



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-202

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Efecto del tratamiento de clareo y poda en el estado nutritivo y la producción de masa foliar de una masa de repoblado post-incendio de *Pinus pinea* L.

GONZALEZ CASCON, R.¹, GONZALEZ GONZALEZ, I.², SERRANO JATIVA, M.², CONDE RODRIGUEZ, M.², MADRIGAL CASANUEVA, G.² y PARDOS MINGUEZ, M.²

¹ Departamento de Medio Ambiente, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y Alimentarias (INIA). Crra. de la Coruña km 7.5. 28040 Madrid.

² Centro de Investigación Forestal (CIFOR), Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y Alimentarias (INIA). Ctra. de la Coruña km 7.5. 28040 Madrid.

Resumen

Las técnicas de manejo forestal tienen un impacto decisivo en el reciclaje de nutrientes y, por tanto, en el estado nutritivo de las masas forestales, especialmente en aquellas altamente vulnerables por la baja disponibilidad de recursos. En estos casos la gestión debería contemplar medidas que optimicen la disponibilidad de nutrientes y con ello mejoren el estado nutritivo y sanitario de la masa. Sobre un ensayo de clareos tempranos y podas de baja intensidad establecido en el año 2006 en una masa coetánea por plantación de *Pinus pinea* de 10 años de edad en Olmedo (Valladolid), se ha llevado a cabo un estudio del efecto de los tratamientos selvícolas sobre el estado nutritivo, la producción de masa foliar y de mineralomasa 7 años después de la intervención. El tratamiento de clareo ha producido un incremento significativo en la producción de biomasa foliar por árbol. Se detectó también un efecto negativo de la poda en la producción de masa foliar, pero sólo en las parcelas aclaradas. El incremento de biomasa en las parcelas aclaradas y no podadas ha ido acompañado de un incremento del N foliar, de la relación N/P y una disminución de Mn. Con respecto a los demás nutrientes analizados (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y B) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, en la mineralomasa acumulada por árbol destaca el efecto positivo del tratamiento de clareo sin poda, que alcanza valores significativamente superiores en todos los nutrientes estudiados con excepción del Mn.

Palabras clave

Nutrición, mineralomasa, cortas de mejora, manejo adaptativo

1. Introducción

El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) es una especie característica de la cuenca mediterránea, siendo España con 475.000 ha el país que cuenta con la mayor área de distribución (MONTERO et al. 2004), y cuyas masas se caracterizan por su multifuncionalidad (aprovechamiento de madera, piñón, protección frente a la erosión y uso recreativo). En la meseta norte los pinares de pino piñonero ocupan aproximadamente 40,100 ha distribuidas principalmente en la zona sur del río Duero en el sur-oeste de la provincia de Valladolid, noroeste de Segovia, y norte de Ávila (GORDO, 2004).

El programa de reforestación de tierras agrarias supuso la creación de unas 7000 ha de masas artificiales de pino piñonero en la provincia de Valladolid (GORDO et al. 2009). En estas zonas en las que la escasez de recursos hídricos y nutritivos es más la limitante que la luz, la gestión se dirige a una reducción temprana de la competencia para llegar a la densidad final antes de alcanzar la mitad del turno (MONTERO Y CANDELA 1998; MONTERO et al. 2008). El interés económico y social por el aprovechamiento de la piña ha llevado a un cambio en la gestión selvícola de estas masas, tendiendo a una reducción temprana de la densidad del arbolado para permitir el desarrollo de copas abiertas y

soleadas y una tendencia a la supresión de las podas bajas que tradicionalmente acompañaban a la primera intervención selvícola (CALAMA Y MONTERO, 2005; GORDO et al., 2009). Se ha estudiado el efecto de estas medidas selvícolas sobre el crecimiento (GORDO et al. 2009), el regenerado natural (GORDO et al. 2012), la producción de piña (MORENO- FERNÁNDEZ et al., 2013) o el crecimiento radial basal y radicular (RUIZ-PEINADO et al. 2015). Como aportación a estos análisis se ha llevado a cabo un estudio para conocer el efecto de las técnicas selvícolas ensayadas sobre el estado nutritivo y la producción de mineralomasa en una plantación de la provincia de Valladolid.

2. Objetivos

Se plantean como objetivos evaluar el efecto de la reducción de la competencia y la aplicación de poda baja sobre la producción de la masa foliar, el estado nutritivo y la producción de mineralomasa en una plantación joven de *Pinus pinea* 7 años después de la intervención.

3. Metodología

Descripción del sitio

La zona de estudio se encuentra en la zona de pinares de la meseta castellana norte en la provincia de Valladolid, perteneciente al grupo territorial 2 dentro de las áreas potenciales fisiográfico-climáticas para el pino piñonero definidas por SANCHEZ-PALOMARES et al. (2013). Este grupo representa el 18,8 % del área potencial total del pino piñonero en España, dentro de un margen altitudinal entre 545-1054 m.s.n.m. perteneciente al piso bajo montano y montano, con un rango de precipitación anual de 360-946 mm y 10,8-14,5 °C de temperatura media anual (SANCHEZ-PALOMARES et al. 2013). El sitio de ensayo se encuentra en el monte nº 37 del C.U.P. del término municipal de Olmedo en una parcela de una superficie aproximada de 30 ha, con una repoblación de *Pinus pinea* por plantación, realizada en 1996 tras un incendio con una densidad teórica inicial de 1.222 pies/ha (GORDO et al. 2009). La precipitación media anual es de 451,2 mm y la temperatura media de 12,1°C (AEMET, estación 2503). El año 2012 fue más seco que el 2013 con temperaturas máximas en verano más cálidas (Tabla 1). Los suelos hasta 80 cm se caracterizan por un bajo contenido en materia orgánica (0,03-0,86 %), elevado porcentaje de arena (90-95%) y un pH en agua ligeramente ácido (6,1-6,4).

Tabla 1. Datos climáticos de los años de estudio (Inforiego, estación V03-Olmedo).

Año	P anual (mm)	TM anual °C	T min anual °C	T max anual °C
2012	399,95	11,69	-10,62 (22-2-2012)	40,36
2013	449,49	11,29	-9,83 (10-12-2013)	36,50

Diseño experimental

En la parcela se instaló un ensayo de clareos y podas bajas a los 10 años de la plantación. En julio de 2006 se realizó un ensayo combinado de dos niveles de clareo y poda, mediante un diseño factorial 2 x 2 en bloques completos aleatorizados con 12 parcelas de 1000 m² de superficie (2 factores x 2 niveles x 3 réplicas). Se realizaron 4 tratamientos: clareo y poda (CP), clareo y no poda (CN), ambos con una densidad de 450 pies/ha; y testigo podado (TP) y testigo no podado (TN) ambas con una espesura de 800 pies/ha (Figura 1). La poda se realizó hasta una altura máxima de 1 metro, sin superar nunca 1/3 de la altura total de la planta. El tratamiento CN corresponde a la intervención temprana de clareo sin poda propuesta por Gordo et al. (2009).

Metodología de muestreo

Dentro de cada parcela se marcaron 10 árboles sometidos a condiciones homogéneas de competencia antes de la intervención (GORDO et al., 2009). En primavera de 2013 se midió el diámetro normal (a 1,30 m) y altura total. La biomasa foliar seca en kg por árbol se ha estimado mediante el modelo alométrico para *Pinus pinea* desarrollado por MONTERO et al. (2005).

El muestreo foliar se llevó a cabo en 4 árboles por parcela seleccionados entre los 10 marcados y 4 parcelas por cada uno de los 3 bloques. El total de árboles muestreados fueron 48, 12 por cada tratamiento. El muestreo se llevó a cabo según las directrices de muestreo foliar del ICP-Forests (2016). Cada árbol se muestreó separadamente, recogiendo en cada uno, una muestra compuesta por cuatro ramillos de las cuatro orientaciones del tercio superior de la copa completamente iluminado. En cada árbol se muestrearon separadamente las acículas del brote del año en curso y las del año anterior. El muestreo se realizó en invierno (enero de 2014), cuando las concentraciones de nutrientes son más estables, para poder contrastarlas con los rangos de referencia foliares europeos para especies forestales.

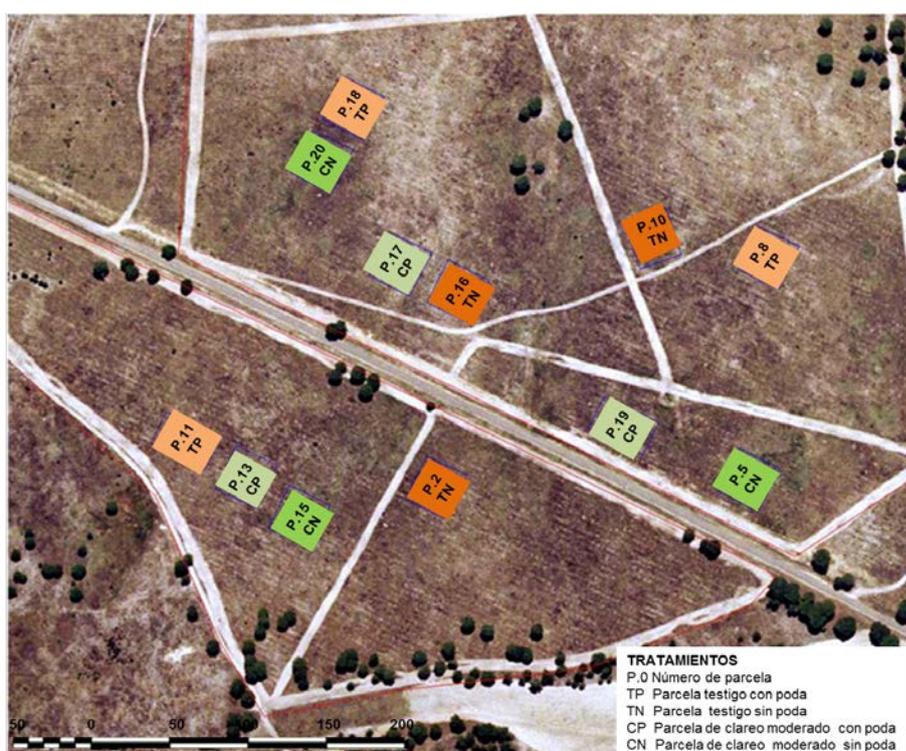


Figura1. Localización de las parcelas y tratamientos

Metodología de análisis

En el laboratorio las muestras se secaron a 65°C durante 3 días. En la muestra seca se separaron las acículas por clases de edad y se determinó el peso de 1000 acículas. Una vez molidas (molino Culatti IKA mod. MFC), en las 96 muestras recogidas (48 del brote del año en curso y 48 del año anterior) se analizaron los contenidos totales de carbono y nitrógeno por combustión seca mediante un analizador elemental (LECO CN-2000). Para el análisis los nutrientes restantes (P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, B) se llevó a cabo una digestión con ácido nítrico mediante un sistema de digestión por microondas (Milestone, MLS 1200), seguida de análisis elemental por ICP-OES (Perkin-Elmer, Optima 5300DV). Todos los análisis químicos se llevaron a cabo por duplicado y para el control de calidad se utilizó una muestra de calibración interna del laboratorio.

Las concentraciones de nutrientes se calcularon en g/kg a 65°C y en g/1000 acículas a 65°C. Del producto de la concentración foliar por la biomasa seca de acículas por árbol, se obtuvo la mineralomasa por árbol y clase de edad de la acículas. La mineralomasa foliar por árbol para cada nutriente se calcula como la suma de la mineralomasa foliar de las dos edades de acículas ponderadas por su proporción relativa. Se calcularon los datos de mineralomasa por hectárea multiplicando la espesura de cada parcela por su mineralomasa media.

Análisis estadístico

La evaluación del efecto de los tratamientos realizados (clareo y poda) en todas las variables estudiadas conjuntamente para las dos clases de edad de las acículas, se realizó mediante análisis de ANOVA de una vía, cuando existieron diferencias, las medianas individuales se compararon mediante el test de Kruskal-Wallis. Para evaluar el efecto por separado del clareo y la poda se realizó ANOVA de una vía comparando valores medios entre dos niveles de tratamiento. Para el estudio del efecto de la edad de la acícula en la concentración foliar de nutrientes también se realizó análisis ANOVA de un vía. Para conocer los nutrientes con mayor relación con los parámetros de crecimiento se realizó un análisis de componentes principales entre los nutrientes estudiados (conjuntamente para las dos clases de edad de acículas) y las mediciones de diámetro y altura. Se ha utilizado el análisis de modelos lineales generalizados para estudiar relaciones lineales entre las variables respuesta y cuatro factores categóricos: tratamiento clareo sin poda, clareo con poda, poda sin clareo y testigo sin poda ni clareo. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurión X (Statpoint Technologies, Inc.). El nivel de significación para todos los test utilizado fue $\alpha < 0,05$.

4. Resultados

4.1 Producción de masa foliar

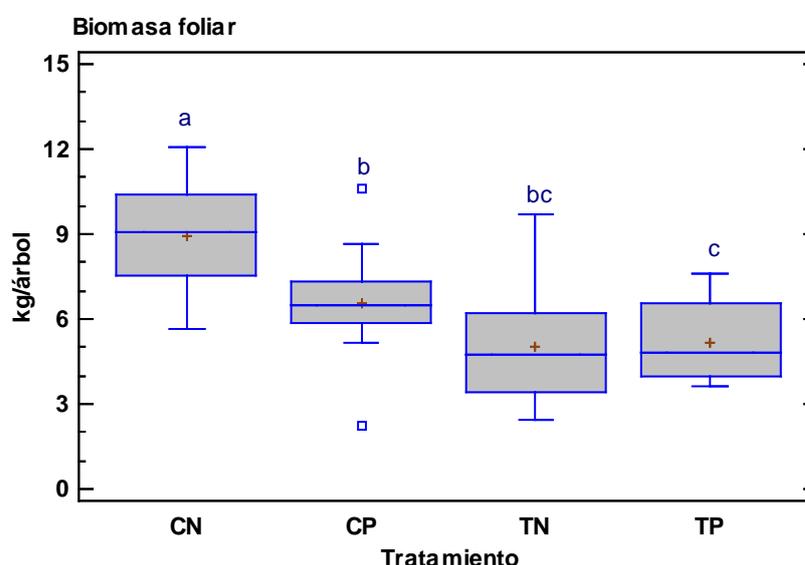


Figura 2. Resultados del test de Kruskal-wallis para las medianas de la biomasa foliar/árbol para los cuatro tipos de tratamiento (CN=clareo y no poda; CP=clareo y poda; TN=Testigo no podado, TP=Testigo podado). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medianas ($\alpha < 0,05$). 12 árboles por tratamiento.

Siete años después de la intervención, la altura media de los tratamientos de las parcelas aclaradas es de 5,5 m un 8,3% superior a las parcelas testigo y el diámetro 13,3 cm un 17,1%

superior a las testigo. El efecto del aclareo fue mucho más significativo ($F=21,82$; $P=0,0000$) que el de la poda y este último se aprecia sólo en las parcelas aclaradas ($F=3,62$; $P=0,0634$) en la producción de masa foliar (Figura 2).

4.2 Estado nutritivo y efecto de los tratamientos sobre la nutrición

Las concentraciones de nutrientes fueron superiores de forma significativa en los brotes anuales con respecto al brote del año anterior en los elementos N, P, K, Mg, Zn, B y masa foliar y significativamente inferiores en el Fe y en la relación N/K (Tabla 2 y 3). El N alcanza un valor medio de 10,5 g/kg y 9,8 g/kg en las acículas los brotes anual y anterior respectivamente. El P representa un 10% de la concentración media de N foliar, el K un 43%, el Ca y el Mg un 23 % (Tabla 2). Las concentraciones foliares de Ca y Mg son muy similares. La diferencia de edad de la acícula está caracterizada por la relación N/K, que es significativamente inferior en las acículas del brote anual

Tabla 2. Valores medios y desviación típica de macro y micronutrientes foliares para las acículas del brote anual y del año previo; rangos de variación (mínimo - máximo) de las acículas del brote anual.

Brote	N	g (65°C)	g.kg ⁻¹ (65°C)					mg.kg ⁻¹ (65°C)			
		Masa 1000***	N**	P*	K***	Ca	Mg***	Mn	Fe*	Zn***	B*
anual	48	44,8±6,3	10,5± 1,4	1,1±0,1	4,8±0,6	2,3±0,4	2,4±0,3	132±45	61±38	29±4	7±4
año previo	48	29,0±7,2	9,8±1,1	1,0±0,2	3,8±0,7	2,3±0,5	2,1±0,3	122±51	76±23	22±6	6±2
anual (min-máx)	48	33,2-63,1	7,3-13,1	0,8-1,4	3,8-6,6	1,7-3	1,9-3,4	62-248	30-250	19-40	3-18

Test de Kruskal-Wallis para diferencias de medianas correspondientes al brote actual y previo para cada nutriente (* $P<0,1$; ** $P<0,001$ y *** $P<0,001$).

Tabla 3. Valores medios y desviación típica de las relaciones foliares (N/P, N/K; N/Mg y N/Ca) para las acículas del brote anual y previo; rangos de variación (mínimo - máximo) de las acículas del brote anual. (* $P<0,1$; ** $P<0,001$ y *** $P<0,001$)

Brote	N	N/P	N/K***	N/Mg	N/Ca
anual	48	9,8± 1,8	2,2±0,4	4,5±0,9	4,6±1,0
año previo	48	10,2±2,4	2,7±0,5	4,8±1,1	4,3±1,0
rango brote anual (min-máx)	48	7,1-14,5	1,4-3,0	2,7-6,2	2,6-7,0

Tabla 4. Valores medios de macro y micronutrientes foliares y de la masa foliar a 65°C para los cuatro tratamientos. Letras diferentes indican diferencias significativas $\alpha<0,05$. $N=96$ (acículas de brotes anual y previo)

Tratamiento	g.kg ⁻¹					mg.kg ⁻¹				g
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	B	Masa 1000
CN	10,81 a	0,98 a	4,46 a	2,23 a	2,25 a	103 a	77 a	24 a	8 a	39,5 a
TN	10,14 ab	1,05 a	4,17 a	2,45 a	2,24 a	142 ab	64 a	26 a	6 a	33,9 a
CP	9,91 ab	1,05 a	4,29 a	2,33 a	2,27 a	142 b	69 a	28 a	7 a	37,8 a
TP	9,67 b	1,09 a	4,27 a	2,35 a	2,27 a	120 ab	64 a	25 a	6 a	36,5 a

T CN=clareo y no poda; CP=clareo y poda; TN=Testigo no podado, TP=Testigo podado. Test de Kruskal-Wallis para diferencias de medianas correspondientes al brote actual y previo para cada nutriente (* $P<0,1$; ** $P<0,001$ y *** $P<0,001$).

El análisis de componentes principales a partir de todos los nutrientes estudiados y las variables dasométricas medidas (diámetro y altura), indica que la variabilidad del crecimiento se aprecia ligada a los contenidos foliares de nitrógeno y boro (Figura 3), que podrían ser los elementos más limitantes en la masa del área de ensayo.

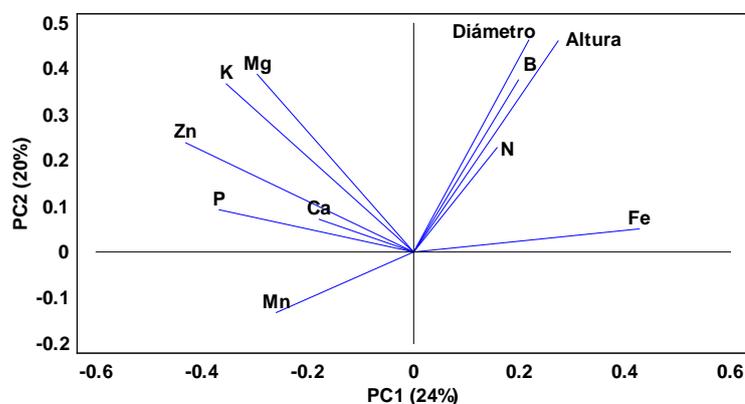


Figura 3. Proyección de las concentraciones foliares de nutrientes (acículas del brote anual y previo) junto con el diámetro y altura en el plano constituido por los dos primeros ejes derivados del ACP.

No se han encontrado diferencias significativas para ningún nutriente tanto en unidades de concentración (g/kg) como en contenido (g/acícula), ni para la masa seca foliar entre las 6 parcelas de espesura 450 pies/ha y las 6 parcelas testigo de 800 pies/ha. En el análisis conjunto del efecto del clareo y la poda en las acículas de las dos edades, se han encontrado diferencias significativas en las concentraciones de N foliar (Tabla 4), siendo el efecto de la poda más intenso ($F=7,44$, $P=0,0076$) que el del clareo ($F=3,32$, $P=0,0718$). Además, la relación N/P es significativamente más alta en el tratamiento de clareo sin poda que en los tres restantes (Figura 3). También se han encontrado diferencias significativas en el Mn. El mismo análisis realizado separando las acículas por edades, aparecen diferencias significativas debido al tratamiento del clareo en la masa seca de las acículas del año previo. Estas acículas brotadas en el período vegetativo 2012-13 (más seco) presentan una masa significativamente superior en las parcelas aclaradas que en las no aclaradas ($F=5,3$, $P=0,0282$). Por el contrario, en el período vegetativo 2013-14 más húmedo no se encuentran diferencias entre la masa foliar seca media por efecto del clareo.

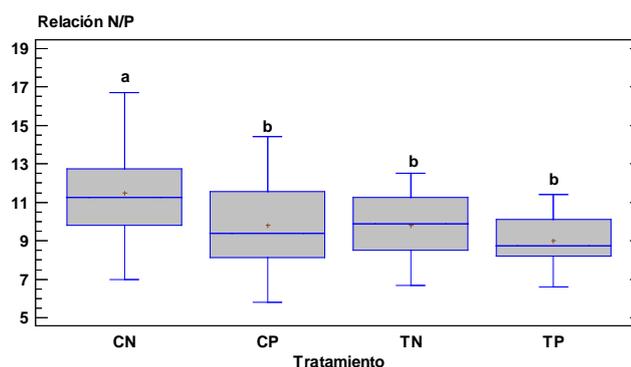


Figura 3. Resultados del test de Kruskal-wallis para las medianas de la relación foliar N/P entre los cuatro tratamientos. (CN=clareo y no poda; CP=clareo y poda; TN=Testigo no podado, TP=Testigo podado). Letras diferentes indican diferencias significativas entre medianas ($\alpha < 0,05$. 12 árboles por tratamiento).

4.3 Efecto de los tratamientos en la producción de mineralomasa

La mineralomasa producida por árbol ha sido significativamente superior en los tratamientos de clareo y no poda (CN) con respecto al testigo (TN) en todos los nutrientes analizados excepto el Mn, siendo las diferencias máximas en los elementos N y K (Tabla 5). En los tratamientos con poda (CP y TP), el efecto del clareo sólo ha sido significativo con respecto a dos elementos el N y el Zn. La ausencia de poda ha producido un incremento significativo en la mineralomasa alcanzada por árbol en los elementos N, K, Fe y B, cuando se ha realizado combinada con aclareo (tratamientos CN y CP). Sin embargo en los testigos (TN y TP), el efecto negativo de la poda sólo se ha apreciado en el macronutriente Mg. Para el resto de nutrientes no se encontraron diferencias significativas entre los valores medios.

En el efecto de los tratamientos sobre la producción de mineralomasa/ha no se han encontrado diferencias significativas (Tabla 6). Si pueden apreciarse valores mínimos para todos los nutrientes en el tratamiento combinado de aclareo y poda (CP).

Tabla 5. Valores de la probabilidad del test de ANOVA para analizar el efecto separado de los tratamientos de clareo y poda sobre la producción de mineralomasa y valores medios de mineralomasa/tratamiento

Nutriente	Efecto aclareo					Efecto poda						
	Poda		No poda			Aclareo		No aclareo				
	Valor medio	p-value	Valor medio	p-value	Valor medio	p-value	Valor medio	p-value				
N g/árbol	CP	65,5	0,0419	CN	97,5	0,0001	CN	97,5	0,0023	TN	51,2	0,8956
	TP	50,2		TN	51,2		CP	65,5		TP	50,2	
P g/árbol	CP	7,2	0,1670	CN	8,7	0,0043	CN	8,7	0,1925	TN	5,4	0,7572
	TP	5,7		TN	5,4		CP	7,2		TP	5,7	
K g/árbol	CP	29,2	0,0778	CN	40,5	0,0003	CN	40,5	0,0169	TN	21,9	0,8197
	TP	22,7		TN	21,9		CP	29,2		TP	22,7	
Ca g/árbol	CP	15,5	0,1199	CN	20,0	0,0060	CN	20,0	0,0797	TN	12,6	0,8407
	TP	12,1		TN	12,6		CP	15,5		TP	12,1	
Mg g/árbol	CP	15,3	0,1592	CN	20,5	0,0312	CN	11,8	0,8424	TN	20,5	0,0312
	TP	12,2		TN	15,3		CP	12,2		TP	15,3	
Fe mg/árbol	CP	0,44	0,0866	CN	0,66	0,0027	CN	0,66	0,0451	TN	0,33	0,8715
	TP	0,31		TN	0,33		CP	0,44		TP	0,31	
Mn mg/árbol	CP	0,88	0,0507	CN	0,94	0,0692	CN	0,94	0,6419	TN	0,68	0,7716
	TP	0,65		TN	0,68		CP	0,88		TP	0,65	
Zn mg/árbol	CP	0,18	0,0179	CN	0,23	0,0017	CN	0,23	0,0791	TN	0,14	0,8183
	TP	0,13		TN	0,14		CP	0,18		TP	0,13	
B mg/árbol	CP	0,04	0,1528	CN	0,07	0,0065	CN	0,07	0,0209	TN	0,03	0,7789
	TP	0,03		TN	0,03		CP	0,04		TP	0,03	

(CN=clareo y no poda; CP=clareo y poda; TN=Testigo no podado, TP=Testigo podado)

Tabla 6. Valores medios de la mineralomasa foliar arbórea/ha de los 4 tratamientos.

Tratamiento	kg/ha					g/ha				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	
CN	45	4	18	9	9	0.4	0.3	0.1	<0.0	
TN	41	4	18	10	9	0.5	0.3	0.1	<0.0	
CP	31	3	14	7	7	0.4	0.2	0.1	<0.0	
TP	40	5	18	10	10	0.5	0.2	0.1	<0.0	

5. Discusión

Existen escasas referencias bibliográficas de concentraciones foliares de *Pinus pinea* en árboles juveniles y adultos. Dentro del inventario foliar forestal de la Red Española de ICP-Forests

realizado a mediados de los años 90, las masas de *Pinus pinea* analizadas destacan del resto de especies del género *Pinus* por tener bajos niveles de nitrógeno, fósforo, moderados en calcio y moderadamente elevados de magnesio (MONTTOYA et al. 1997; GONZALEZ-CASCON et al. 1998). Estos niveles reflejan las características de los hábitats edáficos de esta especie en la península Ibérica: suelos de textura muy ligera, con bajos contenidos de materia orgánica y un alto porcentaje de suelos de acidez moderada, con una clara predominancia de arenosoles y en mucha menor proporción luvisoles en su área de distribución (SANCHEZ-PALOMARES et al., 2013).

Si se comparan los rangos de variación de las acículas del brote anual en el ensayo de Olmedo (Tabla 2) con los datos de referencia para árboles juveniles de *Pinus sylvestris* (especie de mayores requerimientos nutritivos que *Pinus pinea*) definidos en GÖTTLEIN et al. (2011), se constata una situación similar. Rangos de N y P que se sitúan en la zona más baja de variación, con algunos de ellos en zonas de deficiencia latente y deficiencia; niveles de Mg altos superando el rango de variación normal; niveles normales K y concentraciones bajas de Ca y micronutrientes, especialmente B. El índice diferenciador que mejor resume y destaca las diferencias en el estado nutritivo con los datos de referencia para las especies de *Pinus* centroeuropeas es la relación N/Mg. En las acículas del ensayo de Olmedo con concentraciones bajas de N y elevadas de Mg adquiere un valor medio de 4,5; mucho más estrecho que el rango de variación de referencia de la relación N/K entre 8-23 para *Pinus* en Europa, con niveles de materia orgánica en suelo muy superiores y suelos muy lavados, con bajos niveles de bases de cambio (STEPHAN et al. 1997; MELLERT et al. 2012). Las especies exigentes en luz como *Pinus pinea*, en hábitats de baja disponibilidad hídrica pueden mantener niveles elevados de Mg como estrategia para garantizar la capacidad productiva y metabólica del árbol (SARDANS et al. 2011). Esto podría explicar las elevadas concentraciones de Mg en suelos ligeramente ácidos como el de la parcela de ensayo, de baja disponibilidad de bases de cambio. Sin embargo, los valores medios de nutrientes del brote anual en la parcela de ensayo son muy similares a los valores medios para esta especie en los datos recogidos en los muestreos de las Redes de Nivel I y II en España (Tabla 7), presentando el P en Olmedo rangos ligeramente superiores.

En las diferencias entre las acículas del año en curso y anterior, destaca la ausencia de acumulación de calcio en las hojas del brote del año previo, probablemente debido a la escasa disponibilidad de este elemento en el suelo. Las diferencias en materia seca foliar entre las acículas de las dos edades son elevadas, produciendo el periodo 2012-13 una masa foliar un 35% inferior al 2013-14 (Tabla 2). El período vegetativo 2012-13 fue algo más seco y cálido que el 2013-14, además se produjo una helada a finales de febrero (-11°C) (Tabla 1) que pudo afectar a la brotación y a la producción de masa foliar. En el análisis del crecimiento de la anchura de los anillos anuales del fuste y la raíz en las parcelas del ensayo en Olmedo (RUIZ-PEINADO et al. 2015), en este año 2012 se producen también los valores mínimos de crecimiento radial basal y radicular en todas las parcelas del ensayo en el período 2005-2013. En este período vegetativo 2012-13, caracterizado por crecimientos bajos, los árboles de las parcelas aclaradas son capaces de generar una masa foliar significativamente superior a los no aclarados. Diferencias que desaparecen en el siguiente período vegetativo 2013-14.

Tabla 7. Valores de referencia de nutrientes y masa foliar para *Pinus pinea* en las acículas del brote anual. Parcelas de Nivel I y Nivel II de la Red Española de ICP-Forests en las provincias de Huelva, Granada, Valladolid, Madrid y Girona (1994-2010). N= 55.

	g.kg ⁻¹ (65°C)						mg.kg ⁻¹ (65°C)			g (65°C)
	N	S	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Masa 1000 acículas
Valor medio	10.2	1.1	0.8	5.3	2.2	2.3	155	274	32	32.0
Rango (Min-Max)	7.4-12.8	0.6-1.4	0.5-1.2	2.9-8.8	1.1-3.5	1.5-3.2	18-309	37-992	16-65	14.0-64.3

Los resultados de los modelos lineales generalizados aplicados a las concentraciones de nutrientes (en g o mg/kg) analizando independientemente los árboles de los pares de tratamientos CN-TN por un lado y CP-TC por otro para estudiar el efecto del clareo y los pares CN-CP y TN-TP para estudiar el efecto de la poda, han arrojado diferencias significativas de nuevo en el caso de los elementos N ($R^2= 10,7$; $P=0,233$) y Mn ($R^2= 23,6$; $P=0,0005$) debido al tratamiento de poda sólo en las parcelas aclaradas (CN-CP), produciendo un aumento del N y una disminución del Mn en las no podadas. Por otro lado el clareo produce una disminución de la concentración de Ca en las parcelas no aclaradas CN-TN ($R^2= 9,1$; $P=0,0393$) y de Mn ($R^2= 13,9$; $P=0,0097$). Para este análisis, el número de árboles analizados por tratamiento es sólo de 12, sería deseable disponer de más individuos en próximos muestreos. La reducción de competencia por el clareo se invierte en la producción de biomasa, pero parece que la escasa disponibilidad de recursos no permite aumentar los niveles de nutrientes con excepción del N en las acículas. En el caso del Ca y Mn, elementos de poca movilidad y bajas tasas de retrasciación foliar se produce incluso una disminución de su concentración. El efecto contrario se produce en rodales de mayor disponibilidad de Ca en suelo en los que MUNSON et al. (1995) y BURGESS Y WETZEL (2000) constatan un incremento en las concentraciones foliares Ca en *Pinus strobus* y *Picea abies* como consecuencia de los tratamientos de aclareo.

El efecto negativo de la poda que produce una disminución de la concentración de N foliar, podría atribuirse a una disminución de la tasas de desfronde y de su descomposición en la superficie bajo la copa, al disminuir el efecto protector de ésta sobre la superficie del suelo. También podría ser debido a una compensación en la distribución de nutrientes entre las diferentes partes del árbol como consecuencia de las pérdidas producidas por la reducción de copa (ERKAN et al. 2016). Sería de interés el ensayo de otros tratamientos con enmiendas que mejoren la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes, sobre todo N, como la adición de restos de poda, enmiendas orgánicas o la implantación de coberturas vegetales de baja densidad con especies fijadoras de N.

La mineralomasa foliar total (brote actual y anterior) incorporada a nivel de árbol es significativamente superior como consecuencia del clareo y en menor grado de la ausencia de poda. Sin embargo, este efecto se diluye al calcular la mineralomasa en el sustrato arbóreo acumulada por superficie (Tabla 6). La tasa de 45 kg N/ha de mineralomasa alcanzada en el tratamiento CN en 16 años, es un tercio de los valores medios obtenidos en plantaciones de *Picea abies* en Centroeuropa (GLATZEL 1991). En este ecosistema tan limitado en recursos, es posible que el efecto de incremento de mineralomasa arbórea en superficie en el tratamiento de clara temprana sin poda (CN) empiece a ser significativo a escalas temporales más largas.

6. Conclusiones

El efecto del tratamiento temprano de clareo sin poda, destaca por incrementar significativamente la producción de biomasa foliar, aunque no ha ido acompañado de un efecto intenso en el estado nutritivo, pero sí en una mejora en los contenidos de nitrógeno que son muy reducidos en esta plantación debido a la baja disponibilidad en este elemento en el suelo. A nivel acumulación de reservas minerales, también destacan positivamente los árboles del tratamiento de clareo y no poda.

7. Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación RTA2013-00011-C02-01 del Ministerio de Economía y Competitividad.

8. Bibliografía

- BURGESS, D.; WETZEL, S.; 2000. Nutrient availability and regeneration response after partial cutting and site preparation in eastern white pine. *Forest Ecology and Management* 138: 249-261
- CALAMA, R.; MONTERO, G.; 2005. Cone and seed production from Stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Central Range (Spain). *Eur J For Res.*
- ERKAN, N.; UZUN, E.; AYDIN, A.C.; BAS, M.N.; 2016. Effect of Pruning on Diameter Growth in *Pinus brutia* Ten. Plantations in Turkey. *Croat. J. For. Eng.* 37:365-373
- GLATZEL, G.; 1991. The impact of historic land-use and modern forestry on nutrient relations of CENTRAL-EUROPEAN forest ecosystems. *Fertilizer Research* 27:1-8.
- GOETTLEIN, A.; BAIER, R.; MELLERT, K.H.; 2011. Neue Ernährungskennwerte für die forstlichen Hauptbaumarten in Mitteleuropa – Eine statistische Herleitung aus VAN DEN BURG's Literaturzusammenstellung. *Allgemeine Forst Und Jagdzeitung* 182:173-186.
- GONZALEZ-CASCON, M.R.; LÓPEZ, M.; SERRANO, M.; 1998. Rangos de variación del contenido foliar de nutrientes en diferentes especies de pinos en años de sequía. Actas. VII Simposio Nacional de Nutrición Mineral de las plantas, 371-376. Madrid. ISBN 84-8497-927-X.
- GORDO, F.J.; 2004. Selección de grandes productores de fruto de *Pinus pinea* L. en la meseta norte. Tesis doctoral. UPM. Madrid.
- GORDO, F.J.; CALAMA, R.; ROJO, L.I.; MADRIGAL, G.; ÁLVAREZ, D.; MUTKE, S.; MONTERO, G.; FINAT, L.; 2009. Experiencias de klareos en masas de *Pinus pinea* L. en la Meseta Norte. Actas. 5º Congreso Forestal Español. Ávila.
- GORDO, F.J.; CALAMA, R.; PARDOS, M.; BRAVO, F.; MONTERO, G.; 2012. La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta castellana, Valladolid. IUIGFS, Uva-INIA, 254 p.
- INFORIEGO, <http://www.inforiego.org>.
- ICP-FORESTS; 2016. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part XII. Sampling and Analysis of Needles and Leaves. http://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/Manual_Part_XII.pdf
- KRANABETTER, J.M.; BANNER, A.; SHAW, J.; 2003. Growth and nutrition of three conifer species across site gradients of north coastal British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 313-324.

MELLERT, K.H.; GÖTTLEIN, A.; 2012. Comparison of new foliar nutrient thresholds derived from van den Burg's literature compilation with established central European references. *Eur J Forest Res* 131:1461-1472.

MITCHELL, A.K.; DUNSWORTH, B.G.; BOWN, T.; MORAN, J.A.; 2003. Above-ground biomass predicts growth limitation in *Abies fir* and western hemlock seedlings. *Forestry Chronicle* 79:285–290.

MONTERO, G.; CANDELA, J.A.; 1998. Manual de claras para repoblaciones de "*Pinus Pineae L.*". Junta de Andalucía. Sevilla.

MONTERO, G.; CANDELA, J.A.; RODRÍGUEZ A. (Coords); 2004. El Pino Piñonero (*Pinus pinea*, L.) en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 261 pp. ISBN 8495785943.

MONTERO, G., RUIZ-PEINADO, R., MUÑOZ, M., 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. 270 pp. Monografías INIA, Serie forestal nº13. 270 pp. Madrid.

MONTERO, G.; CALAMA, R.; RUIZ-PEINADO, R.; 2008. Selvicultura de *Pinus pinea* L. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R, Montero G, Reque J. eds). Pp.:431-470. Coedición INIA-Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

MONTOYA MORENO, R.; LÓPEZ ARIAS, M.; SANCHEZ PEÑA, G; GONZÁLEZ CASCÓN M.R.; JIMENEZ BALLESTA R.; 1997. La Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques (Nivel I). España, 1987-1996. 557 pp. Publicaciones del O.A. Parques Nacionales. MMA. Madrid. ISBN: 84-8014-204-9.

MORENO-FERNÁNDEZ, D.; CAÑELLAS, I.; CALAMA, R.; GORDO, F.J.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M.; 2013. Thinning increases cone production of stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in the Northern Plateau (Spain). *Annals of Forest Science* 70:761–768.

MUNSON, A.D., MARGOLIS, H.A.; BRAND, D.G.; 1995. Seasonal nutrient dynamics in white pine and white spruce in response to environmental manipulation. *Tree Physiology* 15: 141–149.

RUIZ-PEINADO, R.; DEL RÍO, M.; PRETZSCH, H.; 2015. Effect of pre-commercial thinning on the coarse root-shoot allometry of *Pinus pinea* L. Workshop Cost Action FP1203: European Non-Wood Forest Products Network.

SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; LÓPEZ, E.; CALAMA, R.; RUIZ-PEINADO, R.; MONTERO, G.; 2013. Autoecología paramétrica de *Pinus pinea* L. en la España peninsular. Monografías INIA. Serie Forestal, vol 26. 305 pp, Madrid.

SARDANS, J., RIVAS-UBACH, A., PENUELAS, J., 2011. Factors affecting nutrient concentration and stoichiometry of forest trees in Catalonia (NE Spain). *Forest Ecology and Management* 262:2024-2034.

STEFAN, K.; FURST, R.; HACKER, U.; 1997. Forest Foliar CO-ordinating Center. Forest Foliar Condition in Europe Results of large-escale foliar chemistry surveys (survey 1995 and from previous years). 207 pp. Austrian federal Forest Research Centre. Bruselas, Ginebra, Viena.