

COMPARACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN PLANTAS DE *PINUS NIGRA* Y *PINUS SYLVESTRIS* CULTIVADAS EN CONTENEDOR

Comparison of different fertilisation methods and doses in *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris* seedlings

I. Carrasco Manzano, J. L. Peñuelas Rubira, S. Domínguez Lerena y L. F. Benito Matías

Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”. Ministerio de Medio Ambiente. Ctra. Fontanar km 2. Apdo. 249. 19001-GUADALAJARA (España). Correo electrónico: serranillo@mma.es

Resumen

Durante el cultivo en vivero de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* se ensayan dos dosis de fertilización: convencional y lujo, y dos modelos de aporte del fertilizante: convencional y exponencial. Al final del cultivo, se han encontrado diferencias morfológicas y fisiológicas en función de las dosis así como diferencias en la concentración de nitrógeno en los tejidos entre los tratamientos convencional y exponencial, ambos con los mismos aportes de fertilizante.

Palabras clave: *Fertilización exponencial, Vivero forestal, Morfología, Fisiología*

Abstract

We have studied the influence of two doses of fertilisation: conventional and luxury, and two fertilisation regimes: exponential and conventional. Differences in morphology and concentration of nitrogen were observed at the end of nursery growth. Similarly, with the same dose, there were differences in N concentration between conventional and exponential fertilisation treatments.

Key words: *Fertilisation exponential, Forest nursery, Morphology, Physiology*

INTRODUCCIÓN

El uso restrictivo de herbicidas químicos para controlar la vegetación adventicia en las plantaciones forestales de algunas regiones de Ontario (Canadá), provocó resultados poco satisfactorios en la regeneración de terrenos por la proliferación de malas hierbas. En un esfuerzo por solucionar el problema, los investigado-

res se centraron en el desarrollo de técnicas culturales en vivero que aumentaran la competitividad en campo de la planta producida. Se introdujeron nuevas prácticas nutricionales, como la fertilización exponencial y la sobrealimentación nutricional durante la fase de cultivo en vivero. La fertilización exponencial se diseña sobre el concepto de un “estado regular de nutrientes”, según el cual las plantas deben crecer con una

	H	D	H/D	PSA	PSR	PSA/PSR
CONV.	7.68 a	3.24 a	2.37 ab	1.37 b	2.07 ab	0.66 a
EXPO.	6.86 a	3.01 b	2.28 a	1.22 a	1.89 a	0.64 a
LUJO	8.77 b	3.39 a	2.59 b	1.69 c	2.10 b	0.81 b

Tabla 1. Medias de las variables e índices morfológicos medidas al final del cultivo en cada tratamiento en planta de *P. nigra*: H: altura (cm.); D: diámetro (mm.); PSA: peso seco de parte aérea (g); PSR: peso seco de parte radical (g)

concentración interna de nutrientes constante, libres de estrés nutricional (INGESTAD & LUND 1986). El crecimiento y la acumulación de nutrientes de las plantas fertilizadas convencionalmente aumenta de forma progresiva, pero la concentración interna de nutrientes generalmente disminuye debido a su dilución por el crecimiento, lo que sugiere un estrés de nutrientes por exceso al inicio del período de crecimiento y una posible carencia al final.

INGESTAD & LUND (1986) afirman que el índice de adición de nutrientes, es decir, el aporte de nutrientes, que puede ser fácilmente manipulado en el manejo del cultivo, es el conductor variable del crecimiento y la nutrición de la planta y que el mantenimiento de contenidos constantes de nutrientes puede ser logrado mediante la fertilización con un aumento exponencial en la cantidad durante el período de crecimiento de la planta, que también sigue una curva exponencial.

Intentando adaptar a nuestras especies las experiencias con modelos de fertilización exponencial en otras latitudes, en el Centro de Mejora Genética Forestal “El Serranillo” planteamos un ensayo en el que se compara el tratamiento de fertilización convencional habitual con otros tratamientos con aportes de fertilizantes de forma exponencial.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo con dos especies de pino, ambas cultivadas en contenedor:

- *Pinus nigra* de procedencia Sistema Ibérico Meridional de cosecha 99/00
- *Pinus sylvestris* de procedencia Montes Universales-Seleccionada, cosecha 99/00.

Para ambas especies se utilizó el envase Forest Pot de 200 ml, con sustrato de turba rubia sin fertilizar. El semillado se hizo el 21 de enero y el cultivo se inicia en el interior de invernadero durante la fase de germinación, saliendo después la planta al exterior a pleno sol. Se utilizó un fertilizante compuesto con una relación de equilibrio 20-7-19, conteniendo también oligoelementos. La fertilización se inició el 14 de marzo, siguiendo pautas semanales, durante 31 semanas, hasta finalizar a mediados de octubre.

El diseño espacial del ensayo se concretó en tres bloques, cada uno de ellos con 150 plantas por tratamiento y especie, en total 18 bandejas por bloque colocadas de forma aleatoria. Los tratamientos para ambas especies fueron:

- *Fertilización constante*, aportando a cada planta durante todo el cultivo un total de 100 mg de nitrógeno, 15 mg de fósforo y 79 mg de potasio que se repartieron entre las 31 fertilizaciones, aportándose en cada fertilización por planta 3.23 mg de N, 0.48 mg. de P y 2.55 mg. de K.
- *Fertilización exponencial*, aportando a cada planta durante todo el cultivo, las mismas cantidades de macronutrientes que en el tratamiento anterior; es decir, 100 mg de nitrógeno, 15 mg de fósforo y 79 mg de potasio que se repartieron entre las 31 semanas siguiendo la curva exponencial definida con la ecuación: $y = 0.4168 + (0.537^* 0.0135^x)$, en la que y es el contenido total de nitróge-

	H	D	H/D	PSA	PSR	PSA/PSR
CONV.	6.75 ab	3.18 a	2.13 a	1.29 b	1.91 b	0.68 a
EXPO.	6.05 a	3.04 a	2.03 a	1.11 a	1.69 a	0.65 a
LUJO	7.43 b	3.67 b	2.00 a	1.57 c	1.91 b	0.84 b

Tabla 2. Medias de las variables e índices morfológicos medidas al final del cultivo en cada tratamiento en planta de *P. sylvestris*: H: altura (cm.); D: diámetro (mm.); PSA: peso seco de parte aérea (g); PSR: peso seco de parte radical (g)

no y, x los días de cultivo. La curva se obtiene ajustando los puntos de contenido total de nitrógeno a lo largo del cultivo en vivero de pino nigra, obtenidos en un ensayo de fenología sobre esta especie realizado previamente en el centro El Serranillo.

- *Fertilización de lujo*, aportando a cada planta durante todo el cultivo el doble de cantidades de nutrientes que en los tratamientos anteriores; es decir, 200 mg de nitrógeno, 30 mg de fósforo y 158 mg de potasio, repartidos entre las 31 semanas siguiendo la misma curva exponencial que en el tratamiento anterior.

Todas las fertilizaciones se hicieron de forma manual, aportando a cada planta su dosis correspondiente de fertilizante mediante una pistola dosificadora.

Al final del cultivo se midieron las variables: altura, diámetro y pesos secos, analizándose el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, tanto de la parte aérea como de la parte radical de las plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a los resultados de morfología, en *P. nigra* (Tabla 1), y en *P. sylvestris* (Tabla 2) se ve que las plantas en el tratamiento lujo tienen una respuesta positiva con relación a los tratamientos convencional y exponencial al conseguir plantas de mayor altura y desarrollo aéreo. Al ser plantas más grandes, se hipotetiza que tendrán en el futuro y una vez puestas en campo mayor

capacidad para competir con la vegetación adventicia que puedan encontrar facilitándose así su establecimiento y posterior desarrollo. Este mayor desarrollo en el vivero parece lógico, ya que son plantas que han recibido el doble de nutrientes. Las diferencias no son estadísticamente significativas entre los tratamientos lujo y convencional para las variables diámetro y peso seco radical en *P. nigra* y altura y peso seco radical en *P. sylvestris*, pese a recibir las plantas del tratamiento convencional la mitad de nutrientes, lo que nos hace pensar que no hay proporcionalidad entre la cantidad de fertilizante que la planta recibe y el desarrollo que produce.

El tratamiento exponencial produce planta más pequeña que el tratamiento convencional, aunque las diferencias sólo son significativas en el diámetro y los pesos secos de la parte aérea en *P. nigra* y en los pesos secos aéreo y radical en *P. sylvestris*. Este resultado contrasta con los obtenidos por TIMMER & ARMSTRONG (1987) en *Pinus resinosa*, con crecimientos superiores en las plantas con regímenes exponenciales.

La razón puede deberse a que los datos para la evaluación de la curva exponencial posteriormente utilizada para calcular las dosis semanales de fertilizante, se obtuvieron de un cultivo de *P. nigra* que empezó a fertilizarse tardíamente y que alcanzó un desarrollo bastante pequeño al final del cultivo. Debido a ello, en el tratamiento exponencial las aportaciones efectuadas en las diecinueve primeras semanas fueron realmente pequeñas, e inferiores siempre a las aportaciones semanales del tratamiento convencio-

	NA	NR	PA	PR	KA	KR
CONV.	13.9 a	8.3 a	1.99 a	1.5 a	6.39 a	1.96 a
EXPO.	18.1 b	10.2 a	2.69 a	1.64 a	6.94 a	1.96 a
LUJO	21.6 b	14.1 b	2.76 a	2.23 a	6.39 a	2.11 a

Tabla 3. Resultados de concentración de nutrientes (N, P, K expresados en mg/g) al final del cultivo para cada tratamiento en *P. nigra*; A: parte aérea; R: parte radical

	NA	NR	PA	PR	KA	KR
CONV.	15.5 a	9.07 a	2.88 a	1.51 a	6.0 a	0.92 a
EXPO.	17.9 b	10.9 a	3.18 a	1.67 ab	6.02 a	1.03 a
LUJO	21.8 c	14.8 b	3.34 b	2.17 b	6.10 a	1.34 a

Tabla 4. Resultados de concentración de nutrientes (N, P, K expresados en mg/g) al final del cultivo para cada tratamiento en *P. sylvestris*; A: parte aérea; R: parte radical

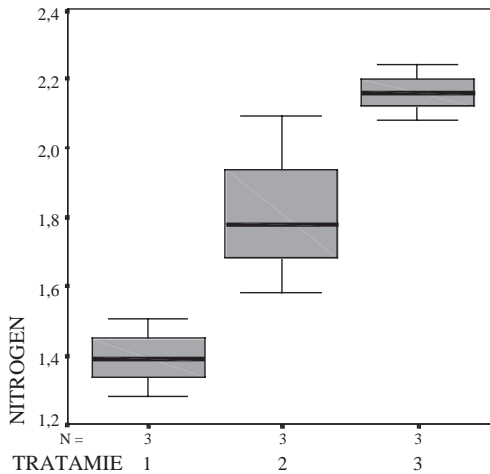


Figura 1. Representa la distribución de los valores de nitrógeno (%) en los tratamientos convencional (1), exponencial (2) y lujo (3) en los tejidos de la parte aérea de *P. nigra*

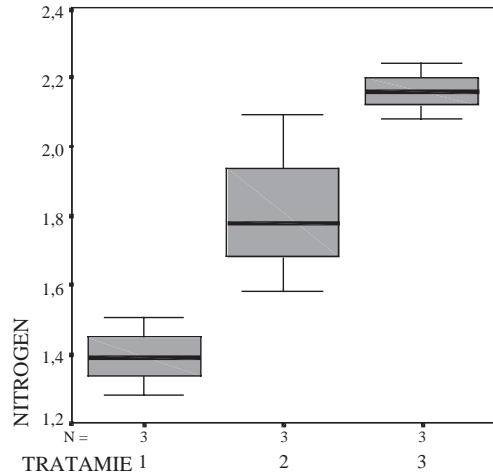


Figura 2. Representa la distribución de los valores de nitrógeno (%) en los tratamientos convencional (1), exponencial (2) y lujo (3) en los tejidos de la parte aérea de *P. sylvestris*

nal. Es decir, durante un amplio periodo de su crecimiento, que llega casi hasta el solsticio de verano, las plantas con tratamiento exponencial recibieron bastante menos fertilizante que las cultivadas convencionalmente; lo que al final se tradujo en planta más pequeña, pues las mayores dosis semanales posteriores no fueron capaces de compensar e invertir.

Respecto a la analítica del contenido de nutrientes tanto en *P. nigra* (Tabla 3) como en *P. sylvestris* (Tabla 4), las plantas del tratamiento lujo presentan mayores concentraciones de nitrógeno que las plantas del tratamiento convencional tanto en la parte aérea como en la parte radical. Se obtienen pues, con el tratamiento de lujo, plantas que además de tener mayor desarrollo al final del cultivo en vivero tienen mayores concentraciones de nitrógeno en sus tejidos, que se supone beneficioso de cara a su establecimiento y desarrollo en campo.

Son interesantes los resultados de concentración de nitrógeno en los tejidos de la parte aérea de las plantas fertilizadas con el tratamiento exponencial, en ambas especies es mayor esta concentración que la encontrada en los tejidos de las plantas fertilizadas de forma convencional, lo que nos hace pensar que al aumentar al final del cultivo las dosis semana-

les de fertilizante en el tratamiento exponencial, la planta ya no puede invertirlo en crecimiento (al estar este detenido por la llegada del fotoperíodo de la especie para la emisión de la yema), como hemos visto en los resultados morfológicos, pero lo almacena en sus tejidos y será una interesante fuente de reservas que podrá utilizar para su establecimiento y desarrollo en campo. Quizá modificando el modelo exponencial, aportando más cantidad de fertilizante al inicio de la campaña y sin disminuir los aportes finales, seamos capaces de producir planta más desarrollada y con más reservas en sus tejidos.

Respecto a las concentraciones de los otros macronutrientes: fósforo y potasio, sólo se ven diferencias significativas en la concentración de fósforo en *P. sylvestris*, que es mayor en el tratamiento lujo. Sorprenden estos resultados sin apenas diferencias, ya que las dosis de ambos elementos son en el tratamiento lujo el doble que en los otros dos.

CONCLUSIONES

El tratamiento lujo produce plantas más grandes y con concentraciones de nitrógeno

mayores en sus tejidos. El tratamiento exponencial aunque presenta menor desarrollo en vivero tiene mayores concentraciones de nitrógeno en los tejidos que el tratamiento convencional.

Queda pendiente de evaluar si estas diferencias suponen una mejora importante en la evolución (supervivencia y crecimiento) de estas plantas en campo; es decir si con estas practicas de fertilización suponen en alguna medida aumento de la calidad de planta final. Dos parcelas experimentales, una por cada especie, se han instalado durante el año 2003 para evaluar en campo la respuesta de las plantas producidas en esta experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- INGESTAD, T. & LUNA, A.B.; 1986. Theory and techniques for steady-state mineral nutrition and growth of plants. *Scan. J. For. Res.* 1: 439-453.
- TIMMER, V.R. & ARMSTRONG, G.; 1987. Growth and nutrition of containerized *Pinus resinosa* at exponentially increasing nutrient additions. *Can. J. For. Res.* 17: 644-647.
- TIMMER, V. R. & AIDELBAUM, A.S.; 1996. *Manual for exponential nutrient loading of seedlings to improve outplanting performance on competitive forest sites*. Noda/ nfp technical report tr-25