

2.1 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos y diseño experimental de ambos ensayos difieren, ya que uno de ellos no considera variaciones en el tratamiento del suelo.

2.1.1 Ensayo Mel - Mel

Este ensayo está ubicado cerca de Casablanca, en la V Región (33°22' L.S.; 70°30' L.W., aprox.) en un sitio típicamente forestal. El clima del área es mediterráneo semiárido, caracterizado por una precipitación invernal de 400 mm anuales y por un largo período seco, de 7 a 8 meses. El suelo es de origen granítico, delgado, compacto y de baja fertilidad.

Este ensayo se estableció en Julio de 1984, empleando plantas de *Eucalyptus globulus* spp *globulus*, producidas en macetas, en el vivero del Instituto Forestal. El diseño experimental empleado es del tipo factorial 3 x 2 x 2 con tres repeticiones, combinando los siguientes factores:

A. Preparación del Suelo

- 0 : Hoyo
- 1 : Surco
- 3 : Subsulado

B. Fertilización

- 0 : Testigo (sin aplicación)
- 1 : 150 gr NPK por planta

C. Control de la Competencia

- 0 : Testigo (sin control)
- 1 : Herbicida

De la combinación de estos factores resultan los siguientes tratamientos:

- T1 : Hoyo hecho con pala de media caña, que representa el tratamiento menos intensivo del suelo. Este método se asemeja al que fue tradicionalmente aplicado en la plantación de esta región.
- T2 : Hoyo - Fertilizante. El tratamiento T1 más aplicación de fertilizante, un par de semanas después de la plantación.
- T3 : Hoyo - Herbicida. El tratamiento T1 más control de la competencia mediante la aplicación de herbicidas.
- T4 : Hoyo - Fertilizante - Herbicida. la combinación de los tres anteriores,
- T5 : Surco hecho con arado liviano tirado por caballos, que es el método normalmente empleado en la región árida y semiárida para establecer plantaciones forestales.
- T6 : Surco - Fertilizante
- T7 : Surco - Herbicida.
- T8 : Surco - Herbicida - Fertilizante.
- T9 : Subsulado a 50 cm de profundidad, hecho con arado subsolador tirado por un tractor agrícola.
- T10: Subsulado - Fertilizante
- T11: Subsulado - Herbicida.
- T12: Subsulado - Herbicida - Fertilizante.

Debido a que existen variaciones producido por la pendiente, los tratamientos se establecieron en bloques.

Las parcelas son de 49 plantas, espaciadas a 3x3 m, la unidad experimental la constituye una parcela interior de 25 plantas.

El control de la competencia se realizó empleando herbicida (Glyphosate), el cual se aplicó a principios de Septiembre,

3 meses después de la plantación, para asegurarse de que todas las malezas hubiesen emergido. La dosis aplicada fue bastante alta (aprox. 3 lt/ha), para asegurar el éxito de la operación. La aplicación se hizo en fajas de 1 m de ancho, empleando una bomba de espalda. Para evitar el daño a las plantas estas fueron cubiertas al momento de la aplicación.

La fertilización se realizó 2 semanas después de la plantación, aplicándose 150 gr de una mezcla de NPK en proporciones iguales (N, P_2O_5, K). El nitrógeno se aplicó en forma de Urea, el P_2 como Superfosfato Triple y el K como Sulfato de K. Al año siguiente se aplicó una segunda dosis de 50 gr de N por planta. Este elemento no fue aplicado en su totalidad al primer año, para evitar daño a las raíces y en consecuencia, un aumento en la mortalidad.

2.1.2 Ensayo Colcura

El ensayo se estableció en Agosto de 1984, empleando plantas de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* producidas en maceta.

Este ensayo se ubica al sur de la ciudad de Lota, en la VIII Región (37°05' L.S.; 73°10' L.W.). Se encuentra en una planicie baja, con una napa freática cercana a la superficie, en donde predominaba una vegetación herbácea perenne (Vega).

El clima es de tipo mediterráneo húmedo, con una precipitación media anual de 1250 mm, de régimen preferentemente invernal, con la presencia de sólo 1 ó 2 meses secos.

El diseño de este ensayo difiere del anterior, ya que sólo se empleo un método de plantación, un hoyo hecho con pala de media caña.

Los tratamientos son 4:

1. Testigo
2. Herbicida
3. Fertilizante
4. Herbicida - Fertilizante

Los tratamientos están distribuidos en parcelas completamente aleatorizadas, ya que el sitio es muy uniforme.

Las parcelas son de 49 plantas, de las cuales se controlan las 25 interiores. El ensayo está repetido 3 veces, con distintos espaciamientos : 2x2 m, 3x3 m y 4x4 m. En este caso se analiza el ensayo instalado a 3x3 m.

El herbicida (Glyphosate) se aplicó después de la plantación, en fajas de 1 m de ancho, empleando una bomba de espalda. Las plantas fueron cubiertas.

El fertilizante fue aplicado 2 semanas después del establecimiento del ensayo. El análisis de suelo indicó que no era necesario aplicar K, pero sí B. La dosis fue la siguiente: Superfosfato Triple 75 g; Urea 158 g y Borax 54 g por planta. La aplicación fue realizada en 3 oportunidades, 20% después de la plantación, 40% después de 1 año y 40% al 2º año.

2.2 Variables y Análisis Estadístico

La supervivencia, altura total (H) y diámetro basal (D) son las variables registradas en cada control (3 en cada caso) y empleadas para comparar el efecto de los distintos tratamientos en el establecimiento y crecimiento inicial de las especies ensayadas. Puesto que ninguna de estas variables por sí sola es un buen indicador de la respuesta a los tratamientos, se incluye en el análisis un índice de adaptación y crecimiento total, dado por la combinación del diámetro basal al cuadrado, la altura y la supervivencia. Dado que ha transcurrido cierto tiempo desde la instalación de los ensayos, también se analizan los crecimientos entre los dos últimos controles, para determinar la duración del efecto de cada tratamiento (ΔH)

El ensayo instalado en Mel Mel se analiza de acuerdo a su diseño, como un factorial de 3x2x2, según la metodología descrita por Chun Li (1969). Las diferencias significativas entre los bloques, tratamientos, factores y las interacciones entre estos se establecen mediante análisis de varianza.(ANDEVA)

El ensayo establecido en Colcura se analiza mediante un ANDEVA para un diseño completamente aleatorizado.

En ambos casos, para determinar las diferencias entre bloques, factores o tratamientos, según corresponda, se aplicó el Test de Comparaciones Múltiples de Tuckey.

Para determinar la homogeneidad de las varianzas, se empleó el Test de Bartlett.

3.0 RESULTADOS Y ANALISIS

Los resultados destacan la importancia de la preparación del sitio y la fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*, en ambos ensayos.

3.1 Ensayo Mel - Mel

Los resultados obtenidos en este ensayo se presentan en el Cuadro 1, que entrega los valores medios de las variables analizadas, según cada tratamiento. Además se entregan los valores totales de cada factor, independiente de los niveles de otros 2 factores que considera el ensayo. Por ejemplo, Total A1 representa los resultados del "Surco", englobando el total de los 4 tratamientos en que éste está incluido.

La supervivencia, el desarrollo total, expresado como D^2Hy el crecimiento en altura de los 2 últimos años, también se presentan en forma gráfica, ya que esto facilita la interpretación de los resultados.

CUADRO 1

RESULTADO ENSAYO METODOS DE PLANTACION
Eucalyptus globulus ssp. globulus

Ensayo : Mel - Mel

Edad : 4 Años

Factor A Factores B y C		Tratamiento	Supervi- vencia %	H Altura Promedio (m)	D Díam. en la Base Prom. (cm)	D H Ind. Crec. Prom. Par. (dm)	Crecimiento Alt. Prom. Año 2 a Año 4 (m)
Prop. de Fertilizante	Suelo Herbicida						
AOHOYO	BoCo:TESTIGO	1. Ho	57,33	2,71	3,85	102,33	1,70
	B1Co:FERTIL	2. Ho Fe	33,33	2,87	4,89	88,24	1,62
	BoCl:HERBIC.	3. Ho He	81,33	3,43	4,63	254,90	1,99
	B1Cl:FERT.HERB	4. Ho Fe	81,33	3,54	5,17	269,55	2,01
TOTAL A0			63,33	3,14	4,64	178,76	1,83
AISURCO	BoCo:TESTIGO	5. Su	65,33	4,54	6,10	342,73	3,02
	B1Co:FERTIL	6. Su Fe	62,67	4,37	6,36	308,56	2,71
	BoCl:HERBIC.	7. Su He	78,67	4,86	5,94	433,37	3,01
	B1Cl:FERT.HERB	8. Su Fe He	80,00	4,47	6,35	484,90	2,48
TOTAL A1			71,67	4,56	6,19	392,39	2,80
A2 SUB SOLADO	BoCo:TESTIGO	9. Sb	53,33	2,59	5,08	175,94	2,31
	B1Co:FERTIL	10. Sb Fe	64,00	3,27	5,24	218,74	2,10
	BoCl:HERBIC.	11. Sb He	86,67	3,41	5,63	405,67	2,54
	B1Cl:FERT.HERB	12. Sb Fe He	93,33	4,09	6,35	473,08	2,37
TOTAL A2			74,33	3,34	5,58	318,36	2,33
FACTORES B Y C	BoCo:TESTIGO	Ho Su Sb	58,66	3,28	5,01	207,00	2,34
	B1Co:FERTIL	HoFe SuFe SbFe	53,33	3,50	5,50	205,10	2,14
	BoCl:HERBIC.	HoHe SuHe sbHe	82,22	3,90	5,40	364,65	2,51
	B1Cl:FERT.HERB	HoFeHe SuFeHe SbFeHe	84,89	4,03	5,96	409,17	2,29

GRAFICO 1

Supervivencia, según Tratamientos

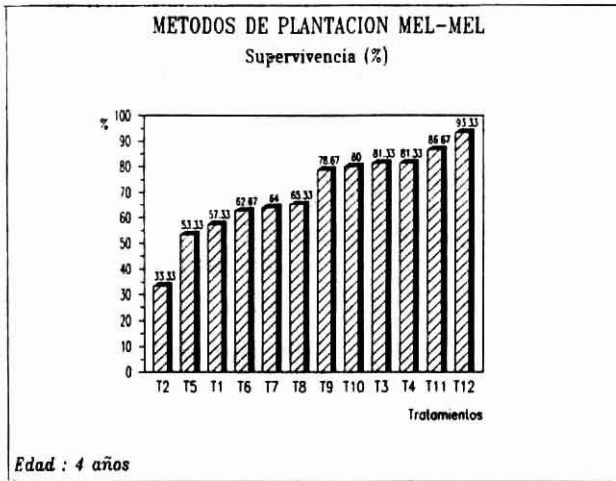


GRAFICO 2

Indice de Crecimiento Total D H, según Tratamiento

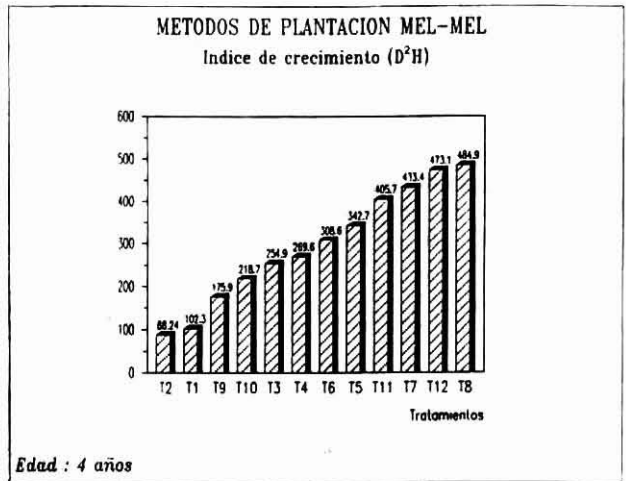
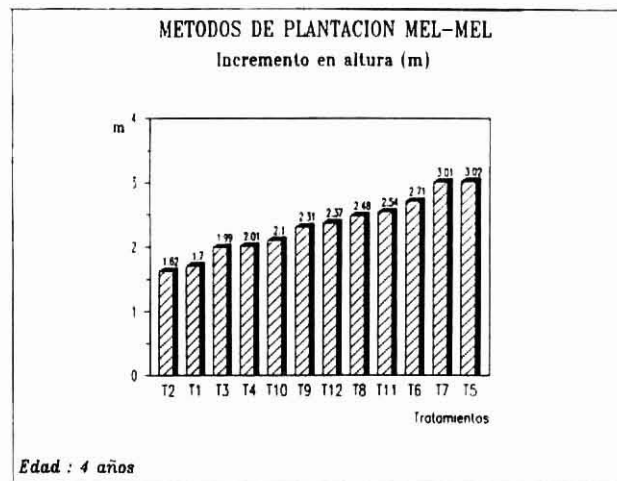


GRAFICO 3

Crecimiento en el Período 1986 - 88, según Tratamiento



Los resultados de las pruebas estadísticas se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2
Resultados de las Pruebas Estadísticas
(ANDEVA y Test de Tuckey)

FACTOR	Supervivencia	D ² H	Δ H
A. Preparac. Suelo	-	* *	* *
B. Fertilizante	-	-	-
C. Herbicida	* *	* *	-
AB	-	-	-
AC	-	-	-
BC	-	-	-
ABC	-	-	-
BLOQUES	-	-	-

(**): Indica diferencia significativa al 99%.

Después de 4 años de establecido el ensayo, la supervivencia se ve afectada significativamente sólo por el factor Herbicida. El efecto inicial de este tratamiento es fundamental para permitir el establecimiento de la planta.

Al analizar el crecimiento total (D²H) se encuentra que el factor A; preparación del suelo, presenta diferencias estadísticamente significativas entre sus niveles. El hoyo produce crecimientos significativamente inferiores a los otros dos tratamientos, los cuales no difieren significativamente entre sí. El surco es el mejor tratamiento, manteniendo las tendencias mostradas desde el primer año (Prado y Rojas, 1987).

La aplicación de fertilizante (Factor B), aún cuando produce importantes diferencias en el crecimiento, especialmente cuando se aplica conjuntamente con herbicida, no produce diferencias significativas.

El efecto del herbicida (Factor C) que aunque sólo controló la competencia por 1 ó 2 años, todavía se manifiesta al comparar el desarrollo total de las plantas. Al analizar el crecimiento en altura ocurrido en los dos últimos años, se confirma que la acción del herbicida fue de corta duración, pero su efecto fue tan importante en el establecimiento y desarrollo inicial de las plantas, que al 4º año aún produce diferencias significativas.

La preparación del suelo es el único tratamiento que ha tenido un efecto de más largo alcance, ya que aún produce diferencias en las tasas de crecimiento, después del 4º año.

3.2 Ensayo Colcura

Los resultados obtenidos en este ensayo se presentan en el cuadro siguiente.

CUADRO 3

RESULTADOS ENSAYO METODOS DE PLANTACION
Eucalyptus globulus ssp. globulus

Ensayo : Colcura

Edad : 4 Años

Tratamiento	Superv. %	Altura (m)	D.Basal (cm)	D^2H (dm ³)	Crec.Al tura(m)
1. Testigo	85.33	3.9 c *	4.1 d	134.46 d	2.14 b
2. Herbicida	93.33	5.1 b	6.2 c	536.79 c	2.64 b
3. Fertilizante	92.00	6.6 b	7.8 b	835.08 b	3.29 a
4. Herbicida - Fertilizante	93.33	7.2 a	9.8 a	1664.89 a	3.50 a
	DS =N	DS= 99%	DS=99%	DS= 99%	DS= 99%

DS = Diferencias estadísticamente significativas.

(*): Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente entre si.

La especie presenta una buena supervivencia, la cual no se ve afectada por los tratamientos aplicados.

El efecto de los tratamientos en el desarrollo de las plantas, expresado a través de la variable D^2H , fue siempre superior en relación al testigo. Todos los tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, demostrándose que el efecto combinado de herbicida y fertilizante produce resultados muy superiores a los logrados con la aplicación de estos tratamientos por separado.

El crecimiento en altura producido en los últimos 2 años, se diferencia en 2 grupos homogéneos dados por la aplicación o no aplicación de fertilizante. Este resultado indica claramente que el efecto del herbicida no pasó más allá del segundo año.

4.0 DISCUSION

Los resultados de los dos ensayos analizados confirman la importancia de realizar una adecuada preparación del sitio para producir un buen establecimiento y desarrollo inicial de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* o de cualquier otra especie del género *Eucalyptus* (Schönau, 1981; McKimm y Flinn, 1979).

El efecto de los distintos tratamientos varía en su magnitud y duración, pero en general las plantas responden positivamente a métodos de establecimiento más intensivos.

Tratamiento del Suelo

De acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento del suelo tiene mayor incidencia en el desarrollo que en la supervivencia de las plantas.

El tratamiento de suelo más efectivo, según los resultados del ensayo de Mel-Mel, es el surco, que cuando se hace debidamente, produce una buena remoción del suelo, reduce la competencia de la vegetación herbácea y forma una pequeña terraza que permite la captación del agua de escurrimiento.

El subsolado también es más efectivo que el hoyo. Produce mayor remoción en el suelo, permite una buena infiltración del agua, pero no reduce efectivamente la acción de competencia. Por ser un tratamiento más profundo se espera

un efecto de más largo plazo; sin embargo, transcurridos ya 4 años, el efecto del surco sigue siendo superior; las tasas de crecimiento en altura en los últimos 2 años así lo demuestran.

Los tratamientos con subsolado presentan, en general, una mayor supervivencia, debido a su combinación con el tratamiento herbicida y herbicida - fertilizante (Gráfico 4).

GRAFICO 4

Efecto de los Tratamientos en la Supervivencia

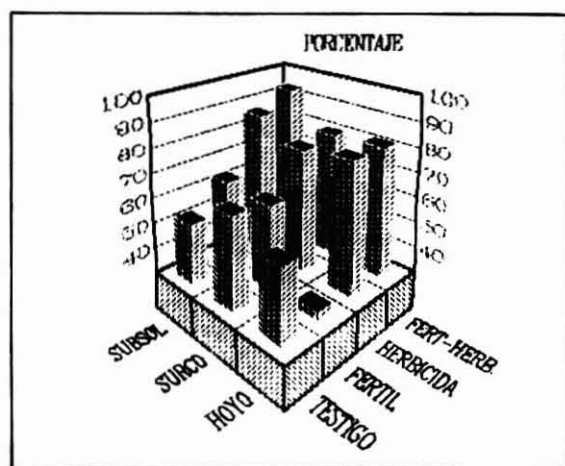
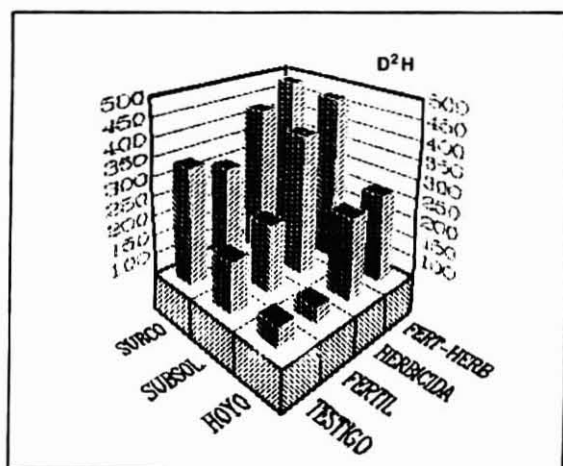


GRAFICO 5

Efecto de los Tratamientos en el Desarrollo



El tratamiento testigo (Hoyo) no sólo resulta ser insuficiente para asegurar el establecimiento de las plantas (Prado y Rojas, 1987) si no que su efecto negativo se prolonga, lo cual queda claramente demostrado por un crecimiento en altura significativamente inferior, durante el período transcurrido entre las 2 últimas mediciones.

Control de la Competencia

Los resultados obtenidos en ambos ensayos analizados, indican que la eliminación temporal de la competencia, lograda mediante la aplicación de herbicidas, constituye uno de los tratamientos más efectivos para asegurar el prendimiento y un buen desarrollo inicial de las plantas (Gráficos 4 y 5). Esto coincide con lo expresado por Schönau et al., 1981; Cromer, 1984; Keenan and Candy, 1983; Chavassee, 1980 y otros.

El pasto es un gran competidor por la humedad, lo cual hace que el tratamiento tenga aún mayor importancia en la zona árida y semiárida.

En lugares con mayor disponibilidad de agua el efecto de la competencia sobre la supervivencia no es tan crítico. Así lo demuestran los resultados obtenidos en Colcura. El crecimiento, en cambio, se ve significativamente afectado en ambos casos, ya que la competencia disminuye la disponibilidad de agua y nutrientes para la planta y en muchos casos la cantidad de luz, lo cual se traduce en una menor actividad fotosintética (Cromer, 1984).

La presencia de pasto también puede afectar a la plantación en forma indirecta, ya que influye en las condiciones microclimáticas, al nivel de las plantas recién establecidas (30 - 50 cm). Chavassee (1980) indica que la preparación intensiva, para eliminar la maleza, puede elevar hasta en 4°C la temperatura mínima del aire cerca del suelo.

El análisis del crecimiento ocurrido durante los 2 últimos años en ambos lugares de ensayo, indica claramente que el efecto del herbicida aplicado fue sólo temporal. Después del segundo año los pastos se habían recuperado, reiniciando la competencia por agua y nutrientes.

En Mel-Mel, después del 2° año el factor herbicida no produce diferencias significativas en el crecimiento. Lo mismo ocurre en Colcura, en donde los tratamientos "testigo" y "herbicida" se igualan. Lo mismo sucede con "fertilizante" y "herbicida - fertilizante"; lo ideal es que el control de la competencia se repita por 2 ó 3 años. Boden (1984) indica que cuando el pasto es abundante, las

plantas responden significativamente a la limpia hasta los 30 meses.

El control de la competencia puede hacerse en forma manual y en general resulta más efectivo que la aplicación de herbicidas (INFOR, 1988, documento no publicado; Ellis et al., 1985).

La aplicación del herbicida después de la plantación, como se hizo en estos ensayos puede resultar riesgosa, ya que los eucaliptos son bastante susceptibles a los herbicidas. Además no resulta práctico cubrir las plantas cuando se trata de una plantación a gran escala. Una buena alternativa es la aplicación de un producto sin efecto residual antes de la plantación; (Ellis et al 1985). Este método puede ser muy efectivo en áreas con malezas perennes, por ejemplo en Colcura, no así en donde predominan las malezas anuales, en donde la germinación se prolonga hasta bien avanzado el invierno o principios de primavera.

El costo de aplicación variará según la densidad y el tipo de malezas existentes. En la zona semiárida, en donde predominan las graminias anuales, que en general son susceptibles a las herbicidas, pueden emplearse dosis bajas. Dado que la aplicación se hace localizada o en fajas, el consumo de herbicida es mucho menor. En una plantación a 3 x 3 m, la aplicación en fajas significa aplicar herbicida a 1/3 de la hectárea. Si se aplica planta por planta, en un círculo de 1 m de diámetro, tratamiento que también resulta efectivo, el área total tratada será menor a 1/10 de hectárea, lo cual reduce considerablemente el costo del tratamiento.

La mano de obra empleada para la aplicación es de 0.5 jornada por hectárea.

Fertilización

La fertilización, como factor individual no produjo diferencias significativas en el crecimiento de las plantas ensayadas en Mel-Mel, aún cuando su efecto fue positivo. La supervivencia, en cambio, se ve afectada negativamente por el fertilizante, cuando éste no es aplicado en conjunto con el herbicida. Al no existir un adecuado control de la

competencia, las malezas se ven favorecidas por la aplicación del fertilizante, haciendo más severa la competencia por el agua.

Cuando las condiciones son más favorables, como es el caso de Colcura, el fertilizante tiene efectos positivos, superando el efecto que produce el control de la competencia. Cromer et al (1981) indican que los *Eucalyptus* generalmente responden bien a la aplicación de fertilizantes nitrogenados al momento de la plantación, aún cuando no se elimine la vegetación competidora.

Las tasas de crecimiento de los tratamientos con fertilización se mantienen superiores a los de los no fertilizados.

En el ensayo establecido en Mel-Mel se pudo constatar que la aplicación de fertilizante redujo considerablemente la resistencia del *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* a las heladas. El daño fue superior en las parcelas fertilizadas.

La forma de aplicar al fertilizante, tiene importancia. Debe aplicarse localizado, de pequeñas zanjas a unos 20 cm de la planta, quedando cubierto para evitar volatilización o arrastre por agua o viento.

La aplicación en el hoyo mismo de plantación no es recomendable, ya que se produce una gran concentración de sales a nivel radicular, lo cual puede provocar mortalidad.

El costo de aplicación dependerá de los fertilizantes y dosis en que éstos se apliquen. Las dosis aplicadas en estos ensayos no constituyen una recomendación que puede generalizarse. Para la aplicación propiamente tal se estima que son necesarias de 2 a 3 jornadas por hectárea.

Efecto Combinado Herbicida - Fertilizante

Los mejores resultados se obtienen cuando ambos tratamientos se aplican en conjunto. Esto permite que los nutrientes aplicados sean aprovechados exclusivamente por los eucaliptos, al menos durante el primer año. En el caso de Mel-Mel los resultados del tratamiento combinado son superiores, aún cuando no difieren significativamente de la sola aplicación de herbicidas.

En Colcura, en cambio, este tratamiento ha producido un desarrollo significativamente superior a los demás tratamientos. El crecimiento producido por el efecto combinado herbicida - fertilizante es casi 12 veces superior al del tratamiento testigo.

5.0 CONCLUSIONES

De los ensayos analizados se obtienen las siguientes conclusiones:

- Los tratamientos tradicionalmente empleados para el establecimiento de plantaciones en la zona semiárida del país son insuficientes para asegurar una adecuada supervivencia y desarrollo inicial de las plantas de *E. globulus* spp *globulus*. Tratamientos más intensivos tendientes a facilitar la captación de agua y el desarrollo radicular y a reducir la fuerte competencia que impone el pasto, son necesarios.
- El control de la competencia es un tratamiento fundamental para asegurar la supervivencia y desarrollo inicial de las plantas.
- La preparación del suelo también es de gran importancia, ya que su efecto es de más larga duración. El surco, entre los tratamientos ensayados, es el que produce los mejores resultados.
- En la zona semiárida, la fertilización como factor independiente, no resulta recomendable, ya que puede tener un efecto negativo en la supervivencia, al favorecer a la vegetación competidora.
En zonas con suficiente disponibilidad de agua, la aplicación de fertilizante afecta positivamente al desarrollo de las plantas, sin que se produzca un aumento en la mortalidad, aun cuando no se controle la competencia.
- Los tratamientos que combinan una buena preparación del suelo con control de la competencia y fertilizante, producen crecimientos muy superiores a los de los tratamientos tradicionales.

- Las tendencias de crecimiento demostradas hasta el momento sugieren que el mayor costo de establecimiento que implica el empleo de tratamientos intensivos se verá ampliamente compensado por los rendimientos que se obtengan al final de la rotación.

6.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BODEN, D. I. 1984. Early responses to different methods of site preparation for three commercial tree species. In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 565-578.
2. CHAVASE, 1980. Planting stock quality: A Review of Factors Affecting Performance. N.2 J. For. 25, 144-71.
3. CROMER, 1984. The influence of Nutrition on growth and photosynthesis in Eucalypts, In: Proc. IUFRO Symposium on site and productivity of fast growing plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, pp. 669-678.
4. CROMER, R.N. D. CAMERON, J.N. CAMERON et al 1981. Response of Eucalypt Species to Fertilizer Applied soon after Planting at several sites. Aust. for. 44, 3-13.
5. ELLIS, R. C., D.P. WEBB, A.M. GRALEY, and F. ROUT, 1985. The affect of weed competition and Nitrogen nutrition on the growth of seedlings of *Eucalypts delegatensis* in a highland area of Tasmania. Aust For. Res. 1985, Vol. 15, 395 - 408.
6. KEENAN, R. J. and S. CANDY. 1983. Growth of Young *Eucalyptus delegatensis* in relation to variation in site factors. Aus. For. Res. 1983, 13: 197 - 205.
7. MCKIMM R. J. and D.W. FLINN (1979). Eucalypt species, site preparation and fertilizer requirements for reforestation on the Toorongo Plateau in Central Victoria. Aust For., 1979 (2) : 117-124.

8. INFOR - CORFO, 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Gerencia de Desarrollo AF 86/32 - CORFO. Santiago, Chile 168.p.
9. PRADO J. A. y P. ROJAS - 1987. Preparación del Sitio y Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal Vol. I, N°1 : 17 - 27.
10. SCHÖNAU, A.P.G., R. Varloren Van Themaat and D.I. Boden 1981. S. African. F.J. N°116: 1 - 10.
11. WRANN J. y P. INFANTE 1988. Métodos para el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* en la zona árida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal. Vol 2 N°1 (en publicación).

ENSAYO SOBRE TECNICAS DE ESTABLECIMIENTO DE EUCALYPTUS
EN LA ZONA DE NACIMIENTO, VIII REGION

Gerardo de la Maza Decap (*)
Jorge Urrutia Reyes (*)

RESUMEN

A fines de Julio de 1986, se instaló un ensayo de establecimiento de plantación de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* en el predio San Antonio, de propiedad de Forestal Río Vergara S.A., ubicado en la comuna de Nacimiento, VIII Región.

En él se compararon los resultados de sobrevivencia e incrementos en altura, después de un año de establecido el ensayo, según tratamientos a los desechos producto de una rotación anterior de *Pinus radiata*, el tipo de plantas según su método de producción en vivero, el sistema de plantación y diversos tratamientos culturales aplicados a la plantación.

Los resultados mostraron que los mejores valores, para ambos factores estudiados, se obtuvieron en sitios sin quema de desechos. En general, para estos sitios, no se observaron diferencias entre el tipo de plantas y sistemas de plantación. Sin embargo, entre tratamientos culturales, los mejores resultados se obtuvieron para la combinación Herbicida - Fertilizante.

(*) Ingeniero Forestal. Forestal Río Vergara S.A.

1. INTRODUCCION

En el último tiempo la demanda de madera de fibra corta, en especial de especies del género *Eucalyptus*, ha mostrado una tendencia creciente reflejada a través de los precios alcanzados en el mercado de estos productos.

Aspectos tales como el rápido crecimiento de estas especies, sus características pulpables, su alta rentabilidad y el interés en la diversificación de especies alternativas en consideración a aspectos fitosanitarios entre otros, han determinado que la mayoría de las empresas forestales del país hayan iniciado programas para su establecimiento, desviando así parte de la atención hasta hoy prestada en su mayoría al *Pinus radiata*. Sin embargo, estos programas se han visto afectados por diversos problemas, especialmente en la producción de plantas y en el establecimiento de plantaciones.

FORVESA no ha estado exenta del interés en especies del género *Eucalyptus*, ni tampoco en los problemas que se encuentran en su establecimiento. Es por ello, que a contar del año 1982, primero en conjunto con el Instituto Forestal, inició una línea de investigación en ensayos de introducción, procedencias, herbicidas y fertilizantes y posteriormente en forma separada, ensayos de técnicas de producción de plantas en vivero y establecimiento de plantaciones.

//..

2.

El presente estudio está referido al análisis de los resultados obtenidos en un ensayo de establecimiento, a un año de la plantación, para las especies E. globulus y E. nitens, realizado en el predio San Antonio de propiedad de FORVESA, en el cual se probó el efecto producido, tanto en la sobrevivencia como en los incrementos en altura, producto de: el tratamiento a los desechos de la rotación anterior; el método de producción de plantas en vivero; el sistema de plantación, así como también los efectos por fertilización, aplicación de herbicidas, podas apicales y la combinación entre estos tratamientos.

2. MATERIAL Y METODOS

2.1 Ubicación del Ensayo

El ensayo se estableció a fines del mes de Julio de 1986 en el predio San Antonio, ubicado en la Comuna de Nacimiento, Provincia de Bío-Bío, Octava Región ($37^{\circ} 29'$ latitud Sur y $72^{\circ} 43'$ longitud Oeste).

El clima se clasifica como templado cálido (FUENZALIDA, 1965) con estaciones secas y lluviosas semejantes. La precipitación anual es de 1.360 mm. en promedio, con 4 meses secos durante el año.

La temperatura media anual es de 13.5°C y las mínimas y máximas medias de 6.1 y 21.3°C , respectivamente, con

//..

temperaturas máximas y mínimas absolutas de -3.0°C y $38,0^{\circ}\text{C}$ respectivamente (Estación Meteorológica FORVESA, Nacimiento).

El suelo ha sido clasificado como perteneciente a la Serie San Esteban, con textura franco arcillosa en la superficie, variando a arcillosa en el subsuelo. El material de origen corresponde a roca granítica a diorita cuarzosa. El pH del suelo varía de 5.1 a 5.6. La pendiente promedio es de 25%.

El área específica del ensayo se encuentra ubicada a 300 m.s.n.m. Anteriormente existió una plantación de *Pinus radiata* D. don la que fue cosechada a la edad de 20 años y que resultó ser un índice de Sitio 27.

2.2 Material del Ensayo

Las especies estudiadas en el presente ensayo corresponden a *Eucalyptus globulus* y *nitens* cuyas procedencias son las siguientes:

- a. *Eucalyptus globulus* 1:0 en maceta. Origen de la semilla:
Recolección semilla sector Cobquecura VIII Región (Zona costera, 100 m.s.n.m.).
- b. *Eucalyptus globulus* 1:0 a raíz desnuda. Origen de la semilla:
Predio Culven de Baez, Lirquén, Provincia de Concepción, VIII Región. (200 m.s.n.m.)

//..

4.

c. *Eucalyptus nitens* 2:0 en macesta. Origen de la semilla:

Proveniente de Australia, sin información de la localidad.

Las plantaciones se realizaron en sitios contiguos, uno con quema de desechos y otro sin quema. Los métodos de plantación usados correspondieron a los sistemas denominados casilla y normal (remoción total y parcial del suelo respectivamente, ambos con azadón).

Los tratamientos culturales efectuados posterior a la plantación correspondieron a:

- Herbicidas (H): Atrazina con H1 Super en dosis de 0.49 y 0.15 cc. respectivamente por planta tratada (1 m² de superficie cubierta).
- Fertilizantes (F): 50 Gr. de Urea, 30 Gr. de Superfosfato Triple y 10 Gr. de Boronatrocalcita por planta tratada.
- Poda Apical (P): Se dejó una altura total fija de 15 cm. para todas las plantas tratadas.

De esta manera, se determinaron siete tratamientos culturales más un testigo para cada uno de los sistemas de plantación (casilla y normal) establecidos en sitios con y sin quema de desechos.

//

El efecto de estos tratamientos fue estudiado en plantas producidas a raíz desnuda y maceta para *E. globulus* y solamente maceta para *E. nitens*.

Los tratamientos mencionados corresponden a las siguientes combinaciones:

- 1) H - F - P
- 2) H - F
- 3) H - P
- 4) F - P
- 5) H
- 6) F
- 7) P
- 8) Testigo

2.3 Diseño Experimental

Se empleó un diseño factorial en bloques de $2(TD) \times 3(TP) \times 2(SP) \times 8(TC)^*$ con 3 repeticiones, lo que dió un total de 288 parcelas. Cada repetición es una parcela de 49 plantas, con un espaciamento de 1 x 2 m, separada por una franja de 24 plantas a modo de evitar el efecto borde. La distribución de las parcelas dentro de cada bloque se realizó en forma aleatoria.

- * TD : Tratamiento Desecho
 TP : Tipo de Plantas
 SP : Sistema de Plantación
 TC : Tratamientos Culturales

//..

6.

2.4 Metodología de Análisis

El análisis se basa en la sobrevivencia alcanzada después de un año de plantación, producto de los diferentes tratamientos culturales establecidos, para cada tipo de planta, según el sistema de plantación y el tratamiento a los desechos.

Asimismo, se relaciona la sobrevivencia con los incrementos en altura para el mismo período.

El análisis se realizó separadamente por especie.

3. RESULTADOS

Los resultados fueron analizados en forma separada, por especie, según el tratamiento a los desechos provenientes de la rotación anterior.

En primer término se analizó la sobrevivencia, posteriormente los incrementos en altura y finalmente la relación sobrevivencia-incrementos en altura.

//..

3.1 Sobrevivencia

Cuadro # 1: Sobrevivencia promedio por especie según tratamiento a los desechos (%)

Especie	TRATAMIENTO	
	Sin Quema	Con Quema
E. Globulus	84	64
E. Nitens	84	49

Del cuadro anterior, se concluye claramente que los mejores resultados, para ambas especies, corresponden a los sitios sin quema, siendo el E. nitens mucho más sensible al estado de los desechos.

3.1.1 Sin Quema de Desechos

El cuadro siguiente señala los porcentajes totales promedios de sobrevivencia de acuerdo al tipo de planta y sistema de plantación, para cada especie.

//..

8.

Cuadro # 2: Supervivencia Total Promedio,
expresada en porcentaje, segun
Especie

Especie	Tipo Planta	SIST. PLANTACION	
		Casilla	Normal
E. Globulus	Raíz Desnuda	83	86
	Maceta	80	85
E. Nitens	Maceta	87	80

Los mayores porcentajes de supervivencia, se presentaron para E. globulus-Raíz Desnuda-Normal con 86% y E. nitens-maceta-casilla con 87%. Sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas tanto entre los tipos de plantas como entre los sistemas de plantación, para cada especie y con un nivel de significancia del 95%.

Igualmente, entre tratamientos por especie, no hubo diferencias estadísticas significativas, aún cuando en términos nominales los mayores porcentajes de supervivencia, tanto para E. globulus como para nitens, fue el tratamiento con Herbicida sólo, alcanzando en ambos casos el 91%.

//..

Cuadro # 3: Sobrevivencia Promedio Total por
Tratamiento Cultural según Especie

Tratamiento Cultural	SOBREVIVENCIA (%)	
	E.globulus	E.nitens
H-F-P	78	86
H-F	82	89
H-P	86	87
F-P	79	81
H	91	91
F	86	82
P	82	79
Testigo	87	73
TOTAL	84	84

3.1.2 Con Quema de Desechos

Cuadro # 4: Sobrevivencia Total Promedio,
expresada en porcentaje, según
especie

Especie	Tipo Planta	SISTEMA PLANTACION	
		Casilla	Normal
E.Globulus	Raíz Desnuda	66	60
	Maceta	68	59
E.Nitens	Maceta	58	39

//..

10.

Los mayores promedios de sobrevivencia, para ambas especies, se observaron para maceta con plantación en casilla (68 en *E. globulus* y 58% en *E. nitens*). Sin embargo, para *E. globulus*, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas para las medias entre tipo de plantas y entre sistema de plantación, en cambio para *E. nitens*, si hubo diferencias entre el sistema de plantación.

En el análisis de los tratamientos entre si, ambas especies presentaron diferencias significativas, siendo para el *E. globulus*, la combinación Herbicida-Fertilizante la más adecuada, independiente del tipo de planta y el sistema de plantación (Cuadro # 5).

//..

En cambio, para el E. nitens, los mejores resultados correspondieron a la plantación realizada en casilla, y en estas, el tratamiento Herbicida sólo (71%), aún cuando, el análisis de varianza determinó que no existen diferencias significativas entre las combinaciones H-F-P; H-F; H; P; H-P, como los mejores tratamientos (Cuadro # 6).

Cuadro # 5: Sobrevivencia Promedio Total por
Tratamiento Cultural para E.
Globulus

Tratamiento Cultural	Sobrevivencia (%)
H-F-P	64
H-F	82
H-P	58
F-P	58
H	68
F	72
P	43
Testigo	61

//..

12.

Cuadro # 6: Sobrevivencia Promedio Total por Tratamiento Cultural para E. nitens

Tratamiento Cultural	SOBREVIVENCIA (%)	
	Casilla	Normal
H-F-P	67	43
H-F	69	52
H-P	59	28
F-P	47	39
H	71	56
F	47	31
P	68	41
Testigo	39	23
TOTAL	58	39

3.2 Incrementos en Altura

Al igual que en la sobrevivencia, en ambas especies los mayores incrementos en altura, al año de realizada la plantación, se obtuvieron para sitios no quemados.

//..

Cuadro # 7: Incremento promedio en altura en cm.
según Tratamiento de desechos, tipo de
plantas y sistema de plantación para las
especies *E. globulus* y *E. nitens*

Especie	Tipo de Planta	S/Q		C/Q	
		Casilla	Normal	Casilla	Normal
<i>E. Globulus</i>	Raíz desn.	85,7	79,2	53,6	43,9
	Maceta	76,4	76,7	58,3	50,5
<i>E. Nitens</i>	Maceta	67,0	54,6	34,1	27,2

Para *E. globulus*, el incremento promedio en altura, para sitios no quemados, fue de 79,5cm, en cambio para sitios quemados fue de 51,6cm y para *E. nitens* de 60,8cm y 30,7cm respectivamente.

3.2.1 Sin Quema de Desechos

Para *E. globulus*, no se encontraron diferencias significativas entre tipo de plantas y sistema de plantación. Sin embargo, entre tratamientos culturales se encontraron diferencias resultando la combinación Herbicida-Fertilizante la de mayor incremento (101,6 cm.)

//..

14.

En E. nitens, en cambio, si hubo diferencias significativas entre sistemas de plantación (casilla: 67,0 cm., Normal: 54,6 cm.). Entre tratamientos culturales sólo hubo diferencias significativas para el sistema de plantación normal resultando las mejores combinaciones H-F y H-F-P con 78,6 y 72,2 cm respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre sí (cuadro # 8).

Cuadro # 8: Incremento en altura en cm.
para cada especie, según
tratamiento cultural

Tratamiento Cultural	E. Globulus Total	E. Nitens	
		Casilla	Normal
H-F-P	88.4	64.3	72.2
H-F	101.6	69.8	78,6
H-P	72.7	53.4	47.5
F-P	75.1	78.8	52.4
H	81.2	71.9	46.2
F	86.2	76.3	55.0
P	52.7	45.3	44.1
Testigo	75.4	76.3	40.7

//..

3.2.2 Con Quema de Desechos

En ambas especies se encontraron diferencias significativas en el sistema de plantación, además, en el E. globulus también hubo diferencias entre los tipos de plantas (raíz desnuda y maceta).

Cuadro # 9: Incrementos en Altura en Cm. para cada especie, según tratamiento cultural y sistema de plantación

Tratamiento Cultural	E. GLOBULUS			E. NITENS	
	Casilla	N o r m a l		Casilla	Normal
		R.Desn.	Maceta		
H-F-P	64.6	47.9	54.3	39.3	32.8
H-F	85.9	63.9	80.8	53.7	41.5
H-P	47.8	42.5	41.2	25.1	17.9
F-P	59.7	35.0	46.0	37.3	31.1
H	54.0	36.4	58.2	27.4	24.8
F	60.7	47.6	64.9	34.2	33.0
P	33.4	36.0	18.8	22.7	14.2
Testigo	41.4	41.9	40.0	33.1	22.3

En E. globulus, el mejor tratamiento, tanto para el sistema de casilla, como normal-raíz desnuda y normal-maceta resultó ser la combinación H-F con 85,9 cm, 63,9 cm y 80,8 cm respectivamente.

//..

A su vez en *E. nitens*, igualmente resultó ser el mejor tratamiento la combinación H-F para los sistemas de plantación en casilla y normal (53,7 y 41,5cm) aún cuando en este último, el test estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos H-F; H-F-P; F-P y F.

3.3 Relación Supervivencia-Incremento en Altura

Al analizar la supervivencia con el incremento en altura para todas las combinaciones de tratamientos en conjunto y por especie, se observó una baja correlación entre ambos factores, siendo el coeficiente de correlación para *E. globulus* de 0.4773 y para *E. nitens* de 0.5937.

Las Figuras siguiente grafican la ubicación de los puntos supervivencia/incremento en altura para las especies *E. globulus* y *nitens*.

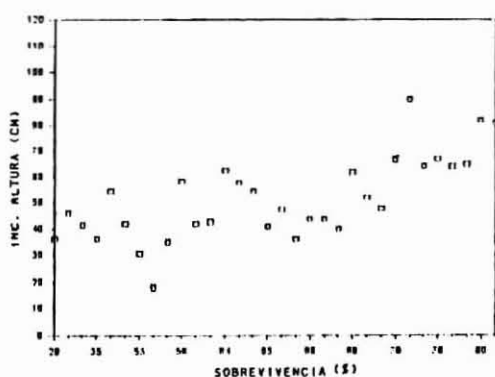


Fig. # 1; *E. globulus*

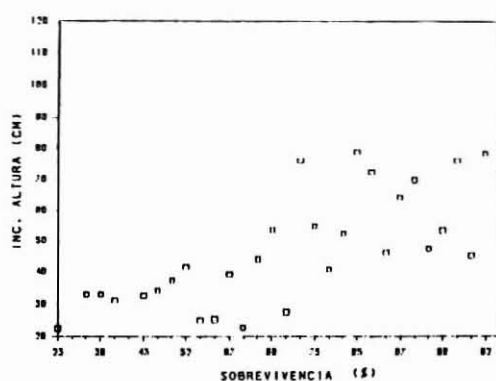


Fig. # 2; *E. nitens*

//..

A su vez, esta baja correlación fue observada al agrupar por separado los tratamientos con y sin quema de desechos.

Cuadro # 10: Coeficientes de Correlación para Sobrevivencia/Incremento en Altura, según tratamiento a los desechos, por especie

Especie	Tratamiento Desechos	Coefficiente Correlación
E. globulus	Con Quema	0.4301
	Sin Quema	0.1476
E. nitens	Con Quema	0.1412
	Sin Quema	0.4229

La distribución de los puntos en las gráficas se muestran en las Fig. siguientes.

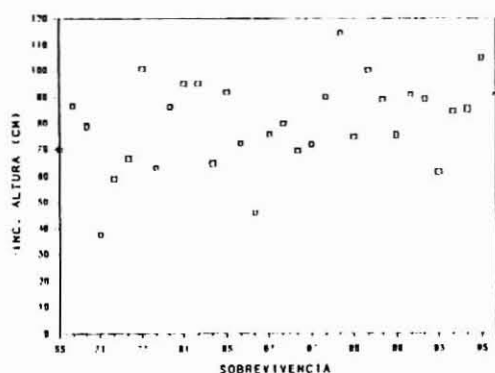


Fig. # 3; E.globulus. Sin Quema Desechos

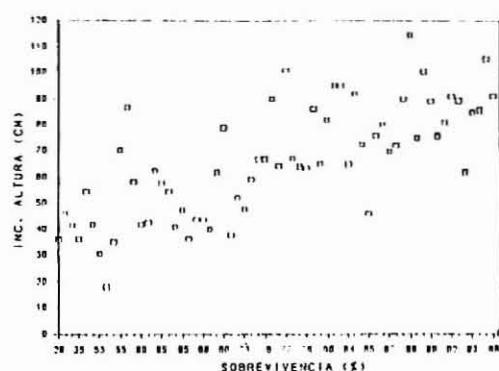


Fig. # 4; E.globulus. Con Quema Desechos

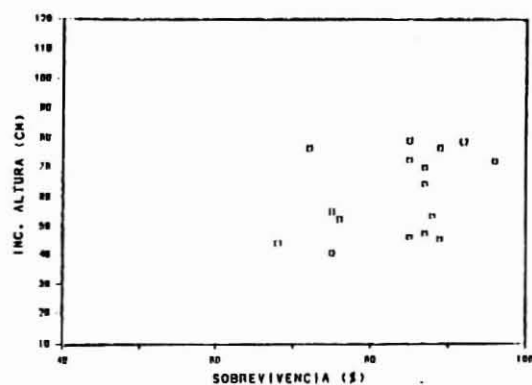


Fig. # 5; E.nitens. Sin
Quema Desechos

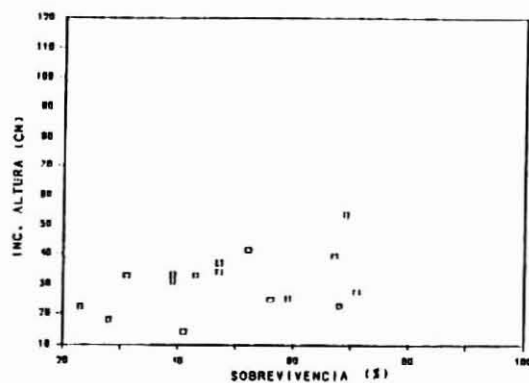


Fig. # 6; E.nitens. Con
Quema Desechos

4. CONCLUSIONES

- Para ambas especies, tanto la sobrevivencia como los incrementos en altura se mostraron estrechamente relacionados con el tratamiento a los desechos, en donde los mejores resultados se obtuvieron en sitios sin quema de desechos.
- En *E. globulus*, para sitios sin quema de desechos la sobrevivencia no mostró diferencias significativas entre tipos de plantas, sistemas de plantación y tratamientos culturales, en cambio hubo diferencias en incrementos en altura sólo entre tratamientos culturales, resultando la mejor combinación la aplicación de Herbicida más Fertilizante.
- Para la misma especie, pero en sitios con quema de desechos, la sobrevivencia no mostró diferencias significativas entre tipos de plantas y sistemas de plantación pero sí las hubo entre tratamientos culturales, resultando la mejor combinación Herbicida más Fertilizante. A su vez los incrementos en altura sí mostraron diferencias significativas entre sistemas de plantación y tratamientos culturales, resultando la mejor combinación casilla-Herbicida más Fertilizante.
- En *E. nitens*, para sitios sin quema de desechos, la sobrevivencia no mostró diferencias significativas entre sistemas de plantación y tratamientos culturales, en

//..

cambio los incrementos en altura sí mostraron diferencias entre los sistemas de plantación. A su vez dentro de estos, sólo hubo diferencias entre tratamientos culturales para el sistema de plantación normal, donde las mejores combinaciones resultaron Herbicida más Fertilizante y Herbicida más Fertilizante y más Poda.

- Para la misma especie, en sitios con quema de desechos, los mejores resultados se obtuvieron para plantación en casilla y dentro de estos, el estadígrafo no mostró diferencias significativas entre las combinaciones H-F-P; H-F; H; P; H-P como los mejores tratamientos culturales. En los incrementos en altura, igualmente el mejor sistema de plantación resultó ser en casilla y dentro de este, aún cuando el test no mostró claramente diferencia significativa, el mejor tratamiento en términos nominales resultó la combinación Herbicida más Fertilizante.
- En términos generales, entre tratamientos, la sobrevivencia no mostró relación con los incrementos en altura para las especies *E. globulus* y *E. nitens*.

B I B L I O G R A F I A

1. FORESTAL RIO VERGARA S.A., 1988. Informe meteorológico Estación Nacimiento 1978-1987. 4p.
2. FUENZALIDA, H.P., 1965. Clínica. En Geografía Económica de Chile. Texto refundido. 99-152.
3. INSTITUTO DE INVESTIGACION EN RECURSOS NATURALES, 1964. Suelos. Descripción Proyecto Aerofotogramétrico Chile O.E.A./B.I.D. Santiago. 391 p.
4. ROJAS, P. 1986. Efecto de la preparación del sitio, fertilización y control de la competencia en el establecimiento de E. globulus LABILL. Forestal Río Vergara S.A. Avances en Investigación Forestal.
5. TORO, J., 1985. Fertilización mineral en plantaciones de P. radiata D. Don, con crecimiento restringido y en rodales de buena calidad. Convenio de Asistencia Técnica Forestal Río Vergara S.A. - U. de Chile. Fac. Cs. Agrarias y Forestales. 37 p.
6. TORO, J., 1985. Incremento de la productividad de las plantaciones de FORVESA por intermedio de manipulación de factores de suelo y planta. Convenio de Asistencia Técnica Forestal Río Vergara S.A. - U. de Chile. Fac. Cs. Agrarias y Forestales. Informe Anual. 73 p.

ANEXO
TABLA No. 1

VALORES PROMEDIOS POR TRATAMIENTO (1986-1987)

			E. GLOBULUS (HACETA)			E. GLOBULUS (RAIZ DESNUDA)			E. NITRUS (HACETA/2 AÑOS)		
TRATAN.	SISTEMA	TRATAN.	SOBRREV.	ALT.(cm)	INC.A.(cm)	SOBRREV.	ALT.(cm)	INC.A.(cm)	SOBRREV.	ALT.(cm)	INC.A.(cm)
DESECHOS	PLANTACION	CULTURAL	(%)	(1987)	(1986-87)	(%)	(1987)	(1986-87)	(%)	(1987)	(1986-87)
SIN QUEMA	CASILLA	H-F-P	55	85.23	70.2	92	105.80	90.8	87	79.20	64.3
		HER-FER	89	144.07	100.1	56	111.07	86.6	87	89.10	69.8
		HERB	93	129.37	89.2	87	98.00	75.7	96	89.77	71.9
		FERT	89	130.10	88.8	79	106.70	86.1	89	94.77	76.3
		PODA	79	78.33	63.3	93	80.40	65.4	89	60.30	45.3
		HERB-POD	73	74.20	59.2	96	105.63	90.6	88	68.90	53.4
		FER-POD	69	93.97	79.0	81	109.87	94.9	85	94.67	78.8
		TESTIGO	80	107.97	61.6	83	115.17	95.0	72	94.57	76.3
	PROMEDIO		78	105.41	76.4	83	104.08	85.6	87	83.91	67.0
	NORMAL	H-F-P	85	106.87	91.7	77	116.13	100.7	85	87.43	72.2
HER-FER		95	149.73	104.9	88	139.33	114.6	92	98.50	78.6	
HERB		93	130.13	85.0	88	99.20	74.9	85	70.67	46.2	
FERT		88	135.67	90.0	87	106.17	79.9	75	76.23	55.0	
PODA		71	52.77	37.8	85	62.97	46.1	68	59.57	44.1	
HERB-POD		76	80.77	64.9	87	92.83	75.7	87	63.87	47.5	
FER-POD		76	82.70	66.8	87	88.20	69.8	76	68.43	52.4	
TESTIGO		85	116.37	72.6	87	98.50	72.1	75	60.87	40.7	
PROMEDIO		84	106.88	76.7	86	100.42	79.2	80	73.20	54.6	
PROMEDIO		81	106.14	76.6	85	102.25	82.4	84	78.55	60.8	
CON QUEMA	CASILLA	H-F-P	64	77.40	62.4	76	87.77	72.8	67	54.27	39.3
		HER-FER	77	127.33	90.0	80	102.57	81.9	69	74.00	53.7
		HERB	77	105.83	64.3	68	61.53	43.6	71	48.10	27.4
		FERT	79	100.73	67.1	65	72.97	54.3	47	54.03	35.0
		PODA	53	53.67	38.7	35	51.13	36.0	68	39.03	22.7
		HERB-POD	72	67.00	52.0	68	59.93	43.7	59	40.90	25.1
		FER-POD	65	72.70	57.7	69	75.23	61.7	47	53.10	37.3
		TESTIGO	60	86.43	41.9	65	63.77	40.8	39	50.27	33.1
	PROMEDIO		68	86.39	59.3	66	71.86	54.4	58	51.71	34.2
	NORMAL	H-F-P	41	69.40	54.3	73	62.23	47.9	43	47.70	32.8
HER-FER		91	116.83	80.8	79	90.03	63.9	52	50.60	41.5	
HERB		59	92.50	58.2	67	55.20	36.4	56	44.57	24.8	
FERT		80	98.43	64.9	65	66.57	47.6	31	54.57	32.9	
PODA		55	32.23	16.8	29	49.93	36.0	41	29.30	14.2	
HERB-POD		35	56.97	41.2	55	57.43	42.5	28	34.23	17.9	
FER-POD		44	62.60	46.0	55	50.27	35.0	39	46.27	31.1	
TESTIGO		69	75.03	40.0	81	61.40	41.9	23	41.70	22.3	
PROMEDIO		59	75.50	50.3	63	61.63	43.9	39	44.87	27.2	
PROMEDIO		64	80.94	54.8	64	66.75	49.1	49	48.29	30.7	

EL EFECTO DE DIVERSAS INTENSIDADES DE CLAREO EN EL
CRECIMIENTO DE MONTE BAJO DE Eucalyptus globulus.

Manuel Toral Ibañez (*)

RESUMEN

Se evalúa el efecto de diversas intensidades de clareo en el crecimiento de los retoños de monte bajo de Eucalyptus globulus en la V y VIII Región del país.

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes. En la V Región: Testigo sin Intervención, 1 retoño por tocón, 2 y 3 retoños por tocón. En la VIII Región se realizaron tratamientos similares con y sin limpia de la nueva brotación.

Los resultados de estos ensayos indican que el incremento en volumen/ha fue mayor en los tratamientos donde se dejó 2 retoños por tocón. El mayor volumen/ha se presentan en los tratamientos testigos.

(*) Ingeniero Forestal. División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554 - Piso 4. Santiago - Chile

INTRODUCCION

Eucalyptus globulus (Labill), eucalipto o gomero azul, fue introducido en el país en la zona de Concepción - Arauco, a objeto de satisfacer la demanda de madera estructural para las minas de carbón.

Las plantaciones de **Eucalyptus globulus** alcanzan en la actualidad a 51.173 ha, concentrándose éstas en la V y VIII Regiones del país con 34.8% y 36.7% de participación respectivamente. (INFOR, 1985).

Una gran proporción de estos bosques, 31%, se manejan como monte bajo, a objeto de producir postes para la agricultura, aceite esencial, carbón, leña y en este último período, madera para celulosa. Estos objetivos de manejo frecuentemente son combinados y la rotación del bosque no sobrepasa los 10 - 12 años. Por otra parte, el 19.5% de la superficie plantada es manejada como monte alto, con rotaciones más largas, a fin de producir madera aserrada y derivados, postes para minas, chapas y tableros. Un porcentaje menos importante, 8,6% de la superficie está clasificada como monte medio con objetivos de producción múltiple. El 40.8% de la superficie no está clasificada.

A pesar de que **Eucalyptus globulus** es una especie de rápido crecimiento, de alta productividad, que crece bien en variadas condiciones edafoclimáticas y que su madera tiene mercado, las investigaciones relativas a la tecnología de su madera y en especial a su silvicultura, han sido escasas. Es por ello que INFOR - CORFO desarrolla desde 1984 un proyecto denominado "Manejo Silvícola de especies del Género **Eucalyptus**", a fin de obtener antecedentes básicos que permiten mejorar la producción y productividad de este género en el país.

Es así como se han establecido numerosos ensayos a lo largo del país, tendientes a mejorar las técnicas de establecimiento y a cuantificar respuestas de rodales sometidos a cortas intermedias.

El presente trabajo está basado en ensayos establecidos por el citado proyecto.

Suelos y Topografía

Los suelos del fundo Pajonal, son de posición intermedia, y pertenecen a la Serie de Suelos Curaumilla. Está originado de arenas graníticas que descansan sobre una base rocosa de igual composición. La erosión es severa con pendientes de 25 - 35%.

En los primeros 20 cm del perfil, el color del suelo es pardo rojizo oscuro 2.5 YR 3/4, de texturas franco arcillo arenosas, con estructura de bloques subangulares medios. Entre los 20 y 60 cm el suelo presenta un color pardo rojizo 5YR 4/4, de textura arcillo arenosa, con estructura de bloques angulares medios. Todo el horizonte presenta concreciones negras y abundancia de cuarzo. Desde los 60 cm y más, el color es pardo rojizo a pardo rojizo oscuro 5YR 5/4 - 3/2, de textura arcillo arenosa. Presencia de grandes concreciones de Fe y Mn en forma de vetas, presencia de cuarzo (IREN. 1964).

Los suelos del fundo Colcura pertenecen en su parte alta a la Serie de Suelos Nahuelbuta, cuyo material de origen es roca metamórfica altamente micácea. Su drenaje es moderado con erosión moderada a fuerte en algunos sectores.

En los primeros 8 cm del perfil, el color del suelo es pardo grisáceo muy oscuro en húmedo 10YR 3/2, de textura arcillo arenosa con estructura granular, media a débil. Entre los 8 y 69 cm el color es pardo grisáceo muy oscuro en húmedo 10YR 3/2 de textura franco arcillosa con estructura de bloques subangulares medios y fino moderados. De 69 a 108 cm más, el color es pardo oscuro en húmedo 10YR 3/3, de textura arcillosa con estructura masisa. Presenta grava fina de cuarzo.

Clima

Pajonal pertenece a un clima mediterráneo sub-húmedo del tipo marítimo. (Di Castri. 1978). El monto de precipitación anual varía entre 400 - 500 mm, con ocho meses secos. La temperatura media anual es de 14, 5 °C. Media del mes más cálido Enero 18°C, máxima media de Enero 23°C y temperatura media de Julio 11°C. (INFOR - U. de Chile, 1979).

Colcura pertenece al tipo climático Región Mediterránea Perhúmeda, de la clasificación de Di Castri, con un período árido de 0 a 4 meses. El monto de precipitación anual es de 1.132 mm, la temperatura media anual es de 12,6°C, la máxima media anual de 16,7 y la mínima media de 8,8°C. (Di Castri, 1978).

Ensayos Experimentales

En un renoval de monte bajo de 2,5 años del fundo Pajonal, se estableció en 1985 un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron: Tratamiento N° 1 Testigo sin intervención. Tratamiento N° 2, se dejó un solo rebrote o renuevo por tocón. Tratamiento N° 3, se dejaron dos retoños por tocón. Tratamiento N° 4, se dejaron tres retoños por tocón. Las variables de estado promedio después de la intervención se presentan en el Cuadro N° 1.

En Colcura en el año 1984, en un rodal de 4 años, se estableció un diseño factorial de bloques con tres repeticiones, en el cual se consideraron los siguientes tratamientos: Tratamiento 1.1 Testigo con eliminación de rebrote. Tratamiento 2.1 Testigo sin eliminación de rebrote. Tratamientos 3.1 y 4.1, un retoño por tocón con eliminación y sin eliminación del rebrote respectivamente. Tratamientos 5.1 y 6.1, dos retoños por tocón con y sin eliminación de rebrote. Las variables de estado promedio después de la intervención se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1

PAJONAL
VARIABLES DE ESTADO PROMEDIO POR TRATAMIENTO
 Edad 2,5 Años. Año de control 1985

Tratamiento	N° árbol (ha)	DAP medio (cm)	Altura media (m)	Área basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
1	4.888	5,5	9,1	12,32	40,15
2	1.348	7,5	11,6	6,12	21,25
3	2.266	6,7	10,7	7,93	26,68
4	3.199	6,7	10,9	11,27	37,82

COLCURA
VARIABLES DE ESTADO PROMEDIO POR TRATAMIENTO
 Edad : 4 años. Año de Control 1984

Tratamiento	N° árbol (ha)	DAP medio (cm)	Altura media (m)	Área basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
1.1	5.865	6,4	11,6	20,76	81,50
2.1	5.270	7,6	12,8	24,07	100,39
3.1	1.272	8,9	14,2	8,90	37,66
4.1	1.026	8,7	13,9	6,24	24,59
5.1	1.935	8,2	13,5	10,49	39,37
6.1	1.682	9,0	15,0	10,69	45,03
7.1	1.994	8,0	13,1	10,14	38,08
8.1	2.217	8,4	13,8	12,36	47,68

Metodología de Análisis

Con las mediciones efectuadas durante los años 1984 a 87 se calculó por tratamiento y repetición las siguientes variables de estado para cada localidad. Número de árboles/ha. Diámetro medio cuadrático [DAP cm], Área Basal [m²/ha], Volumen [m³/ha] e incrementos de Área Basal y Volumen por hectárea.

Para el cálculo de Volumen en ambas localidades se utilizó la función obtenida por Ribalta (1983), que establece el siguiente Volumen por árbol.

$$V = - 001780138 + 0,000029007112 * DAT^2 * H - 0,0000058869 * DAT * H^2$$

Donde:

V = Volumen m³, sin corteza con un diámetro límite de utilización de 4 cm.

DAT= Diámetro del retoño a la altura del tocón [cm]. Ribalta (1983), establece que no hay diferencias significativas en el Volumen de un árbol, si se mide el DAP o el DAT del retoño.

H = Altura Total [m]

R = 0.9756 Sxy = 0.0845 n = 262

Obtenidas las variables de estado, se realizó para cada una de ellas un análisis de varianza por año y tratamiento. Al mismo tiempo se efectuó una prueba de TUKEY, para cada uno de los análisis de varianza que mostraron significación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Funciones de Altura

De acuerdo al criterio mencionado en el punto metodología de análisis se seleccionaron los siguientes modelos de altura para cada año por tratamiento y localidad Cuadro 2.

CUADRO 2

PAJONAL

FUNCIONES DE ALTURA AÑOS 1985 - 86 - 87

	Tratamiento	Función	n	R ²
Año 1985	1	$H = 2.126873 \times DAP - 0.087981 \times DAP^2$	30	0.99
	2	$H = 2.311785 \times DAP - 0.101999 \times DAP^2$	30	0.99
	3	$H = 2.091680 \times DAP - 0.073436 \times DAP^2$	30	0.99
	4	$H = 2.411505 \times DAP - 0.115691 \times DAP^2$	30	0.99
Año 1986	1	$H = 2.168066 \times DAP - 0.076148 \times DAP^2$	30	0.89
	2	$H = 2.117728 \times DAP - 0.070431 \times DAP^2$	30	0.99
	3	$H = 2.327768 \times DAP - 0.088323 \times DAP^2$	30	0.99
	4	$H = 2.192547 \times DAP - 0.072448 \times DAP^2$	30	0.99
Año 1987	1	$H = 2.112151 \times DAP - 0.058067 \times DAP^2$	30	0.99
	2	$H = 2.024471 \times DAP - 0.051343 \times DAP^2$	30	0.99
	3	$H = 2.095300 \times DAP - 0.055939 \times DAP^2$	30	0.99
	4	$H = 2.172911 \times DAP - 0.057569 \times DAP^2$	20	0.99

COLCURA

FUNCIONES DE ALTURA AÑOS 1984 - 1987

	Tratamiento	Función	n	R ²
Año 1984	1.1	$H = 2.157551 \times DAP - 0.056831 \times DAP^2$	30	0.98
	1.2	$H = 2.267598 \times DAP - 0.074448 \times DAP^2$	30	0.99
	3.1	$H = 2.144355 \times DAP - 0.062213 \times DAP^2$	30	0.98
	4.1	$H = 2.265548 \times DAP - 0.077081 \times DAP^2$	30	0.98
	5.1	$H = 2.798171 \times DAP - 0.138964 \times DAP^2$	30	0.96
	6.1	$H = 2.273731 \times DAP - 0.066564 \times DAP^2$	30	0.99
	7.1	$H = 2.237022 \times DAP - 0.074587 \times DAP^2$	30	0.99
	8.1	$H = 2.410946 \times DAP - 0.091464 \times DAP^2$	30	0.97
Año 1987	1.1	$H = 2.242612 \times DAP - 0.054254 \times DAP^2$	30	0.97
	2.1	$H = 2.123614 \times DAP - 0.043188 \times DAP^2$	30	0.98
	3.1	$H = 1.984471 \times DAP - 0.051343 \times DAP^2$	30	0.99
	4.1	$H = 2.029190 \times DAP - 0.046460 \times DAP^2$	30	0.98
	5.1	$H = 2.026760 \times DAP - 0.046221 \times DAP^2$	30	0.98
	6.1	$H = 2.194858 \times DAP - 0.046146 \times DAP^2$	30	0.99
	7.1	$H = 2.318568 \times DAP - 0.068167 \times DAP^2$	30	0.98
	8.1	$H = 2.354577 \times DAP - 0.062218 \times DAP^2$	30	0.99

Desarrollo de los rodales

Pajonal

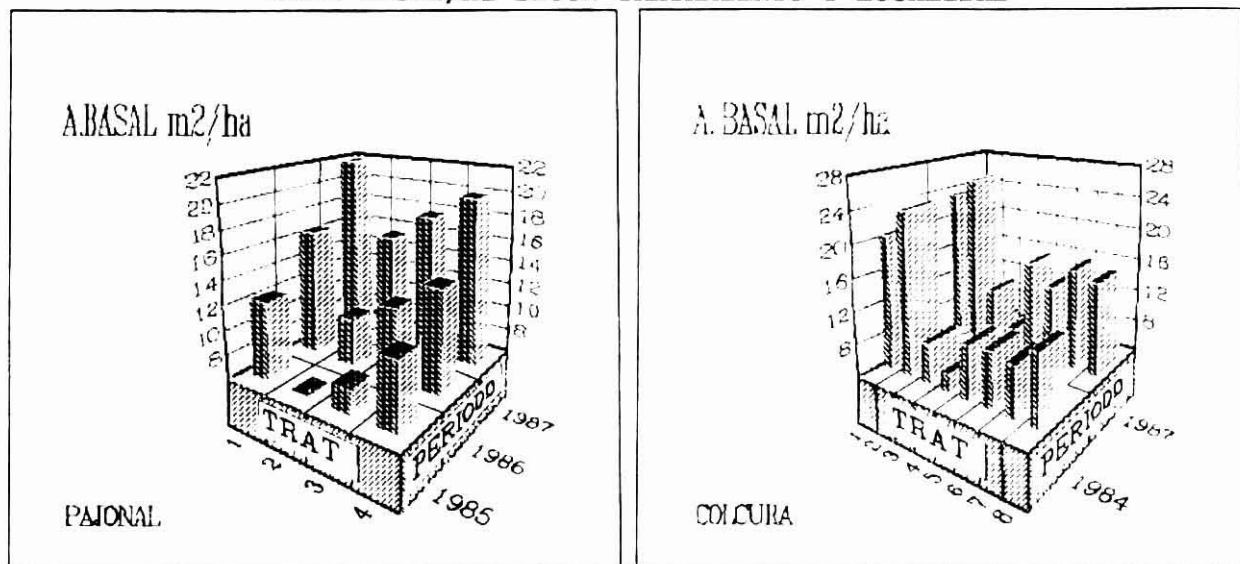
En el Cuadro 3 se presentan las variables de estado promedio por tratamiento para los años 1986 - 87.

En este cuadro se puede observar los siguientes aspectos:

- Número de árboles: En el tratamiento Testigo la media del número de árboles en relación a 1985 aumenta para los años 1986 - 87. Este aumento se debe a retoños que existían en 1985, los cuales tenían un diámetro inferior al límite de medición considerado de 3 cm.
- DAP medio: En todos los períodos, el DAP medio del tratamiento N° 2, un retoño por tocón, es superior a los demás tratamientos. Este presenta en el año 87 un 64% más de crecimiento que el testigo, un 20% más que el Tratamiento N° 3 y un 28% más que el Tratamiento N° 4.
- Altura media: Como todas las funciones de altura tienen como variable predictora el DAP, la altura se ve afectada por el DAP medio según tratamiento y repetición. En general la altura media de cada tratamiento sigue el mismo comportamiento que la variable DAP.
- Área basal: En todos los períodos el área basal media/ha del testigo es superior al resto de los tratamientos. Esta presenta para el año 87, un 41% más de crecimiento que el Tratamiento N° 2, 22% más que el Tratamiento 3 y un 9% más que el Tratamiento 4. (Figura 2).

FIGURA 2.

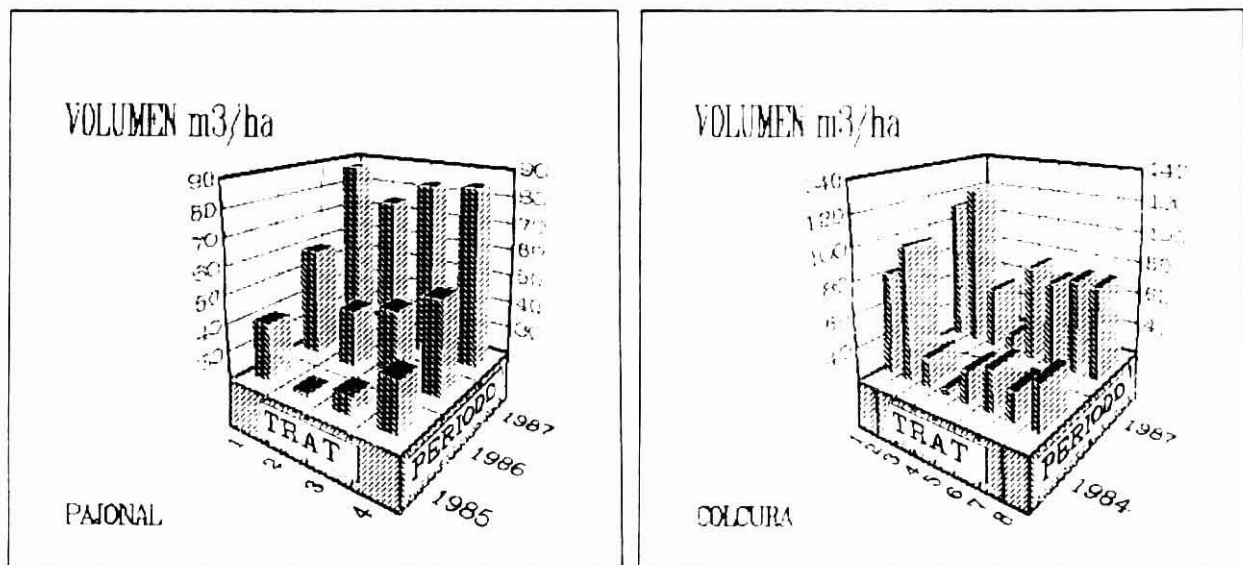
AREA BASAL/ha SEGUN TRATAMIENTO Y LOCALIDAD



- Volumen: El tratamiento testigo es el que presenta mayor volumen sólido/ha en relación a los demás tratamientos y años considerados (Figura 3)

FIGURA 3

VOLUMEN SOLIDO TOTAL/ha SEGUN TRATAMIENTO Y LOCALIDAD



CUADRO 3
PAJONAL
VARIABLES DE ESTADO PROMEDIO POR TRATAMIENTO 1986
EDAD 3.8 AÑOS

Tratamiento	Parcela	N°arb/ha	DAP medio (cm)	Alt.media (m)	Area basal (m2/ha)	Volumen (m3/ha)	Incrementos 1985-86	
							Area basal (m2/ha)	Volumen (m3/ha)
1	A	5.643	6.07	10.36	16.33	56.97	4.22	17.98
	B	5.155	6.90	11.35	19.29	70.94	4.15	20.54
	C	4.799	6.10	10.39	14.01	48.99	4.28	17.93
	PROMEDIO	5.199	6.35	10.70	16.54	58.96	4.22	18.81
2	A	1.244	9.74	13.94	9.26	37.01	2.27	12.67
	B	1.422	9.94	14.09	11.04	44.98	5.02	24.37
	C	1.244	9.74	13.94	9.26	38.34	3.90	19.53
	PROMEDIO	1.348	9.80	13.99	9.85	40.11	3.73	18.85
3	A	2.222	8.02	12.99	11.22	41.46	3.01	14.22
	B	2.577	7.61	12.60	11.72	42.37	3.37	15.06
	C	2.044	8.85	13.68	12.57	50.01	5.32	24.48
	PROMEDIO	2.281	8.16	13.09	11.83	44.61	3.90	17.93
4	A	2.621	8.88	13.75	16.24	63.94	3.23	18.85
	B	3.244	7.09	11.90	12.81	45.88	3.17	14.29
	C	3.644	6.92	11.70	13.72	49.46	2.55	12.67
	PROMEDIO	3.169	7.63	12.45	14.25	53.09	2.98	15.27

Colcura

En el Cuadro 4 se presentan las variables de estado promedio por tratamiento para el año 1987.

En este cuadro se puede observar que las variables de estado siguen un comportamiento similar a lo expuesto para el fundo Pajonal. En efecto para estas variables se puede mencionar lo siguiente:

-DAP medio: El DAP medio de los tratamientos con 1 y 2 retoños por tocón, con y sin limpia de la cepa madre, es superior a los demás tratamientos.

-Altura media: Esta sigue el mismo comportamiento que la variable DAP ya que la altura esta en función de ella.

Area basal: El área basal media, al igual que en Pajonal es superior en los tratamientos testigos. (Figura 2).

Volumen: El tratamiento testigo es el que presenta mayor volumen sólido/ha. (Figura 3).

CUADRO 4

COLCURA VARIABLES DE ESTADO PROMEDIO POR TRATAMIENTO Edad: 7 Años. Año de control 1987

Tratamiento	N°arb./ha	Incrementos 1984 - 1987					
		DAP medio (cm)	Altura media (m)	Area Basal ₂ (m ² /ha)	Volumen ₃ (m ³ /ha)	Area Basal ₂ (m ² /ha)	Volumen ₃ (m ³ /ha)
1.1	4.272	8.2	14.5	23.18	111.47	2.42	29.97
2.1	4.570	8.4	14.8	25.46	123.60	1.39	23.21
3.1	1.071	11.2	17.3	11.10	57.72	2.20	20.06
4.1	960	10.1	15.6	6.60	31.35	0.36	6.76
5.1	1.622	11.1	16.8	15.90	78.67	5.41	39.3
6.1	1.443	10.9	18.5	13.50	71.44	2.81	26.41
7.1	1.830	10.5	16.7	16.20	76.25	6.06	38.17
8.1	2.083	9.8	17.0	15.30	72.52	2.94	24.84

Análisis de Varianza

Para cada una de las variables de estado por localidad, año y tratamiento se realizó una Prueba de F al 95% de confiabilidad. Los resultados de este análisis se presentan en el Cuadro 5.

Pajonal

En el Cuadro 5 se puede observar que para el año 1985, todas las variables de estado después del tratamiento son estadísticamente diferentes. Esta diferencia se debe a la intervención efectuada, es decir para los tratamientos 2, 3 y 4 el DAP medio y la altura media aumenta en relación al testigo, ya que en estos tratamientos se dejaron en pie los mejores retoños por tocón (Cuadro 1).

Para el año 1986 y 87 todas las variables de estado a excepción del volumen son significativamente distintas.

Los incrementos en área basal/ha y volumen/ha no muestran diferencias significativas para los distintos años considerados. Cabe destacar que aunque la prueba general de F no muestra diferencias, se observa que para todos los tratamientos el incremento en Volumen 85-87 es mayor, que el testigo. Stubbings y Schonäü (1980), en ensayos similares efectuados en *Eucalyptus grandis*, encontraron que existían diferencias significativas en la variable DAP sólo a los dos años y cinco meses de efectuado el tratamiento, una situación similar presentaba el área basal/ha. Para la variable altura encontraron que no existían diferencias significativas para los tratamientos testigos, 1 y 2 retoños por tocón.

A modo de ejemplo, en el Cuadro 6 se presenta el ANDEVA y Test de Tukey para la variable de estado área basal/ha 1987.

Del Cuadro 6 se puede establecer - Test de Tukey - que existen diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento N° 2 es distinto que el tratamiento N° 4 y distinto al tratamiento N°5. El tratamiento N° 3 es distinto que el N° 1. El tratamiento N° 2 es igual al N° 3. El tratamiento N° 3 es

distinto que el tratamiento N° 4 y el tratamiento N° 1 es distinto al N° 4, siendo el testigo el que presenta más área basal/ha.

CUADRO 5

PAJONAL
ANALISIS DE VARIANZA
PRUEBAS DE F. p = 0.05

Años	V A R I A B L E S D E E S T A D O			
	DAP (cm)	Altura (m)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
1985	S.	S.	S.	S.
1986	S.	S.	S.	NS
1987	S.	S.	S.	NS
Años	I N C R E M E N T O S			
	Área Basal (m ² /ha)		Volumen (m ³ /ha)	
1985 - 1986	N.S.		N.S.	
1986 - 1987	N.S.		N.S.	
1985 - 1987	N.S.		N.S.	

COLCURA

ANALISIS DE VARIANZA
PRUEBAS DE F. p = 0.05

Año	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Incremento	
					Área basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
1984	NS	S.	S.	S.	NS	NS
1987	NS	S.	S.	S.		

S : Diferencias significativas
NS : Diferencias no significativas

Colcura

En el Cuadro 5 se puede observar que sólo la variable DAP muestra diferencias no significativas. El resto de las variables muestran diferencias para los distintos años considerados.

Aunque la prueba general de F, indica que no hay diferencias significativas para la variable DAP, ésta es mayor en los tratamientos donde se dejó 1 y 2 retoños por tocón. Experiencias similares en Brasil han demostrado en *Eucalyptus saligna* que el mayor DAP medio se obtiene dejando 1 retoño por tocón, en cambio el mayor volumen de madera se obtiene dejando 2 a 3 vátagos por tocón.

A modo de ejemplo se presentan en el Cuadro 7 el ANDEVA y Test de Tukey para la variable de estado volumen 87

Del mencionado cuadro se puede establecer que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Los tratamientos 1.1 y 1.2 son diferentes a los tratamientos 7.1 y 8.1. En el resto no hay diferencias significativas. Los tratamientos que presentan mayor volumen/ha son los testigos con y sin limpia de rebrotes.

CUADRO 6

PAJONAL

ANDEVA : AREA BASAL

Año de Control 1987. $p = 0.05$

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Cuadrado medio	F	Nivel de signific.
Entre grupos	66.9686	3	22.3228	4.360	0.0425
Error	40.9552	8	5.1194	-	-
Total	107.9238	11			

TEST DE TUKEY

AREA BASAL

Año de Control 1987. $p = 0,05$

Tratamiento	Media	Grupos Homogéneos
2	15,44	*
3	17,86	**
4	19.91	**
1	21.79	*

CUADRO 7

COLCURA

ANDEVA. VOLUMEN

Año de Control 1987. $p = 0.05$

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F _{cal}	F _{tab}
Bloques	2	5.079,31	2.529,65	4,98	2,77
Tratamientos	7	17.599,0	2.529,14		
Error	14	7.067,31	504,80		
Total	23	29.745,62	Existen Diferenc. Signific.		

TEST DE TUKEY

VOLUMEN

Año de Control 1987. $p = 0.05$

Tratamiento	Media	Grupos Homogéneos
1.1	111,47	*
2.1	123,60	*
3.1	57,72	*
4.1	31,35	*
5.1	78,67	*
6.1	71,74	*
7.1	76,25	*
8.1	75,52	*

Incrementos

En el Cuadro 8 y Figura 4, se presenta el incremento volumétrico promedio por tratamiento, según localidad y área basal dejada en el año respectivo.

CUADRO 8

PAJONAL INCREMENTO VOLUMETRICO SEGUN AREA BASAL DEJADA

Tratamiento	Area basal 1985 m ² /ha	% Area basal respecto testigo	Incremento en volumen 85-87 m ³ /ha	% Incremento respecto testigo
1	12.32	100.00	47.21	100.00
2	6.12	49.67	54.08	115.00
3	7.93	64.36	56.95	121.00
4	11.27	91.47	47.21	99.90
COLCURA INCREMENTO VOLUMETRICO SEGUN AREA BASAL DEJADA				
Tratamiento	Area basal 1984 m ² /ha	% Area basal respecto testigo	Incremento en volumen 84-87 m ³ /ha	% Incremento respecto testigo
Con Limpia				
1.1	20,76	100.00	29,97	100.00
3.1	8,90	42,87	20,06	66,93
5.1	10,49	50,52	39,30	131.13
7.1	10,14	48,84	38,17	127,36
Sin Limpia				
2.1	24,07	100,00	23,21	100,00
4.1	6,24	25,92	6,76	29,12
6.1	10,69	44,41	24,41	105,17
8.1	12,36	51,35	24,84	105,47

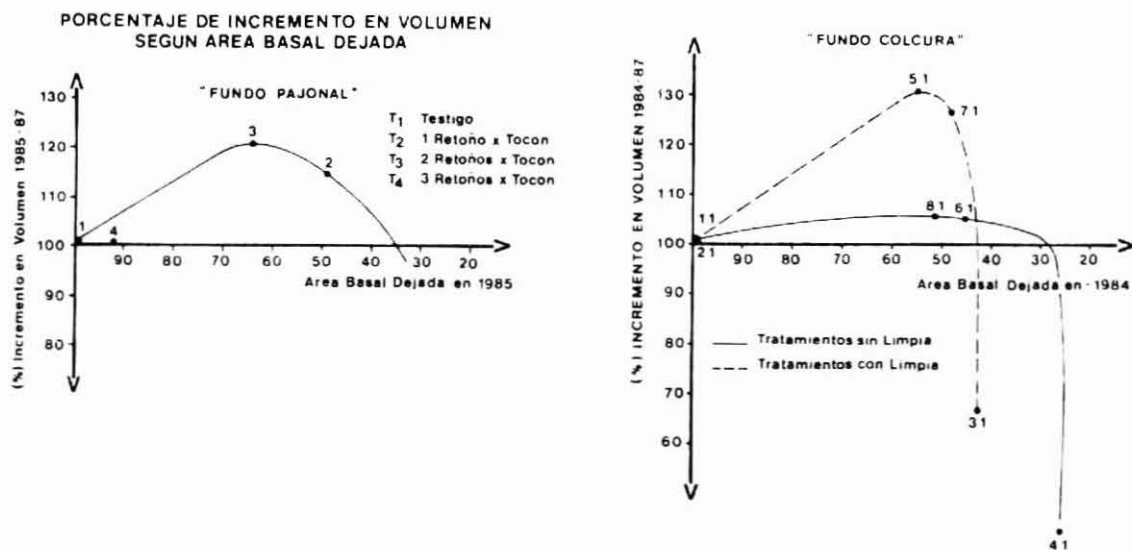
Pajonal

Del Cuadro 8 se puede establecer que el tratamiento N° 3 - 2 retoños por tocón - es el que presenta mayor incremento volumétrico, superando al testigo en un 21%. Le sigue en importancia el tratamiento N° 2 - 3 retoños por tocón - con un 15% superior al testigo. El tratamiento N° 4 - 3 retoños por tocón - es similar al desarrollo del rodal sin intervención.

De la Figura 4 se puede establecer según lo planteado por Assman (1961) tres valores de área basal. El primero, definido como área basal máxima que equivale al tratamiento testigo con 12,32 m²/ha; el segundo; área basal óptima dada por el tratamiento N° 3, con 7,93 m²/ha, y un área basal crítica que corresponde al 95% del área basal óptima, es decir 7.53 m²/ha.

FIGURA 4

PORCENTAJE DE INCREMENTO EN VOLUMEN SEGUN AREA BASAL DEJADA



Colcura

En Colcura, el tratamiento N° 5.1 - dos retoños por tocón con limpia presenta el mayor incremento volumétrico, superando al testigo en 31,13%. Los tratamientos N° 3.1 y 4.1; - 1 retoño por tocón con y sin limpia respectivamente - tuvieron incrementos menores que el testigo.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES GENERALES

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el fundo Pajonal y Colcura se pueden concluir los siguientes aspectos:

- El tratamiento que presenta mayor volumen/ha, es el testigo, sin intervención.
- El tratamiento que presenta mayor incremento en volumen según área basal dejada es 2 retoños por tocón.
- No se observa claramente el efecto de la eliminación del rebrote sobre la productividad de los retoños dejados. Sin embargo en los tratamientos donde se efectuó la limpia, presentan éstos mayor incremento de volumen.

A la luz de estas conclusiones se puede establecer que los bosques de Eucalyptus de monte bajo en rotaciones cortas deben manejarse según objetivos de producción. Por lo tanto, se puede establecer lo siguiente:

- Producción de madera para pulpa.

No se aconseja realizar prácticas de clareos. Sin embargo pueden existir algunas restricciones en la comercialización de diámetros pequeños.

- Producción de madera con objetivos múltiples

Se recomienda efectuar clareos dejando 2 retoños por tocón, entre los 18 - 24 meses de edad, de tamaño similar, con buena forma. Si existen pérdidas de retoños, ésta deberá ser compensada por una nueva brotación de los tocones.

Consideraciones Generales

En base a los resultados obtenidos en este estudio y a otros trabajos similares realizados en el extranjero, se enumeran a continuación algunas consideraciones para el manejo de monte bajos de *Eucalyptus globulus*.

- 1° Es requisito indispensable que las plantaciones se establezcan uniformes. Es decir a densidad completa, con el mínimo de mortalidad a objeto de obtener la máxima producción posible.
- 2° Para obtener un buen porcentaje de supervivencia es necesario cumplir con los siguientes requisitos:
 - La preparación del suelo debe ser óptima. Esta puede realizarse con subsolado o surco. El hoyo es una preparación del suelo insuficiente, sobre todo para las zonas semiáridas (Prado y Rojas, 1987)
 - Se debe controlar la competencia de las malezas con el cultivo forestal.
 - Las plantas a utilizar deben ser de óptima calidad, uniformes.
 - En el momento de la plantación puede fertilizarse. Sin embargo, no es requisito indispensable.
- 3° La densidad de la plantación dependerá del sitio y de los objetivos de manejo del bosque. Como una aproximación se recomienda plantar entre 1.600 - 2.000 árboles/ha cuando los sitios son buenos y el objetivo del bosque es la producción de madera para pulpa. En sitios medios la densidad puede ser 1.111 árboles/ha.

- 4° La variabilidad diamétrica del monte alto no es homogenizada con sucesivas cortas del monte bajo.
- 5° Prácticas de explotación de entresaca o selección, no son convenientes.
- 6° En la explotación de un bosque de eucalipto se deben cuidar los siguientes aspectos:
 - Estación de corta: La tala del bosque debe realizarse a comienzos de la estación de crecimiento Septiembre-Octubre. El monte no debe talarse en verano, ya que la mortalidad de los tocones aumenta.
 - Diámetro del tocón: Diámetros medios son los que presentan mejor retoñación y supervivencia.
 - Altura del Tocón: La altura de corte no debe sobrepasar los 10-15 cm de alto; así se asegura una buena retoñación y que los retoños sean firmes.
 - Herramienta y tipo de corte: El corte debe realizarse en bisel con motosierras o sierras de arco.
 - Número de retoños por tocón: A los 18-24 meses de edad se deben dejar 1 ó 2 retoños por tocón según objetivos de producción. Estos deben estar a barlovento para evitar posibles daños por el viento.
- 7° Hay que establecer replantes del monte bajo si la mortalidad de las cepas madres sobrepasa el 25-30%.
- 8° Cepas madres limpias sin residuos de explotación tienen estrecha relación con la rectitud del fuste de los retoños. El uso del fuego después de la explotación no es conveniente, ya que se produce mortalidad de los tocones, aunque la retoñación no se ve seriamente afectada.

BIBLIOGRAFIA

1. ASSMAN E. 1961. Waldertragskunde BLV Verlagsgesellschaft, München, Bonn, Wien. 490 pp.
2. BAENA ET ALL 1983. Efecto de algunas prácticas silviculturales en la brotación de *Eucalyptus saligna* Smith En : Mejoramiento genético y productividad de especies forestales de rápido crecimiento IUFRO N°32 pág. 617- 620.
3. DE PABLO G. 1986. Análisis Comparativo de raleo en un monte bajo de *Eucalyptus globulus*, San Antonio V Región. Tesis Esc. Ing. For. Universidad de Chile. 85 p.
4. DI CASTRI. 1978. Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile. Instituto de Ciencias Biológicas. 85 p.
5. INSTITUTO FORESTAL. 1985. Estadísticas Forestales. INFOR - CORFO. Serie Informática N°34. Santiago, Chile. 98 p.
6. INSTITUTO FORESTAL-UNIVERSIDAD DE CHILE. 1979. Areas cubiertas por ensayos de introducción de especies y ubicación de nuevas experiencias. Informe II, Proyecto CONAF/PNUD/FAO /CHI - 76-003.
7. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS NATURALES. 1964. Suelos. Descripciones Proyecto Aerofotogramétrico CHILE/OEA/BID. Publicación N°2.
8. MARCO, M. 1983. Manejo del rebrote de *Eucalyptus grandis* En : Información forestal estación experimental agropecuaria INTA Concordia Argentina. E.1 Reim. Pag. 1 - 2.
9. MENDES. C. J. ET AL 1983. Técnicas de corte y manejo de los retoños en bosques de *Eucalyptus Urophylla*. (híbrido de Río Claro en fases de primeros y segundos cortes) En : Simposium IUFRO. Mejorameinto Genético y Productividad de Especies Forestales de rápido Crecimiento Resúmenes (16) : 68 - 69.
10. PEREIRA ET ALL 1983. Efecto del diámetro de las cepas en el desarrollo de la retoñación de *Eucalyptus spp.* En: Simposium IUFRO. Mejoramiento genético y productividad de especies forestales de rápido crecimiento. 32.

11. PRADO J.A Y ROJAS P. 1987. Preparación del suelo y fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal, INFOR Vol 1 N° 1, p. 17-28.
- 12 RIBALTA, SE. 1983. Evaluación de la producción y productividad del Monte Bajo de *Eucalyptus globulus* Labill. Tesis Ing. For., Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales. 188 p.
- 13 STUBBINGS S.A., SCHÖNAU APG 1980. Managent of Short Rotation Coppice Crops of *Eucalyptus grandis*. Hill ex Maiden South African Forestry Journal (115): 38 - 46.
- 14 THE WATTLE RESEARCH INSTITUTE 1972. Handbook on *Eucalyptus* growing. Pietermaritzburg. 164 p-Anexos.

INITIAL SPACING, STAND DENSITY AND THIN IN EUCALYPT PLANTATIONS

A.P.G. Schönau (*)

J. Coetzee (*)

ABSTRACT

Research into the closely related subjects of initial spacing, stand density and thinning in eucalypt plantations is reviewed. To provide a better understanding of these subjects and to assist in management decisions, a brief introduction into the growth habits of eucalypts and into the dynamics of man-made stands of this genus are given. The effects of spacing and stocking on stand characteristics and parameters such as mortality, height, diameter, basal area, volume, culmination of increment, three form and wood quality are given. Spacing practices for eucalypts in various countries are described and general recommendations are made. It is concluded that spacing and stand density are primarily dependent on site quality and object of management. In general, tree rows should not be wider than 3 m and spacings within the rows should be closer on better sites and when optimization of total volume is the main objective. On poorer sites and when highly valued products are the objectives, the intra - row spacing should not be more than 2,5 m. The latest results of a twenty year old factorial thinning experiment with *Eucalyptus grandis* are discussed briefly. The influence of intensity, commencement and frequency of thinning, and final stocking on stand diameter, height, basal area, standing volume and mean annual increment are indicated. In addition thinning practices are discussed and various thinning regimes for different species, countries and management objectives are given. It is concluded that thinnings should start early, be carried out at frequent intervals and the first one should be heavier than the later ones.

(*) Institute for Commercial Forestry Research. University of Natal, Pietermaritzburg - South Africa.

INTRODUCTION

In forestry initial tree spacing, stand density and thinning are very closely related subjects. They are interdependent and of particular importance in commercial plantations which must be managed as economically as possible. This is especially the case for eucalypts of which the total area is increasing rapidly world wide. To make the right decisions in this field a certain knowledge of the background and forces which control stand development are essential. Therefore, this review of spacing and thinning provides a brief introduction into the growth habits of eucalypts and their stand dynamics applicable to man-made forests.

Further objectives of this paper are to review the latest research in initial spacings of eucalypt plantations and summarize their results and the effects of spacing on the various stand parameters and characteristics. General spacing practices are also discussed and general recommendations given. Furthermore, thinning research for eucalypts is reviewed briefly and the latest results from a twenty year old thinning experiment with *Eucalyptus grandis* are discussed in more detail. The basic principles for thinning eucalypts will be highlighted and various thinning regimes for different species and management objectives will be given.

GROWTH HABITS

When devising a management regime for eucalypts, either for short-rotation unthinned stands or for long-rotation objectives with thinnings, it is important that the characteristics of the many different species are taken into account. Growth habits refer to the characteristics of the typical individual species which may assist or hinder the manipulation of a plantation in order to achieve the management objectives (Opie et al, 1984). These authors discussed comprehensively the growth habits which have a direct bearing on the management practices for eucalypts. The following sections are a condensed and adapted version of the relevant details described by them.

Tolerance

The majority of the fast-growing eucalypts are intolerant of competition and overhead cover. Important plantation species such as *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. regnans*, *E. delegatensis*, *E. nitens* and *E. diversicolor* are very intolerant. Apparently more tolerant species are *E. pilularis*, *E. maculata*, *E. muelleriana*, *E. viminalis*, *E. resinifera* and *E. pellita*.

Crown shyness

Eucalyptus is a "crown-shy" genus, the interlocking of branches and overlapping of crowns are uncommon except in very young, dense stands. This

crown-shy habit of eucalypts is ascribed to the sensitivity of the naked buds occurring in the axil of every leaf and which are capable of very rapid growth when environmental conditions are favourable. However, they are delicate and the eucalypt branch is very sensitive to abrasion when crowns touch each other due to wind sway. Because of this there exists a close relationship between crown width and tree diameter, and the individual units within the crown of older stands tend to be spaced like isolated saplings.

Apical dominance

Despite the capacity of the eucalypt buds to produce a proliferation of shoot in the crown, their development is under strong endogenous control, and most fast-growing eucalypts exhibit good apical dominance resulting in good stem form. An exception is *E.camaldulensis* which requires a dense stand to achieve the best form. An advantage of this generally favourable apical dominance of eucalypts is that plantations can be established at wide initial spacings, knowing that an acceptable tree form will be maintained.

Branch shedding

As a young tree develops the initial main crown forms the lower branches, which usually die as they become shaded by higher branches of the tree and its neighbours. Eucalypts shed such dead branches in a unique manner and in effect prune themselves. Successful self-pruning depends on the ejection of branch stubs before there has been sufficient radial growth of the stem to prevent the stub from being occluded. It has been suggested that silvicultural practices should aim at keeping branch diameter below 2,5cm on that part of the bole to be used for sawlogs. This could be achieved by a high initial stand density of more than 500 trees per ha or by live pruning.

Coppice development

Eucalypt species differ in their ability to coppice, i.e. produce shoots from cut stumps. Coppicing presents both opportunities and problems. It is of considerable benefit if second and subsequent rotations can be raised satisfactorily from coppice. On the other hand, coppice that arises on stumps of trees removed in thinnings may have a detrimental effect on the residual stand by severely reducing the magnitude of its growth response.

Epicormic shoots

All eucalypts have some capacity to produce epicormic shoots. They arise from dormant buds that originate as meristematic tissue in the axils of the leaves.

These dormant buds lie hidden in the live bark and grow outwards at the same rate as the stem or branches. Such epicormic shoots are capable of completely replacing the crown if it is removed by wind, snow or any other damage. When a eucalypt stand is thinned, it usually develops epicormic shoots along the major branches before the actual expansion of the crown and enables it to respond rapidly to thinning.

Growth stress

Some eucalypts develop high levels of growth stress within the stem, causing severe end splitting in logs, distortion during sawing and severe shrinkage and collapse during drying. The causes of high stress levels are not well understood but are linked to genotype, age, log size, growth rate and lean. Their severity is affected by silvicultural practices, growing conditions, and conditions at and methods of harvesting.

Growth rate

Compared with many other forest species, eucalypts are capable of very rapid height growth at an early age. When grown in plantation form, the majority of the eucalypts achieve their largest annual height increment before 5 years of age. Early growth in diameter, basal area and volume is no less spectacular and current annual volume increment of fast-growing eucalypts usually culminates before 10 years of age and maximum mean annual volume increment before 15 to 20 years.

Frost tolerance

Most eucalypt species are sensitive to cold conditions, and this is one of the main factors limiting their use as plantation trees throughout the world. Species such as *E.delegatensis*, *E.elata*, *E.fastigata*, *E.globulus* ssp *globulus*, *E.nitens* and *E.viminalis* have a fair degree of cold tolerance, especially when the onset of cold winters is gradual and the trees have time to acclimatize. *E.macarthurii* is one of the few commercial species which is able to withstand very low temperatures and severe diurnal fluctuations.

Wind throw

Eucalypts are similar to most other forest species in their resistance to wind throw and little is known about the difference in susceptibility between the various species. In southern Africa *E.cloeziiana* (WRI, 1972) and *E.pilularis* (Brice Bruce, 1978) are considered to be more vulnerable to wind than most other commercial species, especially at a young age. As a general rule for all species it seems that heavy thinnings may cause wind throw at any age, but for thinnings of equal intensity, a young stand is much less likely to be affected than an old stand. There is evidence that intensive cultivation and fertilization may increase the possibility of wind throw.

STAND DYNAMICS

Stand dynamics refers to the collective characteristics of a stand and is concerned with the progression of various components of the stand structure through time (Opie et al, 1984). One of the main factors involved is competition between the individual trees. When an even-aged plantation of eucalypts is established, inter-tree competition is slight. As the trees grow, their root and crown systems begin to influence rapidly the environment and one another. As a result, competition intensifies for those growth

factors which are in short supply such as water, nutrients and light. In general terms the trees are competing for space.

The competitive ability of individual trees in a stand varies even when seedlings of an improved stock are used. Under intensive management, many trees continue to grow at a high rate and become the larger, more dominant members of the stand, while others succumb to competition, become suppressed and may die eventually. The dominant trees acquire those areas previously occupied by the suppressed trees, and continue to compete with one another (Opie et al, 1984). The rate of this process can be manipulated by management through initial spacing and silvicultural treatments such as site preparation, fertilizing, weeding and thinning. Furthermore, if improved seed stock is used, the uniformity of a stand becomes greater and in consequence the reduction in tree numbers less. This is accentuated when good vegetative material of a single clonal origin is used, changing completely the usual stand dynamics. Other important structural changes of eucalypt plantations with age are the dying-off of the lower branches and foliage, the rise of the green level of the canopy and the development of branch-free stems.

SPACING

The initial spacing or planting espacement of a eucalypt plantation is usually square or rectangular, although triangular spacings have also been tried.

They are expressed as the inter- and intra- row distances between trees and sometimes as the surface area basically available for each tree individually. Population, stocking or stand density is generally described in number of trees per ha (N/ha) and the most common measure of stand density is basal area over bark at breast height (1,30 m) per ha.

Spacing of a eucalypt plantation depends on species, climate, site quality, management objective, silvicultural technique, harvesting method and length of rotation. In turn it affects canopy closure, competition, tree growth rate, wood production, assortment of end products, juvenile wood content, silvicultural operations such as weeding and thinning, mechanization and equipment, costs of establishment and tending, exploitation methods and cost, and rotation age (Balloni, 1983; Barrett et al, 1975; Kellison, 1983; Penfold & Willis, 1961 and Simoes, 1983).

SPACING RESEARCH

Experiments on initial spacing in eucalypts are usually of a simple randomized block design. In addition use has been made of the much discussed Correlated Curve Trend (CCT) experimental design (O'Connor, 1935), Nelder designs (Nelder, 1962), a latin square with split plots (Schonau, 1970 & 1974) and lately 6 x 2 factorials with confounding (Coetzee, 1987). Spacings ranged from 1 m x 1 m or 2,5 m x 0,4 m (10 000 trees per ha) to 5 m x 5 m (400 per ha) for the traditional designs. The initial stocking densities at the CCT trials ranged from 6726 (nominal) or 1927 (actual at 22 years) to 25 trees per ha, those for the Nelder designs from 6711 (5627 actual at 11 years) to 420

per ha, those for the latin square from 1707 to 1196 per ha (2,1 m x 2,7 m to 3,0 m x 2,7 m) and those for the factorial designs from 2222 to 830 per ha (3 m x 1,5 m to 3 m x 4 m).

The CCT concept in spacing research was reviewed comprehensively for South Africa by Bredenkamp (1984) who listed two experiments with *E.grandis*, while Opie et al, (1984) mentioned this design for *E.pilularis*. These authors also referred to Nelder designs with *E.regnans* and *E.nitens* while Delwaulle (1979) described one with *E.camaldulensis*. One with *E.diversicolor* was laid out in South Africa in 1973 (Bredenkamp, 1984). The analyses and results of CCT trials have led to a still continuing controversy, since completely opposite conclusions on growth performance can be arrived at from the same basic data (Coetzee, 1985). Likewise, the analysis of the results of Nelder experiments presents some problems in estimating the real growing space. Faber (1985) mentioned that the larger trees take up room at the expense of the smaller ones and that the trees in the high stand densities show initially a faster growth rate than those in the low densities, probably due to a shelter effect and exploitation of additional growing space by trees in the higher densities. This effect has also recently been reported by Coetzee (1987) for *E.grandis* and the influence of equal fertilizer applications per tree (more per ha for higher stockings) and a photo-tropic effect are mentioned as possible explanations.

EFFECTS OF SPACING

The results from the various spacing experiments with eucalypts seem sometimes contradictory, but the different growth habits of the various species have to be taken into account as well as the influence of site quality. In the following sections the effect of initial spacing for eucalypts will be discussed for the various stand parameters and characteristics separately.

Mortality

In general closer spacings result in earlier competition with consequent higher rates of mortality (Hamilton & Christie, 1974). Thus *E.grandis* showed a severely increased mortality for stand densities in excess of 800 trees per ha in a CCT experiment on a high quality site (Bredenkamp, 1977; van Laar & Bredenkamp, 1979), but for the same species on a low quality site no significant differences in mortality were found for stockings between about 1200 and 1700 trees per ha (Schonau, 1974). The latter author and Balloni (1983) found the usual increase in mortality with age which was also indicated by Simoes et al (1983) for *E.grandis*, *E.saligna*, *E.urophylla* and *E.propinqua*. However, their reported mortality at a density of 2222 per ha was higher than at 1667 trees per ha. On the other hand, Balloni (1983) showed no differences in mortality for *E.grandis* at six years for stockings between 2222 and 889 per ha, but a 50% reduction for *E.saligna* between these stockings. Lohani (1980) found no significant differences in mortality for *E.tereticornis*, *E.crebra*, *E.botryoides*, *E.rudis* and *E.saligna* except in densities of over 4000 trees per ha. Therefore, it may be concluded that higher stand densities result in

higher tree mortality but that this relationship is affected by age, species, and inherent and occasional conditions of site.

Height

Opie et al (1984) generalized that for eucalypts a reduction in spacing, i.e. an increase in initial stand density, usually reduced mean height but not necessarily mean dominant or top height. It has to be pointed out that the latter can be defined in various ways. These authors showed that the top height of *E.pilularis* did not change at 11,5 years in a CCT experiment with stockings between 121 and 1249 trees per ha, but that the top height for *E.regnans* at 11 years was appreciably lower when the stand density exceeded 5000 trees per ha. For *E.grandis* in the already mentioned CCT experiment on a high quality site the top height at 22,5 years increased with decreasing actual stand density between about 1800 and 124 trees per ha, but below the latter density there is a notable decrease (Bredenkamp, 1977; van Laar & Bredenkamp, 1979). In another CCT experiment for the same species on a relatively dry site this relationship for mean height was similar for all ages up to 17 years with a maximum at stand densities between 100 and 250 trees per ha (Bredenkamp, 1987). Likewise, Balloni (1983) found that top height of *E.grandis* and *E.saligna* was not significantly different between 889 and 2222 trees per ha but that the mean height increased with decreasing stand density. Simoes et al (1983) showed similar results for the mean height of *E.grandis* up to 11 years between stand densities of 1667 and 2222 trees per ha but there were no significant differences in mean height for *E.urophylla*, *E.propinqua* and *E.saligna*.

On the other hand, it was shown that for *E.grandis* on lower quality sites there was no difference in mean height at 10 years for stand densities between about 1200 and 1700 (Schonau, 1974) and at 7 years between about 800 and 3000 trees per ha (Meskimen & Franklin, 1978). For *E.camaldulensis* planted in fence rows Ladrach (1983) found no relationship between mean height and spacing up to 7 years of age. Balloni (1983) also pointed out that the percentage of dominant trees increased with increasing age and increasing stand density. It may be concluded that for commercial stockings between 1000 and 2000 trees per ha the top height does not increase but the mean height increases with decreasing stand density and that this relationship is affected by age, species and site quality.

Diameter

It can be accepted that mean breast height diameter (dbh) at 1,30 m increases with a reduction in stocking and that this relationship is influenced by age, species and site (Opie et al, 1984). This was verified for *E.grandis* by van Laar (1961) for stand densities between 600 and 1600, by Schonau (1974) for those between 1200 and 1700, by Meskimen & Franklin (1978) for those between 800 and 3000 trees per ha. This relationship was expressed by models for particular trials by van Laar & Bredenkamp (1979) and Bredenkamp (1987). Coetzee (1986 b) developed a general model from management data suitable for densities between 950 and 1800 trees per ha including age and site index as

predictor variables.

Evidence for other species of this relationship was supplied for *E.pilularis* at densities between 121 and 1249 trees per ha at 11,5 years (Opie et al, 1984) and for *E.regnans* from 400 to 5600 at 11 years and from 200 to over 6000 at 13,5 years respectively (Opie et al, 1984; Cremer et al, 1984). Lohani (1980) confirmed this for *E.tereticornis*, *E.crebra*, *E.botryoides*, *E.rudis* and *E.saligna* at 10 years of age for densities between 1250 and 5333, and Simoes et al (1983) for *E.urophylla*, *E.grandis*, *E.propinqua* and *E.saligna* up to 11 years for densities of 1667 and 2222 trees per ha. Only Ladrach (1983) did not find this relationship between dbh and stocking significant for *E.camaldulensis*. However, this species has particular growth habits and he sampled trees occurring in fence rows and they were probably free growing and not affected by competition.

Basal area

Although basal area over bark at breast height (1,30 m) per ha (BA) is a useful measure of stand density, few research results have been published for eucalypts. Basal area is closely related to dbh and it can be assumed that in general BA increases with increasing initial stand density (Opie et al 1984). Bredenkamp (1977) studied the development of BA for *E.grandis* on the CCT experiment on a high quality site and the results were published by van Laar & Bredenkamp (1979). The results show that BA increases with increasing stocking and that the differences become progressively greater with age but that for higher stand densities the BA tends to reach an asymptotic value earlier. For *E.camaldulensis* on a very poor site in Burkina Faso the BA was appreciably greater for 2500 than for 625 trees per ha (Sieder, 1983).

Volume

It is generally accepted that total stemwood volume per ha increases with increasing stand density, but not necessarily merchantable volume (Opie et al, 1984). This was confirmed for *E.grandis* on a poor quality site by Schonau (1974) who showed that the total volume up to 5 cm tip diameter increased by 30% for a density increase from 1200 to 1700 planted trees per ha but that the volume over 12,5 cm tip did not increase significantly. For the same species van Laar (1961) found that in Zululand the volume over 7,5 cm increased with increasing stocking when the top height was more than 18m, that it decreased when the top height was less than 12 m and that no relationship existed between volume and stocking when the top height was between 12 and 18 m. Meskimen & Franklin (1978) also showed that the total volume at 7 years of *E.grandis* in southern Florida increased by 68% for an increase in stand density from about 800 to 3000 trees per ha, but the volume of the merchantable trees (dbh >10 cm) was not significantly different.

In a similar way, the maximum total volume for *E.grandis* in the CCT experiment on the drier site in Zululand was produced in stand densities between 1800 and 2000 trees per ha but stand densities producing maximum volume decreased with rotation length (Bredenkamp, 1987). However, if the prediction models for height and dbh of the CCT experiment on the good quality site are used to

estimate utilizable volume (>8 cm) it shows a maximum for stockings between 1000 and 1100 trees per ha (Coetzee, 1986 a). The latter author investigated this discrepancy further and a comparison was made between 1100 and 1500 trees per ha. It was demonstrated that significantly more volume could be expected from the higher stocking, using the same basic data. The main reasons for this anomaly may be the huge difference between nominal and actual stockings in this experiment and the exceptionally high site quality producing a mean annual increment in excess of 50 m³ per ha per annum. The growth model developed from management data (Coetzee, 1986 b) showed that for average site qualities the total volume over 5 cm increased regularly from 1100 to 1700 trees per ha and that the differences increased with age.

For *E. regnans* Cremer et al (1984) found that maximum merchantable volume at 13.5 years was obtained from about 2000 trees per ha and Opie et al (1984) indicated a gradual increase of total volume at 11 years between actual densities from about 400 to over 5000 trees per ha. For *E. tereticornis* total volume at 14 years increased from 800 to 1800 trees per ha (Sharma, 1978), for *E. camaldulensis* it increased at 7 years from 625 to 2500 trees per ha (Sieder, 1983), for *E. tereticornis*, *E. crebra*, *E. botryoides*, *E. rudis* and *E. saligna* it increased up to 10 years of age from 1250 to over 5000 trees per ha (Lohani, 1980) and for *E. saligna* on a high quality site in Hawaii it increased at 15 years from 541 to just over 1700 trees per ha (Walters, 1980). Lohani (1980) indicated that volume growth was greater in rectangular than square spacings. Simoes (1983) and Simoes et al (1983) showed that for *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. propinqua* and *E. saligna* the total yield of stacked timber with bark decreased after 9 years and that this yield was greater for a stocking of 2222 trees per ha when compared with 1667 trees except for *E. grandis* for which the yields were not significantly different.

Total volume yields of timber with bark on were also used by Venkataraman (1986) in India and Machiel (personal communication 1987) in Brazil to show that there were no significant differences between stockings of 1111 and 1667 trees per ha. However, this may be misleading for timber yields on its own, since the bigger trees of the lower stockings have thicker bark and total timber yield data for the latter would probably show significant lower levels if they were available. It may be concluded that total timber volume increases with an increase of stand densities up to about 2000 trees per ha, that this relationship is dependant on species, site, age and stand uniformity, but that this relationship does not exist for the higher grades of merchantable timber.

Culmination of increment

The culmination of mean annual increment (MAI) of timber volume is an important tool in decisions for the management of eucalypt plantations. Van Laar (1988) stated that MAI for *E. grandis* culminates somewhere between 8 years on extremely good sites and 15 years on poor sites. Andrae (1982) concluded that this culmination for various eucalypts in different countries takes place between 7 and 15 years. Schonau (1974) showed that for *E. grandis* on a poor site the MAI had not yet culminated at 10 years. Coetzee (1985) showed for the same species that MAI in the CCT experiment on the high quality site

culminated between 10 and 11 years and in that on the drier site between 18 and 19 years. Simoes et al (1983) indicated the culmination of MAI at 7 years for apparently good sites for *E.urophylla*, *E.grandis*, *E.propinqua* and *E.saligna*. Balloni (1983) indicated that culmination of the MAI of air-dry wood mass for *E.grandis* took place at 6 years but a heavy mortality is indicated at 7 years of age. It is note worthy that a higher stand density usually delays culmination of MAI and vice versa (Schonau, 1982 b).

Tree form

It can generally be accepted that the form factor, i.e. the ratio of stem volume to the product of basal area and tree height, in even-aged plantations increases with increasing stand density. However, the taper rate, i.e. the decrease in diameter as one proceeds up the stem, decreases with increasing stand density, especially in the lower part of the stem (Hamilton & Christie, 1974). This was confirmed for eucalypts by Balloni (1983) and Opie et al (1984). On the other hand, overdense stocking predisposes eucalypts to crookedness (Barrett et al ,1975), and Schonau (1974) found that for *E.grandis* the percentage of the total volume acceptable for treating poles decreased slightly with increasing stand density.

Wood quality

There is little evidence that spacing influences the wood quality of eucalypts and Meskimen & Franklin (1978) stated that wood quality of *E.grandis* was not affected by stand densities ranging from about 840 to over 3000 trees per ha.

However, Barret et al ,(1975) reported for eucalypts a direct relationship between close spacing and high wood density. Schonau (1974) pointed out that this was entirely due to tree size. He found that the density of the wood (basic specific gravity) for *E.grandis* was inversely and highly significantly related to dbh within a particular stand, irrespective of the stocking. Ferrari and Scaramuzzi (1982) investigated this relationship for *E.globulus* ssp *globulus* and *E.x trabutii* for densities ranging from 400 to 1600 trees per ha. They found that this was not significant for the first species and only weak for the second at 8 years of age. At harvesting at 14 years, however, there was an increase of about 10% for both species for stand densities of 400 when compared with the standard 1111 trees per ha. Investigations of the effect in these trials on the carbohydrate content were made by Ferrari (1983). Spacing had a significant effect on holocellulose content of *E.globulus* ssp *globulus*, in *E.x trabutii* this was only significant for 8 to 14 year old trees. Spacings had no effect on -cellulose or hemicellulose contents. For both species the carbohydrate contents were higher for the 8 to 14 year old trees when compared with the younger ones. In his investigations into growth stresses of various eucalypts, Ferrand (1983) found that wider spacings appeared to reduce growth stresses.

SPACING PRACTICES

In addition to species, site, climate, silvicultural and harvesting

techniques, and tradition, the final use of the trees or management objective has been the main criterion in deciding the spacing in eucalypt plantations (Penfold & Willis, 1961; Poynton, 1979). In South Africa Lckhoff (1955) recommended 2,7 m x 2,7m (1329 trees per ha) for the production of sawtimber, and for pulpwood production 2,1 m x 2,1 m (2197 per ha) or 2,4 m x 2,4m (1682 per ha), the latter especially in drier areas. Van Laar (1961) in his studies came to similar conclusions and recommended stand densities of 1329 trees per ha for sawtimber plantations and 2197 trees for the production of pulpwood. For Zimbabwe, Barrett et al (1975) stated that only on the very best sites should stockings exceed 2500 trees per ha and on poorer sites 1371. In Angola stand densities vary between 2000 and 2500 trees per ha for fuelwood and pulpwood production (Poynton, 1979). The same author reported that in Malawi the standard stand density is 1329 trees per ha but that this may be raised to about 3000 trees on the best sites when small diameters are required. In the drier areas of Burkina Faso, Delwaulle (1979) recommended densities of 1111 and 400 for rainfall zones of 950 and 600 mm per year respectively. Such wide spacings are also recommended for similar dry areas in Mediterranean countries (Penfold & Willis, 1961).

For Brazil, Balloni (1983) stated that in the savannah regions not more than 3333 trees should be planted per ha. However, Simoes (1983) set the maximum stocking at 2500 and the minimum at 1667 trees per ha in this country, attaching great importance to the requirements of mechanized operations. For the USA, Kellison (1983) recommended for *E. grandis* stockings of 1600 trees per ha for pulpwood rotations of 10 years and 2500 per ha for biomass rotations of 4 years. For Australia, Cremer et al (1984) reported that a density of 1100 trees per ha is used for *E. regnans* grown for pulp, while Opie et al (1984) recommended an initial stand density of more than 10 000 trees per ha for short-rotation pulpwood regimes and 500 to 1000 trees per ha for sawlog production.

In India the main eucalypt being grown is *E. tereticornis* though many other species are also used. Recommended spacings and stand densities vary from state to state and depend largely on climate and end use. For example, Dutta (1986) recommended 2 m x 2 m (2500 per ha) for Madhya Pradesh, Pandey (1986) 3 m x 2 m (1667 per ha) for Bihar, Pillai (1986) 3 m x 3 m (1111 per ha) for Haryana, and Shyam Sunder (1986) 2 m x 2 m (2500 per ha) for Karnataka changing to 3,5 m x 1,5 m (1905 per ha) lately.

SPACING RECOMMENDATIONS

All the above evidence suggests that the optimum stand density is primarily dependent on the growth potential of the site and the object of management. In general, good sites with deep friable soils and high effective rainfall should have higher stand densities and poor sites with shallow soils and marginal rainfall lower stand densities (FAO, 1979). The senior author suggested that generally not more than 2000 or less than 1200 trees should be

planted per ha (Schonau 1984 a). If they are straight it is seldom necessary to space the tree lines further than 3 m apart in order to allow mechanical weeding and access for harvesting equipment. If the tree lines are spaced further apart, canopy closure will be delayed, tree growth rate reduced and weeding costs increased.

For pulpwood and mining timber production a spacing of 3 m x 2 m (1667 trees per ha) on better and average sites and 3 m x 2,5 m (1333 per ha) on below average sites are considered to be adequate. For the production of fuelwood and charcoal closer spacings of 3 m x 1,5 m (2222 per ha) could be justified on above average sites. However, if the production of sawlogs or transmission poles is the management objective, spacing should not be closer than 3 m x 2,5 m. It must be noted that greater stand uniformity advances the culmination of MAI and that higher stockings delay and increase it. Therefore, when very uniform clonal material is used, spacings of 3 m x 3 m (1111 per ha) will not make optimum use of the growth potential of the site and cannot be recommended. Furthermore, it was shown that for the largest possible production of wood regardless of log diameter, the additional profit is proportional to the number of extra trees planted and the capital invested (Schonau, 1974).

THINNING

Thinning has been defined as the removal of individual living trees from a stand before clearfelling or natural regeneration (van Laar, 1984 a). In other words, it is the reduction of stand density by man for the purpose of management. One of the main objectives is to concentrate the growth potential of the site onto fewer trees, which results in larger trees of better quality and the opportunity for shorter rotations (Opie et al , 1984).

Van Laar (1984 a) classified thinning regimes according to thinning method, degree of thinning (intensity), time of first thinning (commencement) and time interval between thinnings (frequency). In addition to free thinnings without any restraints, thinning methods can be divided into : 1) thinnings from below, i.e. trees from the lower strata are removed to release future crop trees in the dominating tree class, 2) thinnings from above, i.e. dominants and co-dominants with undesirable characteristics are removed to release dominants suitable for the final crop, and 3) selection thinnings, i.e. when all dominants and possible co-dominants are removed to release dominated trees.

Thinnings in eucalypt plantations are only warranted when they are grown for sawtimber, veneer logs or telephone and transmission poles. If the object of management for short-rotation crops is the maximum production of pulpwood, mining timber or fuel wood, thinnings serve no useful purpose. It must be understood that thinning cannot be seen in isolation but that it represents one of the components of a silvicultural system embracing nursery stock, establishment technique, spacing, fertilizing, weeding, pruning, thinning and rotation length.

THINNING RESEARCH

Thinning research in fast-growing plantations was reviewed by van Laar (1984 a). However, very little evidence was supplied for eucalypts. In South Africa the CCT spacing trials have been used to devise thinning schedules based on the hypothesis that the rate of volume growth of unthinned stands is equal to that of thinned stands with the same stocking density and same basal area per ha. Marsh and Burger (1972) applied this hypothesis to derive thinning schedules for pines. Bredenkamp (1982) made growth projections for *E.grandis* under different thinning regimes using this hypothesis. However, analyses of CCT experiments in *Pinus radiata* and *P.pinaster* revealed that the observed volume growth in thinned stands exceeds significantly that of unthinned stands of the same density (van Laar 1982 & 1984 b). The senior author (Schonau, 1982 a) also expressed doubt about the applicability of this hypothesis after devising a special thinning trial for *E.grandis* with a factorial design and analyses of results at 10 and 15 years of age. The latest results up to 20 years will be discussed in a separate section below.

In Australia studies of the response of eucalypts to thinning have been mainly concerned with *E.regnans*, *E.delegatensis*, *E.nitens*, *E.obliqua*, *E.pilularis* and *E.sideroxylon* (Opie et al, 1984). These authors mentioned that the response of eucalypts to reduction in competition is fairly typical of the more intolerant species in that the dominants usually respond markedly but the suppressed trees do not. On the other hand, Schonau (1984 b) mentioned that the response of dbh to extremely heavy thinnings is limited, probably because it takes a long time for the suppressed crowns to recover. This is not the case for very young trees, since the growth habits of eucalypts (epicormic shoots) make the relatively small crowns of suppressed trees expand rapidly. In general, the results of Australian thinning research is not applicable to most of the plantation forestry outside that country which is only in a very small way concerned with longer sawtimber rotations.

Bredenkamp and Schutz (1984) investigated pre-commercial thinnings in a *E.grandis* second-generation coppice stand in order to reduce undersized material for mining timber. They found that different degrees of coppice reduction at an early age to 2000 and 1500 stems per ha respectively had no significant effect on the total timber volume or the volume of mining timber produced. A mid-rotation (4 years) thinning from 2000 to 1500 stems per ha was too light to reduce the proportion of undersized material significantly, although achieving a narrowing of the diameter distribution and raising the proportion of stems of suitable size at clearfelling. However, the differences in respect of volume were not significant. It may be concluded that early thinnings-to-waste in short-rotation pulpwood and mining timber cannot be justified, especially when the latest advances in improved seed stock and clonal material are taken into account which enhance stand uniformity.

A THINNING EXPERIMENT IN *E.GRANDIS*

The factorial thinning experiment (SE.6) mentioned in the section above was

laid out in 1971 in a uniform 4 year old stand of *E. grandis* in the Natal Midlands. The background, lay-out, treatments and results at 10 and 15 years have been fully described (Schonau, 1982 a and 1984 b). The design is a 3 factorial, confounded in randomized incomplete blocks of nine units. The main factors are thinning intensity (about 30, 40 and 50%), commencement of first thinning (4,5 and 6 years of age), thinning frequency (interval 2,3 and 4 years) and final stocking (148, 192 and 236 trees per ha). These factors cover a large percentage of the thinning regimes practised today. The results at 20 years of age have recently come to hand and the results for the various stand parameters will be discussed separately below. It must be noted that, with the exception of six plots, all the thinnings have been finalized and 75 plots stand now at their final density. The significance levels for the various treatment responses are given in brackets at their respective probability levels.

Diameter

As is to be expected, mean breast height diameter (dbh) showed very highly significant (0,1%) responses to all the main factors, i.e. dbh was reduced by a 50% thinning intensity, commencements at 5 and 6 years, a 4 year interval, and final stockings of 192 and 236 trees per ha. It must be pointed out that 75% of the variance was explained by treatments and that the coefficient of variation (CV) was only 3,3%. There were also significant (0,1%) first order interactions which are most probably due to the six plots which had not received their final thinnings. The development of dbh for the two most extreme treatment combinations is shown in Figure 1 together with the annual rainfall (AP). It is evident that the response of dbh to AP is delayed and more pronounced in the denser stockings.

Height

All main factors also affected the mean height significantly at 20 years of age, being increased by a 50% thinning intensity (0,1%), commencement at 4 years (1%), a 2 year interval (0,1%) and a final stocking of 148 trees per ha (0,1%). Most of these responses were of a linear nature. Only 38% of the variance was explained by treatments but 49% by site differences, the CV being 1,2%. The significant first order interactions (5%) can mostly be ascribed to the incomplete final thinning in the six plots. As for dbh, the development of mean height for the two most extreme treatment combinations is illustrated in Figure 2, the absolute differences being much smaller than for dbh but the response to AP is more direct and more pronounced in heavier thinned plots.

Basal area

The total basal area at breast height per ha (BA) was only influenced by two of the main factors, i.e. interval and final stocking, the overall mean being 22,3 m² per ha at 20 years. Shorter thinning intervals (5%) and higher final stockings (0,1%) increased the BA, the response being linear. Treatments

explained 73% of the variance and the CV was 10,7%. Again the significant first order interactions (5%) can be explained by the incomplete thinnings on the six relevant plots. There was a significant second order interaction between final stocking and commencement and interval of thinning (5%), which can be ascribed to lightning, wind damage and thinning errors in some plots.

Volume

The total standing timber volume per ha (VOL) was also affected only by thinning interval and final stocking, the overall mean being 302 m³ per ha at 20 years. Shorter thinning intervals (1%) and higher final stockings (0,1%) increased VOL, the response being linear. The interaction of these two main treatments showed that the difference in standing volume for the highest stocking (236 per ha) after 2-year thinning intervals, and the lowest stocking (148 per ha) after 4-year intervals, amounted to more than 100 m³ per ha. Treatments explained 68% of the variance and the CV was 11,3%, being extremely low for this parameter in such a large experiment at 20 years. The significant first order interaction between thinning interval and intensity (5%) indicated that long intervals and high intensities decreased standing volume. This is partly due to incomplete thinnings but also to the damage mentioned under basal area. The completion of the thinnings will aggravate this decrease and the latter suggests heavy thinnings at longer intervals makes a stand more susceptible to storm and other damage.

Stocking

All main factors and most of the first order interactions were significantly different at high levels of significance. Most of these differences (90%) were due to the prescribed treatments, incomplete thinnings and the effect of wind and lightning. The mean stand density of plots affected by the damage was 119 trees per ha, or 20% less than the prescribed lowest stocking.

Mean annual increment

The significant differences in mean annual increment (MAI) have increased over the last 5 years. This is clearly illustrated in Figure 3 which shows the development of MAI for the two most extreme treatment combinations, stocking excluded. The difference between these two combinations has increased from 2,7 m³ at 15 years to 3,8 m³ per ha per year at 20 years. This is mainly due to the highly significant (0,1%) response to the 50% thinning intensity which decreases MAI. Additional significant (5%) decreases in MAI are caused by the 2-year thinning interval and final stocking, the latter response being linear and direct. Study of the first and second order interactions showed that these decreases in MAI are mainly as a result of 50% thinnings which started at 4 and 5 years of age with 2-year intervals for all final stockings. It must be pointed out that only 33% of the variance in MAI was explained by treatments and 43% by site differences, a similar result as that for height, both being the usual indicators of site quality. It is interesting to note the evidence in Fig. 3 that the MAI of more lightly thinned stands standing at a higher density responds better to higher rainfall than more heavily

thinned stands.

Conclusions

The following conclusions from a preliminary analysis of the results at 20 years of this factorial experiment with *E. grandis* may be made :

1. The hypothesis that MAI is not influenced by intensity and frequency of thinning, commencement of first thinning and final stocking still holds true, except when stands receive 50% thinnings at 2-year intervals started before 6 years after planting.
2. The responses of dbh increment to various thinning practices are low and that of mean height even more limited.
3. A large part of the responses of height and MAI in this experiment are due to site differences.
4. Standing volume at 20 years and later will be considerably decreased by heavy thinnings at long intervals.

THINNING PRACTICES

Many different thinning regimes have been recorded (Marsh & Burgers, 1967; FAO, 1979; Poynton, 1979; Schonau, 1982 a). The first authors critically reviewed the existing thinning regimes by the State and private growers in South Africa. They found that the State's light and conservative regimes reduced the formation of inferior juvenile timber but slowed down growth unnecessarily during later years. On the other hand, they felt that the earlier and heavier thinnings by private growers would increase growth stresses and degrade due to splitting. A proposed regime by these authors was apparently never put into practice and in 1968 schedules with earlier and heavier thinnings were introduced. However even these regimes were considered to be too mild and in 1974 a more flexible regime was proposed (Poynton, 1979) which was changed again in 1979 to that currently applied. This regime and others recommended for the various species in southern and central Africa are summarized in Table 1 (Poynton, 1981).

THINNING RECOMMENDATIONS

Except under special circumstances it is usually not justified economically to grow any eucalypt in man-made forests for the production of saw timber or other highly valued products unless the MAI at 10 years is more than 30, or at 20 years more than 20 m³ per ha per year.

In general, the first thinning in eucalypt plantations should take place early and be heavy enough to eliminate suppressed trees and those of poor form. As in subsequent thinnings, even spacing of the remaining trees is of prime consideration. The intermediate thinnings up to the 12th year should be lighter than the first in order to prevent the production of epicormic shoots (feathering) and a high proportion of low quality core wood. They should be

repeated at frequent intervals to prevent the development of crooked stems and reduction of the living crown (Schonau, 1984 a).

Taking these principles and demands by management into account, and considering the results at 10 and 15 years of the thinning experiment in E.grandis described above, Schonau and Stubbings (1982) recommended a specific thinning regime which corroborates most of the assumptions for the regimes in Table 1. This regime, the last one in this table, is slightly altered for final stocking in view of the results at 20 years of the experiment discussed above.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the special efforts of I S Alexander and W J K Aldworth in preparing the growth data for the thinning experiment with E.grandis , and the efficient analyses and preparation of the figures respectively.

REFERENCES

- ANDRAE, F, 1982 : Zweitinventur eines Eucalyptus saligna Bestandes in Sdbrasilien. Centralblatt fr das gesamtee Forstwesen (99) : 193-217.
- BALLONI, E.A, 1983 :Spacing influences over Eucalyptus forest productivity. Silvicultura (31) : 588-593.
- BARRETT, R L, CARTER, D T & SEWARD, R R T, 1975 :Eucalyptus grandis in Rhodesia. Rhod Bull For Res (6) : 41-45.
- BREDENKAMP, B V, 1977 :The relationship between growth and stand density of Eucalyptus grandis (Hill) Maiden. Unpubl MSc Thesis, Univ Stellenbosch, 204 pp.
- BREDENKAMP, B V, 1982 : Growth prediction of Eucalyptus grandis using a pocket calculator. Proc Jubilee Symp Univ Stellenbosch (1) : 123-138.
- BREDENKAMP, B V, 1984 : The CCT concept in spacing research-a review.Proc IUFRO Symp Site and Productivity of Fast-growing Plantations,Pretoria and Pietermaritzburg (1) : 313-332.
- BREDENKAMP, B V, 1987 :Effects of spacing and age on growth of Eucalyptus grandis on a dry Zululand site. S Afr For J (140) : 24-28.
- BREDENKAMP, B V, & SCHUTZ, C J, 1984: Pre-commercial thinning of Eucalyptus grandis for mining timber production. S Afr For J (128) : 33-35.
- BRICE BRUCE, A P, 1978 : Optimum growth of eucalypts. Rep Wattle Res Inst for 1977-78 : 49-52.
- COETZEE, J, 1985 : The stocking controversy for unthinned stands of Eucalyptus grandis. Inst Commer For Res Annual Rep 1985 : 130-134.
- COETZEE,J,1986 a :The applicability of the E.grandis growth model developed by Bredenkamp (1977), utilizing the Langepan (Zululand) growth data. Unpubl Res Note Inst Commer For Res, 5 pp.
- COETZEE,J,1986 b : Growth prediction for unthinned,short rotation E.grandis coppice stands using data obtained from working plan surveys.Inst Commer for res Annual Report 1986 : 140-147.
- COETZEE, J, 1987 : Influence of espacement on early height growth of E.grandis. Inst Commer For Res Annual Report 1987 : 34-35.
- CREMER, K W, CROMER, R N & FLORENCE, R G, 1984 : Stand establishment, in Hillis,W E & Brown,A G (editors) Eucalypts for wood production : 81-135.
- DELWAULLE, J C, 1979 : Plantations forestieres en Afrique tropicale sche. Techniques et especes a utiliser. Bois et Forst Tropique (184): 45-59.9.
- DUTTA, J J, 1986 : Eucalypts in Madhya Pradesh.Eucalypts in India - Past, Present and Future : 77-93.
- FABER, P J, 1985 : Groei en plantafstand van 'Rap' populier in een

- Nelderproef. Ned Bosbouw tijdschrift (57) : 157-166.
- FAO, 1979 : Eucalypts for planting. FAO Forestry Series (11), 677 pp.
- FERRAND, J C, 1983 : Les contraintes de croissance et leurs consequences en matiere de sylviculture et de sciage. Rev For Fran (35) : 327-340.
- FERRARI, G, 1983 : Influenza della distanza d'impianto sul contenuto in carboidrati in Eucalyptus globulus ed E. x trabutii .Cellulosa e Carta (34) : 42-46.
- FERRARI, G & SCARAMUZZI, G, 1982 : Influenza della distanza d'impianto sulla densit del lengo in Eucalyptus globulus ed E. x trabutii. Cellulose e e Carta (33) : 44-52.
- HAMILTON, G J & CHRISTIE, J M, 1974 : Influence of spacing on crop characteristics and yield. For Commn Bull (52), London, 91 pp.
- KELLISON, R C, 1983 : Cultural practices for optimizing productivity of eucalypts for fiber and energy. Silvicultura (31) : 593-595.
- LADRACH, W E, 1983 : Fencerow yields for Eucalyptus in the Department of Valle. Silvicultura (32) : 645-648.
- LOHANI, D N, 1980 : Studies on spacing in Eucalyptus plantations. Uttar Pradesh For Bull (42), 56 pp.
- LCKHOFF, H A, 1955 : The establishment and regeneration of Eucalyptus saligna plantations in the coastal belt of Zululand. J S Afr For Assoc (25) : 1-20.
- MARSH, E K & BURGERS, T F, 1967 : The relation between silvicultural treatment and timber quality in Eucalyptus grandis (Hill) Maiden. For S Afr (8) : 63-74.
- MARSH, E K & BURGERS, T F, 1972 : The response of even-aged pine stands to thinning. For S Afr (14) 103-111.
- MESKIMEN, G & FRANKLIN, E C, 1978 : Spacing Eucalyptus grandis in Southern Florida. A question of merchantable versus total volume. S J Applied For (2) : 3-5.
- NELDER, J A, 1962 : New kinds of systematic designs for spacing experiments. Biometrics (18) : 283-307.
- O'CONNOR, A J, 1935 : Forest Research with special reference to planting distance and thinnings . 4th Brit Emp For Conf. S Afr, 30 pp.
- OPIE, J E, CURTIN, R A & INCOLL, W D, 1984 : Stand Management, in Hillis, W E & Brown, A G (editors) Eucalypts for wood production : 179-197.
- PANDEY, J N, 1986 : Eucalypts in Bihar. Eucalypts in India - Past, Present and Future : 42-46.
- PENFOLD, A R & WILLIS, J L, 1961 : The Eucalypts. World Crop Books, London, 551 pp.
- PILLAI, V N K, 1986 : Management of eucalypt plantations in Haryana. Eucalypts in India - Past, Present and Future : 54-59.
- POYNTON, R J, 1979 : Tree planting in Southern Africa (2) The Eucalypts , Pretoria, 882 pp.
- POYNTON, R J, 1981 : The silvicultural treatment of eucalypt plantations in southern Africa. S Afr For J (116):11-16, also in Silvicultura (31): 603-605.
- SCHONAU, A P G, 1970 : Planting, espacement and pruning of Eucalyptus grandis on a low quality site. S Afr For J (73) : 11-15.
- SCHONAU, A P G, 1974 : The effect of planting espacement and pruning on

- growth, yield and timber density of *Eucalyptus grandis*. S Afr For J (88): 16-23.
- SCHONAU, A P G, 1982 a: Application of a factorial design to a thinning experiment in *Eucalyptus grandis*, with intermediate results. S Afr For J (121) : 70-78.
- SCHONAU, A P G, 1982 b :The planned production period for short rotation *Eucalyptus grandis*. S Afr For J (122) : 10-13.
- SCHONAU, A P G, 1984 a: Silvicultural considerations for high productivity of *Eucalyptus grandis*. For Ecol Manage (9) : 295-314.
- SCHONAU, A P G, 1984 b : A factorial thinning experiment in *Eucalyptus grandis*. Commonw For Rev (63) : 285-295.
- SCHONAU, A P G & STUBBINGS, J A, 1982 : Silviculture of eucalypts. S Afr Inst For, For Handbook : 73-80.
- SHARMA, R P, 1978 : Yield tables for *Eucalyptus* hybrid (plantation) for various levels of stocking. Indian For (104) : 387-397.
- SHYAM SUNDER, S, 1986 : *Eucalyptus saligna* in South Africa : an investigation into the silviculture and economics. Ann Univ Stellenbosch (36) A(1) : 1-110.
- SIEDER, P, 1983 : Crossflachenaufforstungen in Obervolta. Forst und Holzwirt (38) : 112-118.
- SIMOES, J W, 1983 : Establishment and management of fast growing forests in Brazil. Silvicultura (29) : 28-34.
- SIMOES, J W, COELHO, A S R, MELLO, H A & COUTO, H T Z, 1983 : Growth and wood production of eucalypt. Silvicultura (31) : 611-616.
- VAN LAAR, A, 1961 : *Eucalyptus saligna* in South Africa : an investigation into the silviculture and economics. Ann Univ Stellenbosch (36) A(1) : 1-110.
- VAN LAAR, A, 1982 : The response of *Pinus radiata* to initial spacing. S Afr For J (121) : 52-64.
- VAN LAAR, A, 1984 a : Thinning research in fast-growing plantations. Proc IUFRO Symp Site and Productivity of Fast growing Plantations, Pretoria and Pietermaritzburg (1) : 293-312.
- VAN LAAR, A, 1984 b : Das Wachstum von *Pinus pinaster* (Aiton) in Abhängigkeit vom Standraum. Forstw Centrallbl (104) : 49-61.
- VAN LAAR, A, 1988 : Are temporary sample plots useful for the construction of growth models in *E. grandis* ? Unpubl Res Note Univ Stellenbosch, 10 pp.
- VAN LAAR, A & BREDEKAMP, B V, 1979 : The effect of initial spacing on some growth parameters of *Eucalyptus grandis*. S Afr For J (111) : 58-63.
- VENKATARAMAN, K G, 1986 : Investment criteria of *Eucalyptus* planting under farm forestry. Eucalypts in India - Past, Present and Future : 279-281.
- WALTERS, G A, 1980 : *Saligna eucalyptus* growth in a 15-year-old spacing study in Hawaii. Pac Sthwst For Range Exp Sta Res Pap (PSW 151), 8 pp.
- WRI, 1972 : Handbook on eucalypt growing. Wattle Res Inst, Pietermaritzburg, 173 pp.

TABLE 1. Thinning regimes for various eucalypts and end uses recommended in southern and central Africa

Current (1979) regime for <i>E. grandis</i> in South African State plantations			Regime for <i>E. diversicolor</i> in South African State plantations		
Age (years)	Stems remaining per ha	% of trees removed	Age (years)	Stems remaining per ha	% of trees removed
0	1370	-	0	1370	-
3 - 5	750	45	6	625	54
7 - 9	500	33	12	375	40
11 - 13	300	40	15	225	40
25 - 30	0	100	18	175	22
			30	0	100
Regime commonly applied for eucalypts in Zimbabwe			Regime for eucalypt sawlog and pole production in Malawi		
Age (years)	Stems remaining per ha	% of trees removed	Age (years)	Stems remaining per ha	% of trees removed
0	1370	-	0	1330	-
4 - 5	700	49	3	740	44
6 - 7	450	36	5	500	32
9 - 10	250	44	10	370	26
20	0	100	15 - 20	0	100
Regime for pole production of <i>E. cloeziana</i> in South African State plantations			Regime applied to <i>E. cloeziana</i> for pole production in Zimbabwe		
Age (years)	Stems remaining per ha		Age (years)	Stems remaining per ha	% of trees removed
	Site quality 1	Site quality 2			
0	1680	1680	0	1370	-
4	1000	750	4 - 5	700	49
6	750	425	6 - 7	450	36
10	0	-	9 - 10	0	100
13	-	0			
Regime for species other than <i>E. grandis</i> and <i>E. diversicolor</i> in South African State plantations			Recommended thinning regime for <i>E. grandis</i> (adapted from Schönau and Stubbings, 1982)		
Age (years)	Stems remaining per ha	% of trees removed	Age (years)	Stems remaining per ha	% of trees removed
0	1310	-	0	1333	-
7	750	43	4	750	44
11	500	33	6	500	33
15	300	40	8	350	30
30	0	100	12	250	29
			25	0	100

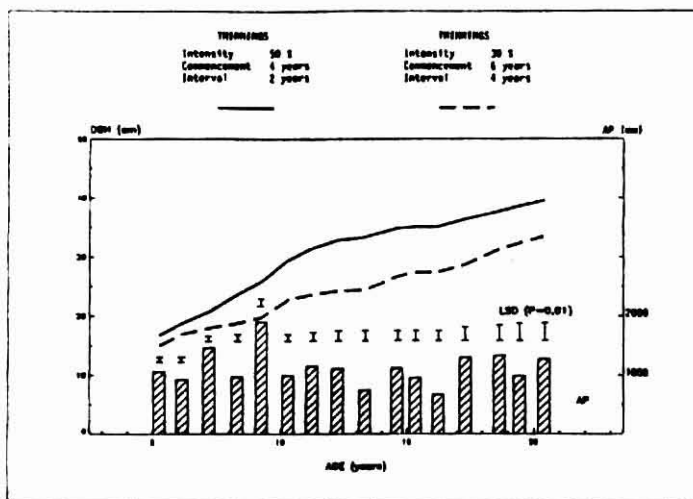


Figure 1. Development of mean breast height diameter of *E. grandis* in Experiment SE.6 for two extreme thinning regimes.

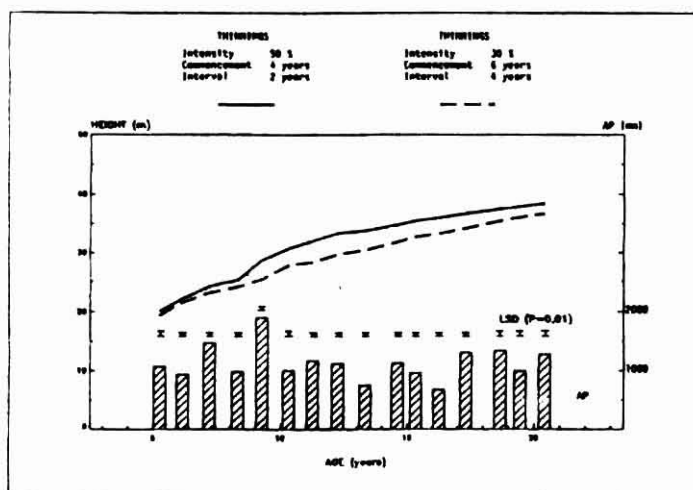


Figure 2. Development of mean height of *E. grandis* in Experiment SE.6 for two extreme thinning regimes.

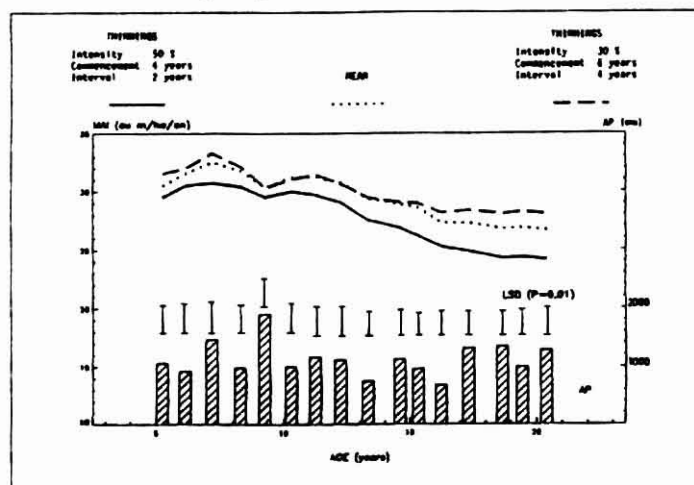


Figure 3. Development of mean annual timber increment of *E. grandis* in Experiment SE.6 for two extreme thinning regimes and the overall treatment mean.

