

**FERTILIZACIÓN DE *Eucalyptus grandis* EN VIVERO: CALIDAD DE LAS PLANTAS Y COMPORTAMIENTO A CAMPO**María de los A. GARCÍA¹ y G. P. Javier OBERSCHELP²**RESUMEN**

Una solución tecnológica accesible al productor viverista para la producción de plantines de calidad es la fertilización, que permite obtener plantines en menor tiempo, con características que favorecen su establecimiento a campo. La frecuencia y la duración de la aplicación de fertilizantes son las variables más simples de manejar. En este trabajo se evaluó la respuesta a la fertilización de *Eucalyptus grandis* en vivero según dos frecuencias (1 y 2 veces por semana) y tres períodos de aplicación (5, 7 y 9 semanas) de una solución de crecimiento. Al final de la viverización se midió supervivencia, altura de las plantas, y contenido de nutrientes en hoja. A los 4 y 6 meses de edad se evaluó la supervivencia y altura de los plantines a campo. En vivero las plantas fertilizadas por 7 semanas presentaron la menor altura y esbeltez, para las dos frecuencias, el menor DAC para la frecuencia de dos veces por semana y la menor supervivencia para la frecuencia semanal. A campo las plantas fertilizadas por 9 semanas presentaron menor altura, y la de frecuencia de 2 veces por semana también menor supervivencia. En todos los tratamientos se encontraron bajos niveles de N, K, Ca, Fe y Cu, excepto en la aplicación semanal durante 5 o 7 semanas para este último nutriente, niveles adecuados de P, Mg, Zn y niveles excesivos de Mn. Estos resultados sugieren un ajuste en las concentraciones de los nutrientes deficientes en la solución nutritiva.

Palabras clave: *plantines, frecuencia de fertilización, viverización, supervivencia, nutrición mineral*

1. INTRODUCCIÓN

Producir plantas de eucalipto de buena calidad en vivero depende de diversos factores, como la calidad del material de propagación, la calidad del agua de riego, la frecuencia e intensidad del riego, el control sanitario adecuado (Toro Vergara y Quiroz Marchant, 2007). Otra importante práctica cultural es la fertilización, que debe garantizar una nutrición balanceada y adecuada para cada etapa de desarrollo de las plantas. La fertilización debe orientarse a lograr la mejor calidad de plantas en el menor tiempo posible, para reducir los costos de producción (Sgarbi *et al.*, 1999, von Wernich *et al.*, 2001).

La producción intensiva de plantas en contenedores requiere un manejo ajustado al sistema de producción de cada viverista, definido por el tipo de riego, el sustrato, la siembra/trasplante, las estructuras de protección (invernáculo, sombráculo), los envases, entre otros. Definir el plan de fertilización es el último paso de la planificación operativa de un vivero, condicionado por los demás aspectos culturales y el nivel tecnológico del emprendimiento. El objetivo es lograr una planta equilibrada morfológicamente y en estado fisiológico óptimo, capaz de establecerse e iniciar el crecimiento a campo en el menor tiempo posible. El seguimiento a campo de las plantas producidas permite evaluar su respuesta a diferentes factores de estrés, para ajustar la fertilización en vivero en posteriores campañas (Fernández y Royo, 1998). Según estudios en coníferas, plantas fertilizadas con niveles elevados de nitrógeno presentaron menor supervivencia a campo que las producidas con niveles más bajos de ese macronutriente, por presentar tejidos suculentos más sensibles al estrés pos plantación (Landis, 2000).

La fertilización constante con fertilizantes líquidos permite aplicar las dosis diarias recomendadas de

¹ Silvicultura y Manejo, Área Forestal, EEA Concordia INTA. Contacto: garcia.mariaa@inta.gob.ar / Ruta 22 y vías FFCC, Estación Yuquerí, Concordia (Entre Ríos, Argentina)/ Te. (0345)4290000 interno 160.

² Mejoramiento genético, Área Forestal, EEA Concordia INTA. Contacto: oberschelp.javier@inta.gob.ar / Te. (0345)4290000 interno 129.



cada nutriente requeridas por cada etapa del cultivo (Landis, 2000), pero por cuestiones operativas, la frecuencia de fertilización usualmente se reduce a una o dos veces por semana, con soluciones fertilizantes más concentradas, pudiendo aparecer problemas de toxicidad o deficiencias nutricionales. Mullin y Hallett (1983) resaltan las ventajas de la fertilización constante, principalmente el adecuado suministro diario de nutrientes según la etapa del cultivo.

La elección del fertilizante y su frecuencia y forma de aplicación deben basarse en la respuesta de crecimiento de la planta bajo las condiciones de cultivo en cada vivero y su supervivencia y crecimiento a campo. Esto muchas veces se ve limitado por la disponibilidad de fertilizantes con formulaciones acordes a las necesidades de las plantas, obligando a realizar mezclas de distintos productos para cubrirlas. Esto puede ocasionar desbalances entre nutrientes, cambios en la acidez y salinidad de las soluciones, problemas de incompatibilidad y solubilidad.

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto del tiempo y la frecuencia de aplicación de la solución fertilizante para la etapa de crecimiento exponencial sobre el tamaño, el contenido de nutrientes y el desempeño a campo de los plantines logrados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el vivero de la EEA Concordia – INTA (Concordia, Entre Ríos, Argentina) se sembraron semillas de *E. grandis* de HSP INTA Concordia en bandejas de 40 celdas y 90 cm³/celda (4090 DASSPLASTIC DEL MERCOSUR), el 31 de marzo de 2014. Se usó sustrato compuesto por 60% corteza de pino compostada + 40% perlita + 20% vermiculita. La fertilización se realizó desde la siembra y hasta el final de la permanencia en vivero (Tabla 1), con soluciones fertilizantes concentradas de acuerdo a la frecuencia de aplicación, y concentración de nutrientes NPK según la etapa de cultivo (Landis, 2000). La duración de la fertilización en las etapas de establecimiento y rustificación fue la misma para todas las plantas; la fertilización con solución para etapa de crecimiento se realizó durante 5, 7 y 9 semanas, en 20 bandejas cada período.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización en vivero evaluados en la respuesta de plantines de *Eucalyptus grandis*, con soluciones concentradas para fertilización periódica en base a requerimientos diarios de nutrientes para fertilización constante de especies forestales (Landis, 2000, modificado de Tinus y McDonald, 1979). Tiempo de la aplicación de la solución de crecimiento exponencial: 5 semanas: 1 vez/semana (T1-5); 2 veces/semana (T2-5); 7 semanas: 1 vez/semana (T1-7); 2 veces/semana (T2-7); 9 semanas: 1 vez/semana (T1-9); 2 veces/semana (T2-9).

Etapa	Requerimiento diario de concentración de nutrientes (en ppm)	Inicio	Tiempo de aplicación (semanas)	Fertilizantes	1 vez/semana (dosis/litro de solución)	2 veces/semana (dosis/litro de solución)
ESTABLECIMIENTO	N: 50; P:100 ;K:100	CON LA SIEMBRA	3	Ácido fosfórico al 85% (AF)(ml)	0,88	0,44
		Etapa juvenil	4	New Plant 11-46-16 (g)	1,8	0,9
				Sulfato de potasio (SP)(g) AF (ml)	0,36 0,09	0,18 0,045
CRECIMIENTO EXPONENCIAL	N:150; P: 60; K:150	Semana siguiente a la Etapa juvenil	5, 7 y 9	New Plant 25-6-15 (g) SP (g) AF (ml)	2,4 0,67 0,4	1,2 0,34 0,2
RUSTIFICACIÓN	N:50; P:60; K:150	Al finalizar Etapa de crecimiento	14	New Plant 18-7-27 (g) SP (g) AF (ml)	1,107 0,78 0,44	0,553 0,39 0,22

Previo a la plantación, las plantas obtenidas se contaron, se midió diámetro al cuello (DAC) y altura (H) y se tomaron muestras foliares que se analizaron en laboratorio para determinar contenido de



nutrientes. La plantación se realizó de forma manual con pala entre tocones en un lote de suelo arenoso preparado para reforestación con quema de residuos y disqueado, en fajas de 62 plantas y cantidad de filas variable según plantas disponibles de los 6 tratamientos.

Las plantas de los tratamientos con fertilización de crecimiento por 5 y 7 semanas se plantaron el 15/10/2014, y las demás el 30/10/2014. A 5 días de plantado se fertilizó con 100 g/planta de fosfato diamónico ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) en un pozo a 20 cm de cada planta. Se realizó control de hormigas, rebrotes y malezas hasta abril de 2015. La reposición de fallas se hizo durante el primer mes de plantación. Las mediciones de altura (H) y supervivencia a campo se realizaron el 24/2/2015 y el 28/4/2015, en 4 muestras (2 en las partes altas del lote y 2 en las partes bajas) de cada tratamiento de 20 plantas cada una, según estratificación a posteriori. Los datos se analizaron con modelos mixtos con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2015).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento, supervivencia y estado nutricional en vivero

Todas las variables medidas en el vivero presentaron interacción significativa entre los factores tiempo de aplicación y frecuencia. Según la frecuencia de aplicación, se analizaron los datos de supervivencia, diámetro del cuello (DAC) y altura (H), medidos a los 188 días desde la siembra (dds, para 5 y 7 semanas de aplicación de fertilizante de crecimiento) y 203 dds (para 9 semanas de fertilización de crecimiento).

Con respecto a la fertilización de 1 vez por semana, el DAC de las plantas de T1-5 resultó significativamente menor ($p < 0,0001$) al de las plantas de T1-7 y T1-9, entre las que no se encontraron diferencias (Figura 1). Los tres tratamientos se diferenciaron significativamente en cuanto a altura (Figura 1) y esbeltez (Tabla 2), con valores mayores en plantas de T1-9, seguidas por las de T1-5, y los menores valores de esas variables fueron los de las plantas de T1-7, las que también presentaron supervivencia en vivero significativamente menor que los otros tratamientos.

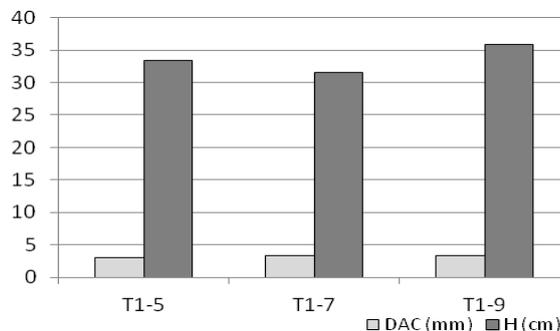


Figura 1. Diámetro del cuello (DAC) en milímetros y altura (H) en centímetros, de los plantines fertilizados 1 vez a la semana, con 5, 7 y 9 semanas de aplicación de fertilizante de crecimiento, medidos a los 188 dds (los fertilizados por 5 y 7 semanas) y a los 203 dds (los fertilizados por 9 semanas).

Para la frecuencia de dos veces por semana se observaron diferencias significativas en DAC y H entre todos los tratamientos. Los mayores valores de DAC y H se obtuvieron con el tratamiento T2-9 semanas, seguidos por T2-5, mientras los de T2-7 resultaron los valores más bajos de estas variables (Figura 2). Con respecto a la esbeltez, los valores de las plantas de T2-9 fueron significativamente mayores a las demás (Tabla 2), indicando desbalance entre la altura y el diámetro del cuello, plantas desproporcionadas, de mala calidad (Carneiro, 1995). Las plantas fertilizadas 2 veces por semana no mostraron diferencias en supervivencia en vivero.

Considerando los niveles establecidos por Silveira *et al.* (2001) para plantines de *E. grandis* en la última etapa de viverización, los resultados de los análisis foliares indicaron: bajos niveles de N, K, Ca, Fe y Cu, con excepción del T1-5 y T1-7 para este último nutriente; niveles adecuados de P, Mg, Zn y elevados niveles de Mn, aunque no se observaron síntomas de fitotoxicidad (Tabla 3).

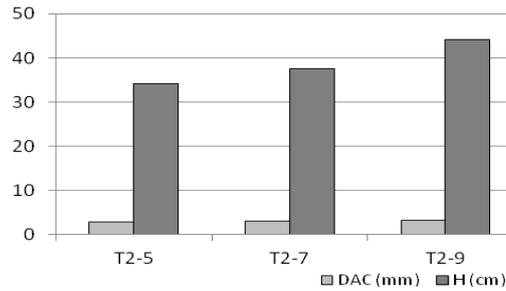


Figura 2. Diámetro del cuello (DAC) en milímetros y altura (H) en centímetros, de los plantines fertilizados 2 veces por semana, con 5, 7 y 9 semanas de aplicación de fertilizante de crecimiento, medidos a los 188 dds (los fertilizados por 5 y 7 semanas) y a los 203 dds (los fertilizados por 9 semanas).

Tabla 2. Valores de esbeltez de los plantines a los 188 dds (los fertilizados por 5 y 7 semanas) y a los 203 dds (los fertilizados por 9 semanas).

DURACIÓN (semanas)	FRECUENCIA	
	1 vez por semana	2 veces por semana
5	10,9	12,3
7	9,6	12,6
9	11,2	13,6

Tabla 3. Contenido de nutrientes en hojas de plantines de *E. grandis* a los 188 y 203 dds (para 5 y 7, y 9 semanas de fertilización de crecimiento, respectivamente)

Tratamiento	%					mg/Kg			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
T1-5	0,87	0,14	0,7	0,43	0,29	39	13	29	966
T2-5	0,82	0,16	0,72	0,54	0,33	35	8	32	1473
T1-7	0,82	0,15	0,71	0,39	0,24	35	14	30	832
T2-7	0,85	0,14	0,67	0,53	0,32	49	5	39	1404
T1-9	0,92	0,16	0,76	0,51	0,3	42	6	40	1150
T2-9	1	0,16	0,81	0,6	0,34	36	6	37	1500

Estos resultados indican que la solución nutritiva debería ser parcialmente modificada para alcanzar los niveles recomendados. Por otro lado, el exceso de Mn puede ser producto de un pH ácido y/o a condiciones de reducción en el medio de crecimiento (Marschner, 1995), que en este caso pueden atribuirse al pH del sustrato (3,70) con 60% de corteza de pino compostada en su composición y al pH de las soluciones nutritivas (2,35 y 2,46). Excepto por el manganeso, del que se encontraron mayores concentraciones en los tratamientos con 2 aplicaciones semanales, no se observaron grandes diferencias en la concentración de nutrientes entre tratamientos.

Supervivencia y crecimiento a campo

En las evaluaciones a campo se observó interacción entre los factores tiempo y frecuencia en la segunda evaluación. En cuanto a la supervivencia, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con frecuencia de fertilización semanal, pero las plantas de T2-5 y T2-7 presentaron mayor supervivencia (98% y 96%, respectivamente) que las de T2-9 (89%), en los dos momentos evaluados.

Las plantas de T1-5 y T1-7 alcanzaron alturas significativamente mayores que las de T1-9 (Figura 3). Por su lado, todos los tratamientos de frecuencia de aplicación de 2 veces por semana se diferenciaron significativamente en cuanto a la altura de las plantas, donde las de T2-5 fueron significativamente más altas que las de T2-7, y éstas a su vez mostraron altura mayor que las de T2-9, que fueron las de menor altura (Figura 3). Plantas sin diferencias en supervivencia a campo pueden presentar respuesta diferencial en crecimiento, debido a factores como el régimen de fertilización en vivero (Fernández y Royo, 1998). Al contrario de los resultados de este trabajo, Borges *et al.* (1980) encontraron correlación positiva entre la altura de las plantas en vivero y la altura alcanzada a los 6 meses a campo.

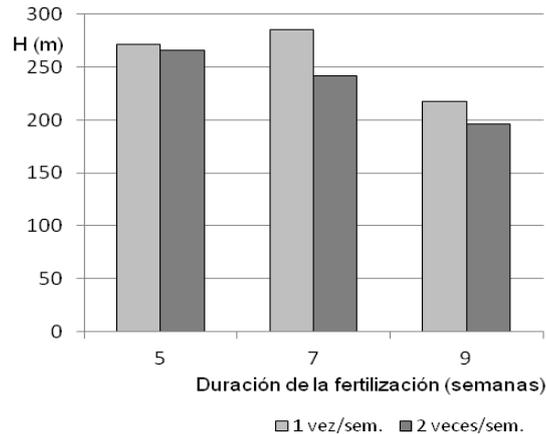


Figura 3. Altura media (H) de las plantas de los 6 tratamientos (definidos por la combinación de la duración y la frecuencia de la fertilización) a los 6 meses de plantadas a campo.

4. CONCLUSIONES

En vivero las plantas fertilizadas por el período más largo crecieron más, pero a campo aquellas que fueron fertilizadas en vivero durante el tiempo más corto presentaron mejor desempeño (supervivencia y crecimiento).

La fertilización evaluada resultó en bajos niveles de N, K, Ca, Fe y Cu en hoja, excepto en la aplicación semanal durante 5 o 7 semanas para este último nutriente, niveles adecuados de P, Mg, Zn y niveles excesivos de Mn.

5. REFERENCIAS

- Carneiro J.G. de Araujo. 1995. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995, 451 p.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: <http://www.infostat.com.ar>
- Fernández M; Royo A. 1998. Estudios realizados en la cátedra de Anatomía, Fisiología y Genética forestal para el control de calidad de planta forestal. Jornadas sobre producción de planta forestal en contenedor. Segovia, 1998.
- Landis TD. 2000. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. En Landis TD, RW Tinus, SE McDonald, JP Barnett. Manual Agrícola. Volumen N° 4. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. p. 1-67.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press.
- Mullin T; Hallett R.1983. Fertilization of containerized tree seedlings by the replacement method. Tech. Note 93. Fredericton, NB: Canadian Forestry Service, Maritimes Forest Research Centre. 8 p.
- Sgarbi F.; Silveira R. L. V. A.; Higashi, E. N.; Paula T. A.; Moreira A.; Ribeiro F. A. 1999. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. Simpósio sobre Fertilização e Nutrição Florestal, IPEF, Piracicaba, 1999.
- Silveira, R. L. V. A.; Higashi, E. N.; Sgarbi, F.; Muniz, M. R. A. 2001. Seja o Doutor do seu Eucalipto. Potafos, Piracicaba, Brazil
- Toro Vergara J.; Quiroz Marchant, I. 2007. Fertilización de *Eucalyptus globulus* producidos en contenedores. Hualpen, Chile, octubre de 2007.
- Tinus R.; McDonald S. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. General Technical Report RM-60. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256 p.
- Von Wernich M.; Lavado R.; Porcelli C. 2001. Preparando los plantines. Dos valiosas propiedades: velocidad de crecimiento y alta rusticación. Fertilizar 22: 4-5.