

**INCIDENCIA DE LA DENSIDAD INICIAL DE PLANTACIÓN  
SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Eucalyptus globulus***

**EFFECT OF INITIAL SPACING OF PLANTATION  
ON *Eucalyptus globulus* GROWTH**

**Paula Ferrere<sup>1</sup>  
Mario Galetti<sup>2</sup>  
Carlos Esparrach<sup>2</sup>  
Pedro Gelid<sup>1</sup>  
Pablo Pathauer<sup>1</sup>  
Gustavo Lopez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Ing Ftal. Instituto de Recursos Biológicos. INTA Los Reseros y Las Cabañas s/n, 1712, Castelar. TE/Fax: (011)4621-0433. e-mail: pferrere@cnia.inta.gov.ar.

<sup>2</sup> Ing Ftal. EEA INTA Balcarce. CC276. (7620). Balcarce.

<sup>3</sup> Ph D Ing Ftal. Instituto de Recursos Biológicos. INTA Castelar

**SUMMARY**

A spacing trial was established in Balcarce to determine the effect of initial density on *Eucalyptus globulus* growth. The trial was planted in a modified Nelder design, covering initial stockings ranged from 582 to 2083 stems per hectare. Analyses of data collected over 9 years revealed that stocking affected growth in tree diameter and basal area. At higher stocking there was decrease of growth in tree diameter and in contrast increase of growth in basal area. Significant differences were identified between two groups for total tree height. Stocking did not affect proportion of bark assessed at 6 years of age but basic density trend to increase with lower stockings.

**Key words:** initial spacing, *Eucalyptus globulus*, growth, Nelder.

**RESUMEN**

Con el objetivo de determinar el efecto de la densidad inicial de plantación sobre el crecimiento del *Eucalyptus globulus*, se instaló un ensayo de espaciamiento en el partido de Balcarce. El diseño del ensayo fue de tipo Nelder modificado, con densidades de 582 a 2083 plantas por hectárea. Las determinaciones realizadas a los 6 años permiten inferir que la densidad inicial de plantación no afecta la proporción de corteza, en tanto que la densidad básica de la madera tendió a aumentar en los tratamientos mas densos. Al noveno año de plantado se encontró que la densidad inicial de plantación afectó el crecimiento en diámetro del árbol y por ende en área basal. Al aumentar la densidad disminuyó el crecimiento en diámetro y aumentó el área basal. Se detectaron diferencias significativas de altura entre dos grupos de tratamientos.

**Palabras clave:** densidad inicial, *Eucalyptus globulus*, crecimiento, Nelder.

## INTRODUCCIÓN

El *Eucalyptus globulus* es una especie que crece naturalmente en la costa este de Tasmania y el Sur de Australia, en una franja que va desde los 38° 30' y los 43° 30' de latitud sur, y desde el nivel del mar hasta los 450 m (BROOKER y KLEINIG, 1990). En Argentina la zona de aptitud para el crecimiento de esta especie es la franja costera del SE de la Provincia de Buenos Aires con una aptitud potencial de 850.000 hectáreas (CULOT, 2000; NAKAMA, 2000).

Esta especie fue identificada como una de las mas apropiadas para la fabricación de pastas kraft debido a su bajo contenido de lignina y densidad media lo que permite obtener pastas de buena resistencia y rendimiento (REPETTI, 1990; COTTERILL y BROLIN, 1997). El desarrollo de estudios tendientes a identificar las técnicas de manejo que permitan expresar el potencial de crecimiento de los materiales seleccionados bajo condiciones de sitio específicos son necesarios en un esquema de manejo silvicultural para optimizar el desarrollo de rodal.

PINILLA SUAREZ y ULLOA (2001) trabajando con *Eucalyptus globulus* en Chile encontraron que al aumentar la densidad de plantación disminuye el crecimiento en diámetro, pero no detectaron diferencias significativas del crecimiento en altura. Con otras especies de *Eucalyptus*, otros autores (SMITH y LOPEZ, 1991 y DALLA-TEA, 1995) determinaron diferencias significativas en distintos espaciamientos tanto en diámetro como en altura. BERNARDO et al (1998) trabajando con tres especies de *Eucalyptus* encontraron que mayores espaciamientos aumentaron el tamaño individual del árbol pero por el contrario la biomasa total por hectárea disminuyó en coincidencia con lo encontrado por SHÖNAU y COETZEE (1989) y DALLA-TEA (1995) y NEILSEN y GERRAND (1999).

Dado que no se encontraron antecedentes locales en *Eucalyptus globulus* se instaló un ensayo en la EEA INTA Balcarce con el objetivo de determinar la incidencia de la distancia inicial de plantación sobre el crecimiento de la especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en 1993, en las inmediaciones de la EEA Balcarce, en el SE de la provincia de Buenos Aires. El diseño es de tipo Nelder modificado (NELDER, 1962), donde la distancia entre filas es constante, de 3 metros y la distancia entre plantas posee un incremento del 20% respecto de la planta anterior, comenzando con una distancia de 1.6 metros. Las densidades bajo estudio fueron las siguientes: 2083, 1894, 1580, 1315, 1095, 913, 761, 634 y 582 plantas por hectáreas.

Se relevaron los datos de altura desde el año 1 al año 9, en tanto que para el diámetro a la altura del pecho (DAP) se tomaron datos a partir del tercer año de plantado. Fueron extraídos de análisis aquellas observaciones provenientes de individuos dominados fallas o reposiciones oprimidas y la de sus 8 vecinos. A los 6 años se tomaron muestras de densidad de la madera y se determinó la resistencia a la penetración con pilodyn, estableciéndose relaciones entre estas variables (ver metodología empleada en GELID et al., 2001). De la misma medición se extrajeron valores de espesor de corteza.

Para el procesamiento de los datos, se obtuvieron los datos promedio de crecimiento en DAP, altura y área basal. Luego, mediante análisis de regresión lineal simple, se ajustaron modelos para cada tratamiento y se efectuó un análisis de covarianza para determinar si existían diferencias entre tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento en diámetro

Del análisis de los datos se desprende que existe una relación inversa entre el DAP y la densidad de plantación (Figura 1). Esto concuerda con lo encontrado por PINILLA

SUÁREZ y ULLOA (2001) para la misma especie en Chile, quienes determinaron además mejoras en el crecimiento con la aplicación de un régimen de raleo. MUSHOVE (1991) trabajando con *Eucalyptus camaldulensis* y *E. tereticornis* encontró la misma tendencia, aunque también estuvo condicionada con la preparación del sitio.

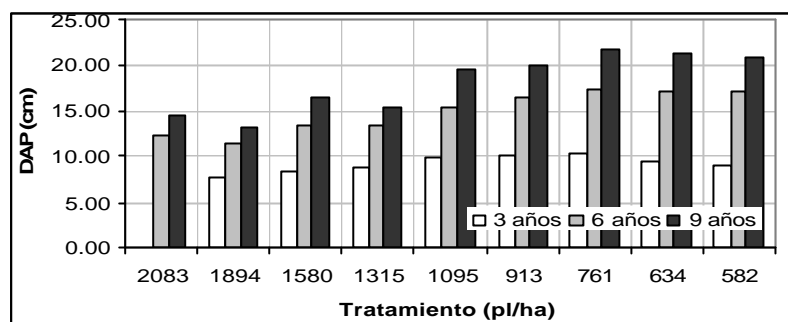


Figura 1. Evolución del DAP a los 3, 6 y 9 años para distintas densidades en *E. globulus*.

A los nueve años se registra una fuerte competencia en los tratamientos mas densos (2083, 1894, 1580 y 1315 pl/ha). Esta competencia ya se vislumbró al tercer año de plantado. Densidades iniciales por debajo de 1095 pl/ha, no manifiestan marcadas diferencias de crecimiento en diámetro.

### Crecimiento en altura

De las mediciones obtenidas surge que el crecimiento en altura fue menor en los tratamientos mas densos. SMITH y LOPEZ (1991), trabajando con densidades entre 1600 y 625 plantas por hectárea detectaron diferencias de crecimiento del 11%. Si bien PINILLA SUAREZ y ULLOA (2001) no encontraron diferencias significativas, la altura fue marcadamente inferior en los tratamientos mas densos y respondió positivamente a los raleos efectuados. Esto podría ser causado por la competencia, tanto radicular como de copas, puesta de manifiesto al tercer año. BERNARDO et al (1998) trabajando con tres especies de *Eucalyptus* encontraron un marcado incremento de la biomasa radicular con el aumento del distanciamiento.

También se encontró que el crecimiento en altura fue menor en el tratamiento mas espaciado (582 pl/ha) probablemente por la falta de protección de la copa. Estos resultados concuerdan con lo expresado por NEILSEN y GERRAND (1999), quien encontró un menor desarrollo de copa en tratamientos menos densos, siendo de 2,5 m en tratamientos de 500 pl/ha y de 5 m con 1500 pl/ha.

### Funciones de altura

Dadas las diferencias encontradas en el crecimiento en altura se procedió al ajuste de una función lineal simple (STEEL y TORRIE, 1993). Se realizó un test de comparación de medias y de acuerdo a los resultados obtenidos se agruparon los tratamientos en dos grupos. En el primer grupo se incluyeron los tratamientos 1894, 1580, 1315 y 582 pl/ha. En el segundo grupo los tratamientos de 1095, 913, 761 y 634. El tratamiento 1 fue excluido dado el número escaso de observaciones realizadas. Con estos datos se realizó la Prueba de F para medir posibles diferencias entre pendientes (STEEL y TORRIE, 1998).

Las diferencias significativas encontradas entre estos dos grupos (Cuadro 1) indicaría un diferencial de crecimiento para la altura en función de la densidad.

**Cuadro 1. Comparación de modelos de regresión lineal simple.**

Fuente de variación	gl	S(X-X) <sup>2</sup>	S(X-X)(Y-Y)	S(Y-Y) <sup>2</sup>	(S(X-X)(Y-Y))^2/S(X-X)	GL	SC= COL 5-0	GL
1	2	3	4	5	6	7	8	9
DENTRO DE LA MUESTRA 1	91	8,79	1,90	1,07	0,410	1	0,6613	90
DENTRO DE LA MUESTRA 2	101	4,19	1,07	0,81	0,273	1	0,5420	100
Dos regresiones					0,683	2	1,2032	190
Dentro de 1+dentro de 2	192	16,06	3,96	2,21	0,976	1	1,2293	191
coef. Reg					0,293052854	1		
				Fcalc	45,29583419			
				Ft	3,84			

### Crecimiento en Área basal (G)

Coincidentemente con lo expresado por DALLA-TEA (1995) y PINILLA SUAREZ y ULLOA (2001) existe una tendencia a disminuir el área basal a medida que aumenta la distancia inicial de plantación.

El valor máximo de área basal fue de 38,598 m<sup>2</sup>/ha en el tratamiento mas denso(2083 pl/ha), en tanto que el menor valor fue en el tratamiento de 582 pl/ha, con un valor de 21,003 m<sup>2</sup>/ha. Los valores de área basal de este trabajo son muy superiores a los citados por PINILLA SUAREZ y ULLOA (2001), quienes para tratamientos mas densos, de 2500 pl/ha. citan valores de 24,71 m<sup>2</sup>/ha. DALLA-TEA (1995) midió 32,1 m<sup>2</sup>/ha para *E. grandis*, aunque varió significativamente con el sitio.

### Densidad de la madera y espesor de corteza

La densidad de la madera es una característica que determina la calidad de pulpa a obtener. (REPETTI, 1991; COTERILL y BROLIN, 1997). Numerosos autores hacen referencia a la alta heredabilidad de este carácter (ver LOPEZ et. al, 2002), pero no se encontraron antecedentes sobre el efecto de la densidad inicial de plantación sobre la densidad básica de la madera.

Con las mediciones realizadas de pilodyn a los seis años de plantación se ajustó un modelo tipo lineal simple para establecer la relación con la densidad de madera. (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Modelo lineal simple para estimar densidad de madera.**

Modelo	Coef. correlación	R <sup>2</sup>	Error standart
Densidad=764,383-21,3496*pilodyn	-0,882073	77,8052	16,27559

Con estos datos se reconstruyeron las densidades de la madera para todos los tratamientos bajo estudio. Se observó que la densidad aumenta en los distanciamientos menores. Esto podría deberse a la marcada disminución del crecimiento en DAP.

Se detectó un 4,2 % de variación en densidad básica entre los tratamientos de 1894 y 634 pl/ha, en tanto que no hubo diferencias en densidad básica para tratamientos de 1000 pl/ha o superiores.

El espesor de corteza, no fue afectado por la densidad inicial de plantación. Si bien los tratamientos mas densos presentan una corteza considerablemente mas delgada que los tratamientos mas espaciados, el porcentaje de corteza fue constante y del 7,9 % con relación al DAP. Asimismo el porcentaje de corteza sobre el volumen se mantiene igualmente constante para todos los tratamientos en 16,3%.

## CONCLUSIONES

La densidad afectó el crecimiento en DAP del *Eucalyptus globulus*. A medida que disminuye la densidad aumenta el crecimiento en diámetro, alcanzando un máximo de

crecimiento de 21,73 cm en la densidad de 1095 pl/ha a los 9 años. Para el tratamiento mas denso (2083 pl/ha), el crecimiento fue de 13,4 cm.

En cuanto al crecimiento en altura fue mayor en los tratamiento intermedios, las densidades extremas (2083 y 582 pl/ha) no presentaron diferencias de crecimiento. La mayor altura registrada fue en el tratamiento 5 (913 pl/ha), con un valor de 18,4 m, al noveno año.

En líneas generales el área basal aumento con la densidad, siendo el valor máximo de 38,598 m<sup>2</sup>/ha en el tratamiento mas denso, en tanto que el menor valor fue en el tratamiento de 582 pl/ha, con un valor de 21,003 m<sup>2</sup>/ha.

La densidad básica aumentó en los tratamientos mas densos, siendo de 4,2% la diferencia entre los tratamientos de 1894 y 634 pl/ha

La densidad inicial de plantación no afectó el espesor de corteza. Se determino en 7,9 % el porcentaje con relación al DAP y en 16,3 % como porcentaje del volumen total.

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Proyecto Forestal de Desarrollo, Convenio INTA-SAGPyA.

## BIBLIOGRAFÍA

- BERNARDO, A.; Reis, M.; Reis, G.; Harrison, R.; Firme, D. 1998. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. For. Ecol Manage 104, 1-13.
- BROOKER, M.; Kleinig, D. 1990. Field guide to *Eucalypts* South-eastern Australia. Vol 2. pp. 205. Ed. Inkata Press.
- COTTERILL, P.; Brolin, A. 1997. Improving Eucalyptus wood, pulp and paper quality by genetic selection. Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucalyptus. Vol 1. pp. 1-13.
- CULOT, J. 2000. Caracterización edafoclimática de la región sudeste de la Provincia de Buenos Aires para *Eucalyptus globulus*. Primer Seminario Internacional de *Eucalyptus globulus* en la Argentina. pp. 2-9.
- DALLA-TEA, F. 1995. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus grandis* en Entre Ríos, Argentina. Invest. Agr: Sist. Recur. For. Vol 4 (1), 57-71.
- GELID, P; Rodriguez Traverso, J.; Lopez, G; Souza, R.; Pathauer, P. 2001. Evaluación clonal de *Eucalyptus globulus* de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. IUFRO Conference. The Eucalypts of the future. Valdivia, Chile, 12 pp.
- LOPEZ, G. A.; Potts, B. M.; Dutkowski, G. W.; Apiolaza, L. A. and Gelid, P. E. 2002. Genetic variation and inter-trait correlations in a *Eucalyptus globulus* base population in Argentina. Internacional. Journal of Forest Genetics 9 (3) 223-237
- MUSHOVE, P. 1991. Comparison of three Eucalypt species in Nelder wheel spacing trials on four Zimbabwean sites. IUFRO Symposium. Intensive Forestry. The role of Eucalypts. Vol. 2. pp. 940-951.
- NAKAMA, V. 2000. Delimitación de áreas de aptitud climática para el cultivo de eucaliptos en la región pampeana. SAPyA Forestal. N°15. pp 2-11.
- NELDER. 1962. New kinds of systematic designs for spacing experiments. Biometrics 13(3) 283-307

- NEILSEN, W.; Gerrand, A. 1999. Growth and branching habit of *Eucalyptus nitens* at different spacing and the effect on final crop selection. For. Ecol Manage 123, pp. 217-229.
- PINILLA SUAREZ, J.C.; Ulloa, I. 2001. Nuevos resultados en un ensayo de espaciamiento y raleo con *Eucalyptus globulus* en Constitución (VII Región). IUFRO Conference. The Eucalypts of the future. Valdivia, Chile, 9 pp.
- REPETTI, R. 1990. Aptitud tecnológica de los *Eucalyptus globulus*, *E. viminalis*, *E. saligna* y *E. grandis* para su utilización en pastas kraft. Actas de las Jornadas sobre Eucaliptos para la región pampeana. CIEF. pp. 220-230.
- SCHÖNAU, A.; Coetzee, J. 1989. Initial Spacing, stand density and thinning in Eucalypt plantations. For. Ecol Manage 29, 245-266.
- SMITH, J, Lopez, J. 1991. Influencia de diferentes espaciamientos de plantación en el crecimiento de *Eucalyptus grandis*. Actas de Jornadas de *Eucalyptus* de alta productividad. Tomo I. Pgs. 269-280.
- STEEL G.; Torrie, J. 1998. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª Edición. Capítulos 10 y 17.