

EFFECTO DEL ABONADO SOBRE LOS CRECIMIENTOS EN DIÁMETRO, ALTURA Y VOLUMEN DE *Pinus pinaster* Ait. EN GALICIA

J. G. ÁLVAREZ GONZÁLEZ * A. D. RUIZ GONZÁLEZ ** S. BARA TEMES ***

* ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LUGO.

** S.D.C.I.F. XUNTA DE GALICIA.

*** CENTRO DE INVESTIGACIONES FORESTALES DE LOURIZÁN

RESUMEN

Se analiza el efecto de la fertilización con un abono de liberación lenta desarrollado en el Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán sobre el crecimiento en diámetro, altura y volumen de *Pinus pinaster* Ait., así como la evolución en el tiempo de la respuesta al tratamiento y la influencia de la calidad de estación sobre los efectos del abonado.

P.C.: *Pinus pinaster*, fertilización forestal, crecimiento en volumen.

SUMMARY

The effects in diameter, height and volume growth in *Pinus pinaster* Ait. of a slow liberation fertilised developed in Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán were analysed, in addition the time evolution of the response to the treatment and the influence of the site index in the fertilised effects were considered.

K.W.: *Pinus pinaster*, fertilizing forests, volume growth.

MATERIAL Y MÉTODOS

- *Descripción de las parcelas.* Las parcelas se seleccionaron de entre 102 instaladas a lo largo de los años 70 por el Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán de manera que fuesen representativas de las cuatro primeras calidades definidas en el estudio "Calidad de estación de *Pinus pinaster* Ait. en Galicia" (BARA y TOVAL, 1983).

Todas ellas se instalaron en repoblaciones efectuadas por la Administración Forestal en las que se empleó planta de una o dos savias a raíz desnuda y con densidades de plantación comprendidas entre 2.000 y 2.500 pies/ha. Se escogieron zonas en las que la masa presentase una espesura completa y donde no se hubiese efectuado corta alguna durante los tres años previos a la instalación de la parcela.

El tamaño de las parcelas varió en función de la densidad de la masa de manera que todas ellas incluyesen un mínimo de 60 árboles. Las dimensiones empleadas fueron 625 m² (25 x 25 m.), 1.000 m² (40 x 25 m.), 1.400 m² (40 x 35 m.) y 1.600 m² (40 x 40 m.). La forma adoptada fue cuadrangular o rectangular y en este último caso el lado menor del rectángulo se orientó en el sentido de la máxima pendiente.

Se seleccionaron un total de 24 parcelas: 4 en la provincia de La Coruña, 8 en Lugo, 6 en Orense y 6 en Pontevedra. En la Tabla 1 se muestra la localización de las parcelas así como su calidad.

Las parcelas se dividieron siguiendo la línea de máxima pendiente en dos partes iguales separadas por una franja de una anchura media de dos metros con el fin de evitar los efectos de borde. La superficie situada a la derecha de la franja de separación mirando desde la parte inferior de la ladera es la zona testigo y la superficie situada a la izquierda es la zona abonada.

El tratamiento consistió en una única aplicación a cada pie de 6 pastillas de 50 gr. de un fertilizante desarrollado en el Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán (BARA y MORALES, 1977) cuya composición es: N (5%); P₂O₅ (10%); K₂O (15%); CaO (18%) y MgO (2,3%).

Las pastillas se enterraron alrededor del tronco a una profundidad de unos 20 cm. y a una distancia del mismo proporcional a su diámetro. Los árboles externos a la parcela que se encontraban rodeando la zona abonada y los más cercanos a esta de la franja de separación recibieron el mismo tratamiento.

Todos los árboles fueron numerados y marcados con una "T" invertida en el punto de medición del diámetro normal. Durante cuatro años consecutivos, incluyendo un inventario previo al tratamiento, se midieron en todos los pies el diámetro normal en cruz mediante el empleo de forcípulas con aproximación al mm. y las alturas totales con pértiga telescópica de fibra de vidrio con aproximación al cm. En todas las parcelas se realizaron previamente al tratamiento un análisis granulométrico y químico del suelo y un análisis foliar.

A partir de los datos de los cuatro inventarios se determinaron para cada árbol los crecimientos en diámetro y altura de los tres períodos vegetativos abarcados.

- *Determinación de los crecimientos en volumen.* Para determinar el volumen total con corteza de cada uno de los pies en cada inventario se emplearon los datos de 467 árboles tipo, pertenecientes a las 102 parcelas del dispositivo inicial, cuyas edades pertenecían al intervalo 8-20 años y se ajustó una tarifa de dos entradas (diámetro normal, altura total) por el procedimiento REG del programa estadístico SAS/STAT™. La ecuación obtenida es la siguiente:

$$VTCC (dm^3) = 169,313 * 10^{-6} * d^{1,927189} (mm.) * h^{0,769933} (dm.) \quad R^2 = 0,9901$$

Donde "VTCC" es el volumen total con corteza expresado en dm³; "d" es el diámetro normal en milímetros y "h" es la altura total en decímetros.

Una vez obtenidos los volúmenes se calcularon por diferencia los crecimientos correspondientes a los tres años siguientes al abonado.

- *Análisis de varianza.* Inicialmente se realizaron tres análisis de varianza para cada una de las variables dependientes (crecimientos en diámetro, altura y volumen) determinando la influencia que sobre estas variables, en cada uno de los tres períodos vegetativos correspondientes a los cuatro inventarios realizados, ejercen el tratamiento, la calidad y su interacción, empleando como covariante la situación de partida (diámetro inicial, altura inicial y volumen inicial) dada la influencia que este valor tiene sobre los crecimientos posteriores. El modelo utilizado es el siguiente:

$$x_{(ijk)} = \mu + A_i + C_j + Ax C_{ij} + \beta_j Y_1 + \varepsilon_{k(ij)}$$

Siendo:

"x_(ijk)" el crecimiento (en diámetro, altura o volumen) del árbol "k" con el tratamiento "i" y la calidad "j".

"μ" la media de la población de crecimientos.

"A_i" el tratamiento (abonado o no abonado).

"C_j" la calidad.

"Ax C" la interacción entre el tratamiento y la calidad.

“ β_1 ” el parámetro que modifica al covariante (diámetro, altura o volumen inicial)

“ Y_1 ” en el análisis.

“ ϵ ” el error.

Posteriormente se realizó una segunda serie de análisis para cada una de las cuatro calidades por separado con el fin de determinar la influencia del abonado sobre las variables dependientes en cada calidad. El estudio se completó con tres análisis de medidas repetidas para determinar como evoluciona en el tiempo la influencia del tratamiento sobre cada uno de los crecimientos. Todos los análisis se realizaron con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS/STATTM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los resultados de los análisis de varianza realizados para cada período de crecimiento y cada variable dependiente. En el caso del crecimiento en diámetro se observa que existen diferencias significativas para el factor tratamiento en el conjunto de las parcelas en los tres períodos de crecimiento, sin embargo al analizar los datos calidad por calidad no se puede asegurar al 95% de probabilidad que la muestra de crecimientos de los árboles abonado y no abonados pertenezcan a diferentes poblaciones salvo en el segundo y tercer período de crecimiento de la calidad IV (Tabla 3) por lo que no aparece significación en la interacción tratamiento-calidad en el análisis general.

Los resultados de los análisis de varianza correspondientes al crecimiento en altura indican que el abonado influye positivamente en los tres períodos con crecimientos medios totales comprendidos entre el 5,11% de la IV calidad y el 10,53% de la III. La evolución de los crecimientos relativos varía considerablemente en función de la calidad (Tabla 3): en la I y sobre todo en la II calidad el crecimiento total se debe en gran parte al crecimiento relativo del primer período, siendo en el tercer período muy bajo, dándose la circunstancia de que en la II calidad el crecimiento relativo en el tercer período es negativo, es decir, los árboles abonados crecieron menos que los no abonados, aunque el análisis de varianza mostró que las diferencias no son significativas; en la III calidad el crecimiento medio total se centra en los dos últimos períodos y en la IV calidad no existen diferencias significativas hasta el tercer período. Este efecto desigual del abonado sobre el crecimiento en altura en las diferentes calidades se plasma en la significación en los tres períodos de la interacción tratamiento-calidad en el análisis conjunto.

El crecimiento en volumen varía entre el 11,08% de la segunda calidad y el 14,11% de la primera. En todos los períodos existe una influencia positiva del abonado sobre el crecimiento, tal y como muestran los datos del análisis de varianza común a las cuatro calidades (Tabla 2). La evolución de los crecimientos relativos (Tabla 3) vuelve a ser dispar: en la I calidad el crecimiento medio total se distribuye más o menos homogéneamente entre los tres períodos de crecimiento; en la II calidad se centra sobre todo en el primer período, siguiendo la misma pauta apuntada en el crecimiento en altura; en la III y IV calidad el principal salto cuantitativo se produce en los dos últimos períodos de crecimiento. En todos los casos existen diferencias significativas entre el crecimiento de los árboles abonados y los no abonados, con la excepción del crecimiento en el primer período de los pies asentados en masas de IV calidad de estación; por ello sólo es significativa la interacción tratamiento-calidad en el primer período en el análisis conjunto.

Los resultados de los análisis de medidas repetidas (no mostrados) de los crecimientos en altura y volumen confirmaron la diferente evolución con el tiempo de la respuesta al abonado en cada una de las cuatro calidades.

CONCLUSIONES

1º) La fertilización con la composición y dosis empleadas en este ensayo resulta eficaz para las cuatro calidades analizadas, obteniéndose unos incrementos medios de volumen superiores a un 11% tres años después de su aplicación. En las parcelas pertenecientes a la I calidad definida por BARA y TOVAL (1983) el incremento medio alcanza el 14%.

2º) La respuesta media al tratamiento varía de unas calidades a otras: las dos primeras calidades mantienen diferencias importantes de crecimiento en volumen entre árboles tratados y no tratados a lo largo de los tres años siguientes al abonado, mientras que las dos últimas tienen una respuesta más lenta, marcando diferencias significativas a partir del segundo año.

3º) El abonado es igualmente eficaz en el crecimiento en altura con incrementos superiores a un 5%. Al igual que ocurría con el crecimiento en volumen la respuesta al tratamiento varía de unas calidades a otras: en las dos primeras calidades los beneficios aparecen mayoritariamente en los dos primeros años, mientras que en la III calidad no aparecen hasta el segundo año y en la IV hasta el tercero.

4º) Las diferencias de crecimiento en diámetro entre árboles tratados y no tratados analizando cada una de las cuatro calidades por separado únicamente resultan significativas al 95% en la IV y, al igual que en el caso de las otras variables, solo a partir del segundo año.

A falta de un estudio económico los incrementos de volumen parecen suficientes para cubrir los gastos del tratamiento, sobre todo si se realiza en masas de las primeras calidades de estación, sobre los pies de porvenir y va acompañado de claras que favorezcan el crecimiento en diámetro.

Estas conclusiones son validas para el conjunto de 24 parcelas, sin embargo, analizadas de forma individual, algunas de ellas no presentan diferencias significativas en crecimiento en volumen entre árboles tratados y no tratados pese a pertenecer a grupos que en conjunto si las presentan, por lo que es necesario un estudio más completo, incluyendo los datos obtenidos en los análisis de suelo y foliares para determinar las causas de este diferente comportamiento.

BIBLIOGRAFÍA

BARA, S. & MORALES, F. (1977). Suministro lento de nutrientes con fertilizantes pastillados para uso forestal. Estudio lisimétrico de las pastillas y resultados de las experiencias de fertilización. *Anales INIA. Serie Recursos Naturales* 3: 235-249.

BARA, S. & TOVAL, G. (1982). Calidad de estación del *Pinus pinaster* Ait. en Galicia. *Comunicaciones INIA. Serie Recursos Naturales* 24. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

BARA TEMES, S. (1990). Fertilización Forestal. *Consellería de Agricultura, Gandería e Montes. Xunta de Galicia*. Santiago de Compostela. 143 pp.

MADRIGAL, A. & MARTÍNEZ MILLÁN, J. (1993). Alternativas selvícolas de *Pinus pinaster* Ait. en Galicia. Inédito. Premio ENCE de investigación Forestal 1993.

RGUEZ. SOALLEIRO, R.J.; ÁLVAREZ GLEZ., J.G. & VEGA, G. (1994). Modelo dinámico de crecimiento de masas regulares de *Pinus pinaster* Ait. en Galicia. *Capacitación e extensión. Manuais técnicos nº 8*. Xunta de Galicia.

SAS Institute Inc. (1988). SAS/STATTM *User's Guide, Release 6.03 Edition*. Cary NC. SAS Institute Inc.

PARCELA	DENSIDAD	MONTE	AYUNTAMIENTO	CALIDAD
C15	3237	Confurco	Noya	I
C17	1508	Peón Cures	Boiro	I
C20	1510	San Jorge	Ferrol	III
C26	1862	Buño	Aranga	IV
LU10	2007	Coto do Cal	Abadín	IV
LU16	2520	Sta. Cristina de Sarria	Sarria	II
LU22	1829	Castelo de Ares	Quiroga	IV
LU23	1726	A Filgueira	Ribas de Sil	III
LU24	2309	Biscobios	Quiroga	III
LU26	2608	Forcadiñas	Quiroga	IV
LU27	2450	Pena Oscura	P. del Brollón	IV
LU28	1807	Pena Oscura	P. del Brollón	III
OR12	1684	Medo	Maceda	IV
OR13	2068	Medo	Baños	III
OR21	3142	Río Farelos	Villamartín	III
OR29	1750	Revolta	Muiños	II
OR48	1253	Coto de San Cibrao	Ribadavia	II
OR54	1461	Marco y Pena	Beariz	II
PO19	2233	Mexincobo	Mondariz	I
PO23	1191	San Omedio	Nigrán	I
PO26	1086	Agueiras	Moraña	I
PO27	1313	Niño do Corvo	Cangas	I
PO38	1816	Mirallo y Casal	Redondela	II
PO39	1284	Mirallo y Casal	Redondela	II

Tabla 1. Localización y características del dispositivo de parcelas empleadas en el ensayo.

Variable	Período	Fuente	G.L	Suma C.	C. Medios	F	Pr >F	
Diámetro	Primero	Abonado	1	186.2964	186.2964	4.54	0.0332	
		Calidad	3	5155.3105	1718.4368	41.90	0.0001	
		Abo.x Cal.	3	39.9695	13.3232	0.32	0.8074	
	Segundo	Abonado	1	265.4355	265.4355	12.73	0.0004	
		Calidad	3	2695.7630	898.5876	43.08	0.0001	
		Abo.x Cal.	3	83.0982	27.6994	1.33	0.2635	
	Tercero	Abonado	1	80.8936	80.8936	5.81	0.0161	
		Calidad	3	1484.0627	494.6876	35.52	0.0001	
		Abo.x Cal.	3	42.9279	14.3093	1.03	0.3794	
	Altura	Primero	Abonado	1	1.25002	1.25002	14.29	0.0002
			Calidad	3	55.3988	18.4663	211.07	0.0001
			Abo.x Cal.	3	0.7771	0.2590	2.96	0.0312
Segundo		Abonado	1	0.3523	0.3523	5.05	0.0247	
		Calidad	3	18.5275	6.1758	88.60	0.0001	
		Abo.x Cal.	3	0.5350	0.1783	2.56	0.0535	
Tercero		Abonado	1	0.1658	0.1658	2.39	0.1225	
		Calidad	3	6.9925	2.3308	33.56	0.0001	
		Abo.x Cal.	3	0.7483	0.2494	3.59	0.0132	
Volumen		Primero	Abonado	1	523.3714	523.3714	10.95	0.0010
			Calidad	3	91500.7008	30500.2336	637.94	0.0001
			Abo.x Cal.	3	608.4512	202.8171	4.24	0.0054
	Segundo	Abonado	1	589.7842	589.7842	13.68	0.0002	
		Calidad	3	43658.1126	14552.7042	337.65	0.0001	
		Abo.x Cal.	3	238.1250	79.3750	1.84	0.1375	
	Tercero	Abonado	1	267.1579	267.1579	6.65	0.0100	
		Calidad	3	33831.5014	11277.1671	280.65	0.0001	
		Abo.x Cal.	3	52.5221	17.5074	0.44	0.7275	

Tabla 2. Resultados de los análisis de varianza de cada variable dependiente en cada uno de los tres períodos de crecimiento.

Variable	Calidad	Crecimiento Medio			Crecimiento Relativo		
		1 ^{er} Período	2 ^o Período	3 ^{er} Período	1 ^{er} Período	2 ^o Período	3 ^{er} Período
Diámetro	1	8,29%	8,58%	8,86%	8,29%	8,96%	9,75%
	2	8,64%	8,68%	8,72%	8,64%	8,71%	9,10%
	3	5,25%	7,83%	7,44%	5,25%	10,6%	6,29%
	4	6,61%	10,81%	11,32%	6,61%	15,03%*	12,83%*
Altura	1	9,26%	10,14%	7,04%	9,26%*	11,24%*	0,2%
	2	13,58%	10,15%	5,16%	13,58%*	5%	- 2,5%
	3	4,7%	10,08%	10,53%	4,7%	16,71%*	11,42%*
	4	2,64%	1,96%	5,11%	2,64%	1,17%	11,1%*
Volumen	1	10,84%	12,63%	14,11%	10,84%*	14,69%*	10,62%*
	2	16,62%	13,07%	11,08%	16,62%*	8,63%*	8,51%*
	3	7,55%	12,08%	12,36%	7,55%*	16,44%*	12,97%*
	4	6,79%	11,36%	13,30%	6,79%	15,26%*	17,08%*

Tabla 3. Crecimientos medios y relativos de cada variable en cada una de las cuatro calidades. En el crecimiento relativo se marcan con un asterisco las diferencias significativas con una probabilidad de un 95% en el análisis de varianza.