos los tratamientos, entre 1985 y 1992, pero se observa que esta disminución ha sido mucho más fuerte cuanto más aclarado está el arbolado. Las parcelas con máxima densidad biológica y las parcelas testigos, en las cuales tampoco se ha aclarado durante esta experiencia, se comportan de forma similar tanto en lo que se refiere a la cantidad de acículas acumuladas, como a los aportes por desfronde y las incorporaciones anuales de acículas al suelo (Tabla 20).

En las parcelas de clara 1 y clara 2 han disminuido las cantidades de acículas acumuladas en el suelo, el desfronde anual y la incorporación de acículas al suelo. Este descenso no muestra una tendencia clara. La velocidad de incorporación parece que sólo ha bajado en el último trienio (1992-95) y no en los otros dos periodos. Sin embargo los aportes por desfronde han disminuido en las parcelas de clara 1 y clara 2 desde el comienzo de la experiencia. Todo parece indicar que en climas mediterráneos de veranos muy secos y calurosos la velocidad de incorporación de las acículas al suelo no crece significativamente con la realización de claras. La menor cantidad de acículas acumuladas que se pone de manifiesto en las parcelas aclaradas podría deberse al descenso de los aportes por desfronde combinado con un efecto de “barrido de acículas” por el viento. Este último efecto podría verse incrementado en las parcelas aclaradas por el menor obstáculo que oponen los árboles a la circulación del viento.

TABLA 21
VARIACIÓN ANUAL DE LA CANTIDAD DE NUTRIENTES
INCORPORADOS AL SUELO PROCEDENTES DE LAS
ACÍCULAS DEL DESFRONDE (kg/ha)

Annual weight of nutrient of needles litterfall mineralized in the soil (kg/ha)

1985-88	N	13,78	14,99	15,66	14,20
	P	1,03	1,12	1,17	1,07
	K	5,86	6,37	6,66	6,04
	Ca	18,60	20,23	21,15	19,17
	Mg	4,13	4,50	4,70	4,26
1989-92	N	18,66	19,92	17,02	16,51
	P	1,40	1,49	1,28	1,24
	K	0,00	8,47	7,23	7,02
	Ca	25,20	26,90	22,97	22,29
	Mg	5,60	5,98	5,10	4,95
1993-95	N	14,34	13,66	9,92	8,83
	P	1,08	1,02	0,74	0,66
	K	6,09	5,80	4,21	3,75
	Ca	19,36	18,44	13,39	11,92
	Mg	4,30	4,10	2,97	2,65
Media 1985-95	N	15,59	16,19	14,20	13,18
	P	1,17	1,21	1,06	0,99
	K	3,98	6,88	6,03	5,60
	Ca	21,05	21,86	19,17	17,79
	Mg	4,68	4,86	4,26	3,95

La diferencia entre la cantidad de acículas aportadas e incorporadas en cada período, indica que las cantidades medias incorporadas cada año son mayores que las depositadas en superficie como consecuencia del desfronde, por lo cual la capa de pinocha acumulada va disminuyendo progresivamente. Este hecho no puede atribuirse a la mayor o menor densidad de la masa, ni al grado de intervención selvícola, ya que se produce con igual intensidad en los cuatro tratamientos. Al no haberse medido la velocidad de descomposición de acículas por un procedimiento directo y preciso, sino de forma indirecta y como diferencia entre la cantidad acumulada en diferentes fechas más las aportaciones producidas en ese período no se puede sacar conclusiones definitivas. Las cifras comentadas, a pesar de haber sido medidas con la mayor precisión posible están sujetas a los errores del método y de la muestra y por consiguiente han de ser tomadas como indicadoras del proceso de incorporación de la materia orgánica al suelo.

Si aplicamos a las cantidades medias que incorporan anualmente al suelo los porcentajes en riqueza de nutrientes referidos en la Tabla 17 (valores medios) obtenemos los kg/ha de cada nutriente que anualmente se incorporan al suelo en función de cada tratamiento. En la Tabla 21 se exponen estos resultados.

Determinación de la biomasa desprendida (ramas, piñas y corteza) en el período 1985-95 (kg/ha M.S.)

La cantidad de biomasa total desprendida por el vuelo arbóreo a lo largo del año está formada por las acículas, ramas y ramillas que se van desprendiendo periódicamente, así como las piñas y las cortezas. Las ramas, piñas y cortezas suponen una parte importante de los aportes totales que cada año se devuelven al suelo procedente de las copas. En la Tabla 22 se presentan las cantidades anuales expresadas en kg/ha M.S. depositadas entre 1985 y 1995.

TABLA 22
VARIACIÓN DE LA BIOMASA ANUAL DESPRENDIDA DE RAMAS,
PIÑAS Y CORTEZAS EN FUNCIÓN DEL RÉGIMEN DE CLARA
(kg/ha D.M.)

Yearly aboveground litterfall (branches, cones and barks) production in thinning with different intensity (kg/ha D.M.)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
MDB	2.950	2.767	2.864	2.808	1.596	2.425	2.952	3.480	2.272	1.225	25.339
Testigo	2.140	2.235	2.477	2.388	1.542	2.109	2.597	3.086	2.212	882	21.668
Clara 1	2.030	2.035	2.142	2.163	1.479	1.705	2.271	2.838	1.752	779	19.194
Clara 2	1.973	1.925	1.958	1.988	1.195	1.272	2.051	2.830	1.695	929	17.816

De la Tabla 22 se deduce que la cantidad de biomasa desprendida crece con la

densidad del rodal, produciéndose una jerarquización tanto anual como para el total del periodo. Los años 1992 y 1993 se produce un ligero incremento posiblemente debido a un aumento de la producción de piña y a que en 1992 se realizó la segunda clara, lo que pudo provocar que los árboles apeados en la clara, al caer al suelo, rocen o golpeen a algunos de los árboles restantes, desprendiéndose un mayor número de ramillas muertas. Este hecho justifica el incremento llevado a cabo en las parcelas aclaradas, pero no en la parcela de máxima densidad biológica (MDB), ni en las parcelas testigos, en las que no se cortaron árboles, y en las cuales las causas solo podría deberse a que durante estos años se produjo una gran sequía, lo que pudo provocar una mayor mortalidad y desprendimiento de ramillas o por tratarse de años en los que apareciesen temporales de viento con mayor frecuencia o intensidad.

No se dispone de datos sobre el contenido en nutrientes de estas fracciones de biomasa desprendida, lo cual nos hubiera permitido completar el total de nutrientes depositados cada año sobre la superficie, debido a la labor de bombeo de nutrientes que realizan los árboles, pero si podemos hacerlo en términos de kg/ha M.S. de biomasa depositada anualmente sumando las cantidades que figuran en la Tablas 16 y 22. El resultado se expone en la Tabla 23 y proporciona una estimación bastante precisa de la biomasa total desprendida anualmente en una masa forestal de *P. pinaster* de estas características y sometida a diferentes intervenciones selvícolas.

TABLA 23
VARIACIÓN ANUAL DE LA BIOMASA AÉREA TOTAL
DES-PRENDIDA (KG/HA M.S.) EN FUNCIÓN DEL RÉGIMEN
DE CLARA

Yearly aboveground total litterfall (needles, branches, cones and barks)
production in thinning with different intensity (kg/ha D.M.)

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total
MDB	Acículas	3.000	3.674	3.754	4.929	3.872	3.529	4.641	4.541	2.514	3.532	3.799
	R+P+C ⁽¹⁾	2.950	2.767	2.864	2.808	1.596	2.425	2.952	3.480	2.272	1.225	2.534
	Total	5.950	6.441	6.618	7.737	5.468	5.954	7.593	8.021	4.786	4.757	6.333
Tetigo	Acículas	3.642	3.820	3.938	5.624	3.314	3.561	4.221	3.419	1.951	2.687	3.617
	R+P+C ⁽¹⁾	2.140	2.235	2.477	2.388	1.542	2.109	2.597	3.086	2.212	882	2.167
	Total	5.782	6.055	6.415	8.012	4.856	5.670	6.818	6.505	4.163	3.569	5.784
Clara 1	Acículas	3.033	3.367	4.134	5.689	3.072	3.546	3.378	2.856	1.577	2.372	3.302
	R+P+C ⁽¹⁾	2.030	2.035	2.142	2.163	1.479	1.705	2.271	2.838	1.752	779	1.919
	Total	5.063	5.402	6.276	7.852	4.551	5.251	5.649	5.694	3.329	3.151	5.222
Clara 2	Acículas	2.355	2.505	2.730	4.651	2.987	2.935	3.217	2.695	1.498	2.175	2.775
	R+P+C ⁽¹⁾	1.973	1.925	1.958	1.988	1.195	1.272	2.051	2.830	1.695	929	1.782
	Total	4.328	4.430	4.688	6.639	4.182	4.207	5.268	5.525	3.193	3.104	4.556

(1) R+P+C: Biomasa de ramas, piñas y corteza.

De la observación de la Tabla 23 se desprende que la biomasa total aportada al suelo por desfronde del vuelo arbóreo disminuye a medida que se aclara la masa.

La media anual de desfronde obtenida oscila entre 4.556 - 6333 kg/ha-año. Nuestros valores son menores a otros datos tomados en ecosistemas de pinares: Polster (1950), para *P. sylvestris*, aporta cifras de desfronde totales de 9.400 kg/ha-año; Gallardo *et al.* (1989) también para *P. sylvestris* obtiene resultados de 7.100 kg/ha-año. Para masas de *P. radiata* de 26 años Huber y Oyarzun (1983) obtienen cifras de desfronde total de 3.700, y Will (1967) de 6.300 kg/ha-año. Por lo contrario son bastante más elevados que los obtenidos en una masa de *P. pinaster* localizada en la provincia de Zamora de 30 años de edad, con 1.000 árboles/ha, un diámetro medio de 22 cm y una altura media de 6,5 m (Hernández *et al.*, 1992) cuya media de tres años no superó los 1.800 kg/ha-año. Aunque hay que tener en cuenta la presencia de un ataque de procesonaria en dicha masa, lo que por supuesto reduce el desfronde.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de esta experiencia son las siguientes:

- Se confirma, una vez más, que la intensidad de la clara no influye significativamente en la altura dominante, el área basimétrica total y el volumen total de la masa, así como sobre sus crecimientos medios y corrientes.
- El diámetro medio y la calidad de la madera de los árboles que queda en pie aumentan con la intensidad de la clara.
- El porcentaje de biomasa en el fuste es mayor en las clases diamétricas centrales que en los extremos de las distribuciones diamétricas. Ésto justifica la práctica selvícola de favorecer a las clases diamétricas centrales concentrando en ellas la productividad de la masa.
- El porcentaje de acículas respecto a la biomasa total del árbol se mantiene sensiblemente constante en todas las clases diamétricas.
- El crecimiento medio en biomasa aérea total se mantiene sensiblemente constante con independencia de los tratamientos selvícolas. Solamente las claras muy fuertes pueden hacer descender este crecimiento. Ésto se produce como consecuencia de que durante los períodos transcurridos entre claras los sistemas radicales y aéreos no ocupan totalmente el espacio y por consiguiente no aprovechan totalmente la potencialidad de la estación.
- La intensidad de las claras puede ser cuantificada por el porcentaje de biomasa aérea total extraída. Entre 1984 y 1996 se ha extraído un 39,4 % de la biomasa total en la Clara 1 correspondiente a un 63 % de los pies, un 39 % del área basimétrica y un 36 % del volumen. En la Clara 2 se ha extraído un 46,3 % de la biomasa total aérea, correspondiente a un 71 % de los pies, un 48 % del área basimétrica y un 42 % en volumen. Se observa una alta correlación entre el área basimétrica extraída y la biomasa total extraída, lo

que confirma una vez más al área basimétrica como un excelente estimador de la producción de madera y de biomasa total aérea. La parcela de máxima densidad biológica ha perdido por mortalidad el 19,6 % de la biomasa aérea en este mismo período (1984-96) lo cual confirma las claras como una técnica capaz de adelantarse a la naturaleza y que permite aprovechar productos de pequeñas dimensiones, que de otra manera se van “perdiendo” a medida que los árboles van muriendo como resultado de la competencia biológica.

- El descortezado de los fustes en el monte permite que una parte importante de los nutrientes se queden en el monte y se incorporen al suelo aumentando su fertilidad.
- El abandono de los restos de corta en el monte o su astillado y distribución por la zona de corta supone un aporte de más del 50 % del total de nutrientes que se extraen del sistema si se saca el árbol completo o se queman los restos de corta.
- La cantidad de acículas desprendidas mensualmente es variable en función de los cursos meteorológicos. No obstante, en líneas generales se mantiene un ritmo de desfonde bastante similar todos los años.
- La cantidad de acículas depositadas anualmente en la superficie por desfonde disminuye a medida que aumenta la intensidad de la clara. Lógicamente el mismo comportamiento sigue la biomasa total desprendida (acículas, ramas, cortezas y piñas).
- La cantidad de acículas descompuestas e incorporadas al suelo anualmente no varía significativamente con la intensidad de la clara.

SUMMARY

Aboveground productivity and nutrient dynamic in a reforestation of *Pinus pinaster* Ait. with different intensities thinning

Thinning of different intensity have been carried out on a *Pinus pinaster* plantation and results have been compared with that of a control treatment and one plot with the maximum biological density for this species and age. The experimental design consists of randomized blocks.

Four inventories were made in summer in 1984, 1988, 1992 and 1996. With this information the volume, basal area and number of tree before thinning, thinning and after thinning were calculated.

Standing biomass and mineral element concentration before thinning, biomass removed with thinning and standing biomass after thinning have been estimated through inventories and subsequent determination of modular values (a sample with 100 trees).

Litter fall represented by needles fall and dead branches has been measured as well as its evolution through the year on plots representing four different stand densities.

KEY WORDS: Productivity
Thinning
Pinus pinaster
Aerea Biomass
Litterfall

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSMANN E., 1970. *The principles of forest yield study*. Pergamon Press: 506. Oxford.
- ALLUÉ ANDRADE J.L., 1990. *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. INIA-MAPA. Madrid
- BRAY J.R., GORHAM E., 1964. Litter production in forests of the world. *Adv. Ecol. Res.* 2: 101-157.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1985. Soils Map of the European Communities (1:1.000.000) D.G.A. Luxembourg.
- HUBER J., OYARZUN C., 1983. Producción de hojarasca y sus relaciones con factores meteorológicos en un bosque de *Pinus radiata*. *Bosque*, Valdivia, 5:1-11.
- GALLARDO J.F., SANTA REGINA I., SAN MIGUEL C., 1989. Ciclos biogeoquímicos en bosques de la Sierra de Bejar (Salamanca, España). 1. Producción de hojarasca. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 26(1):35-46.
- GUERRA A., 1968. *Mapa de suelos de España, E. 1/1000.000. Península y Baleares*. Inst. Nac. Agrob. "José M^a Albareda" CSIC.
- HERNÁNDEZ I.M., GALLARDO J.F., SANTA REGINA I., 1992. Dynamic of organic matter in forest subject to a mediterranean semi-arid climate in the Duero basin (Spain): Litter production. *Acta Oecologica*, 13(1): 55-65.
- MONTERO G., 1992. Aspectos ecológicos y productivos de la Selvicultura. *Ecología*, 6: 111-121.
- MONTERO G., GOMEZ J.A., ORTEGA C., 1991. Estimación de la productividad aérea en una repoblación de *Pinus pinaster* Ait. en el Centro de España. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 0: 191-202.
- POLTER M., 1975. Nitrogen transfer in ecosystems. En: *Soil diversity*. Ed. Pard, E.A. y McLaren, A.D., 4:1-30.
- RODIN L.E., BAZILEVICH N.I., 1967. *Production and mineral cycling in terrestrial vegetation*. Edinbourg.
- RAPP M., 1974. Le cycle biogéochimique dans un bois de pins d'Alep. En: *Ecologie forestière*. Ed. Pesson, P. Ganthier-villars, 7:75-97.
- RIVAS MARTÍNEZ S., 1987. *Memoria del Mapa de Vegetación de España*. ICONA. Serie Técnica 269. Madrid.
- SANTA REGINA I., GALLARDO J.F., SAN MIGUEL C., 1989. Ciclos biogeoquímicos en bosques de la Sierra de Bejar (Salamanca, España). 2. Retorno potencial de bioelementos por medio de la hojarasca. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 26(2):155-170.
- VOLAY J., 1975. Premier aperçu sur l'activité biologique de l'humus de *Pinus pinea* L. D.E.A.A., U.S.T.L., Montpellier, 40 p.
- WILL G.M., 1967. Decomposition of *P. radiata* litter on the forest floor 1. Changes in dry matter and nutrient content. *New Zeal. J. Sci.* 10: 1030:1060.