

**EFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACION SOBRE EL CRECIMIENTO EN
Eucalyptus grandis Hill Ex Maiden A LA EDAD DE 6 AÑOS**

**EFFECT OF DENSITY PLANTATION ON THE GROWTH OF 6 YEARS OLD
Eucalyptus grandis Hill Ex Maiden TREES**

Ernesto Crechi¹
Roberto Fernández¹
Hugo Fassola¹
Ramón Friedl²
Héctor Reboratti³
Hipólito Kuzdra¹

¹ Técnicos Area Forestal. INTA EEA Montecarlo. AP ESP 4 (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. TE y FAX: 54-03751-480057/480512. E-mail: intam@ceel.com.ar

² Ing. Ftal. Msc. Jefe de Área Planeamiento Forestal. Alto Paraná S.A.

³ Ing. Ftal. Ex asesor técnico Consorcio Forestal Corrientes Norte

SUMMARY

From a field experiment of *Eucalyptus grandis* set in a POYSA FORESTAL, Garruchos, Corrientes, Argentina, in 1984 the effect of the 4 plantation density was studied with 833 through 2000 trees by hectare considering the arithmetic medium diameter, average height, dominant height, tree survival, basal area, and total volume. All the datas were taken when the trees were 6 year old. The effect of the density plantation, was evaluated by ANOVA and the Tukey test for each variable. The density plantation had high significant effect on the arithmetic medium diameter, the average height, the basal area, and total volume, but was only significant for the tree survival and had no significant effect on dominant height.

Key words: plantation density, growth, *Eucalyptus grandis*, Argentina.

RESUMEN

A partir de datos provenientes de un ensayo de *Eucalyptus grandis*, instalado en el año 1984 en POYSA FORESTAL, Garruchos, Corrientes, Argentina, se estudió el efecto de 4 densidades de plantación, desde 833 hasta 2000 plantas por hectárea, sobre el diámetro medio aritmético, altura media, altura dominante, sobrevivencia, área basal y volumen total. Los datos utilizados corresponden a mediciones efectuadas a los 6 años de edad. El efecto de la densidad de plantación, sobre cada variable, se evaluó por medio de un análisis de variancia y prueba de Tukey. Se constató un efecto altamente significativo de la densidad de plantación sobre el diámetro medio aritmético, altura media, área basal y volumen total, un efecto significativo sobre la sobrevivencia y un efecto no significativo sobre la altura dominante.

Palabras clave: densidad de plantación, crecimiento, *Eucalyptus grandis*, Argentina.

INTRODUCCION

Dentro de las decisiones a ser tomadas en una forestación, una de las más importantes es escoger el mejor espaciamiento inicial, el cual debe estar relacionado con el destino de la madera. Aparte de esto, es sabido que el material genético (origen, procedencia, etc.), la calidad de sitio y los tratamientos silviculturales tienen mucha influencia en la producción.

Según Daniel et al. (1982) la densidad del rodal es el segundo factor en importancia, después de la calidad de sitio, para la determinación de la productividad de una masa forestal; la densidad es el principal factor que el silvicultor puede manejar durante el desarrollo de la misma.

Según Pujato y Marlantz (1983) la elección de un determinado espaciamiento no es una decisión sencilla, pues depende de ciertas variables, tales como: exigencias biológicas de la especie elegida, características del sitio, estado de preparación del terreno, destino del producto (triturado, aserrado, debobinado, etc.), distancia al mercado y cultivos consociados. Opinan además que el conocimiento previo de los incrementos volumétricos y de la composición dasométrica de la masa, para distintas densidades iniciales de plantación, es condición necesaria para poder evaluar todas las alternativas y realizar la elección más conveniente.

Según Chagas Campos et al. (1990), concluyeron para *Eucalyptus grandis*, que espaciamientos mayores mantienen el crecimiento de los árboles individualmente por un mayor período de tiempo que aquellos de espaciamientos menores. Concluyeron también en su revisión, que árboles que crecen en espaciamientos mayores alcanzan mayores dimensiones en un tiempo dado, pero en esas circunstancias la producción total es menor por unidad de área hasta que todo el espacio disponible para el crecimiento sea plenamente utilizado, conclusiones estas coincidentes con Crechi et al. (1991,1992).

Según Smith y López (1991), para *Eucalyptus grandis*, a medida que se amplió el espaciamiento de plantación se incrementó el diámetro medio, se redujo el área basal y se incrementó la altura media.

El objetivo del presente trabajo, es analizar y difundir el efecto de cuatro densidades iniciales de plantación, a los 6 años de edad, en lo referente a diámetro medio aritmético, altura media, altura dominante, sobrevivencia, área basal y volumen total.

MATERIALES Y METODOS

Localización del ensayo

Para la realización del trabajo se emplearon datos levantados en un ensayo de densidades, instalado en POYSA FORESTAL, Garruchos, Corrientes, Argentina.

Suelo

El ensayo se encuentra instalado en un suelo del orden ultisol (según taxonomía americana), rojo a pardo rojizo, libre de cascajos y fragmentos gruesos, permeabilidad moderada, bien drenado, relativamente insaturado.

Clima

Corresponde a la región climática 5 según Golfari (1965). Tal descripción indica clima subtropical o montano bajo, subhúmedo, húmedo o perhúmedo, con régimen uniforme.

En la Tabla 1, se presentan los promedios correspondientes a 13 años de observaciones realizadas en la Estación Meteorológica de Cerro Azul (INTA, Informe Técnico N° 28), distante 60 Km de Garruchos.

Tabla 1. Estadísticas climáticas. Cerro Azul.

Característica	valores
Temperatura máxima absoluta:	39,4 ° C
Temperatura máxima media:	26,1 ° C
Temperatura mínima absoluta:	-3,9 ° C
Temperatura mínima media:	15,7 ° C
Temperatura media:	20,7 ° C
Días con heladas agronómicas:	7,6
Humedad relativa ambiente:	73 %
Precipitación media anual:	1845,9 mm
Días de lluvia por año:	114 días
Balance hídrico:	sin deficiencia.

Descripción del ensayo

El ensayo fue implantado en 1984 para evaluar el efecto de la densidad sobre la producción, e incluye 4 tratamientos o densidades de plantación inicial, acotadas en sus extremos por 833 y 2000 plantas por hectárea. La Tabla 2 describe los tratamientos aplicados.

En la implantación del ensayo se utilizó semillas de origen Sudafricano, las macetas se hicieron en el vivero de San Charbel, plantándose en la primavera de 1984, siendo el tamaño de las parcelas de 1600 m² (40 m x 40 m), las cuales fueron dispuestas en un diseño en cuadrado latino (4x4).

Tabla 2. Tratamientos o densidades del ensayo

Tratamiento Número	Distanciamiento de plantación (m)	Densidad (plantas/ha)
1	4,0 x 3,0	833
2	3,0 x 3,0	1111
3	2,5 x 2,5	1600
4	2,5 x 2,0	2000

El ensayo no fue sometido a tratamiento silvicultural alguno, como podas o raleos.

Levantamiento de datos

La medición del ensayo se realizó en 1990, a la edad de 6 años, en esa oportunidad se midió el diámetro a la altura del pecho de todos los árboles vivos, utilizando forcípulas. También se midió la altura total de una muestra de árboles dentro de cada parcela, utilizando hipsómetros trigonométricos.

Procesamiento de los datos

El procesamiento de los datos se realizó con una computadora personal, según las siguientes etapas:

- Se ajustó una relación hipsométrica por tratamiento a través del modelo de Henriksen, o sea:

$$h = b_0 + b_1 * \ln(d)$$

donde:

h = altura total del árbol (m)

d = diámetro a la altura del pecho (cm)

b_i = coeficientes del modelo

ln = transformación logaritmo natural

- Procesamiento de los datos por parcela

Se grabaron y verificaron los archivos, uno para cada parcela, conformándose de esta manera un total de 16 archivos. Cada uno de ellos contenía el diámetro de todos los árboles vivos de la parcela correspondiente. Posteriormente se procesaron los datos de dichos archivos a través de una planilla de cálculo, obteniéndose para cada parcela el valor de las siguientes variables: diámetro medio aritmético, altura media, altura dominante, sobrevivencia, área basal y volumen total de la masa.

El diámetro medio aritmético, se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$dma = \frac{\sum_{i=1}^n di}{n}$$

donde:

dma = diámetro medio aritmético (cm)

d_i = diámetro (cm) del i-ésimo árbol de la parcela

n = número de árboles de la parcela

La altura media se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$am = \frac{\sum_{i=1}^n hi}{n}$$

donde:

am = altura media (m)

h_i = altura (m) del i-ésimo árbol de la parcela estimada a través de relaciones hipsométricas

n = número de árboles de la parcela

La altura dominante se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$adom = \frac{\sum_{i=1}^{12} hi}{n}$$

donde:

adom = altura dominante (m)

hi = altura (m) del 12-ésimo árbol más grueso de la parcela estimada a través de relaciones hipsométricas

n = número de árboles de la parcela, equivalente a los 100 árboles más gruesos por hectárea, proporcional a la superficie de la parcela

La sobrevivencia se definió de la siguiente manera:

$$sob = 1 - \frac{(Ninic - Nact)}{Ninic} \cdot 100$$

donde:

sob = sobrevivencia (%)

Ninic = número de árboles iniciales de la parcela

Nact = número de árboles actuales de la parcela

El área basal se determinó de la siguiente manera:

$$AB = \left(\sum_{i=1}^{Nact} gi \right) \cdot \frac{10000}{Spar}$$

donde:

AB = área basal por unidad de superficie (m²/ha)

gi = área transversal del i-ésimo árbol (m²), (1 ≤ i ≤ Nact)

Nact = número de árboles actuales de la parcela

Spar = superficie de la parcela (m²)

El valor del volumen se determinó de la siguiente manera

$$VT = \left(\sum_{i=1}^{Nact} gi \cdot hi \cdot cfi \right) \cdot \frac{10000}{Spar}$$

donde:

VT = volumen total (m³/ha)

gi = área transversal del i-ésimo árbol (m²), (1 ≤ i ≤ Nact)

hi = altura (m) del i-ésimo árbol de la parcela estimada a través de relaciones hipsométricas

cfi = coeficiente de forma del i-ésimo árbol de la parcela estimado a través de una función logarítmica

Nact = número de árboles actuales de la parcela

Spar = superficie de la parcela (m²)

El coeficiente de forma empleado para determinar el volumen árbol por árbol de cada parcela, se obtuvo a través de una ecuación obtenida a partir del apeo de 312 árboles de *Eucalyptus grandis*, en Garruchos, Corrientes, (Ing. Ftal. Héctor Reboratti, 1990).

$$cf = 0.54111 - 0.01528 \cdot \ln(d)^2$$

donde:

cf = coeficiente de forma

d = diámetro a la altura del pecho (cm)

ln = logaritmo natural

- Análisis de Variancia

Se realizó un análisis de variancia, apropiado al diseño del ensayo, para cada variable, empleando en la prueba de "F", valores críticos al 1 y al 5 %.

- Prueba de Tukey

Luego se aplicó la prueba de Tukey para probar la significación de todos los contrastes entre pares de promedios.

- Representación gráfica de las tendencias

Finalmente se representó gráficamente las variables en función de la densidad de plantación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como productos del procesamiento de datos se obtuvieron dos Tablas, para cada una de las seis variables (diámetro medio aritmético, altura media, altura dominante, sobrevivencia, área basal y volumen total), de análisis de variancia y de resultados de la aplicación de la prueba de Tukey.

Tabla 3. Análisis de la variancia para las variables estudiadas

Fuente de Variación	G.L.	CUADRADOS MEDIOS					
		DAP	SOB	AB	AM	AD	VOL
TRAT	3	14.5**	52.4*	63.7**	3.0**	0.377ns	5804**
BLOQ	3	0.15ns	9.6ns	0.68	0.05ns	0.02ns	82.1ns
COL	3	0.03ns	9.2ns	0.22	0.01ns	0.07ns	35.2ns
ERR	6	0.103	7.15	0.589	0.027	0.101	100.1
TOT	15						

** = significativo $P \leq 0.01$; * = significativo $P \leq 0.05$; ns = no significativo

Tabla 4. Prueba de Tukey para las variables estudiadas

TRAT	DAP	SOB	AB	AM	AD	VOL
------	-----	-----	----	----	----	-----

(N°)	(cm)	(%)	(m ² /ha)	(m)	(m)	(m ³ /ha)
1	19.8a	89.0a	19.4d	23.9a	25.9a	215.6d
2	18.5b	88.6ab	23.4c	23.8ab	26.5a	257.8c
3	16.6c	84.5abc	26.9ab	22.3c	25.8a	283.0b
4	15.5d	79.5d	28.4a	22.4c	26.3a	304.2a

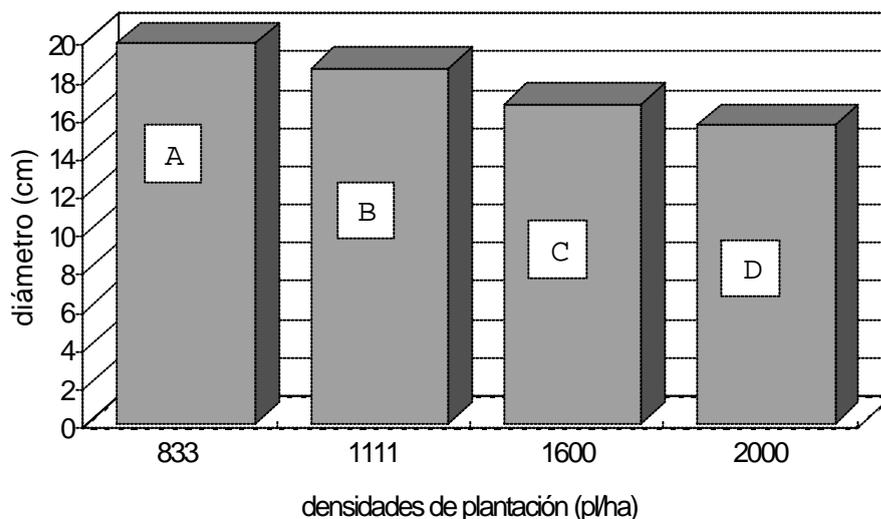
Valores medios con igual letra no difieren a $P \leq 0.05$

- Diámetro medio aritmético

La densidad de plantación influyó de manera altamente significativa sobre el diámetro medio, resultado coincidente con el obtenido por Smith y López (1991) trabajando con la misma especie.

Se observa que los espaciamientos mas reducidos presentaron los diámetros menores e inversamente los espaciamientos mas amplios presentaron diámetros mayores (Fig. 1).

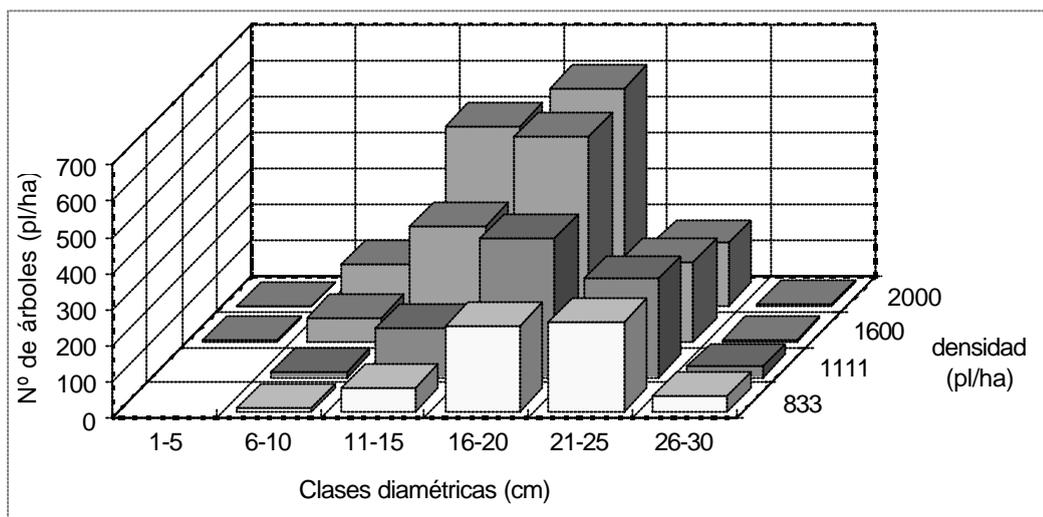
Figura 1.- Diámetro medio aritmético



-Frecuencias de árboles por clase diamétrica

En la Figura 2 se observa para cada espaciamiento, a la edad de 6 años, el número de individuos para cada una de las 6 clases diamétricas establecidas.

Figura 2.- Frecuencia de árboles por clase diamétrica

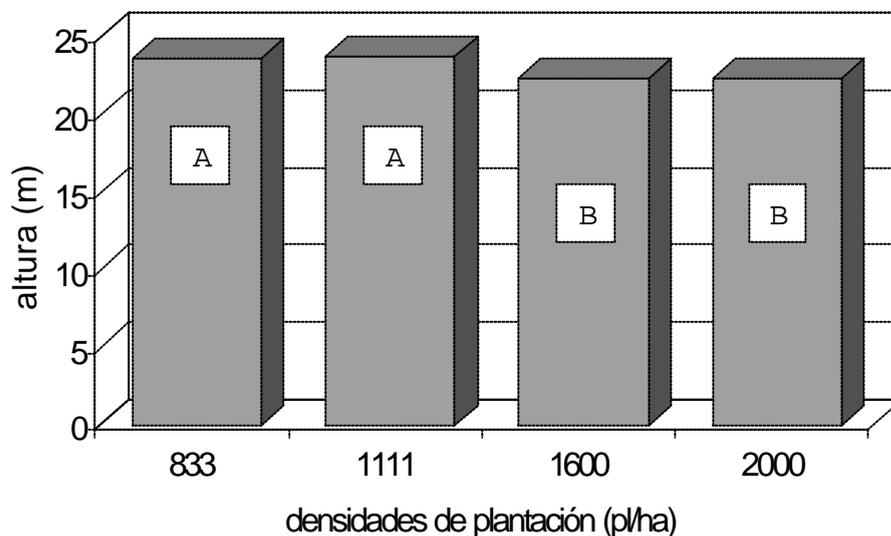


Puede verse que la distribución de clases fue fuertemente afectada por la densidad. A medida que disminuye el número de árboles por hectárea, se produce mayor concentración en las clases de mayor diámetro y a su vez decrece el número de árboles con diámetros menores.

- Altura media

Se obtuvo un efecto altamente significativo de la densidad de plantación sobre la altura media, con tendencia creciente hacia las menores densidades, resultado coincidente con Smith y López (1991) trabajando con la misma especie (Fig. 3).

Figura 3.- Altura media

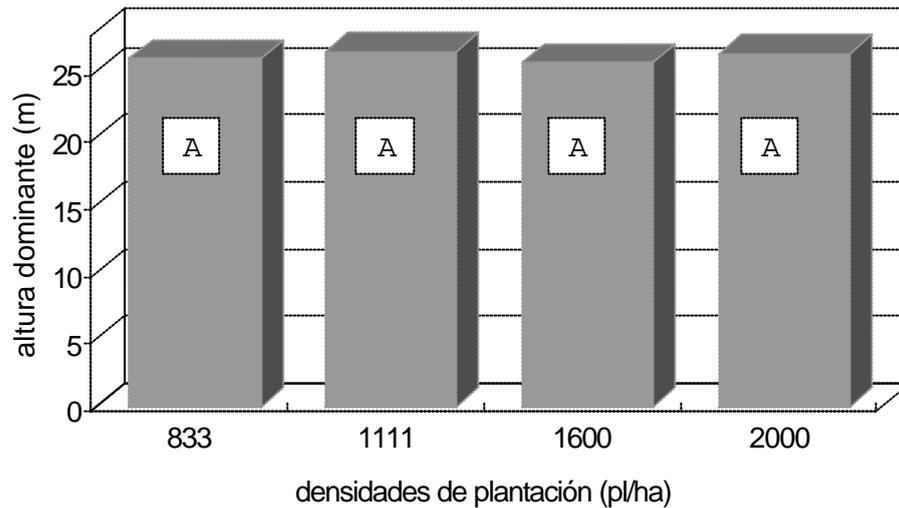


El comportamiento evidenciado por el diámetro medio y la altura media, los cuales mostraron una tendencia creciente hacia las densidades mas bajas, se relaciona con la mayor disponibilidad de luz, agua y nutrientes, conclusión esta, coincidente con numerosos autores, tal lo cita Smith y López (1991) con la misma especie; Friedl et al. (1991) con *Araucaria angustifolia*.

- Altura dominante

Se obtuvo un efecto no significativo de la densidad de plantación sobre la altura dominante, resultado coincidente con Smith y López (1991) trabajando con la misma especie, Friedl et al. (1991) con *Araucaria angustifolia*.

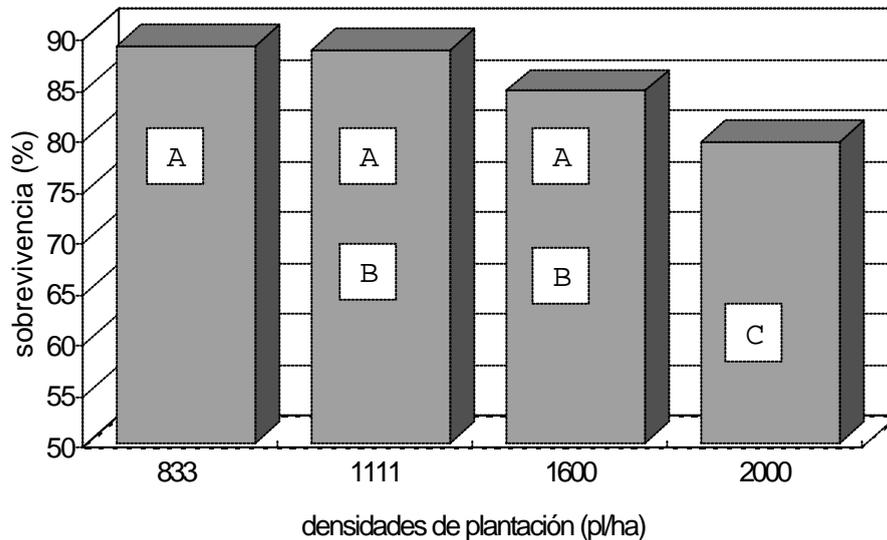
Figura 3.- Altura dominante



- Sobrevivencia (Número de árboles)

La densidad de plantación influyó de manera significativa sobre la sobrevivencia, con tendencia creciente hacia las menores densidades (Fig. 4).

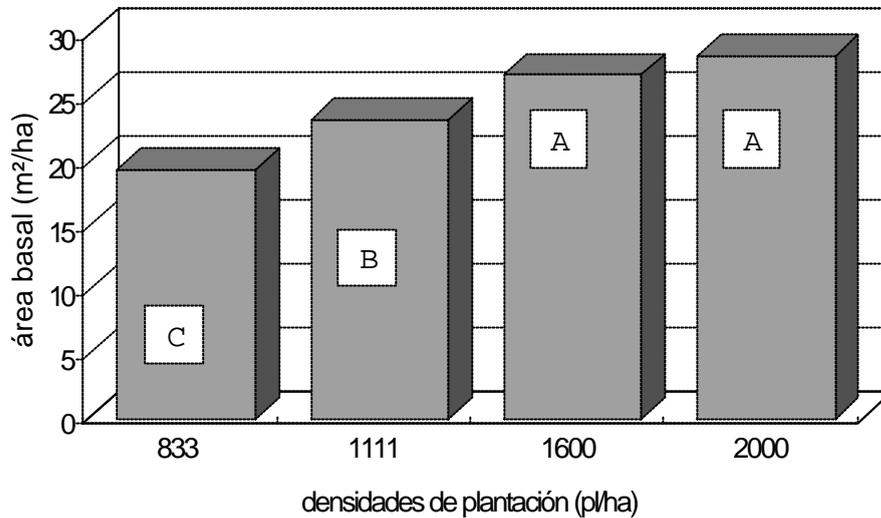
Figura 4.- Sobrevivencia



- Area basal

Se constató un efecto altamente significativo de la densidad sobre esta variable, siendo mayor en las mayores densidades, resultado coincidente con el obtenido por Smith y López (1991), (Fig. 5).

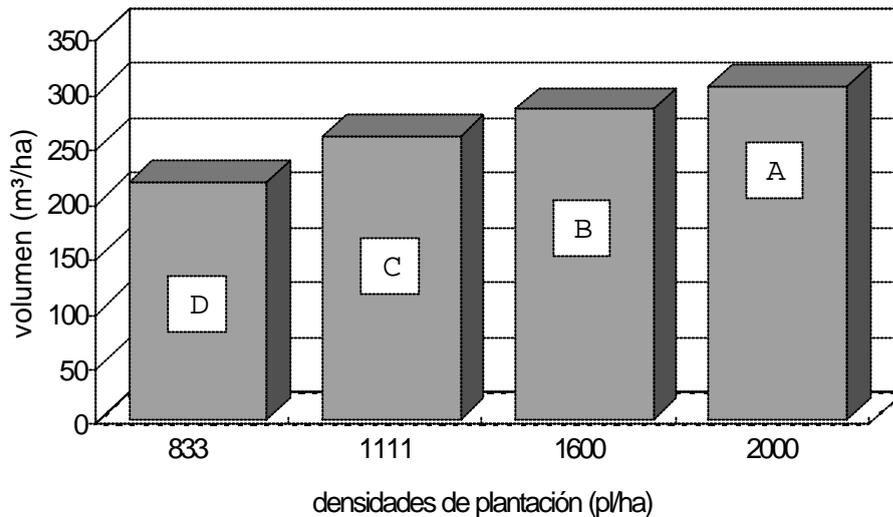
Figura 5. Area basal



- Volumen total

La densidad de plantación influyó de manera altamente significativa sobre el volumen total, siendo mayor en las mayores densidades (Fig. 6). Los resultados no son coincidentes para esta variable con el obtenido por Smith y López (1991), si bien no son totalmente comparables, ya que ellos trabajaron con volúmenes hasta 5 cm en punta fina.

Figura 6. Volumen total



CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del presente trabajo se formulan las siguientes conclusiones:

- A medida que se amplió el espaciamiento de plantación se incrementó el diámetro medio, la altura media y la sobrevivencia..
- El área basal y el volumen en cambio, manifestaron una tendencia creciente hacia las mayores densidades.
- La altura dominante no presentó tendencias, se mostró independiente de la densidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean hacer un especial reconocimiento a POYSA FORESTAL, así como a los Ingenieros Jorge Fahler por la instalación del ensayo, a Gustavo Rodríguez y auxiliares técnicos por las mediciones, cuyos datos se emplearon en la realización de este trabajo. Al Ing. Juan Pedro Agostini por la traducción del resumen.

BIBLIOGRAFIA

CRECHI, E. H.; Friedl R. A.; Fernández, R. A.; 1991. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Parte III: Volúmenes de la masa. (Trabajo presentado a las VI Jornadas Técnicas, Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales. Eldorado, 9 al 12 de Octubre de 1991), p. 306-320.

- CRECHI, E. H.; Friedl, R. A.; Fernández, R. A. 1992. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de Pinus taeda L. Trabajo presentado a las Jornadas sobre Pinos Subtropicales. CIEF. Eldorado, 5 al 7 de Agosto de 1992. Actas Tomo I, p.92-110.
- DANIEL, P. W.; Helms, V. E.; Baker, F. S. 1982. Principios de Silvicultura. Mc-Graw Hill. México, 492 p.
- CHAGAS CAMPOS, J. C.; Garcia Leite, H.; Neiva de Souza, R.; Vital, B. R. 1990. Relacoes entre espacamento, volume e peso de madeira em plantacoes de eucalipto. Revista Arvore, 14(2):119-133. 1990.
- FERNÁNDEZ, R. A.; Crechi, E. H.; Friedl R. A.; 1991. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. Parte II: Número de árboles, mortandad, área basal y altura dominante. (Trabajo presentado a las VI Jornadas Técnicas, Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales. Eldorado, 9 al 12 de Octubre de 1991), p. 291- 305.
- FRIEDL, R.A.; Fernández, R.A.; Crechi, E.H. 1991. Estudio del comportamiento de la función altura dominante- edad en la evaluación de la calidad del sitio para Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. YVYRARETÁ (2), 42-50. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM.
- FRIEDL R. A.; Fernández, R. A.; Crechi, E. H.; 1991. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. Parte I: Dimensiones del árbol medio. (Trabajo presentado a las VI Jornadas Técnicas, Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales. Eldorado, 9 al 12 de Octubre de 1991), p. 277- 290.
- GALEANO, G. H. 1980. Anales estadísticos agrometeorológicos de la localidad de Cerro Azul. 1980. INTA. Informe Técnico N° 28. p.42.
- PUJATO, J., Marlatz, R. M. 1983. Datos de crecimiento y producción de Araucaria angustifolia a los 9 años de edad para 10 espaciamientos iniciales diferentes (Informe Preliminar). En: XIX Congreso de ATIPCA. Buenos Aires. p. 25-41.
- REBORATTI, H. 1990. Coeficientes de forma en Eucalyptus grandis (no publicado).
- SMITH, J. A.; López, J. A. 1991. Influencia de diferentes espaciamientos de plantación en el crecimiento de Eucalyptus grandis. Jornadas sobre eucaliptos de alta productividad. CIEF. Buenos Aires, Argentina. Actas tomo II, p. 269-279.