

UTILIZACIÓN DE LODO DE DEPURADORA URBANA COMO COMPONENTE DE SUBSTRATO PARA LA OBTENCIÓN DE PLANTA FORESTAL DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL

Rigueiro-Rodríguez, A; Mosquera-Losada, M.R. *

Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Campus de Lugo. 27002-Lugo. España.

*Autor para la correspondencia: romos@lugo.usc.es

Boletín del CIDEU 3: 145-154 (2007)
ISSN 1885-5237

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del empleo de lodo de depuradora urbana como componente del sustrato sobre la calidad de la planta de *Eucalyptus globulus* cultivada en vivero en envase superleach. Los tratamientos empleados fueron cuatro: tratamiento A: 25% de perlita + 37,5% lodo desecado + 37,5% de corteza de pino; tratamiento B: 25% de perlita + 50% de lodo desecado + 25 % de corteza de pino; tratamiento C: 25% de perlita + 25% de lodo desecado + 50% de corteza de pino; tratamiento D: 25% de perlita +75% de corteza de pino, fertilizado con verplant. Los parámetros evaluados fueron la altura y el diámetro en el cuello de raíz. Encontramos que las plantas se desarrollaron mejor en el sustrato que contenía un 37,5% de lodo en su composición, al presentar mayor crecimiento en altura.

Palabras clave: crecimiento de eucalipto en vivero, lodo de depuradora

Summary

Use of urban sewage sludge as a component of substrate for growing *Eucalyptus globulus* Labill forest plants

The aim of the experiment was to evaluate the effect of using municipal sewage sludge as component of substrate on nursery plant quality cultivated in a superleach container. Treatments used were four: A: 25% of perlite + 37,5% dried sludge + 37,5% pine bark; B: 25% of perlite + 50% of dried sludge + 25 % of pine bark; C: 25% of perlite + 25% of dried sludge + 50% of pine bark and D: 25% of perlite +75% of pine bark fertilized with verplant. Studied variables were height and base diameter. Plants grew better on treatment that had around 37,5% of sewage sludge as they had better values of height.

Keywords: nursery eucalypts growth, sewage sludge.

INTRODUCCIÓN

Eucalyptus globulus es una especie de gran importancia en la Comunidad Autónoma de Galicia y cuyo uso principal es la producción de pasta de papel. Habitualmente se emplean en repoblación entre 8,5 y 9 millones de plantas anuales, lo que corresponde a algo más de 6.000 ha de repoblación, de las cuales el 100% se obtiene mediante su cultivo en contenedor (Rodríguez-Soalleiro *et al.*, 1998). Es además una especie empleada en otras zonas de Europa próximas a nuestra región, como Portugal.

De todos es sabido que la producción de planta de calidad en vivero se ve muy afectada por el tipo de sustrato empleado. Los componentes de los sustratos utilizados habitualmente son la perlita, la corteza de pino y la turba. La protección ecológica de las turberas y el coste de la turba justifica la búsqueda de sustratos alternativos a este material. De igual manera el efecto positivo de la utilización de fertilizantes de liberación lenta, tipo osmocote o verplant, en el cultivo de planta en envase es de sobra conocido. Los lodos de depuradora urbana son un tipo de residuo que puede ser empleado como componente del sustrato (reemplazando a la turba) para producir planta en vivero, ya que es un material de origen orgánico con una proporción elevada de nutrientes, sobre todo de nitrógeno, que se libera de forma paulatina, a medida que se produce la mineralización, haciendo innecesario el aporte de fertilizantes inorgánicos. El principal componente nutritivo de los lodos es el nitrógeno, y es el contenido de este nutriente en planta el que se relaciona con los mayores crecimientos en altura, un año después de la plantación (Frayssé y Crémère, 1998).

El empleo de los fangos como componente de los sustratos para la producción de planta

en vivero tiene ventajas de tipo económico (sólo el coste derivado del transporte y se evita la compra de turba y fertilizantes), ambiental (ya que aplicados a gran escala se reduciría la velocidad de llenado de vertederos y, además, la cantidad de lodo distribuido por unidad de superficie es menor que si su uso fuese agrícola (Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 2001) y sanitario, ya que no se emplean estos residuos en productos de consumo directo por animales o el hombre.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes proporciones de perlita, corteza de pino y lodo de depuradora urbana en el sustrato sobre el crecimiento de planta de *Eucalyptus globulus* Labill cultivado en envase.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se inició en el mes de marzo de 1999, momento en el cual se realizó una siembra de *Eucalyptus globulus* cuya semilla procedía de la cosecha realizada en la campaña 1998/1999 y formaba parte del material de reproducción seleccionado de la Dirección Xeral de Montes e Medio Ambiente Natural de la Xunta de Galicia. Los análisis de germinación revelaron una capacidad germinativa del 100%. La siembra se realizó con dos semillas de eucalipto por envase superleach de 123 cm³ de capacidad, 220 mm de profundidad, 35 mm de diámetro superior y 20 mm de diámetro inferior. Los envases se situaron en bandejas M-21 de 63 alvéolos, que suponen 400 alvéolos/m². Los tratamientos fueron cuatro y consistieron en el empleo de las siguientes proporciones de lodo, perlita y corteza de pino:

Tratamiento A: 25% de perlita + 37,5% lodo desecado + 37,5% de corteza de pino

Tratamiento B: 25% de perlita + 50% de lodo desecado + 25 % de corteza de pino

Tratamiento C: 25% de perlita + 25% de lodo desecado + 50% de corteza de pino.

Tratamiento D: 25% de perlita + 75% de corteza de pino, fertilizado con 5,33 gramos de verplant por envase, en el momento de iniciarse el ensayo, y con tres pellets del mismo fertilizante de liberación lenta por envase en julio de 1999.

Estos tratamientos fueron distribuidos al azar por cada media bandeja de superleach y replicados tres veces. Se anotó la fecha de germinación de cada semilla, eliminándose la que tardaba más en germinar o no germinaba, con el fin de conseguir una mayor homogeneidad dentro de cada tratamiento y réplica. Todos los envases tenían planta después de un mes de iniciado el estudio.

Caracterización de los sustratos

Para la caracterización del lodo y de los sustratos se procedió a su secado y tamizado para realizar una determinación de diferentes parámetros, tales como pH y materia orgánica (Guitián y Carballas, 1976) y nitrógeno y fósforo total (Castro *et al.*, 1990) y elementos totales. Para determinar los cationes totales y metales pesados se empleó el método de digestión por microondas, cuyo proceso está basado en la digestión ácida con ácido nítrico en vasos cerrados empleando una presión controlada. La cuantificación de los diferentes cationes se realiza mediante espectrofotometría de absorción (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Cr y Ni) y emisión atómica (K).

Se realizó también una caracterización física de los sustratos. Para el estudio de los elementos gruesos (> 2 mm), la muestra

seca se fraccionó mediante el empleo de tamices de tamaño de malla de 5 y 8 mm. Para el cálculo de la porosidad y capacidad de retención de agua se empleó el método propuesto por Spomer y Turgeon (1977).

Caracterización de las plantas

Las alturas de las plantas producidas fueron medidas con una regla graduada los días 11 y 26 de mayo, 10 y 25 de junio, 12 y 29 de julio, 16 de agosto, 2 y el 2 de octubre. Los diámetros fueron medidos en el cuello de la raíz mediante el empleo de un calibre en las mismas fechas, si exceptuamos las dos primeras, en las que no se hizo esta medición, para evitar posibles daños a las plantas.

Los datos obtenidos se analizaron mediante el empleo de ANOVA y las diferencias entre medias fueron mostradas por el test de DUNCAN utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización del lodo empleado en el estudio pueden verse en la tabla 1. De ella se desprende que el residuo presenta un pH próximo a la neutralidad, un contenido en materia orgánica elevado y unos niveles de materia seca del 25%. Los niveles de Nitrógeno son elevados, comparados con los de otros elementos como el fósforo o el potasio. Los niveles de metales pesados presentes en el lodo muestran que son el cobre y sobre todo el zinc los que presentan las mayores concentraciones (Smith, 1996). En ningún caso se sobrepasan los valores límites señalados en el RD 1310/90 para el empleo de lodos de depuradora urbana en agricultura.

		Lodo	
	materia seca	25%	
	materia orgánica	39,25%	
	pH (agua)	6,94	
mg/g	Nitrógeno	29,50	
	Fósforo	5,20	
	Potasio	2,50	
	Sodio	0,20	
	Calcio	6,90	
	Magnesio	4,30	
	mg/kg	Cobre	154,00
		Hierro	16141,00
Zinc		746,00	
Manganeso		164,00	
Cadmio		<1	
µg/kg	Mercurio	<1	

Tabla 1: Características físicas y químicas de los lodos utilizados para la formulación de los sustratos (los datos del año 98 proceden del laboratorio agrario y fitopatológico de Galicia, los datos del año 99 fueron facilitados por GESTAGUA S.A.)

Lmalla (mm)	PCa-PCb (0% lodo)		PLCa (25% lodo)		PLCb (37,5% lodo)		PLCc (50% lodo)	
	% PS	% PA	% PS	% PA	% PS	% PA	% PS	% PA
> 8	0,40	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
(8,0- 5,0)	1,48	99,60	4,26	100,00	4,67	100,00	2,55	100,00
(5,0-2,0)	42,45	98,12	40,86	95,74	35,99	95,33	35,09	97,50
(2,0-1,25)	14,19	55,67	12,10	54,88	9,01	59,34	7,70	62,41
(1,25-0,8)	17,82	41,48	4,50	42,78	7,58	50,33	5,90	54,71
< 0,8	23,66	23,66	38,28	38,28	42,75	42,75	48,81	48,81

Tabla 2: Distribución granulométrica en porcentaje (PS= peso sustrato, PA= peso acumulado) de los distintos sustratos (PCa-PCb, PLCa, PLCb y PLCc), entre paréntesis aparece el porcentaje de lodo que contiene cada uno. Luz de malla (Lmalla) en mm.

	Porosidad total	Macroporosidad	Microporosidad
PCa-PCb (0% lodo)	64,00	41,20	22,80
PLCa (25% lodo)	58,82	22,64	36,18
PLCb (37,5% lodo)	55,55	18,14	37,14
PLCc (50% lodo)	52,54	16,45	36,14

Tabla 3: Porosidad total, macroporosidad y microporosidad, en porcentaje, de los distintos sustratos (PCa-PCb, PLCa, PLCb y PLCc), entre paréntesis aparece el porcentaje de lodo que contiene cada uno.

Como se puede observar en la tabla 2 las partículas de tamaño inferior a 2 mm, esto es las relacionadas con la fertilidad química del medio, aumentan a medida que se incrementa el contenido de lodo en la mezcla, lo que le confiere la ventaja de mejorar la concentración de elementos nutritivos para la plantas, pero la desventaja de aumentar de igual manera el nivel de metales pesados.

La porosidad total (tabla 3) se reduce a medida que incrementamos la proporción de lodo en la mezcla, al igual que sucede con la macroporosidad, pero de manera inversa a como lo hace la microporosidad.

Los valores de referencia encontrados en la literatura para estas variables son muy diversos; Boodt *et al.*, (1972) señalan como valores recomendables para la

macroporosidad los comprendidos entre el 20 y el 30%, Nadal (1998) encontró esos valores entre 25-35 %, aunque también indica que en contenedores de mucha altura y capacidad este parámetro se debe incrementar hasta un 50%. Sin embargo, Abad (1992) señala que la porosidad de los sustratos de cultivo, fundamentalmente en contenedor, debe aproximarse al 80-85%, valor que no alcanzaba ninguno de los sustratos empleados en esta experiencia.

El pH recomendado para el cultivo de plantas forestales en envase oscila entre 5,5-6,5 en función de la especie (Navarro y Pemán, 1997). Los valores obtenidos en nuestro caso están reflejados en la tabla 4. Los sustratos que contienen lodo presentan un rango de acidez adecuado para la especie de este estudio. El sustrato que no contiene lodo presenta un valor de pH muy bajo, lo

que puede provocar deficiencias en la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes.

El contenido de materia orgánica, va a estar influenciado por el porcentaje de corteza de pino y de lodo, entre ambos constituyen el 75% en peso del sustrato. Se puede observar que ésta aumenta a medida que se incrementa el contenido de corteza de pino, debido a que es el material que contiene mayor proporción de materia orgánica (94%). La relación C/N supera el valor de 10, lo que implica una tasa de mineralización reducida. Es importante destacar los valores encontrados de esta relación en el sustrato sin lodo, que deriva de los elevados contenidos en C y de los reducidos contenidos en N (0,6%) que presenta la corteza de pino en comparación con el lodo.

	pH (en agua)	MO	%C	C/N
<i>PCb (0% lodo)</i>	3,89	53,25	31,32	447,40
<i>PLCa (25% lodo)</i>	5,78	38,62	22,71	35,65
<i>PLCb (37,5% lodo)</i>	6,23	36,25	21,32	15,60
<i>PLCc (50% lodo)</i>	6,63	30,22	18,95	14,03

Tabla 4: Valor del pH medido en agua, Materia orgánica (MO), Carbono (C) y relación carbono/nitrógeno (C/N) para los distintos sustratos, *PCb*, *PLCa*, *PLCb* y *PLCc*, entre paréntesis aparece el porcentaje de lodo que contiene cada sustrato.

		<i>PCb (0% lodo)</i>	<i>PLCa (25% lodo)</i>	<i>PLCb (37,5% lodo)</i>	<i>PLCc (50% lodo)</i>
mg/g	Nitrógeno	0,70	6,37	13,66	17,35
	Fósforo	0,52	4,00	5,25	5,39
	Potasio	1,17	2,45	2,10	3,25
	Sodio	7,47	8,06	7,77	7,35
	Calcio	1,75	3,08	3,44	9,24
	Magnesio	0,57	2,27	3,27	3,71
mg/kg	Cobre	8,33	85,42	107,50	150,42
	Hierro	320,00	3411,00	6573,00	7563,00
	Zinc	35,42	445,42	601,88	790,83
	Manganeso	54,17	143,33	185,63	235,83
	Plomo	40,00	50,00	48,75	89,17
	Cadmio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Cromo	0,83	17,50	18,12	36,25
Niquel	<0,01	10,00	16,87	25,00	

Tabla 5: Concentración de nutrientes en los distintos sustratos, *PCb*, *PLCa*, *PLCb* y *PLCc*, entre paréntesis aparece el porcentaje de lodo que contiene cada uno.

Se puede apreciar que los contenidos tanto de los nutrientes como de los metales se incrementan a medida que aumenta el porcentaje de lodo en la mezcla (tabla 5). Al comparar estos sustratos con el que no tiene lodo en su composición, se puede comprobar el aporte de nutrientes que realizan los lodos; en el caso de los elementos nutritivos principales el contenido en los sustratos con mayores proporciones de lodo llega a ser tres o cuatro veces superior al del sustrato PLCa, que es, entre los que llevan lodo, el que tiene por la menor proporción de este residuo en la mezcla. Hay que tener en cuenta que al sustrato PCb (0% de lodo) se le aplicó fertilización en forma de abono Verplant por lo que la posible carencia de elementos nutritivos se ha visto solventada.

Cabe destacar las elevadas concentraciones de fósforo y nitrógeno (que es el mayor componente nutritivo de los lodos) en los sustratos que contienen lodo. Otro de los elementos a tener en cuenta es el calcio; la elevada cantidad de este elemento en los tratamientos que contienen lodo suele ser consecuencia del tratamiento dado a las aguas de la estación depuradora, ya que los lodos se precipitan con $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

También hay que destacar el elevado contenido en sodio que hay en todas las mezclas, elemento aportado mayoritariamente por la perlita, cuya proporción en las mezclas ensayadas es constante.

En relación a los micronutrientes y metales pesados, destacan el cobre y zinc, cuya concentración en los lodos es especialmente elevada. El problema que presentan es que además de ser absorbidos por las plantas, tienden a acumularse en ellas, con el consiguiente posible efecto nocivo (Costa *et al.*, 1987). Tanto las concentraciones de níquel como las de cadmio son muy inferiores a los límites establecidos por la

legislación, y las de zinc y cobre se encuentran también por debajo del límite de los valores permitidos para uso de lodo en agricultura (TD 1310/1990).

Los resultados obtenidos en relación al crecimiento de la planta forestal señalan una importante respuesta a la fertilización, como era de esperar al tratarse de una especie de crecimiento rápido y con un tamaño de semilla pequeño, que contiene una escasa cantidad de reservas (Bennet *et al.*, 1996). Podemos decir que las diferentes mezclas afectaron inicialmente al diámetro y de forma más importante a la altura (Figura 1) en el conjunto del período de estudio, si bien no se encontró efecto alguno sobre el coeficiente de esbeltez (relación altura/diámetro) en todo el período de estudio. En cuanto a la supervivencia, los mejores resultados se corresponden con los sustratos con contenidos medios de lodo.

Los crecimientos obtenidos en altura y diámetro en las diferentes fechas pueden verse en la figura 1. La planta obtenida en todos los tratamientos presenta una altura que se sitúa en el rango definido para planta de eucalipto de calidad (entre 10 y 30 cm) (Navarro y Pemán, 1997). El diámetro medio del cuello de la raíz se encuentra próximo al valor de 2 mm, umbral que define la planta de calidad (Navarro y Pemán, 1997).

El tratamiento con una proporción de lodo próxima al 37,5% fue el que presentó unos mayores diámetros y alturas en comparación con los otros tres, si tenemos en cuenta todo el período de estudio, aunque al final sólo resultó significativamente diferente de las plantas que crecían en el tratamiento que llevaba un 25% de lodo en el sustrato. De todos modos estas diferencias se van haciendo cada vez menores, en el caso de la altura, a medida que transcurre el tiempo. Inicialmente se

observa que las plantas que crecían sobre sustratos con un 50% de lodo tenían unos crecimientos peores, esto puede ser debido a que este sustrato tiene menor capacidad de aireación, lo que puede dificultar el establecimiento del sistema radicular de la planta y afectar a su crecimiento (Landis, 1998).

En un estudio realizado por Majada *et al.*, (1997) acerca del efecto del sustrato en la calidad de la planta de *Eucalyptus globulus* producida en envase, se demostró que los mayores crecimientos se dieron, entre otros sustratos, en un sustrato similar al sustrato PLCa, formado por 1 parte de vermiculita, 2 de corteza de pino y 1 de turba.

En conclusión, y teniendo en cuenta el análisis granulométrico y la porosidad, se puede decir que los sustratos más adecuados son aquellos que presentan porcentajes bajos, PLCa (25%), y medios, PLCb (37,5%), de lodo, en comparación con los de alto contenido en el residuo, PLCc. En relación al pH, los sustratos más adecuados, cuyo pH está dentro del rango recomendado, son el PLCa (25% de lodo) y

el PLCb (37,5% de lodo). El lodo incrementa la proporción de nutrientes y de metales en las mezclas, si exceptuamos el sodio, que depende más de los niveles de perlita; sin embargo los valores encontrados en los sustratos no superaron en ningún caso los límites marcados por la legislación para su uso agrícola. Teniendo en cuenta todos los parámetros, los sustratos más adecuados *a priori* serían el PLCa (25% lodo) y PLCb (37,5% lodo). La evaluación del crecimiento de la planta reveló que el porcentaje de lodo más adecuado ronda 37,5%, ya que con el 25% la cantidad de nutrientes es reducida y con el 50% la capacidad de aireación radical es baja.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Aurora López Veiga, María Luisa Fernández Méndez, Divina Vázquez Varela, Teresa Piñeiro López y José Javier Santiago Freijanes, técnicos del laboratorio de silvopascicultura de la Escuela Politécnica Superior, la ayuda prestada en la recogida de muestras y en los análisis químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M., Martínez, M.D., Martínez, P., Martínez, J., 1992. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*, 11, 141-155.
- Bennet, L., Weston, C., Judd, T., Attiwill, P., Whiteman, P., (1996). The effects of fertilizers on early growth and foliar nutrient concentrations of three plantation eucalypts on high quality sites in Gippsland, southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 89, 213-226.
- Boodt, M., Verdonck, E., 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae*, 37, 2054-2062.
- Castro, P., González, A., Prada, D., (1990). Determinación simultánea del nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. XXX Reunión Científica de la Sociedad Española para el estudio de los pastos: 200-207.
- Costa, F., Hernández, M., Moreno, J., 1987. Utilización agrícola de los lodos de depuradora. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp 121.
- Frayse J.Y., Crémère L., 1998. Nursery factors influencing containerized *Pinus pinaster* seedlings initial growth. *Silva Fennica* 32(3):261-270.
- Gutián, F., Carballas, T., 1976. Técnicas de análisis de suelos. Editorial Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- Landis, T.D., 1985. Mineral nutrition as an index of seedling quality. En Duryea M.L. (De). *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test.* pp 29-46. Forest Research Laboratory. Oregon State University.
- Majada, J.P., González-Río, F., Gómez, C., Casares, A., 1997. Efecto del sustrato en la calidad de eucalipto (*E.globulus*) producido en contenedor. *Actas del primer Congreso Forestal Hispano-Luso*, 3, 365-370.
- Nadal, A., 1998. Los sustratos en la producción de planta forestal en contenedor. pp 185-193. En: *Aplicación a la producción viverística, ornamental, hortícola y forestal*, Universitat de Lleida. Pastor Sáez, J. N, pp 195.
- Navarro R., Pemán, J., 1997. Apuntes de producción de planta forestal. Universidad de Córdoba, pp 267.
- Rigueiro, A., Mosquera, M.R., y Andrade L., 2002. Use of sewage sludge in real farms. *REU Technical Series*, 64:57-62.
- Rodríguez-Soalleiro, R., Alvarez-Alvarez, P., Castellón-Palomeque, P., 1998. Algunos datos sobre el consumo de planta forestal para repoblación en Galicia. *Actas del Congreso Técnico Forestal del Arco Atlántico (Silleda-Pontevedra)*.
- SAS, 2001. *SAS/Stat User's Guide: Statistics Ed.* SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Smith, S.R., 1996. *Agricultural recycling of sewage sludge and the environment.* CAB International.
- Spomer, L.A., Turgeon, A.J., 1977. Vertical soil water retention in newly sodded, drained turfgrass sites. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 8:417-423.

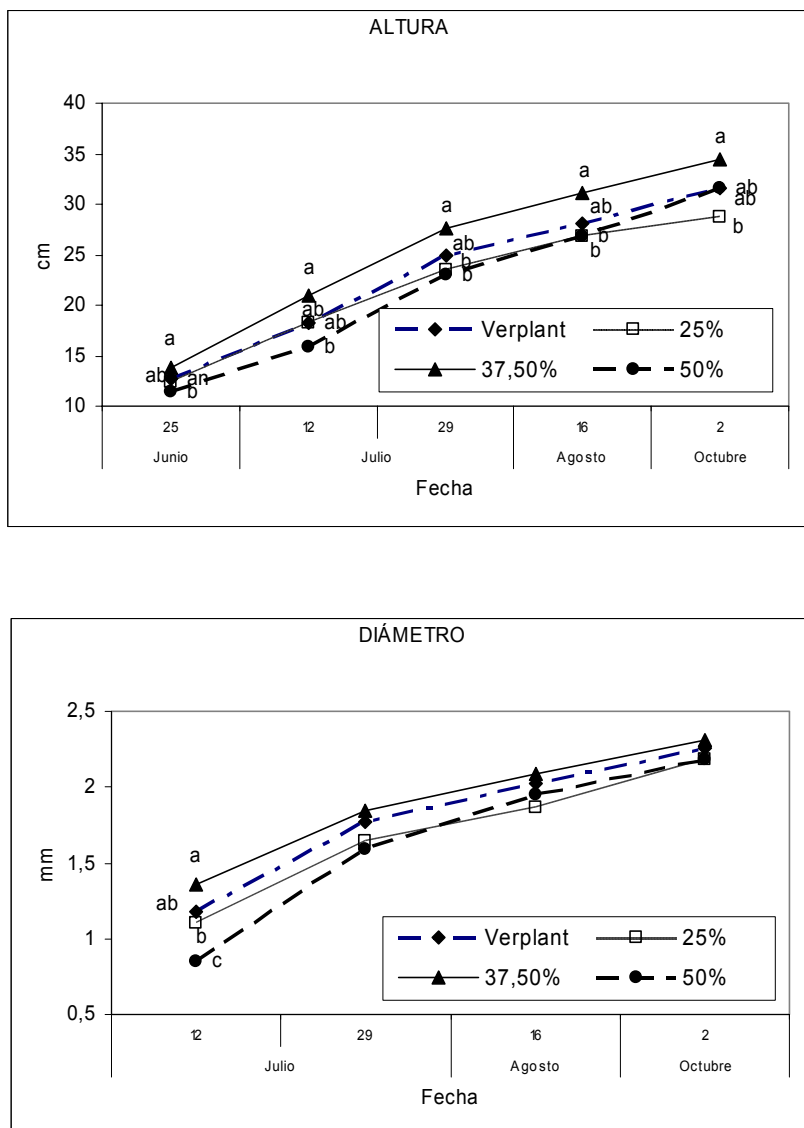


Figura 1. Altura y diámetro de *Eucalyptus globulus* en diferentes fechas y con diferentes tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en cada fecha ($p < 0.05$)

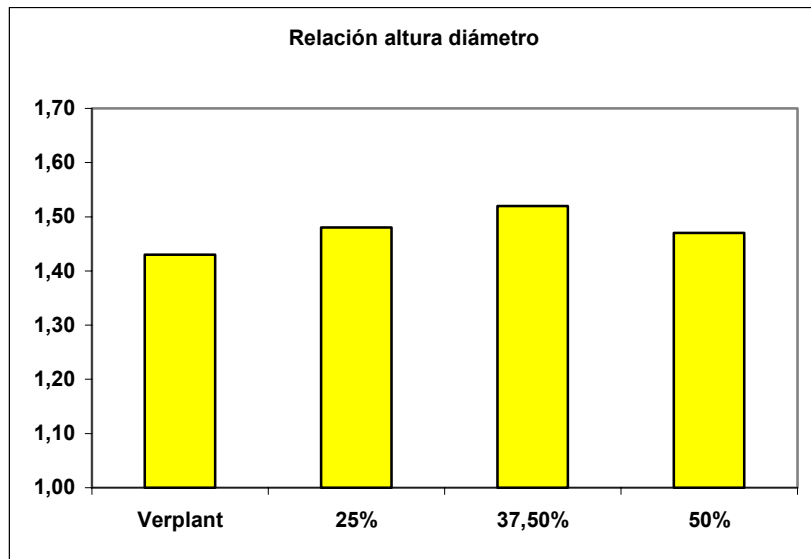


Figura 2. Relación altura y diámetro de *Eucalyptus globulus* en diferentes fechas y con diferentes tratamientos