PRIMEROS RESULTADOS DE FLORACION Y PRODUCCION DE SEMILLAS DE E.nitens.

Patricio Rojas (*)
María Ester Aravena (*)
Luis Cid (**)

RESUMEN

*Se entregan antecedentes básicos de floración de la especie **E. nitens** en el patrimonio de Forestal Monteáguila S.A., como asimismo estimaciones de producción de semilla de árboles de diferentes procedencias de semilla plantadas en forma experimental de la localidad de Chivilingo, VIII Región.*

Se midieron variables de crecimiento de los árboles y otras asociadas a la producción de semillas: DAP, altura, largo de copa, peso de cápsulas por árbol, número de cápsulas por árbol, peso de semilla por árbol, número de semillas por cápsula y por árbol.

Se estimó el mejor predictor de producción de semillas por árbol en función de variables de crecimiento, variables asociadas a la producción de semillas y climáticas asociadas a la procedencia para las semillas. También se analizaron diferencias estadísticas entre procedencias para la producción de semillas.

(*) Dpto. Mejoramiento Genético/FAMASA.
(**) Dpto. de Estadística. Universidad de Concepción.

INFOR

INTRODUCCION

Las plantaciones de **Eucalyptus nitens** para pulpa han aumentado en la zona sur de Chile por la resistencia al frío que presenta la especie, su rápido crecimiento en plantaciones operacionales y la buena aptitud pulpable de su madera. Existen además buenas expectativas de mejoramiento genético para estas características, derivadas de la alta heredabilidad y variabilidad fenotípica que presentan.

La variación genética en tolerancia al frío, es importante entre procedencias de **E. nitens** siendo la del Norte de NSW la más resistente y Toorongo la menos resistente entre 5 procedencias y 198 familias probadas (Raymond, **et al.**,1992).

Importantes variaciones genéticas entre procedencias para crecimiento han sido evaluadas, siendo aquellas de Victoria Central (Toorongo Plateau, Rubicon y Macalister) las que mejor se han adaptado a la zona centro sur de Chile. Diferencias significativas entre procedencias para las propiedades físico químicas de la madera han sido determinadas experimentalmente (Rojas **et al.**, 1992).

Sin embargo, una de las restricciones por las cuales esta especie no ha sido ampliamente difundida en Chile y en el extranjero, es su escasa y rara producción de semillas (Lundquist, 1987) y su dificultad de propagarse vegetativamente. Los resultados de propagación clonal por macro o microestaquillas han sido pobres (De Little **et al.**, 1992).

La única fuente de semilla comercial en Chile de esta especie corresponde a cosechas en bosques nativos australianos, con poco control de su calidad genética. El costo del kilogramo de esta semilla limpia y de buen calibre es de U$ 10.000 en el mercado nacional. Sólo en los últimos años se han establecido Areas Productoras de Semillas (APS) y Huertos Semilleros de Semillas (HSS) de 1ª generación en Chile de **E. nitens**, que permitirán disponer de semilla abundante y de calidad genética superior.

Este trabajo aborda aspectos básicos de la fenología y estimación de producción de semilla de **E. nitens**.

INFOR

OBJETIVOS

Entregar antecedentes básicos y preliminares de la especie **E. nitens** observada en plantaciones de Monteáguila.

Estimar la producción de semillas por árbol (peso de semilla limpio) en función de variables independientes.

Comparar la producción de semillas por árbol (peso de semilla limpio) entre procedencias.

Determinar si existen diferencias en los porcentajes de árboles con y sin semilla por procedencia.

ANTECEDENTES DE TENOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE E. nitens.

La especie comienza a florecer a los 4 años en Australia (Tibbits, 1991), al igual que en la Octava Región de Chile, aunque pueden observarse familias e individuos de procedencias de floración precoz (Espejo, com. personal). En otros países como Sudáfrica, raramente su floración comienza antes de los 10 años (Van Wyk, 1981).

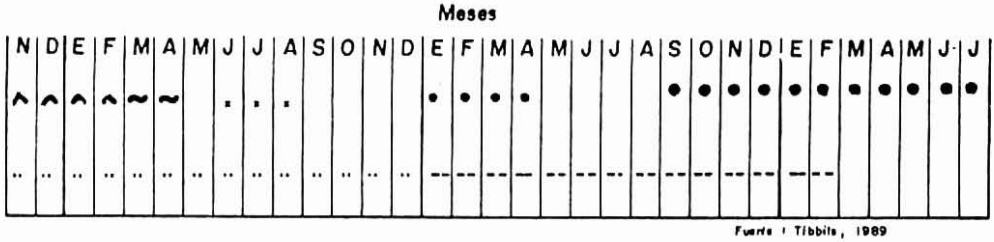
Aunque la floración pudiese asociarse a la transición juvenil-adulta del árbol, esto no siempre es así, ya que existe la evidencia de que en los eucaliptos las fases de cambio reproductivos y vegetativos son independientes entre sí. La floración precoz es controlada genéticamente y es independiente del tamaño del tamaño del árbol. El mecanismo que controla la inducción de floración y posterior desarrollo es poco conocido en Eucalyptus, aunque la alternancia de estrés hídrico y frío pudiese estar involucrados (Moncur **et al.**,1992).

La floración ocurre entre los meses de Enero a Abril en Australia, lo cual ha sido también observado en sitios precordilleranos de la VIII Región para una temporada. En la costa la floración parece iniciarse en el mes de Julio (Figura Nº 1).

El número de semillas por cápsula de **E. nitens** es reducido (entre una a cuatro), esto se debe a la falta de vectores de polinización donde se ha introducido la especie. La polinización controlada ha demostrado que incrementa el número de semillas por cápsulas, lo cual significa que el factor limitante es la insuficiente cantidad de polen que llega al estigma en polinización abierta.

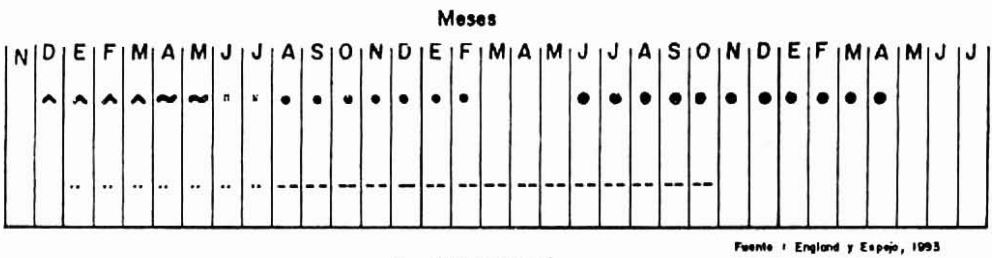
INFOR

1. *Tasmania*



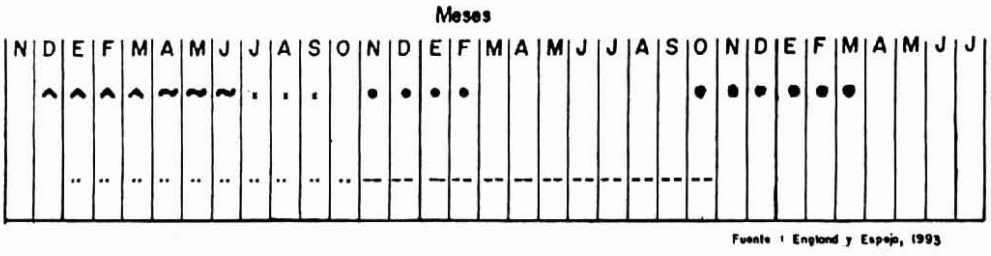
Fuente : Tibbits, 1989

2. Colcura



Fuente : England y Espejo, 1993

3. Rucamanqui



Fuente : England y Espejo, 1993

Simbología

1 ^ : Iniciación de inflorescencias
2 ~ : Pérdida de Bracteas
3 . : Pérdida de operculo externo (tejido "cebolla")
4 .. : Yemas florales
5 • : Floración, pérdida opérculo interno
6 -- : Semilla inmadura
7 • : Semilla madura

Figura Nº 1. **DESARROLLO DE FLORACION Y PRODUCCION DE SEMILLAS DE E. nitens EN TASMANIA Y DOS SITIOS DE LA VII REGION DE CHILE COLCURA Y RUCAMANQUI**

INFOR

La introducción de panales de abejas (**Apies mellifera**) ha demostrado ser un método eficaz para aumentar la producción de semillas en eucalipto, ya que a diferencia del pino, el polen del eucalipto necesita ser transportado por insectos o aves. El aumento de polinización por abejas, además de aumentar la producción de semillas, permite disminuir la pérdida de vigor y crecimiento de los futuros árboles por efecto de la depresión endogámica (Griffin, 1988).

La cosecha de semilla de **E. nitens**, de acuerdo a observaciones efectuadas, debe programarse para inicios de Octubre, cuidando que la semilla esté completamente constituída, es decir, con un adecuado desarrollo embrionario con formación de endosperma y cubierta seminal. Se estima que 10 a 12 meses después de la pérdida de la estructura masculina (estambres y anteras) la semilla está madura para ser cosechada. Sin embargo, a los 7 meses podria encontrarse semilla en buen estado dependiendo de la evolución de las variables meteorológicas observadas durante el año.

MATERIAL Y METODO

El material experimental usado para la estimación de producción de semillas corresponde a un ensayo de especies y procedencias de **E. nitens, E. regnans** y **E. fastigata**, establecido por INFOR en Agosto de 1985 en el predio Chivilingo rodal 080/57 de propiedad de Forestal y Agrícola Monteáguila (ex-Colcura) y descontinuado en su medición por la baja supervivencia inicial obtenida.

El ensayo de **E. nitens** incluyó 7 procedencias: 3 de New South Wales (Anembo, Armindale, Nimmitabel) y 4 de Victoria (Mt. Erica, Alexandra Forest, Toorongo Plateau y Bonang State Forest), resumidas en el Cuadro Nº 1. Las parcelas tenían un diseño de bloques al azar con tres réplicas, siendo cada parcela de 49 plantas (7 x 7) con la excepción de 2 procedencias que fueron plantadas en una parcela lineal de 7 plantas.

INFOR

Cuadro Nº 1.

PROCEDENCIAS DE Eucalyptus nitens INCLUIDAS EN ESTUDIO DE SEMILLAS

Codigo	Procedencia o Localidad	Estado	Lat	Long	Alt	DAP (cms)	HT (m)	LC (m)	n
12120	Anembo	NSW	32°52'	149°30'	1.400	36.9	21.0	11.3	15
12381	E. NE. Armindale	NSW	30°28'	152°15	1.277	29.5	22.7	12.5	18
12386	Mt. Erica/Toorongo	VIC	37°54'	146°20'	1.020	36.0	20.9	13.3	15
12211	Alexandra Forest	VIC	37°25'	145°50	1.000	34.0	20.9	13.0	15
12175	Toorongo Plateau	VIC	37°47'	146°07'	1.100	37.9	23.3	15.4	22
12867	Bonang State Forest	VIC	37°12'	148°12	800	35.6	21.3	15.0	13
Ensayo	Chivilingo - Lota	VIII Región	37°08'	73°09'	80				

Cosecha de Semilla

El método de cosecha fue del tipo destructivo, voltéandose todos los árboles presentes (98) en las parcelas. Para efecto de cosecha de las cápsulas, no fueron considerados los árboles bordes de la parcela. La totalidad de las cápsulas por árbol fue cosechada, rotulada y despachada al laboratorio del Vivero Los Angeles para su análisis.

Variables de Análisis

Se midieron las siguientes variables a cada árbol: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (HT) y largo de copa viva (LC).

Una vez cosechadas las cápsulas se midieron las siguientes variables para cada árbol: peso verde de las cápsulas (PV), peso seco de las cápsulas (PS), número de cápsulas por árbol (en función del peso de las cápsulas-NCA), peso de la semilla con paráfisis (PF), peso de la semilla limpia (PL), número de semilla promedio por cápsula (NSC) y número de semilla promedio por árbol (NSA).

INFOR

Análisis de la Información

Previo al análisis de la información se realizó un estudio exploratorio destinado a verificar la validez de la información. Se eliminaron tres observaciones anómalas por no corresponder al patrón de distribución del resto de las observaciones. Tampoco se incluyó la procedencia 6 por no contar con réplicas.

Se usó para comparar porcentajes de árboles (con y sin semillas) entre procedencias la prueba t de Student.

Para comparar la producción de semillas por procedencias se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) simple. Para las comparaciones múltiples se utilizó la Prueba de Tukey.

La regresión paso a paso (step-wise) fue usada para correlacionar el peso limpio por árbol (PL) con las variables independientes DAP, HT, LC, PV y PS. Se construyeron intervalos de estimación del 95% para aquellos modelos que resultaron significativos.

RESULTADOS

Los rendimientos sobre las variables dasométricas y de producción de semilla por procedencia en **E. nitens** de 8 años de edad, se entregan en el Cuadro Nº 2.

Cuadro Nº 2.

ANTECEDENTES DASOMETRICOS Y DE PRODUCCION DE SEMILLA POR PROCEDENCIA DE E. nitens A LOS 8 AÑOS. VIII REGION.

Codigo CSIRO	Procedencia	Estado	nº arb	con sem	%		PV (kg)	PS (kg)	NCA	PF (grs)	PL (grs)	NSC	NSA
						(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
12120	Anembo	NNSW	15	6	40		0.6	0.4	4254	25.2	3.5	1.9	8012
12381	Armindale	NNSW	18	12	67		2.0	1.3	10914	50.5	6.7	2.1	23373
12386	Mt. Erica	VIC	15	2	13	**	5.9	4.0	36697	142.7	13.3	1.7	62385
12211	Al. Forest	VIC	15	8	60		2.0	1.3	12535	53.6	4.2	2.0	25071
12175	Toorongo	VIC	22	4	18	**	3.2	2.1	20109	83.5	8.1	2.8	56555
12867	Bonang St	VIC	13	1	8	**	9.2	6.0	60201	165.8	12.2	3.6	213714
Media Procedencias			16	6	34		4	3	24118	87	8	2	64852

(1) ** $P \leq 0.001$ árboles con y sin semillas.

(2)(3)(4)(5)(6)(7) (8) No existen diferencias significativas entre procedencias sin considerar Bonang State.

INFOR

Las mejores regresiones para estimar NSA (y = 271,7 + 23,11 PS) y PL (y = 1,708 + 0,0031PS) en funcion de las variables consideradas independientes alcanzaron ambas un R^2 de 0.8 (Figura Nº 2).

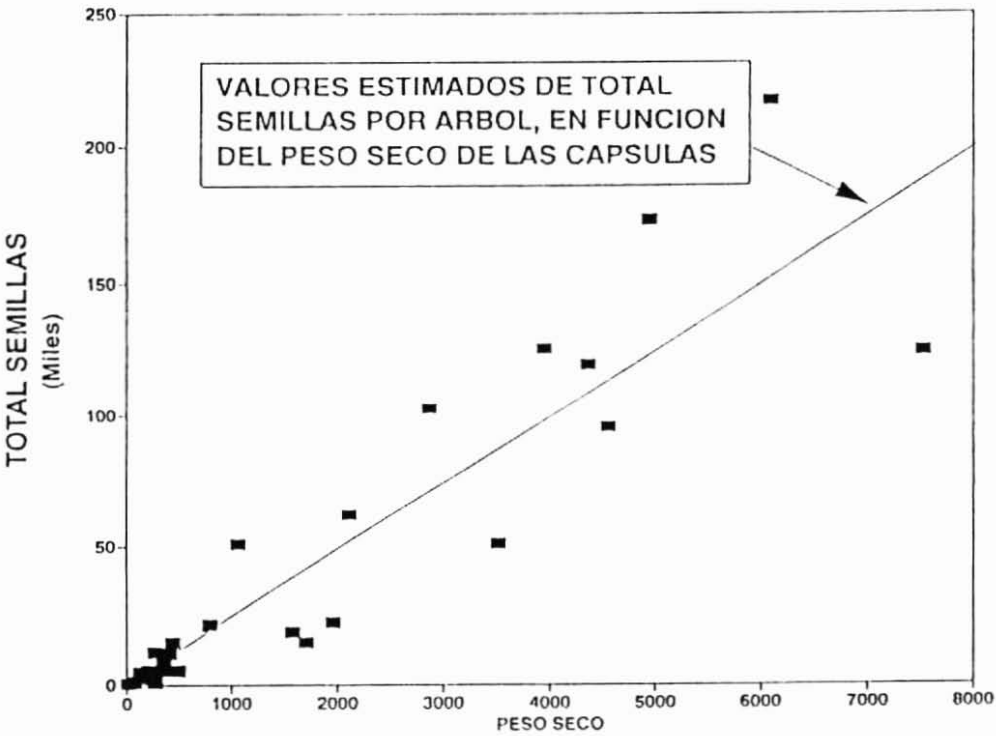


Figura Nº 2. **REGRESION DEL TOTAL DE SEMILLAS SOBRE EL PESO SECO**

DISCUSION

Producción de Semillas por Arbol

La variabilidad de producción de semillas por árbol fue extremadamente alta dentro y entre procedencias. Del total de árboles muestreados (n = 98), sólo un 35% tenía semillas. El rango entre árboles varió entre 0.3 a 25 g de semilla limpia (CV =

INFOR

105%). Entre procedencias la producción promedia por árbol varió de 3.5 g limpios (Anembo, NSW) a 13,3 g (Mt. Erica, VIC), siendo la media de 8 g por árbol. Estas estimaciones están limitadas a un sólo sitio, una temporada y a una edad determinada de cosecha.

El análisis estadístico permite concluir que la proporción de árboles sin semilla es significativamente más alto en las procedencias Mt. Erica, Toorongo y Bonnang State ($p \leq 0.001$). En las otras procedencias no existe evidencia que permita concluir diferencias entre los procentajes de árboles con y sin semillas.

En el supuesto de una producción media de 8 gramos de semilla limpia por árbol (media de 98 árboles muestreados) un Huerto Semillero o Area Productora de Semillas con una densidad final de 200 árb./ha produciría 544 g limpios/ha (200 árb x 8 g x 34% árb. con semillas). En Australia, los huertos semilleros de semillas de **E. nitens** establecidos por APPM en 1980-1982 producen a la misma edad (8 años) entre 2,6 y 3,4 kg/ha de semilla con paráfisis.

El empleo de paclobutrazol podría aumentar significativamente esta producción de semillas. Otras técnicas de manejo de floración y fructificación necesitan ser estudiadas en la especie: podas de formación y producción, fertilización foliar y técnicas de riego.

Producción de Semillas por Procedencias

El ANDEVA no permitió detectar diferencias significativas entre procedencias para ninguna de las variables asociadas a la producción de semillas por árbol: peso seco y verde de cápsulas, peso seco y peso limpio por árbol, número de cápsulas, número de semillas promedio por cápsulas y número de semillas estimadas por árbol.

La procedencia por sí misma no explicaría la variación en la producción de semillas por árbol.

Predicción de la Producción de Semillas por Arbol

Al no existir diferencias significativas por efecto de las procedencias, todos los árboles fueron agrupados para efectuar una regresión paso a paso.

Se escogieron como variables dependientes el número de semillas por árbol (NSA) y el peso limpio (PL). Como variables independientes se incluyeron las variables de crecimiento: DAP, H, LC y aquellas asociadas a la producción de semillas: PV, PS y NA.

INFOR

La variable que mejor representa la producción media de semillas por árbol (en número de semillas y peso limpio) fue el peso seco de todas las cápsulas cosechadas por árbol, que aporta un 81,6 y un 75,6% respectivamente de la variabilidad explicada.

CONCLUSIONES

Se determinó una alta variabilidad de producción de semillas por árbol dentro y entre procedencias.

La proporción de árboles sin semillas es significativamente más alto en las procedencias Mt. Erica, Toorongo y Bonnang State.

La producción de semilla limpia estimada por árbol es 8 g (n=98). Sólo un 34% de los árboles tenía semillas.

La producción estimada de un huerto semillero o APS sería de 544 g de semilla limpia/ha, considerando una densidad de 200 árboles/ha.

No existen diferencias significativas en producción de semillas por árbol de **E. nitens** por efecto de la procedencia.

La variable que mejor explica la producción de semillas por árbol (en peso y número de semillas) es el peso seco de las cápsulas cosechadas por árbol.

REFERENCIAS

De Little et al., 1992. Genetic Strategy for APPM Eucalypt Tree Farms in Tasmania. p. 275-282. Symposium Bordeaux France. Tome I.

Lundquist, J.E. 1987. Effects of **Mycosphaerella** Lead Spot on Growth of **Eucalyptus nitens.** Plant - Disease, 71 (11): 1025 - 1029.

Griffin A. R., 1988. Genetic Variation in Growth of Outcrossed, Selfed and Open Pollinated Progenies of **Eucalyptus regnans** and some Implications for Breeding Strategy. Silvae Genetica, 37 (3 - 4):124-131.

Moncur, M.W. et al., 1992. A role for Honey Bees (**Apies mellifera**) in Eucalypt Plantations. p 107-115. Symposium Bordeaux. France Tome II.

INFOR

Raymond, C.A., Owen, J.V and Ravenwood, I.C., 1992. Genetic Variation for Frost Tolerance in a Breeding Population of **Eucalyptus nitens**. Silvae Genetica, 41 (6): 355-362.

Rojas et al., 1992. Estudio de las Propiedades Físico Químicas y Pulpables de la Madera de **E. nitens** ex Maiden. Grupo Santa Fe. Superintendencia Técnica/FYIP. Informe Interno. 87p.

Tibbits, W.N., 1991. Flowering and Seed Yields in Orchards of **Eucalyptus nitens** Maiden. In "Proceedings of the 9th Meeting of representative of the Research Working Group 1 of the Australian Forestry Council". Coonawara pp. 79.

Van Wyk, 1981. Pollen Management for Eucalypts in "Pollen Manangement Handbook". Agriculture Handbook Nº 587. USDA Forest Service.

INFOR

FUNCIONES DE PREDICCION DE DENSIDAD BASICA DE E. globulus y E. nitens POR UN METODO NO DESTRUCTIVO

Patricio Rojas (*)
Pedro Fernández de la Reguera (**)
Ricardo Aravena (**)
Ester San Martín (*)

RESUMEN

Los programas de genética forestal orientados al mejoramiento de la producción de pulpa incluyen la mejora y selección de varias propiedades de la madera. La densidad básica es una de las más importantes por cuanto está altamente correlacionada con algunas propiedades pulpables (Arbuthnot, 1991).

Este estudio fue desarrollado para estimar la densidad básica de árboles con el instrumento Pilodyn 6J. La medición con Pilodyn permitiría efectuar un rápido "ranking" de selección de miles de árboles en ensayos de progenies, procedencias o clones. Los métodos destructivos consumen mucho tiempo y son de mayor costo.

El trabajo incluyó dos especies: ***Eucalyptus globulus ssp. globulus*** *Labill (EGG) y* ***Eucalyptus nitens*** *ex Maiden (EN) de cuatro edades. Para cada edad se midieron 48 árboles a 6 alturas, base: DAP, 25% HC, 50% HC, 75% HC y HC (altura comercial). En cada altura se midió con Pilodyn en cuatro posiciones: norte, sur, este y oeste. Se tomaron discos en cada altura del árbol para determinación de densidad básica en laboratorio. En total se colectaron 2.304 discos y se efectuaron 9.216 mediciones con Pilodyn.*

Las plantaciones muestreadas están distribuidas en áreas diferentes (costa y precordillera de Los Andes), de tal forma que la determinación de densidad básica se confunde con el efecto principal especie/edad. Otros efectos corresponden a las procedencias e intensidad de la silvicultura empleada en las plantaciones de ***Eucalyptus nitens.***

Se realizaron análisis de varianza entre y dentro de las alturas para la variable Pilodyn con el objeto de determinar si existen diferencias significativas entre las orientaciones, tanto a lo alto del fuste como dentro de cada posición. No fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas con Pilodyn en las exposiciones del árbol (norte, sur, este y oeste).

(*) FYIP (Fiber Yield Improvement Programme), Grupo Santa Fe.
(**) U. Católica, Facultad de Matemáticas, Dpto. Estadística.

INFOR

Un modelo predictor de la densidad básica media del árbol fue ajustado con la medición Pilodyn a diferentes alturas del árbol, forzando la inclusión del DAP por razones económicas y operativas a través de un proceso "paso a paso".

Para **Eucalyptus globulus**, las mejores predicciones usando Pilodyn fueron:

a) Para 4 años de edad, R^2 = 37% con medición al DAP.
b) Para 6 años de edad, R^2 = 69% con medición al 25% HC.
c) Para 8 años de edad, R^2 = 72% con medición al 25% HC.
b) Para 10 años de edad, R^2 = 47% con medición al DAP y 25% HC.

El rango de variación de la densidad predicha es de 33 a 50 kg/m^3, con un nivel de confianza de 95%. Si se desea mayor precisión, la calidad de la estimación decrece.

Para **Eucalyptus nitens**, las mejores predicciones usando Pilodyn fueron:

a) Para 4 años de edad, R^2 = 75% con medición al DAP y 25% HC.
b) Para 7 años de edad, R^2 = 26% con medición al DAP y 25% HC.
c) Para 8 años de edad, R^2 = 51% con medición al DAP.
b) Para 11 años de edad, R^2 = 64% con medición al 25% HC.

El rango de variación de la densidad predicha es de 24 a 44 kg/m^3, con un nivel de confianza de 95%, a excepción de la edad siete años que no fue considerada en los resultados debido a los pobres resultados obtenidos.

INFOR

INTRODUCCION

Los programas de mejoramiento forestal actuales incluyen como características fenotíficas de interés las propiedades de la madera. Entre estas propiedades la más usada es la densidad básica (DB) por su relación con la calidad de la madera y su alta heredabilidad. La DB que es la medida de la cantidad de madera por unidad de volumen, es una variable muy compleja, pues está directametne asociada con el tamaño celular, espesor de pared celular, diámetro del lumen, proporción de varios tipos de células, etc.

La DB varía con el material genético: procedencias, familias, clones y con la tecnología silvicultural (nutrición, preparación de suelos, raleos y podas). También varía fuertemente dentro del árbol, desde la médula hacia la corteza y desde la base del árbol hacia el ápice.

La DB es un caracter que presenta una alta heredabilidad estimada tanto individualmente como familiarmente en Eucalyptus. La principal dificultad de uso en programas de mejoramiento forestal radica en su dificultad de medición en gran número de árboles, ya que los métodos de determinación convencionales o destructivos, implican gran cantidad de tiempo, un alto costo y la pérdida del material genético a analizar.

Esto motivó que el programa FYIP (Fiber Yield Improvement Programm) de Santa Fe, iniciara el año 1992 el análisis de un sistema no destructivo de estimación de la DB de los árboles en pie. Resultados preliminares han estimado una heredabilidad alta ($h^2 = 0.46$) para mediciones con pilodyn en un huerto semillero de **E. nitens**, en el área de Trumaos/Mulchen [1]. Para este propósito se seleccionaron las especies del programa **E. globulus** y **E. nitens** en cuatro sitios/edades, para verificar el uso de un sistema no destructivo (Pilodyn) que permitiera estimar la densidad básica de los árboles en pie usando como predictor la medición del Pilodyn al DAP.

El estudio pretende estimar si es posible usar Pilodyn para: a) efectuar un ranking de individuos y familias en ensayos de progenies/huertos semilleros y b) efectuar una curva de calibración para edad/especie que permita estimar la densidad real de los árboles de una población. Este último permitiría usar Pilodyn en inventarios forestales.

(1) Rojas, P., 1993 (Informe Interno).
Se entregan en este informe los resultados obtenidos con Pilodyn en **E. globulus** a los 4, 6, 8 y 10 años en el área de Colcura y en **E. nitens** a los 4, 7, 8 y 11 años en diferentes sitios de la VIII y IX Región.

INFOR

OBJETIVOS

Determinar un método no destructivo, rápido y de bajo costo para estimar la densidad básica de los árboles en pie que permita:

Efectuar un ranking de densidad relativa en árboles y familias de ensayos de progenies.

Estimar el valor real de la DB de una población como parte de inventario forestal.

MATERIAL Y METODO

El muestreo se diseñó considerando dos especies y cuatro edades: **E. globulus** de 4, 6, 8 y 10 años y **E. nitens** de 4, 7, 8 y 11 años. El esquema muestreal fue el siguiente :

1.- Selección de rodales homogéneos en términos de exposición, edad de los árboles, especie y silvicultura. Esto significa que los rodales corresponden a combinaciones edad/especie y son independientes entre si.

2.- Dentro de cada rodal se seleccionaron árboles lo más homogéneos posible, en términos de crecimiento, sin bifurcaciones y cuidando otras características que pudieran hacer del individuo un árbol anómalo (sin problemas fitosanitarios).

3.- El tamaño muestreal de 48 árboles por rodal se determinó en base a los análisis estadísticos y el máximo admisible por costo de operación. Los árboles a muestrear se seleccionaron de acuerdo a:

a) Clase diamétrica media: Determinada para cada edad. Para obtener la clase diamétrica media se procedió de la siguiente forma:

Se seleccionó en el rodal una parcela que contenía 200 árboles. Se midió el DAP de todos los árboles que estaban dentro de las parcelas, luego se determinó la media. Los árboles a muestrear debían tener un DAP igual a la media ± 2,0 cm.

b) Altura comercial: Se definió como altura comercial (HC) aquella en que el diámetro del fuste se reduce a 5 cm.

INFOR

c) Otras consideraciones: Todos los árboles se talaron a 15 cm desde el suelo.

Para caracterizar la muestra en cuanto a densidad con Pilodyn se midieron en cada árbol los cuatro puntos cardinales, exposiciones: norte, sur, este y oeste. A lo alto del fuste se midieron las siguientes alturas: DAP a los 0.25, 0.50 y 0.75 de la altura comercial. Se determinó también en los extremos basal y superior.

Para caracterizar la muestra en cuanto a DB se tomaron dos rodelas de 2 cm de ancho en las alturas definidas anteriormente. En la Figura N° 1 se muestran las posiciones de muestreo con Pilodyn y extracción de rodelas.

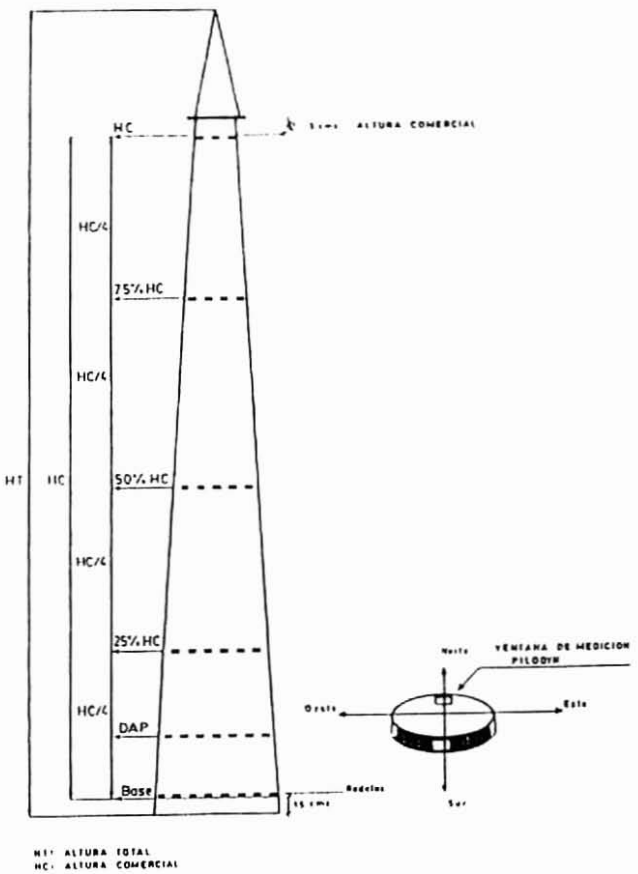


Figura N° 1. **POSICION DE MUESTREO EN EL ARBOL DE RODELAS Y MEDICION CON INSTRUMENTO PILODYN**

INFOR

Determinación de Densidad

Se realizaron las siguientes determinaciones de densidad en función de las correlaciones que se deseaban.

Medición de Densidad con Pilodyn (no destructivo)

El Pilodyn es un instrumento portátil (pistola) que mide indirectamente la densidad de la madera de los anillos exteriores de árboles en pie a través del impacto de una aguja de acero en la madera. La profundidad de penetración de la aguja está inversamente correlacionada con la densidad de la madera y se expresa en milimetros.

Para caracterizar la densidad con Pilodyn se mide la penetración de la aguja en la madera (mm) en cada exposición y altura definidas anteriormente.

Medición de Densidad Básica (destructivo)

Se determinó la DB según norma Tappi T 258 om-85, en las rodelas cortadas a diferentes alturas del fuste definidas anteriormente. En base a estos datos se calculó la densidad media ponderada (DMP) por árbol y edad.

$$DMP = \left(\frac{Db_1+Db_2}{2}\right)_x\frac{V_1}{V_0} + \left(\frac{Db_2+Db_3}{2}\right)_x\frac{V_2}{V_0} + \left(\frac{Db_3+Db_4}{2}\right)_x\frac{V_3}{V_0} + \left(\frac{Db_4+Db_5}{2}\right)_x\frac{V_4}{V_0} + \left(\frac{Db_5+Db_6}{2}\right)_x\frac{V_5}{V_0}$$

Donde :

DB_1=Densidad básica base.
DB_2=Densidad básica DAP.
DB_3=Densidad básica 0.25 HC.
DB_4=Densidad básica 0.50 HC.
DB_5=Densidad básica 0.75 HC.
DB_6=Densidad básica HC.

V_1=Volumen de madera entre la base y DAP.
V_2=Volumen de madera entre DAP y 0.25 HC.
V_3=Volumen de madera entre 0.25 y 0.50 HC.
V_4=Volumen de madera entre 0.50 y 0.75 HC.
V_5=Volumen de madera entre 0.75 Y HC.
V_0=Volumen de madera total (sumatoria de V_1 a V_5).

INFOR

ANTECEDENTES SILVICULTURALES DE LOS RODALES MUESTREADOS

Antecedentes dasométricos de rodales muestreados para determinación de densidad con Pilodyn, para **E. globulus** y **E. nitens** son resumidos en los Cuadros Nº 1 y 2, respectivamente.

Cuadro Nº 1

E. globulus

Sitio	Rodal	Edad	n	Media por árbol						
				DAP	Altura		AB	Vol	DB	Peso
					Total	Comercial	sc	sc		*bms/sc
	Nº	(Años)	(Arboles)	(cm)	(m)	(m)	(m2)	(m3)	(Kg/m3)	(Kg)
Colcura	066-01	4	48	17.5	13.9	9.2	0.024	0.043	503.8	21.7
Colcura	073-24	6	48	17.7	20.0	15.8	0.025	0.174	516.3	89.8
Colcura	080-23	8	48	18.9	23.4	19.1	0.028	0.229	534.9	122.5
Colcura	074-65	10	48	22.7	32.6	29.1	0.040	0.491	565.9	277.9

Cuadro Nº 2

E. nitens (1)

Sitio	Rodal	Edad	n	Media por árbol						
				DAP	Altura		AB	Vol	DB	Peso
					Total	Comercial				bms/sc
	Nº	(Años)	(Arboles)	(cm)	(m)	(m)	(m2)	(m3)	(Kg/m3)	(Kg)
Rucamanqui		4	48	18.7	15.7	11.4	0.027	0.148	459.3	68.0
Jauja	-	7	48	10.5	10.1	5.9	0.009	0.031	458.4	14.2
Colcura	073-26	8	48	22.2	19.7	15.6	0.039	0.265	457.4	121.2
Jauja	-	11	48	19.0	17.6	13.6	0.028	0.187	470.3	87.9

(1) La tecnología silvicultural empleada (preparación de suelo, control de malezas y nutrición) es diferente entre sitios como así mismo la procedencia de la semilla.
* bsm : base madera seca.
sc : sin corteza.

INFOR

PROCESAMIENTO DE DATOS

Se efectuaron los siguientes análisis estadísticos: análisis de varianza y regresión líneal múltiple a través de un proceso "paso a paso".

a) Analisis de varianza entre y dentro de las alturas para cada variable de Pilodyn.

b) Análisis de regresión múltiple usando Pilodyn a nivel del DAP como predictor obligado y no obligado, además de las determinaciones en las otras posiciones, y densidad básica media como respuesta.

RESULTADOS

Variación entre posiciones (comparación de los puntos cardinales a las distintas alturas) para **E. globulus** y **E. nitens** resumidos en los Cuadros Nº 3 a 6, y Cuadros Nº 7 a 10, respectivamente.

Cuadro Nº 3

E. globulus

Edad: 4 años

Punto Cardinal	BASE		DAP		25%		50%		75%		HC	
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std
Norte	10.2	1.45	10.5	1.29	10.2	1.23	9.7	1.20	9.1	0.95	9.4	1.20
Sur	10.0	1.21	10.5	1.35	10.5	1.32	9.5	1.20	9.4	1.28	9.1	1.30
Este	10.6	1.52	10.8	1.54	10.7	1.58	9.6	1.10	9.4	1.28	9.4	1.34
Oeste	10.1	1.45	10.6	1.49	10.4	1.25	9.5	1.20	9.2	1.02	9.2	1.37
Media	10.2	1.42	10.6	1.42	10.4	1.35	9.6	1.20	9.3	1.14	9.3	1.30

INFOR

Cuadro Nº 4

Edad: 6 años

Punto Cardinal	BASE		DAP		25%		50%		75%		HC	
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std
Norte	10.7	1.35	10.8	1.28	10.6	1.42	10.2	1.34	9.5	1.49	9.3	1.20
Sur	10.5	1.36	10.2	1.34	10.5	1.57	10.4	1.46	9.2	1.29	9.4	1.22
Este	10.9	1.30	10.6	1.40	10.7	1.29	10.3	1.39	9.3	1.34	9.4	1.51
Oeste	10.6	1.25	10.8	1.29	10.3	1.40	10.0	1.72	9.3	1.20	9.1	1.32
Media	10.7	1.31	10.6	1.34	10.5	1.42	10.2	1.48	9.3	1.33	9.3	1.31

Cuadro Nº5

Edad: 8 años

Punto Cardinal	BASE		DAP		25%		50%		75%		HC	
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std
Norte	10.1	1.29	9.7	1.43	10.0	1.24	9.6	1.25	9.3	1.11	8.9	1.46
Sur	10.5	1.47	9.8	1.31	10.0	1.36	9.3	1.38	9.2	1.31	9.0	1.54
Este	10.5	1.42	9.7	1.37	9.9	1.34	9.6	1.45	9.6	1.32	8.8	1.49
Oeste	10.5	1.40	10.2	1.34	10.2	1.50	9.6	1.22	9.3	1.55	9.1	1.64
Media	10.4	1.39	9.9	1.37	10.0	1.36	9.5	1.33	9.3	1.33	8.9	1.53

INFOR

Cuadro Nº6

Edad: 10 años

Punto Cardinal	BASE		DAP		25%		50%		75%		HC	
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std
Norte	10.0	1.45	9.3	1.11	9.5	1.21	9.1	1.25	9.0	1.42	8.8	1.31
Sur	10.1	1.49	9.3	1.36	9.5	1.20	9.3	1.01	9.1	1.17	9.1	1.39
Este	10.0	1.35	9.3	1.18	9.5	1.42	9.1	1.30	9.3	1.46	8.8	1.44
Oeste	9.9	1.59	9.3	1.21	9.3	1.17	9.1	1.12	9.0	1.39	8.8	1.36
Media	10.0	1.46	9.3	1.21	9.5	1.25	9.1	1.17	9.1	1.36	8.9	1.37

Cuadro Nº7

E. nitens

Edad: 4 años

Punto Cardinal	BASE		DAP		25%		50%		75%		HC	
	Media	Desv Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std
Norte	13.4	1.79	14.5	1.23	14.9	2.14	13.7	1.59	11.9	1.48	10.8	1.17
Sur	13.7	1.73	14.4	1.63	14.6	1.60	13.4	1.59	11.8	1.44	11.1	1.24
Este	13.3	1.86	14.2	1.30	14.5	1.78	14.0	1.48	11.7	1.64	11.1	1.00
Oeste	14.0	1.70	14.9	1.69	14.7	1.68	13.4	1.77	11.5	1.29	10.8	1.19
Media	13.6	1.78	14.5	1.49	14.7	1.81	13.6	1.62	11.7	1.46	10.9	1.15

INFOR

Cuadro N°8

Edad: 7 años

Punto Cardinal	BASE		DAP		25%		50%		75%		HC	
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std
Norte	12.6	1.31	12.3	0.98	13.4	1.12	12.6	1.11	12.0	1.27	11.4	1.29
Sur	12.3	1.12	11.4	1.35	12.3	1.03	11.9	0.95	11.9	1.11	11.5	1.10
Este	12.4	1.32	11.9	1.04	12.9	1.13	12.5	1.40	12.0	1.32	11.8	1.15
Oeste	12.2	1.14	11.5	1.25	12.7	1.08	12.2	0.98	11.8	0.95	11.0	0.94
Media	12.4	1.23	11.8	1.20	12.8	1.15	12.3	1.15	11.9	1.17	11.4	1.15

Cuadro N°9

Edad: 8 años

Punto Cardinal	BASE		DAP		25%		50%		75%		HC	
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std
Norte	12.7	1.65	13.9	1.59	13.9	1.66	12.4	1.82	11.2	1.50	10.0	1.12
Sur	12.6	1.80	13.1	1.51	13.8	1.69	12.7	1.94	11.1	1.30	9.9	1.12
Este	12.9	1.93	13.4	1.96	13.6	1.68	12.7	1.71	10.6	1.39	9.6	1.17
Oeste	12.5	1.64	13.6	1.62	14.1	1.80	12.8	1.79	11.3	1.44	10.0	1.25
Media	12.7	1.75	13.5	1.69	13.9	1.71	12.6	1.81	11.0	1.43	9.9	1.17

INFOR

Cuadro Nº10

Edad: 11 años

Punto Cardinal	BASE		DAP		25%		50%		75%		HC	
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std
Norte	12.1	1.75	13.5	1.76	14.2	2.05	13.6	1.73	12.2	1.43	10.3	1.24
Sur	11.9	1.90	13.4	1.54	14.2	1.82	13.1	1.77	11.5	1.78	10.2	1.18
Este	12.5	1.85	13.9	1.54	14.9	1.85	13.6	1.96	12.3	1.55	10.5	1.08
Oeste	12.0	1.77	13.3	1.82	14.1	2.09	13.3	1.75	12.1	1.74	9.9	1.35
Media	12.1	1.82	13.5	1.67	14.4	1.97	13.4	1.80	12.0	1.65	10.2	1.23

Los mejores modelos de regresión múltiple para **E. globulus** y **E. nitens** por edad y Coeficiente de Correlación de Pearson, se entregan en los cuadros Nº 11 y 12, respectivamente, los siguientes modelos corresponden al mejor ajuste por especie/edad.

Cuadro Nº11

E. globulus

Cuadro Nº 11:

			FUNCION					R^2	(%)	Desv. Std. Resid.
DBM	4	=	683.4	-	16.82	Pilodyn	DAP	37		22.4
DBM	6	=	730.3	-	20.33	Pilodyn	25% H	69		16.7
DBM	8	=	780.5	-	24.26	Pilodyn	25% H	72		19.1
DBM	10	=	787.4	-	11.24	Pilodyn	DAP -	47		24.6

INFOR

Cuadro N°12

E. nitens

Cuadro Nº 12:

			FUNCION				R^2	(%)	Desv. Std. Resid.
DBM	4	=	728.4	-	7.24	Pilodyn	DAP	75	12.1
DBM	7	=	671.7	-	7.21	Pilodyn	DAP	26	21.8
DBM	8	=	665.9	-	24.26	Pilodyn	DAP	51	21.2
DBM	11	=	639.7	-	11.90	Pilodyn	25% H	64	15.8

Porcentaje de aciertos de los modelos para **E. globulus** y **E. nitens** se muestran en los Cuadros N° 13 y 14, respectivamente.

Cuadro N°13

E. globulus

EDAD	± 8 kg/m³	± 10 kg/m³	± 12 kg/m³	±30kg/m³
4	29.2	33.3	41.7	87.5
6	39.6	45.8	50.0	95.8
8	35.4	43.8	58.3	95.8
10	31.3	33.3	37.5	85.4

INFOR

Cuadro N°14

E. nitens

EDAD	± 8 kg/m³	± 10 kg/m³	± 12 kg/m³	±30 kg/m³
4	50.0	62.5	70.8	100.0
7	37.5	43.8	50.0	87.5
8	37.5	43.8	47.9	89.6
11	35.4	50.0	60.4	91.7

DISCUSION

Variación entre posiciones (norte, sur, este y oeste)

El objetivo especial de estos análisis consiste en establecer la existencia de diferencias significativas en las determinaciones con el Pilodyn:

a) ya sea entre las posiciones (norte, sur, este y oeste) considerando las mediciones a distintas alturas como réplicas, y

b) repitiendo el análisis anterior ajustando los datos por perímetro.

La hipótesis que se maneja establece que no hay diferencias significativas entre los promedios a las diferentes posiciones en las cuales se mide con Pilodyn. Algunos investigadores señalan que, existen diferencias en DB en diferentes lados del árbol relacionadas con la exposición al sol y la temperatura.

Los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre los registros a distintas posiciones en torno al árbol. Esto es, ya sea con los registros en bruto o corregidos por perímetro.

Las correlaciones entre las distintas posiciones, calculadas para el total de los datos dentro de cada edad, son moderadamente altas. Esto significa que las determinaciones con Pilodyn, hechas en la misma altura del árbol, están muy asociadas. Así se tiene, por un lado, que los registros promedio a lo alto del fuste no

INFOR

difieren significativamente y, por el otro, que hay relativamente alta asociación entre las posiciones.

En consecuencia, se puede afirmar que no hay un efecto "posición" que indique una diferencia en la estimación de la densidad del árbol, ya sea considerando o no el ajuste por diámetro o perímetro. Tal afirmación se hace con una confianza del 95% y es aplicable solamente a las muestras consideradas.

Considerando, por otro lado, la dificultad para determinar la posición a lo largo del fuste (exposición puntos cardinales), se efectuaron dócimas de comparaciones múltiples. Los resultados no fueron concluyentes, en el sentido que no se detecta tendencia alguna.

En particular, cuando se ha detectado alguna diferencia significativa, ésta corresponde a ± 0.2 mm de Pilodyn, lo que corresponde a una diferencia de unos 3 kg/m^3 en la medición de la densidad, aceptable dentro del error de medición.

Estudio de Asociación entre Pilodyn y Densidad Básica Medida en Laboratorio.

El objetivo de estos análisis fue determinar si existía una relación entre la densidad básica media del árbol y los registros del Pilodyn. Estos registros, en atención a los resultados anteriores, se tomaron como promedio de las cuatro orientaciones, en cada altura.

Se puede observar que todas las correlaciones son negativas y fuertes, indicando, como es de esperar, una asociación inversa entre Pilodyn y densidad básica medida en laboratorio.

Modelos Predictivos

El objetivo de estos análisis es determinar una relación funcional aproximada entre la densidad básica media del árbol y los registros de Pilodyn. En particular, se busca determinar cuál (o cuales) son las mejores alturas del árbol para estimar la densidad básica media ponderada del árbol.

Forzando el DAP

Tomando en consideración que aplicar el Pilodyn a alturas bajas es más barato y fácil de realizar, un primer análisis obliga a la variable promedio del Pilodyn a la altura del DAP a estar siempre presente entre los predictores, estimado mediante una regresión paso a paso.

INFOR

La calidad de ajuste al Modelo de Pearson teórico se mide usando el coeficiente de determinación (R^2). Estos coeficientes varían para **E. globulus** entre 35 y 80%, en general; pero, si se quiere una buena estimación de la DB media es necesario aplicar el Pilodyn por encima del 50% de la altura comercial del árbol. Si se usa únicamente la altura DAP, el poder predictivo se reduce a un 57% en el mejor de los casos (seis años de edad).

Para **E. nitens** estos coeficientes varían, para los análisis forzando el DAP en el modelo predictivo, entre 17 y 75%, lo que puede considerarse en general, pobre.

En el caso de **E. nitens** de 4 años, la regresión con predictores a nivel del DAP y 25% HC parece ser razonablemente buena ($R^2 = 75\%$), pero no lo es tanto el modelo para 8 años que tiene como predictores la base y el DAP, con un $R^2 = 58\%$.

Sin forzar el DAP

En una segunda etapa de esta parte del estudio se consideró no forzar la inclusión de determinación a nivel del DAP en la ecuación de regresión.

Para **E. globulus**, en este caso, la altura comercial aparece como un predictor significativo, generalmente junta al 25% HC, en los grupos de edad 4, 6 y 10 años. Para árboles de 8 años, las determinaciones importantes son las que deberían hacerse al 25 y 75% de la altura comercial.

Para **E. nitens** estos modelos se ajustan un poco mejor que los anteriores, con coeficientes de determinación entre 43 y 73%. En estos casos, las determinaciones en el 25% HC o más aparecen como predictores significativos, salvo para el grupo de 8 años de edad, El modelo para este grupo es muy similar al anterior.

Mejores Modelos Ajustados por Especie/edad

Se puede apreciar en las Cuadros anteriores (Cuadros Nº 11 y 12) que la confiabilidad de las predicciones para **E. globulus** es pobre en las edades extremas (4 y 10 años), siendo que será razonablemente buena si se hace sobre árboles de 6 y 8 años. Debe hacerse notar que el modelo para árboles de 10 años es el menos eficiente. Para **E. nitens** la confiabilidad de las predicciones es pobre en las edades intermedias (7 y 8 años), siendo razonablemente buena si se hace sobre árboles más jóvenes (4 años) o más maduros (11 años). En todo caso, la predicción dentro del grupo de 7 años es mala.

INFOR

CONCLUSIONES

No se observó que la posición en la determinación con el Pilodyn (norte, sur, este y oeste) presente variaciones. Por lo tanto es innecesario corregir las determinaciones hechas con el Pilodyn respecto al diámetro o perímetro. Esto puede ser válido para los árboles de estas edades (en general, de poco diámetro) pero no debe considerarse una generalización para árboles de mayor edad.

Las mejores funciones obtenidas son económicas, en cuanto a que sus argumentos son dos. Estos argumentos implican determinar densidad con Pilodyn a alturas DAP y 25% de la altura comercial.

Las predicciones son buenas, en general, si se aceptan variaciones en la densidad predicha de alrededor de ± 30 kg/m³, tanto para **E. globulus**, como para **E. nitens**. Sin embargo, si se requieren niveles de precisión de ± 10 kg/m³, podemos apreciar que para **E. globulus** los modelos para seis y ocho años se aproximan sólo a un 45% de acierto, mientras que en **E. nitens**, el modelo para cuatro años alcanza un 62.5% de acierto y el modelo para 11 años alcanza sólo un 50% de acierto.

El efecto material genético (procedencia) y tecnología silvicultural (más o menos intensiva) afectó significativamente las predicciones con Pilodyn para las edades señaladas.

Aunque los análisis sugieren que una determinación con Pilodyn es suficiente, por normales razones de precaución se recomienda efectuar tres mediciones en torno al tronco en ángulos de 120° aceptando las recomendaciones del fabricante del Pilodyn, como una forma de compensar errores de determinación promedio del Pilodyn.

BIBLIOGRAFIA

Akoun, J., Adedire, M.O. and Emefiele, A. 1985. Preliminary Study of Wood Density Variations in some Provenances of **Gmelina arborea** Roxb., using the Pilodyn wood Tester. Proceedings, 15th annual Conference of the Forestry Association of Nigeria, Yola, 25-29 November. Edited by Okojie, J.A.; Okoro, O.O. Tree Breeding Sta., For, Res. Inst. Nigeria, P.M.B. 5054, Ibadan, Nigeria. Nigeria; Forestry Association of Nigeria.

Arbuthnot, A.L. 1991. The Influence of Basic Wood Density of Eucalypts on Pulp and Paper Properties. IUFRO. Symposium. Intensive Foresty: The role of Eucalypts. Durban. South Africa.

INFOR

Cown, D.J., 1978. Comparison of Pilodyn and Torsiometer Methods for Rapid Assessment of Wood Density in Living Tress Source. N.S. J. Foresty Sci, 8 (3): 384-391 (Dec.). 5 Fig. 9 Ref. Document Type: Journal Article.

Giefing, D. and Lewark, S., 1990. Wood Density of Beech in Stands in Berlin and North Poland. Forstarchiv., 61 (1): 6-10 (13 ref.).

Gorlacher, R., 1987. Non-destructive Testing of Wood: an in Situ Method for Determination of Density. Versuchsanstalt fur Stahl, Holz und Steine, Univ. Karlsruhe, German Federal Republic. Holz als Roh-und Werstoff, 45 (7): 273-278 (14 ref.).

Gough, G. and Barnes, R.D., 1984. A comparison of Three Methods of Wood Density Assessment in a **Pinus elliottii** Progeny Test. For. Res. Centre, Highlands, Zimbabwe. South African Forestry Journal., Nº 128: 22-25 (6 ref.).

Hall, J.P., 1988. Using the Pilodyn Tester in Selecting Plus Trees. Northern Journal of Applied Forestry., 5 (3): 170-171 (9 ref.).

King, J.N., Yeh, F.C., Heaman, J.C. and Dancik, B.P., 1988. Selection of Wood Density and Diameter in Controlled Crosses of Coastal Douglas-fir. Silvae Genetica, 37 (3-4): 152-157 (28 ref.).

King, J.N. and Burdon, R.D., 1991. Time Trends in Inheritance and Projected Efficiencies of Early Selection in a Large 17 Year-old Progeny Test of **Pinus radiata**. Canadian Journal of Forest Research = Journal Canadien de Recherche Forestiere. Aug. v. 21 (8): 1200-1207.

Lewark, S. and Giefing, D., 1983. Initial Results of Density Determination in Beech and Spruce using the Pilodyn Wood Testing Apparatus. Forst- und Holzwirt., 38 (20): 517-521 (16 ref., 1 pl).

Moura, V.P.G., Barnes, R.D. and Birks, J.S.A., 1987. Comparison of Three Methods of Assessing Wood Density in Provenances of **Eucalyptus camaldulensis** Dhnh. and other **Eucalyptus** Species in Brazil. Australian Forest Research, 17 (2); 83-90 (8 ref).

Nepveu, G. and Velling, P., 1983. Individual Genetic Variability of Wood Quality in **Betula pendula**. INRA, Sta. de Recherches sur la Qualite des Bois, Centre de Recherches Forestieres de Nancy, Champenoux, 54280 Seichamps, France. Folia Forestalia, Institutum Forestale Fenniae., 575:21 pp. (32 ref.).

Nicholls, J.W.P., 1985. A New Method for Determining Wood Density in the Standing Tree. Australian Forest Research, 15 (2): 195-206 (14 ref.).

INFOR

Notivo, E., Gil, L.A. and Pardos, J.A., 1992. Wood Specific Density and Variability Estimation in **Pinus pinaster** Ait. Trees. (Universidad Politécnica de Madrid (Spain). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes). Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales, Jun 1992, v. 1 (1) p. 47. Notes: Graphs, numerical tables; 9 ref. ISSN: 1331-7965.

Okstad, T., 1986. Estimation of Wood Density in Standing Trees using the Pilodyn Wood Tester. Avdeling for skogteknogi, Norks Inst. Skogforskining, Boks 61, 1432 (ref. ISBN 82-7169-375-1 whole issue).

Sim, B.L. and Gan, E., 1991. Perfomance of Acacia Species on Four Sites of Sabah Forest Industries. Advances in Tropical Acacia Research. Proceeding of an international workshop held in Bangkok, Thailand, 11-15 February 1991 (edited by Turnbull, J.W.). Sabah Forest Indutries Sdn. Bhd. (SFI) W.D.T. 31, 89859 Sipitang, Sabah. Canberra, Australia; Australian Centre for International Agricultural Research. ACIAR Proceedings Series 1991. (Nº 35): 159-165 (4 ref.)

Sprague, J.R., Talbert, J.T., Jett, J.B. and Bryant, R.L., 1983. Utility of the Pilodyn in Selection for Mature Wood Specific Gravity **in loblolly pine**. Forest Science, 29 (4): 696-701 (18 ref.).

Yanchuk, A.D. and Kiss, G.K., 1993. Genetic Variation in Growth and Wood Specific Gravity and its Utility in the Improvement of Interior Spruce in British Columbia. Silvae Genetica, 42: 2-3.

INFOR

TEMA II

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE PLANTACIONES

INFOR

PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES OF EUCALYPTUS STRATEGIES TO INCREASE PRODUCTIVITY

Robin N. Cromer (*)

ABSTRACT

Eucalypts are being planted on a vast scale around the globe. They have developed physiological attributes that help them survive during times of environmental stress but also permit them to grow very rapidly when conditions are favourable. A knowledge of the physiological adaptations exhibitied by eucalypts should help plantation managers develop treatments to maximise productivity.

Dry matter production in eucalypts, like other crops and trees, is directly related to the amount of radiant energy intercepted by foliage so a major objetive of silvicultural treatments should be to maximise leaf area. Assimilation of carbon dioxide through photosynthesis is enhanced by high levels of irradiance and high nutrient concentrations in foliage. Nutrients are redistributed so that foliage on the periphery of a canopy, which receives the most light, also has the highest nutrient concentrations.

Seedlings initially produce leaves with a large specific leaf area (surface are relative to mass). Compared with impoverished seedlings, those with a high nutrient status produce leaves with larger specific leaf area, enabling them to intercept more light with the same dry matter. However, specific leaf area declines rapidly as tree size increases and the benefit of high nutrient status is lost rapidly. Plants that are well supplied with nutrients also allocate a higher proportion of carbon to foliage than to roots, which further enhances the beneficial effect of nutrients on growth.

Information is now available on many of the physiological attributes of eucalypts including: carbon assimilation in response to irradiance and nutrition, changes in dry matter allocation and specific leaf area in response to environmental factors, and increasing allocation to stem relative to foliage as tree size increases. In virtually every case, the potentially positive effect these attributes can have on leaf production and growth is greatest soon after planting. Silvicultural treatments that aim to reduce environmental stress will be most beneficial for small trees and in some cases will be ineffective on older trees.

(*) CSIRO Division of Forestry, Locked Bag Nº 2. P.O. Sandy Bay, Tasmania 70005, Australia.

INFOR

Productivity of Eucalypt Plantations

On a global basis, Eucalyptus plantations have been established over an area that probably exceeds 8 million ha and could exceed 10 million ha by the year 2000 (Turnbull, 1991). A major reason for this intense interest in development of eucalypt plantations is the ability of many species in the genus to grow rapidly over a range of climatic zones. Yields from intensively managed plantations in Brazil are commonly 20-30 $m^3/ha^{-1}\ a^{-1}$ but in some cases growth rates of up to 100 $m^3\ ha^{-1}\ a^{-1}$ have been reported (Zobel, 1988). Bud, leaf and shoot development in eucalypts tends to be continuous and occurs, whenever environmental conditions are favourable and there is no requirement for rest or over wintering (Cremer **et al.**, 1978; Jacobs, 1955). The capacity for indeterminate growth is a major reason why eucalypts can take advantage of, and grow so rapidly in favourable environments.

The potential growth rate of eucalypts and other plants is determined by genetics but realisation of that potential is dependent on climatic factors, site characteristics and silvicultural inputs. The importance of treatments to ensure good soil tilth, eliminate competing weed growth and provide adequate nutrients are well recognised by most plantation owners. However, eucalypts are very sensitive to environmental constraints and we need to be reminded of the poor growth that commonly results from inadequate attention to good silvicultural practice in plantations. For instance, **E. grandis** planted in small hand-dug pits without weed control grew to only 4,5 m in height and 3,9 cm diameter at breast height (DHB) after 3 years, compared with 11.3 m in height and 11.4 cm DBH following a complete treatment of ploughing, harrowing and cultivation (Schönau **et al.**, 1981). Fertilizer frequently provides an additional boost above full cultivation such as reported by Boden (1984) with **E. grandis** in Natal, South Africa.

Radiant energy from the sun is used by plants in photosynthesis to convert carbon dioxide from the atmosphere to organic carbon compounds for their growth, reproduction and respiration. Photosynthesis is driven by the visible or photosynthetically active (PAR) part of incident solar radiation. The upper limit of energy conversion in forest crops is probably about 6% (PAR) based on results from agricultural experiments (Jarvis and Leverenz, 1983). Linder (1985) calculated that if all incident radiation (PAR) was intercepted and converted to biomass with a conversion efficiency of 6%, the potential biomass production in Australia would range from 80 $t\ ha^{-1}\ a^{-1}$ in Hobart (2.6 $GJ\ m^{-2}\ a^{-1}$) to 110 t ha-^{1}

INFOR

a^{-1} in northern Australia (3.7 GJ m^{-2} a^{-1}). Maximum reported values of productivity lie well below these estimates of potential production.

Eucalypts posses a number of physiological adaptations that help them tolerate environmental stress such as drought, nutrient deficiencies, and fire. Under plantation conditions, many constraints can be removed and knowledge of these physiological characteristics can help plantation managers develop strategies for increasing productivity.

Light interception by foliage

Dry matter production in temperate agricultural crops was found to be linearly related to cumulative radiant energy intercepted by foliage (Monteith, 1977) and the relationship was subsequently demonstrated to hold for woody plants (Jarvis and Leverenz, 1983). A simple model (Lambert-Beer's law) used to estimate the transmission of light in a canopy requires knowledge of the lux density of radiation above the canopy, leaf area index (LAI) of the crop and a factor known as the light extintion coefficient (Linder, 1985). Few data have been reported on light extinction coefficients for eucalypts (mainly dependent on leaf angles in the canopy) but a value of 0.5 has commonly been used.

A number of examples cited below demonstrate a linear relationship between dry matter production and radiant energy intercepted by foliage in eucalypts.

-A linear relationship between above-ground biomass production and intercepted radiation was demonstrated in **E. globulus** aged between 2 and 9.5 years in Victoria, Australia as shown in Figure Nº 1a (Linder, 1985). The original studies on which this relationship was based showed that leaf mass (and hence leaf area and intercepted radiation) was determined by the availability of nutrients from various fertilizer treatments (Cromer and Williams, 1982).

-A direct relationship between above-ground biomass production and intercepted radiation was shown for **E. nitens** and **E. delegatensis** aged between 1 and 3 years (Figure Nº 1b) in Tasmania, Australia (Turnbull **et al.**, 1988).

-Further analysis of the experiments reported by Turnbull **et al.** (1988) which included **E. globulus** (Beadle and Inions, 1990), showed the relationship was virtually identical to that reported by Linder (1985). **E. globulus** and two provenances of **E. nitens** (subgenus Symphyomyrtus) had higher

INFOR

rates of leaf area development and were thus more productive than **E. delegantesis** (subgenus Monocalyptus).

-Current annual increment in two provenances of **E. nitens** aged 3 and 4 years in Tasmania, Australia, increased directly with LAI (Beadle and Mummery, 1990). Trees of the "Toorongo" provenance retain their juvenile leaves for longer than those of the "Errinundra" provenance but the study demonstrated that higher growth rates in the Toorongo provenance were due only to greater leaf area, not to differences in efficiency of foliage type.

-Net primary production (NPP) of **E. globulus** aged 3 years in Portugal was directly related to intercepted solar radiation (Pereira, 1990). Differences in productivity shown in Figure Nº 1c, resulted from four contrasting treatments including a control (nil), fertilized only, irrigated only and irrigation plus fertilizer. The fitted line in this case does not pass through the origin and there may be different slopes with and without irrigation.

-A direct relationship between NPP and annual absorbed PAR was demonstrated in **E. grandis** age 1-3 years in Queensland, Australia (Leuning **et al.**, 1991a). Differences in productivity and absorbed PAR shown in Figure Nº 1d, resulted from comparisons between unfertilized and heavily fertilized plots.

Values of LAI reported across mature natural eucalypt forest types in Australia varied between 0.8 and 6 (Linder, 1985). Beadle and Mummery (1990) reported LAI values for eucalypt plantations of up to 6 but a LAI of about 4 is required to intercept a high proportion of incident radiation. In short rotation crops, the time from planting to full canopy development must be as short as possible to maximise interception of solar energy. Given the direct link between intercepted radiation and productivity shown above, this paper examines the physiological atributes of eucalypts that influence foliage production and thus impact directly on growth and wood production.

Carbon gain through photosynthesis

Solar energy drives the process of photosynthesis in which carbon dioxide is assimilated through stomatal pores in foliage and converted to sugars and other organic compounds. The process proceeds more rapidly at high light intensity with the relationship generally fitting a non-rectangular hyperbolic function. Nutrient limitations in foliage reduce the maximum assimilation rate that can be achieved under any given light regime. For instance, Figure Nº 2 shows that nitrogen concentrations in foliage exert a profound influence on the maximum rates of assimilation that can be achieved in **E. grandis**, particularly at high light intensities (Leuning **et al.**, 1991b).

INFOR

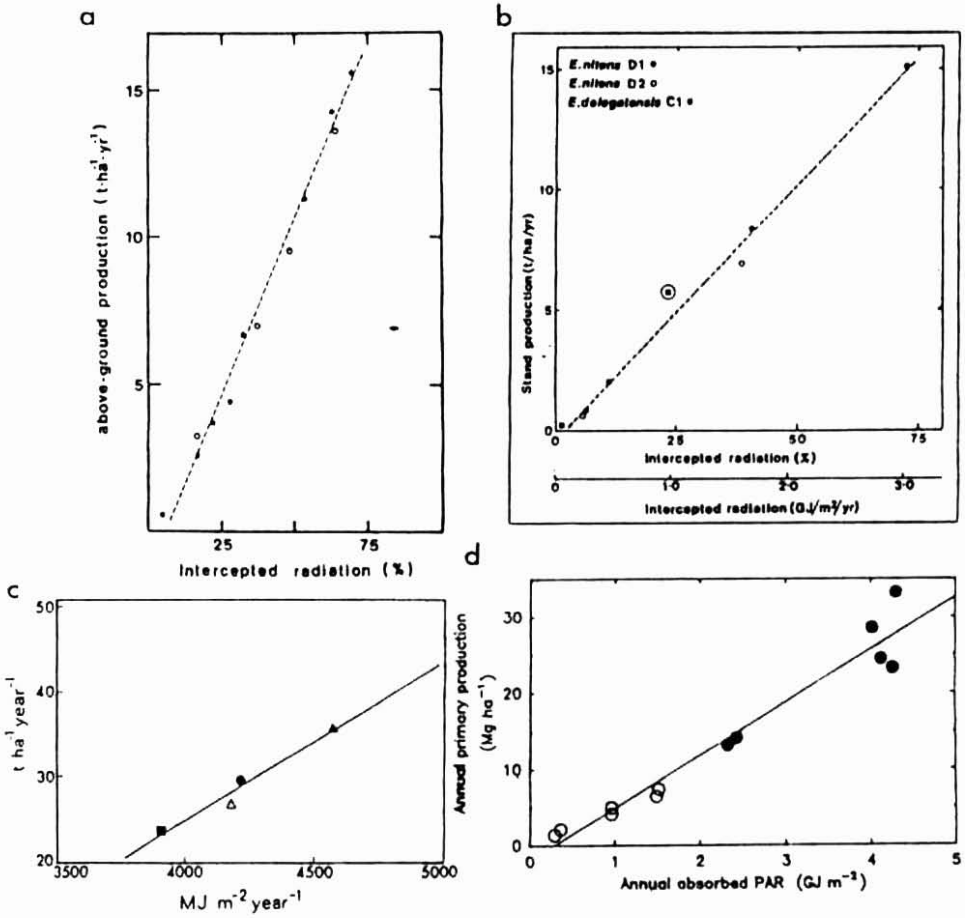


Figura Nº 1 **PUBLISHED RELATIONSHIP BETWEEN PRODUCTIVITY AND INTERCEPTED RADIATIN:**

a) **E. globulus** in Victoria, Australia (Figure Nº 2, Linder, 1985).
b) **E. nitens** and **E. delegatensis** in Tasmania, Australia (Figure Nº 3, Turnbull **et al.**, 1988).
c) **E. globulus** in Portugal (Figure Nº 1, Pereira, 1990).
d) **E. grandis** in Queensland, Australia (Figure Nº 11, Leuning **et al.**, 1991b).

INFOR

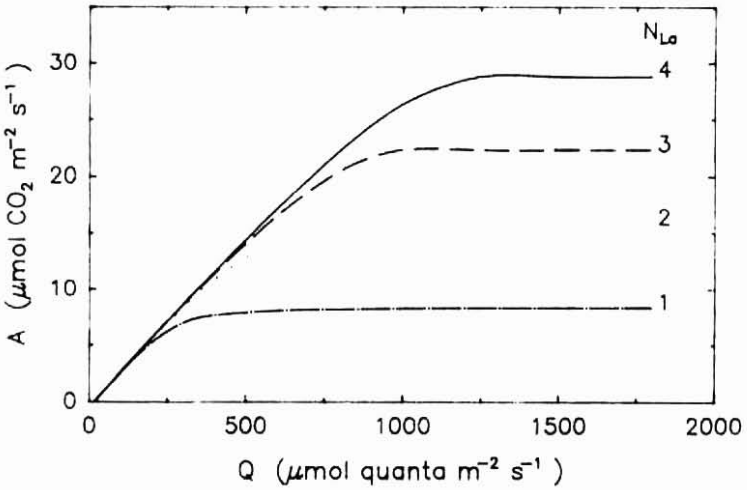


Figura Nº 2 **LIGHT RESPONSE CURVES PREDICTED FOR LEAVES WITH ONE OF FOUR LEVELS OF NITROGEN (area basis). (Figure Nº 7, from Leuning et al., 1991b)**

A curvilinear relationship was observed in **E. grandis** between the rate of assimilation at non-limiting light (photosynthetic capacity) and leaf nitrogen concentration (dry matter basis, Sands **et al.**, 1992). A similar relationship was found between photosynthetic capacity and leaf phosphorus concentration (area basis, Kirschbaum and Tompkins, 1990). On the other hand, Sheriff (1992) found that a straight line relationship between photosynthetic capacity and nitrogen concentration (area or mass basis) was satisfactory in **E. globulus** and **E. camaldulensis.**

Nutrient distribution

Photosynthetic carbon gain over the canopy of a plants is likely to be maximised when leaves receiving the highest irradiance have the highest nitrogen contents (Field, 1983). Distribution of nitrogen and phosphorus measured in **E. grandis** supported this theory such that high concentrations occurred at the top and sides of individual canopies and decreased downwards and inwards (Leuning **et al.**, 1991b). Model simulations showed that this pattern of nutrient distribution produced higher carbon gains than alternative arrangements (Leuning **et al.**, 1991a). Compared with unfertilized trees (Figure Nº 3a), those that had received a heavy fertilizer treatment (Figure Nº 3b) contained substantially higher canopy nitrogen concentrations

INFOR

after 6 months (Leuning **et al.**, 1991b). Photosynthetic capacity of leaves in fertilized trees was substantially higher at this age than in unfertilized trees. However, after 16 months, differences in patterns of nitrogen concentration between unfertilized (Figure Nº 3c) and fertilized canopies (Figure Nº 3d) had diminished, with concentrations of 25-30 mg g^{-1} in upper crowns of trees from both treatments.

Leaf area: mass relationships

Nutrients have a substantial influence on SLA, particularly in young seedlings when values are high. For instance (Figure Nº 4), variation in plant nitrogen concentrations of 12-35 mg g^{-1} in **E. grandis** seedlings produced a range in SLA values of 20-35 m^2 kg^{-1} (Cromer and Jarvis, 1990). Differences in SLA of **E. globulus** seedlings from different nitrogen treatments was reported by Pereira **et al.** (1992) with values around 25 m^2 kg^{-1} for the high and 20 m^2 kg^{-1} for the low treatment after 50 days. Kirschbaum **et al.** (1992) observed a curvilinear relationship between SLA and leaf phosphorus concentration in **E. grandis**, with values of SLA ranging from 15-35 m^2 kg^{-1} over a range of 0.5 to 4.0 g kg^{-1} in phosphorus concentrations.

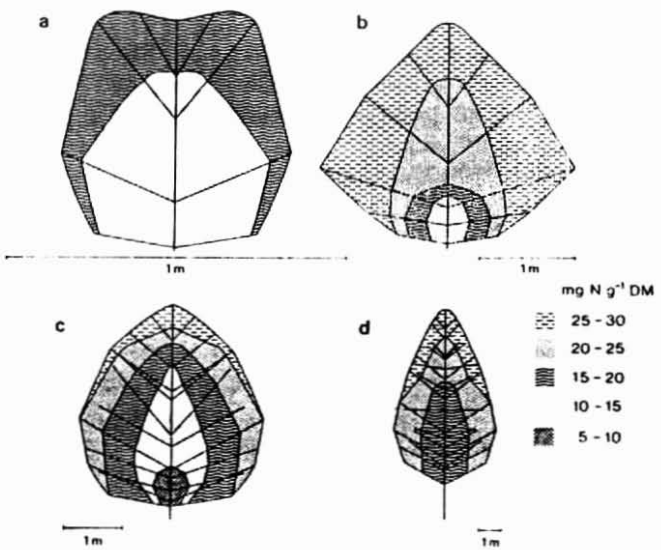


Figura Nº 3 **CONTOUR DIAGRAMS OF NITROGEN DISTRIBUTION IN THE CANOPIES OF E. grandis SAPLINGS.**

a) 6 months no fertilizer, b) 6 months fertilized, c) 16 months no fertilizer, d)16 months fertilized (Figure Nº 1, Leuning **et al.**, 1991b)

INFOR

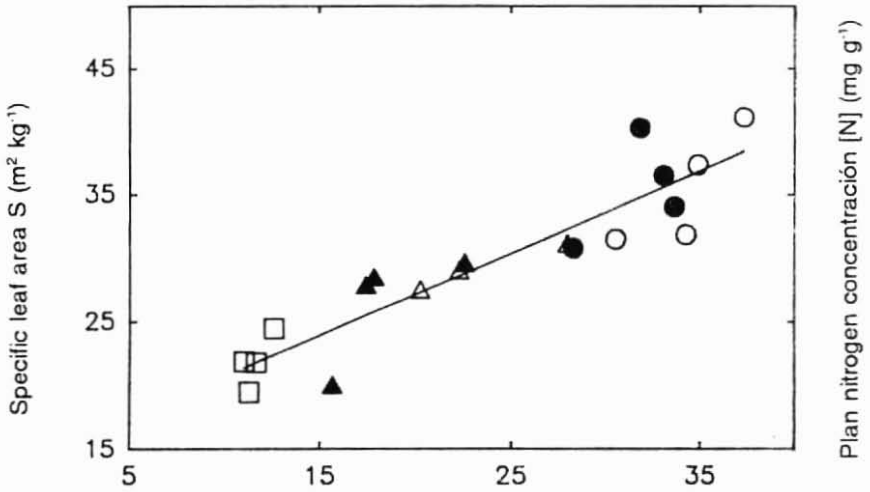


Figura Nº 4 **RELATIONSHIP BETWEEN SPECIFIC LEAF AREA AND NITROGEN CONCENTRATION IN E. grandis**
(Cromer and Jarvis, 1990)

Eucalypts also undergo a drastic change in SLA during the sapling stage. Seedlings start off with a SLA similar to most deciduous trees (> 20 m^2 kg^{-1}) but within a few years values have fallen closer to 5 m^2 kg^{-1} (Linder, 1985). This strategy would initially enable a high LAI to be established with a relatively low investment in biomass, but later when there is likely to be competition for water, developing leaves become more sclerophyllous and thus more drought resistant.

Few data have been reported showing interactions between the decline in SLA as trees age and differences due to nutrition. However, Leuning **et al.** (1991b) reported that SLA from fertilized and non-fertilized **E. grandis** declined in a similar manner from values of about 16 m^2 kg^{-1} at 6 months to about 8 m^2 kg^{-1} at 16 months. Unpublished data for **E. grandis** saplings (S. Rance, personal communication) indicate that SLA decreased linearly with (log of) increasing tree size. However, differences in SLA due to fertilizer treatment were maintained until values fell below 10 m^2 kg^{-1}, after which differences were of little significance.

Carbon allocation

The main product of agricultural crops is grain or fruit, and improvements in agricultural production have predominantly resulted from genetic selection or cultural treatments that have improved harvest index (HI) by increasing allocation to the harvested component. By comparison, the main product of commercial forestry operations is stemwood, but HI of tree crops is poorly known and variation in HI with species and provenance

INFOR

and its dependence on environmental variables has scarcely been investigated (Jarvis and Leverenz, 1983).

However, it is known that mineral nutrition can greatly influence the distribution of dry matter between roots and shoots of forest trees (see review by Linder and Rook, 1984). For example, nutrient stress in **E. delegatensis** seedlings caused a substantial shift in allocation away from above-ground components to roots (Cromer **et al.**, 1984) and seedlings of **E. globulus** grown under a high nitrogen supply had makedly lower root to shoot ratios than those under a low nitrogen supply (Pereira **et al.**, 1992). Water availability can also influence allocation and plants can adapt to dry environments by reducing leaf growth relative to roots. For instance, when grown under identical conditions, eucalypt species from relatively arid environments allocated a greater proportion of dry matter to roots than those from moister coastal environments (Mooney **et al.**, 1978). A strategy to increase allocation below ground to seek additional resources in times of water or nutrient stress would be expected to aid survival. On the other hand, silvicultural treatments that reduce nutrient and water stress in plantations will enhance production of stem wood.

There is a widely held belief that a functional equilibrium exists between the size and activity of shoots, which fix carbon, and the size and activity of roots, which take up water and nutrients (Cannell, 1985). However, relationships between roots and shoots in perennial species are complex as carbon is continuously allocated to stems which provide support but do not contribute to acquisition of carbon, nutrients or water. Cannell (1985) noted that modelling approaches to carbon allocation developed primarily for agricultural crops are relevant to tree crops if roots are redefined only as fine roots and shoots only as foliage.

In seedlings of **E. grandis**, allocation of dry matter to stems compared with foliage increased with ontogeny and the allometric relationship was not influenced by plant nitrogen status (Figure Nº 5a). Similar results were found with **E. grandis** seedlings when phosphorus was the controlling variable (Kirschbaum **et al.**, 1992). Changes in allocation from leaf mass to stem mass with increasing size has also been reported during the first two years after planting in **E. nitens** plantations (Beadle and Turnbull, 1986). By comparison, the intercept of the allometric relationship between root mass and foliage mass in **E. grandis** seedlings was dependent on nitrogen concentration, but as shown in Figure Nº 5b, the slope was close to unity at all nitrogen concentrations (Cromer and Jarvis, 1990).

INFOR

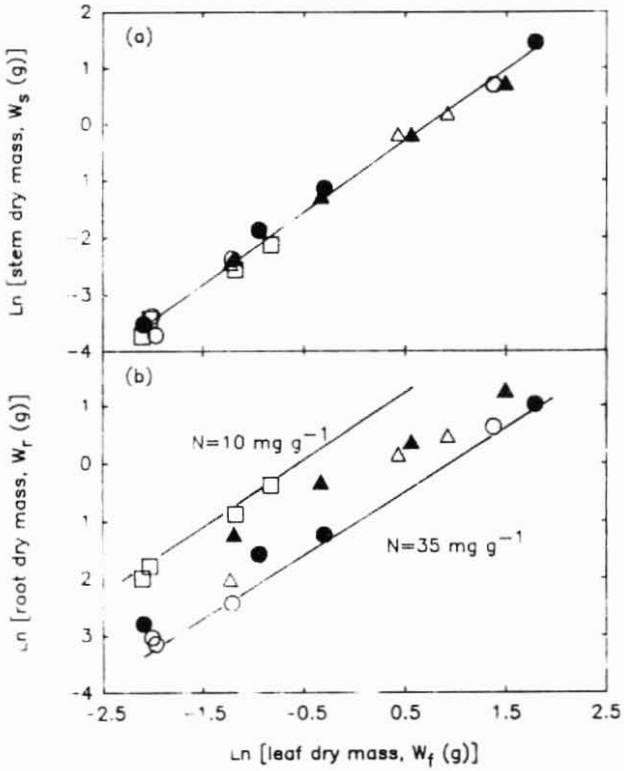


Figura Nº 5 **ALLOMETRIC RELATIONSHIPS BETWEEN BIOMASS COMPONENTS OF E. grandis UNDER FIVE NITROGEN TREATMENTS** (Fig. Nº 3; Cromer and Jarvis, 1990)

A change in the relative rate at which nutrients are supplied to plant roots will lead to a change in overall plant nutrient status (concentration on a dry matter basis). However, even in small seedlings such changes in concentration occur slowly and this period has been called the "lag phase" (Ingestad, 1986). In large trees, a change in tissue nutrient concentrations resulting from a change in the rate of nutrient supply would occur very slowly, as would consequent changes in allocation of carbon.

Water use efficiency

Availability of soil moisture is a key factor in determining the productivity of eucalypts in Australia (Stewart **et al.**, 1988), and shedding of foliage in one mechanism used to avoid mortality during periods of severe drought (Pook, 1986). A comparison of growth and water use in two contrasting species of eucalypts in Tasmania, Australia showed that stem volume growth of **E. nitens** was less sensitive to water stress than that of **E. delegatensis** (Honeysett **et al.**, 1992). Water use efficiency, expressed as volume

INFOR

increment per unit evapotranspiration, was consistently higher in **E. nitens** and this effect was more pronounced as water became more limiting. Availability of water is frequently a limiting factor in productivity of eucalypt plantations and these results show that differences between species in water use efficiency should be exploited.

DISCUSSION

Results presented from the literature show clearly that dry matter production of eucalypts, in common with other plants and trees, is directly related to interception of radiant energy from the sun. When grown under plantation conditions, strategies are required to ensure that canopy closure occurs as rapidly as possible and that leaf area is maximised.

Maximum rates of carbon assimilation are achieved in leaves that receive high levels of irradiance (about half full sunlight) and have high concentrations of the major nutrients. Nutrients are retranslocated from foliage that is low in the canopy (shaded) to foliage that is high in the canopy (well lit) which improves overall perfomance of the canopy. The assimilation rate of foliage that is shaded by weeds will be below optimum and more importantly, if the whole crown is shaded, the plant cannot compensate by retranslocating nutrients.

Eucalypts established on impoverished soils grow slowly. They initially have low concentrations of nutrients in their crowns and thus have low rates of carbon assimilation. However, despite slow rates of growth, nutrient concentrations in foliage gradually increase and assimilation rates improve. However, biomass of foliage and leaf area of plantations on poor soils (without fertilizer) are well below levesl achieved by those on fertile soils and cannot reach the same productivity without supplementary nutrients.

Young seedlings produce foliage with very large areas per units mass. In addition, seedlings provided with high rates of nutrient supply produce foliage that has up to twice the area per unit mass compared with seedlings on low rates of supply. Thus for seedlings with the same foliage biomass, those under a high nutrient regime may have twice the leaf area and potentially twice the growth rate of seedlings under a low nutrient regime. However, under field conditions, SLA declines rapidly as saplings increase in size regardless of nutrient regime. The advantage bestowed on nutrient rich foliage by a large SLA is greatest when seedlings are small, shortly after planting, but declines and is of no benefit by the time trees have closed canopy. It seems unlikely that even heavy applications of fertilizer made after canopy closure would influence SLA and the opportunity to benefit from this physiological attribute must be taken early.

While above ground carbon allocation initially favours foliage, this gradually changes to favour stem (with increasing tree size), but nutrient regime has no effect on this process. However, nutrient status has a major influence over allocation of dry matter

INFOR

between foliage and fine roots, with a high nutrient regime favouring allocation to foliage. The relative allocation of dry matter between foliage and root components remains stable unless nutrient status changes. A change (up or down) in rate of nutrient supply to roots alters both growth rate and tissue nutrient concentrations but the rate of change will be substantially slower in large trees than in saplings or seedlings. The greatest benefit from a large carbon allocation to foliage through improved nutrition occurs while trees are relatively small, while the lag time required to change nutrient status is short and allocation to foliage exceeds that to stemwood.

This paper provides no new information on silvicultural treatments to improve productivity. However, I hope it will provide new insights into some of the physiological adaptations in eucalypts that help them to avoid stress or respond rapidly to new resources. This knowledge should assist plantation managers to develop strategies to maximise productivity.

REFERENCES

Beadle, C.L. and Turnbull, C.R.A., 1986. Leaf and Branch Development in two Contrasting Species of **Eucalyptus** in relation to Early Growth and Biomass Production. pp 263-283. In (T. Fujimori and D. Whitehead, Eds.) Crown and Canopy Structure in Relation to Productivity. Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki, Japan.

Beadle, C.L. and Inions, G., 1990. Limits to Growth of Eucalypts and their Biology of Production. Chapter 17 pp 183-193. In (J.B. Dargavel and N. Semple, Eds.) Prospects for Australian Forest Plantations. Aust. National University, Canberra.

Beadle, C.L. and Mummery, D.C., 1990. Stand Growth and Development of Leaf Area Index in Young Plantations of **Eucalyptus nitens** at 2 x 2 m Spacing. N.Z. Ministry of Forestry. FRI Bulletin Nº 151: 254-257.

Boden, D.I., 1984. Early Responses to Different Methods of Site Preparation for Three Commercial Tree Species. pp 565-578. In Proceedings (D.C. Grey, A.P.G. Schönau & C.J. Schutz, Eds.) Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations. Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa. 30 April-11 May 1984. Vol. Nº 2.

Cannell, M.G.R., 1985. Dry Matter partitioning in Tree Crops. pp 160-93 In (M.G.R. Cannell and J.E. Jackson, Eds) Attributes of trees as crop plants. Inst. Terr.Ecol. Huntingdon, England.

Cremer, K.W., Cromer, R.N. and Florence, R.G., 1978. Stand Establishment, pp 113-135. In (W.E. Hillis and A.G. Brown, Eds.) Eucalyptus for Wood Production CSIRO, Melb.

Cromer, R.N. and Jarvis, P.G., 1990. Growth and Biomass partitioning in **Eucalyptus grandis** Seedlings in Response to Nitrogen Supply. Aust. J. Plant Physiol., 17: 503-515.

INFOR

Cromer, R.N. and Williams, E.R., 1982. Biomass and Nutrient Accumulation in a Planted **E. globulus** (Labill.) Fertilizer Trial. Australian J. Botany, 30: 265-278.

Cromer, R.N. Cameron, D.M. Rance. S.J. Ryan, P.A. and Brown, M., 1983. Response to Nutrients in **Eucalyptus grandis**. I. Biomass Accumulation. Forest Ecol. Manage. (in press).

Cromer, R.N., Wheeler, A.M. and Barr. N.J., 1984. Mineral Nutrition and Growth of Eucalyptus Seedlings. N.Z. J. Forestry Science, 14: 229-239.

Cromer, R.N., Cameron, D.M., Rance, S.J., Ryan, P.A. ana Brown, M., 1993. Response to Nutrients in **Eucalyptus Grandis.** I Biomass Acumulation. Forest Ecol. Manage. (in press).

Field, C., 1983. Allocation Leaf Nitrogen for the Maximization of Carbon gain: Leaf Age as a Control on the Allocation Program. Oecologia, 56:341-347.

Honeysett, J.L., Beadle, C.L. and Turnbull, C.R.A., 1992. Evapotranspiration and Growth of Two Contrasting Species of Eucalypts under Non-limiting and Limiting Water Availability. Forest Ecology and Manage., 50: 203-216.

Ingestad, T. and Lund, A.B., 1986. Theory and Techniques for Steady State Mineral Nutrition and Growth of Plants. Scand. J. For. Res., 1: 439-453.

Jacobs, M.R., 1955. Growth Habits of the Eucalypts. (Forestry and Timber Bureau, Department of the Interior, Comm. Govt. Printer: Canberra). 262 pp.

Jarvis, P.G. and Leverenz, J.W., 1983. Productivity of Temperate, Deciduos and Evergreen Forest. pp 233-280. In (O.L. Lange, P.S. Noble, C.B. Osmond and H. Ziegler, Eds.) Physiological Plant Ecology IV. Ecosystem Processes, Mineral Cycling, Productivity and Man's Influence. Springer-Verlag.

Kirschbaum, M.U.F. and Tompkins, D., 1990. Photosynthetic Responses to Phosphorus Nutrition in **Eucalyptus grandis** Seedlings. Aust. J. Plant Physiol., 17: 527-535.
Kirschbaum, M.U.F., Bellingham, D.W. and Cromer, R.N., 1992. Growth Analysis of the effects of Phosphorus Nutrition on Seedlings of **Eucalyptus grandis** . Aust. J. Plant Physiol., 19: 55-66.

Leuning, R., Wang Y.P. and Cromer, R.N., 1991a. Model Simulations of Spatial Distributions and Daily Totals of Photosynthesis in **Eucalyptus grandis** canopies. Oecologia, 88: 494-503.

Leuning, R., Cromer, R.N. and Rance, S., 1991b. Spatial Distributions of Foliar Nitrogen and Phosphorus in Crowns of **Eucalyptus grandis**. Oecologia, 88: 504-510.

Linder, S., 1985. Potential and Actual Production in Australian Forest Stands. pp 11-35. In (J.J. Landsberg and W. Parsons.Eds.) Research for Forest Management. CSIRO Division of Forest Research. 21-25 May 1984, Canberra.

INFOR

Linder, S. and Rook, D.A., 1984. Effects of Mineral Nutrition on Carbon Dioxide Exchange and Partitioning of Carbon in Trees. pp. 211-236. In (G.D. Bowen and E.K.S. Nambier, Eds). Nutrition of Plantation Forests. Academic Press, London.

Monteith, J.L., 1977. Climate and Efficiency of Crop Production in Britain. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B., 281: 277-294.

Mooney, H.A. Ferrar, P.J. and Slatyer, R.O., 1978. Photosynthetic Capacity and Carbon Allocation Patterns in diverse Growth Forms of **Eucalyptus**. Oecologia, 36 :103-111.

Pereira, J.S., 1990. Whole-plant Regulation and Productivity in Forest Trees. pp 237-250. In (W.J. Davies and B. Jeffcoat, Eds.). Importance of root to shoot communication in the response to environmental stress. Brit. Soc. for Plant Growth Regulation, Monograph 21. Univ. Lancaster, 13-15 Sept. 1989.

Pereira, J. S. Chaves, M.M., Carvalho, P.O., Caldeira, M.C. and Tomé, J., 1992. Carbon Assimilation, Growth and Nitrogen Supply in **Eucalyptus globulus** Plants. In (J. Roy & E. Granier, Eds.). Whole-plant Perspectives of Carbon Nitrogen Interactions. SPB Publish, The Hague (in press).

Pook, E. W., 1986. Canopy Dynamics of **Eucalyptus maculata** Hook. IV Contrasting Responses to Two Severe Droughts. Australian Journal Botany, 34: 1-14.

Sands, P.J. Cromer, R.N. and Kirschbaum, M.U.F., 1992. A Model of Nutrient Response in **Eucalyptus grandis** Seedlings. Australian Journal Plant Physiology, 19: 459-470.

Schönau, A.P.G., van Themaat, R.V. and Boden, D.I., 1981. The Importance of Complete Site Preparation and Fertilising in the Establishment of **Eucalyptus grandis**. South African Forestry Journal, 116: 1-10.

Sheriff, D.W., 1992. Roles of Carbon Gain and Allocation in Growth at different Nitrogen Nutrition in **Eucalyptus camaldulensis** and **Eucalyptus globulus** Seedlings. Aust. J. Plant. Physiol., 19: 637-652.

Stewart, H.T.L., Hopmans, P., Flinn, D.W., Hillman, T.J. and Collopy, J., 1988. Evaluation of Irrigated Tree Crops for Land Disposal of Municipal Effluent at Wodonga. Technical Rep. Nº 7. Albury-Wodonga Development Corp. 28. pp.

Turnbull, C.R.A., Beadle, C., Bird, T., McLeod, D.E., 1988. Volume Production in Intensively-Managed Eucalypt Plantations. Appita, 41: 447-450.

Turnbull, J.W., 1991. Future use of Eucalyptus: Opportunities and Problems, pp 2-27. In Proceedings (A.P.G. Schönau, Ed.) Symposium on Intensive Forestry: The Role of Eucalypts, Durban, South Africa 2-6 September 1991. South Afr. Inst. Forestry.

Zobel, B., 1988. Eucalyptus in the Forest Industry. Tappi, 71 (12): 42-46.

INFOR

THE SUSTAINABLE SILVICULTURE OF COMMERCIAL EUCALYPT PLANTATIONS IN SOUTH AFRICA

W. Kevin Darrow (1)

ABSTRACT

The success of the South African forestry industry has been based on the intensive management of fast-growing species exotic forestry trees. The decade from 1982 to 1992 saw a rapid expansion in the extent of the estates of the various forestry enterprises and rise in the intensity of forest management practices. Much of the effort has been expended into increasing the production of eucalypts as a source of hardwood pulp.

The severe losses of trees and timber caused by the intense 1992 drought has raised the question as to whether such levels of forestry production, as have been achieved, are sustainable in many or even most estates of the industry?. Since all forestry enterprises express the desire to achieve the aim of "sustainable yield", what is being done to assure this goal?.

Many new practices and ideas habe recently been introduced by South African forestry research and management personnel into intensive eucalypt silviculture in order to lessen the impact of forestry management practices. These are at best short-term solutions.

The idea of "sustainability" in forest timber production however will require a profound improvement in the understanding of how trees grow and the limitations of the sites on which they are planted. The first steps have been taken in South Africa to define what needs to be known about "site" and study those factors controlling tree growth that are no well known -water usage and root development. The more difficult path will be to support the long-term research and development needed to make such an idea into a practical policy.

(1) Programme Director : Silviculture, Institute for Commercial Forestry Research. P.O. Box 375. Pietermaritzburg, 3200 Republic of South Africa.

INFOR

INTRODUCTION

During 1992 a severe drought ravaged major parts of South Africa. An estimated 162,000 hectare of commercial forestry plantations were severely affected by the drought while 29,400 ha died. The projected loss in timber volume was 6,7 million cubic meters with a value of US$ 135 million (FOA, 1993). This loss in equal to 40.4% of the estimated total annual timber volume harvest for a normal year in South Africa (DWAF, 1992).

Eucalypt plantations suffered very heavily during this period. No less than 9,500 ha of the major commercial eucalypt species, **Eucalyptus grandis**, died and 1,5 million cubic meters of wood production was lost (FOA, 1993).

The ocurrence of this drought, which came after the prolonged wet period from 1884 to 1991, has raised serious questions as to the sustainability of current levels of intensive plantation silviculture in South Africa. Can a basically dry country, where 75% of the land surface area receives less than 500 mm per year, afford to continue expanding its commercial forestry plantations or can it support ever increasing intensities of wood production on the hectares it already has?.

The drought has wonderfully concentrated the thoughts of forest researchers and managers on the question of sustainability and the needs to develop an integrated philosophy of silviculture to reduce the negative impacts of forest management on intensively cultivated plantation sites.

This paper will present a brief resume of the situation of eucalypt silviculture in South Africa as of the middle of 1993 and some indications as to the directions that South African forestry managers and researchers are taking to insure that economically acceptable levels of timber production can be maintained for the indefinite future.

Many of the methods and ideas presented here are still in the early stages of discussion and implementation. There is no readily available summary of these thoughts-just references drawn principally from very recent research bulletins and annual reports where these ideas have been first presented.

INFOR

EUCALYPT FORESTRY IN SOUTH AFRICA

Eucalypts were introduced to South Africa during the British colonial period (1803-1910), mostly for use as ornamental trees, for windbreaks and for use as firewood. The first species introduced was **Eucalyptus globulus** that arrived with a new governor in 1823 (Poynton, 1979).

The development of commercial forestry plantation of eucalypts began with the discovery of gold in 1887 in the central part of the Transvaal Republic, where the city of Johannesburg now stands. As the area was located in a natural, but sparse, savanna woodland, large amounts of wood for mine props, construction and firewood were scarce. Local farmers, and the mining companies began to plant eucalypts on a large scale to supply the timber needs of the mines and the new cities (van der Zel & Brink, 1980).

From the 1880s until the 1970s most of the eucalypt plantations were located either near the gold mines or, at least, dedicated to the production of mining timber. The major change came with the development of the hardwood pulping industry in the late 1960s. Suddenly the big integrated forestry companies, who previously had concentrated on the production of pine sawnwood and pulp, began to buy out the smaller companies that produced eucalypt wood for sale to the mines. The enormous wave of consolidations among companies, as well as the rapid expansion in the planting of new areas to eucalypts, have led to the development of a eucalypt plantation estate of not less than 546,000 ha by the end of 1991 (DWAF, 1992).

Today the total annual consumtion of eucalypt wood in South Africa is 5.7 million cubic meters, of which 47% is for pulpwood, 40% for mining timber, and 8% as sawnwood (DWAF, 1991).

The Selection of Species of Eucalypts for Different Sites in South Africa

The earliest selection of different eucalypt species for planting in South Africa were almost completely random. The range of species tried on any site by growers was dependent either on the experience of their neighbours, or on what types of seed and plants were available.

From experience, two geographic areas were determined as being of major value for the forestry industry:

1) The Eastern Transvaal Highveld (ETH) - a frosty area above 1500m altitude, just to the east and southeast of the goldfields where cold tolerant species, such as **Eucalyptus nitens, E. fastigata, E. macarthurii, E. elata** and **E. fraxinoides,** were the selected species.

INFOR

2) The sub-tropical to mild temperate zones of the Eastern Transvaal Lowveld (ETL) and Natal Midlands and Zululand-areas from sea level to 1,200 m altitude where frost were rare and where **Eucalyptus grandis** was the favoured species.

By the end of 1991 there were 382,343 ha of **Eucalyptus grandis** and 138.473 ha of other eucalypt species in the country (DWAF, 1992).

Until the early 1980s there was very little work done to determine a more scientific method of ascertaining which eucalypt species was most suitable for which site. The observations and data collected by Dr. Richard Poynton, and published as **Tree Planting in Southern Africa Vol. 1: The Eucalypts (1979)** was the only source of information about the site requirements of most eucalypt species.

The losses of timber due to the 1983 drought and the even more severe 1992 drought have shown that the dependence of timber growers on very few species, particularly **E. grandis**, is leading to greatly increased financial ricks due to drought.

The most useful work done in the past decade on the study of the selection of the matching of species with sites in South Africa was that done by the **Institute of Commercial Forestry Research** (**ICFR**), formerly the **Wattle Research Institute**. The trials set out, principally by Dr. A.P.G. Schönau and his fellow researchers, were able to define in general terms of altitude, mean annual temperature, mean annual rainfall, and soil depth the recommended conditions for the major eucalypt species. The most recent revision of this work was presented by Herbert (1993).

Unfortunately the definition of "site" is still based mostly on the experience and opinions of the researchers and foresters. Broad definitions are possible, but estimations of potential productivity, exact matching of species with site on a compartment or block level, and, most importantly, the sustainability of a desired level of production on a site cannot be scientifically determined. Donkin (1993) has commented that in South Africa, as in most forestry regions of the developing world.

> Intuitive or "gutfeel" P delineation of sites (based on the premise that the forester knows which sites are markedly different and where the delineation ought to occur) is an unsatisfactory information source.
> ...one cannot necessarily put one's finger on the reasons for this type of differentation... one is often lead to make unsubstantiated guesses or (to) use circular reasoning as to the differences (p.4)

Recently one forestry company, **South African Pulp and Paper Industries Ltd.**, has been developing a site classification system based mostly on differences in altitude, slope and aspect, parent rock material and soil depth (SAPPI, 1993). This system, still in its first stages, is presently used only on SAPPI's own estates. The

INFOR

method of analysis, however, has a structure that could be used by other forestry enterprises. There are four steps to the process:

Step 1: broad areas of land with uniform climate, terrain and soil patterns are mapped at a scale of 1:50,000. This information is useful in the short term particularly for strategic planning.

Step 2: data is collected on soils, climate and terrain in greater detail on land types identified in Step 1 as being of potentially high productivity, or having potential problems.

Step 3: site types, definid as areas requiring uniform silvicultural and harvesting practices, are defined on a scale of 1:10,000 for operational use. In this stage information of local variations in all environmental factors and the experiences of local forest managers are included. Growth data on timber yields, either from local stands or from similar areas in the same type class, are added to the data base.

Step 4: computer-aided decision making, requiring a high level of data and process-based rules and models, is begun on an operational scale. Output is continually verified against defined land and site types.

At the ICFR work has begun the development of a site classification system based on broad ecological principles. Using existing information on bioclimatic studies, soils, localized values for rainfall and temperature, a preliminary classification has been made of the province of Natal into 30 "sub-regional" which are assumed to be relatively homogeneous for the purpose of tree growing.

The next step will be to collate data on where trees actually grow within these zones and what type of productivity can be expected there. As the study was done at the scale of 1:100,000, the system is designed mostly for strategic planning of research and yield studies and not for operational species-site selection at the block or compartment level.

The Question of Sustainable Yield

All of the forestry enterprises in South Africa now define company policies of forest management in terms of the need to foster "sustainable yield" on their estates. However, little consensus exist as to what "sustainability" means and what it implies for future management policy.

At the present time the various groups that are plannig the political future of South Africa have already proposed, as part of the discussion on national resource management policy, what sustainable development might mean. Two principles

INFOR

pertaining to sustainability, to be included in the first draft of the new South African Bill of Rights, are:

1.- Current land use must be sustainable in that the productivity potential of the site must not be degraded with respect to current land use.

2.- Future land use options must not be reduced by current land use. This is, future generations must not have fewer options for the use of the site and all impacts on the site by present land use practices must be reversible.

Can forestry management organizations meet these criteria? The emphasis on the rights of "future generations" indicates that sustainable forest management must consider a time period far in excess of that now used by forest management planners. To be able to meet such requirements, many of the basic tecniques and ideas of intensive silviculture must be altered.

Present Silvicultural Philosophy

The current aim of South African silviculture is to increase timber yield per unit of area managed and the profitability of forest management by the use of intensive silviculture. When pine sawnwood was the major product, most management effort was spent on thinning, pruning and harvesting procedures that would increase the value per cubic meter of the resulting log harvest.

Since the emphasis in timber production has shifted to supplying the pulp and paper mills, the greatest efforts of silviculture have been directed towards the improvement in the rate of wood volume production, expressed in cubic meters or tonnes of wood per hectare per year. To achieve intensive silviculture, much effort is being spent on tree improvement by breeding, intensive site preparation and weed control, and the use of fertilization both at time of establishment as well as post-establishment.

Under former plantation practices, **Eucalyptus grandis** yields mean annual timber volume increments in the range of 15 to 30 cubic meters per hectare. With a mean of about 18 m^3/ha/yr. Under the newer regimes, commercial yields have increased by 15-25% with maximum experimental yields as good as 60 m^3/ha/yr possible for **E. grandis** seedling plantations. The recent, but increasing, use of selected clonal material of **E. grandis** and hybrids of **E. grandis** with **E. urophylla** or **E. camaldulensis** have led to production levels as high as 75 m^3/ha/yr at ages as young as 4 - 5 years (J. Coetzee, pers. comm. 1993).

INFOR

It is not the traditional forestry areas of generally high yield that suffered the most damage in the 1992 drought and thus raised the question of sustainability of current management practices. The worst losses were in the new plantations that were planted to eucalypt or pine for the first time in the past ten years. The forestry companies, because of the intense competition for land and timber resources, have expanded during the last decade into what are classified as "marginal areas" where the mean annual r ainfall is close to (and often considerably below) 850 mm per year, and where soils are generally shallow (less than 60 cm of effective rooting depth) and more infertile than the traditional forestry areas.

To speed up the occupation by eucalypts of marginal sites not previously afforested, complete ploughing, intensive deep ripping and sub-soiling became popular in the mid to late 1980s. When combined with good post-establishment weed control, and the general use of fertilization at time of planting, early growth and first rotation yields were highly satisfactory until the drought came.

On previously afforested sites of low productivity, common management practices included burning of all logging slash, the removal of stumps with large machines, and the deep ripping or deep tillage of the sites. On some sites, results have been very good. On others the value of such work is problematical.

The Development of the Idea of Sustainable Silviculture

During the past years researchers at the ICFR, and other research institutions, have begun to raise warnings about the possible long-term detrimental effects of such intensive management. Are such practices sustainable in the long-term, or even the medium term, which one may define as more than 50 years? Evidence has been accumulating that past stand management practices have been definitely harmful to sustainability.

The major belief of the past two years, strengthened by the increasingly obvious harm caused by the drought, is that forest managers must learn to handle the three factors that control the entire future success of intensive forestry operations, they must:

1) Create an optimal environment for seedling root development from time of planting until the close of the tree canopy.

2) Reduce water loss from the site by limiting runoff and by conserving soil moisture for use by crop trees by the control of competing vegetation.

INFOR

3) Develop nutrient budgets for most sites so that estimates of nutrient losses, caused by management practices such as burning or harvesting, can be calculated and corrected if necessary.

The Value of Managing Harvesting Slash on the Site

The first step proposed to reduce the negative impacts of intensive silviculture is to eliminate the use of fire as a method of site rehabilitation. In the past the use of fire was justified as a tool to improve the access to the site and to reduce the perennial weed populations on the site. Little or no account was taken of the loss of nutrients from the site as smoke or ash or by water erosion. Nor was much notice taken of the destruction of the humus layer which helped retain water in the soil.

In order to eliminate fire as a tool, new techniques have been developed to manage the slash layer created by the previous harvest. The use of mechanical chopping of the slash by roller chopper or by ICFR's newly developed "coulter wheel ripper" reduce the obstructions caused to replanting practices by piles of slash (Norris, 1993). Even newer slash chopping machines that will work over and around stumps are under development.

The basic policy decision to retain rainwater on the site has led to the development of new soil management techniques based on the principles of minimal disturbance to the surface layer of the soils while concentrating the preparation of the soil in the area where tree roots will develop (Norris, 1992). Depending on the type of soil, subsoiling to a depth of 45 cm is sufficient, while on soils with root-impeding layers a deeper shattering rip operation is used. The major factor that has come to light from the soil preparation research is that the use of properly designed winged sub-soiling tools leads to a better shatter of the soil, and thus better development of root systems.

One of the major advantages of retaining slash on the site is the effect that a dense slash layer has on the control of weed competition. Field and modelling studies by the ICFR have quantified the value of weed control and determined how and where such control should take place (Schumann, 1992). Proof has been accumulated that it is better to avoid the development of weeds during the early stage of tree seedling growth rather than to try to kill the weeds later after competition has already developed.

Studies of the Effect of Intensive Forest Management

Many of the new thoughts about the sustainability of productivity on different sites has come from work still being done on the changes in soil properties caused

INFOR

sites has come from work still being done on the changes in soil properties caused by afforestation. Musto (1991, 1992) has shown that the change of land use from native grassland to eucalypt plantations has led to: 1) changes in the structure of the soil particles; 2) increased water repellency of soil surfaces; 3) long-term declines in the ability of the soil to store water.

Experiments of several years has shown that intensive management depletes the soil water reserve faster than under less intensive management (Boden, 1992a-b-c). And that, when extended to a second rotation as a coppice crop, the soil water reserve does not recharge enough to compensate for the earlier loss. It is thus possible that second, or subsequent, coppice rotations of intensively eucalypts will be less productive than the original seedling crop mostly because of the reduced availability of soil water.

The use heavy harvesting equipment has long been suspected of causin declines in the development of new forest stands by the creation of compacted soil layer either in depth or on the surface where it is associated with deep tire ruts. Such compaction causes a reduced pore space in soil, and thus less available water for tree roots. It also forms physical barriers to new root growt in soil.

Studies at the ICFR have been trying to define under what conditions and on what soil types soil compaction takes place and what, if any, effect such compaction has on tree growth. So far, there has been considerable success in defining what soils are prone to compaction. There are already indications that sensitivity of a soil to compaction can be best characterized by integrating; 1) the joint silt and clay content; 2) the moisture status at time of compaction; and 3) the dynamic axle loads applied to the soil (Smith, 1992 y 1993). Since mechanical harvesting will remain a vital part of any future management system, it is vitally important to define when and how harvesting can be done without reducing the future productivity for the land.

Studies of Nutrient Budgets

The use of chemical fertilizers at time of planting has become widely accepted as a tool in eucalypt silviculture in South Africa (Herbert, 1992). There has, however, been much recent work in the definition of why fertilizers are needed and what role they can play in maintaining the long-term productivity of a site.

The elimination of fire as a mangement tool has reduced, in part, the need for the additions of fertilizers to replace nutrients lost by slash burning. In some cases the use of integrated techniques such as retention of slash and good weed control, have led to conditions where the fertilizer needs of young stands have been considerably reduced.

INFOR

To be sure, however, what long-term effect intensive silviculture is having on a site, a nutrient budget must be drawn up. Using information based on:

1) The nutrient content of the soil layer utilized by the tree roots;

2) The rate of input of nutrients by the weathering of the parent material and serial deposition;

3) The concentration of nutrients in various parts of the tree biomass;

4) Data on the rate of nutrient recycling by the decomposition of tree litter;

5) The rates of removal of different biomass components during harvesting.

One can thus estimate the relative lenght of time during which intensive silviculture can be carried out without exhausting the nutrient pool of the site. Herbert (1993) has created some of the first estimations of such nutrient budgets for eucalypt plantations in South Africa.

Ideally the rate of nutrient removal from a site should not exceed the rate of nutrient input from the weathering of the parent material, inputs from wind-born dust and rain, and the decomposition of harvesting slash and leaf litter.

DISCUSSION

The idea of sustainable yield in forestry has progressed from the original idea of regulating harvest yield of naturally growing stands so that equal amounts of timber are cut every year. The focus now is on maintaining a level of productivity desired by the forest managers who are ready to invest time and money into optimizing timber yield and wood value.

During the past decade silvicultural practices in South African forestry, and especially the intensively managed eucalypt plantations, concentrated on increasing total yield per hectare by severe and very expensive techniques of site manipulation. The results were often extremely impressive and profitable. Based on these successes, the techniques of intensive silviculture were extended to more and more of the estates of the major forestry enterprises.

The enormous losses in dead trees and wasted timber that resulted from the 1992 drought raise the question as to whether such intensive forestry management practices are viable on many sites and over long periods of time.

INFOR

As South Africa is a basically dry country where severe droughts are common, can South African forestry reconcile their two conflicting desires?. Can they maintain high levels of timber production on a wide range of sites while maintaining them so that periodic periods of stress, such as droughts, are not made worse by management practices which degrade the sites, thus leading to disasters such as the 1992 drought?.

Forestry research institutions, such as the ICFR, and some forestry management personnel have begun recently to realize that foresters must understand the fundamental principles of what are the limits of tree growth on different sites and how one can correlate them with expected long-term sustainable timber yields.

At presente much useful work is being done on trying to reduce the negative impacts of forestry practices on plantation sites. Simple, but very effective, techniques to conserve soil moisture by managing harvesting slash and better weed control, have been developed and are being disseminated to the forestry industry.

Some steps have been taken to define what factors define the productivity of a site for the production of forestry trees. This work is absolutely necessary if one is to know what species is best suited for the site and what factors control the productivity of the species there.

Basic questions remain, however, about the entire process of water uptake and its use by trees. Where do trees find the water and how do they use it under different climatic conditions?.

Tied to the questions of water use, are those of root development. How can one best foster the growth and distribution of root systems to optimize the moisture and nutrient reserves of the site?. Can foresters significantly influence root development?.

Both of these topics will be of major importance to future research into the sustainability of intensive eucalypt silviculture in South Africa.

CONCLUSION

South Africa has been very successful in developing a prosperous forest products industry based exclusively on the use of rapidly-growing exotic tree species, most notably species of **Eucalyptus.** The past decade has seen the very rapid expansion of the plantation estate of the various forestry enterprises.

INFOR

The advent of the severe 1992 drought, when large areas of all plantations tree species died and enormous amounts of timber were lost, has forcibly raised the question as to whether some of this improved production is really sustainable in the long term and wheter the intensive silvicultural techniques commonly used are not harmful to many sites.

Studies by different research and management organizations have concluded that past forest management practices were definitely harmful to all sites, and potentially disastrous on poor sites. Progress as been made in deciding what can be done in the short run to reduce the negative impacts of harvesting and establishment practices in forestry. A "no burn" policy, slash management, minimal tillage and avoidance of soil compaction are recent examples.

The long-term goal of maintaining sustainable yield for "future generations" has, however, only begun to be faced. Until one can define "site" in terms that correlate with tree growth; until one knows whether and how trees obtain moisture; until one knows what is the inherent available fertility of the site; until one can define what one has done (both good and bad) to a site by past practices; until one is willing to integrate all research and management efforts into a common effort to put the needs of the tree crop before the short-term needs of the maket place, one cannot hope to achieve the goal that foresters have for so long claimed as their pride, the management of a "sustainable" resource.

This can be done. South African foresters have begun the effort. Can it be maintained. Time will tell.

REFERENCES

Boden, D.I., 1992a. Site Index Studies. ICFR Annual Research Report 1992: 21-30.

Boden, D.I., 1992b. Soil and Water Loss. ICFR Annual Research Report 1992: 30-37.

Boden, D.I., 1992c. The Relationship between Soil Water Status and the Growth of **Eucalyptus grandis**: Final Report. ICFR Bulletin Series Nº 25/93.

Dept.of Water Affairs and Forestry: Forestry Branch (DWAF), 1991-92. Report on Commercial Timber Resources and Primary Roundwood processing in South Africa. Directorate National Forestry Planning. Pretoria. South Africa.

INFOR

Donking, M.J., 1993. Classification of Forest Land at a Strategic Level for Forestry Research. ICFR Bulletin Series Nº 16/93.

Forest Owners Association (FOA), 1993. S.A. Forestry Industry Drought Survey 1992/93. Rivonia.

Herbert, M.A., 1992. Nutrition of Eucalypts in South Africa. ICFR Bulletin Series Nº 27/92.

Herbert, M.A., 1993. Site Requirements of Exotic Hardwood Species. ICFR Bulletin Series Nº 2/93.

Herbert, M.A., 1993. Nutrient Cycling Studies. ICFR Annual Research Report 1993: 26 - 34.

Musto, J. W., 1991. Impacts of Plantation Forestry on various Soil Types. ICFR Annual Research Report 1991: 37 - 47.

Musto, J.W., 1992. Impacts of Plantation Forestry on various Soil Types. ICFR Annual Research Report 1992: 38 - 51.

Norris, C., 1992. Site Preparation Options for South African Forestry Soils. ICFR Bulletin Series Nº 8/92.

Norris, C., 1993. Slash Management. ICFR Bulletin Series Nº 15/93.

Institute of Commercial Forestry Research (ICFR). Annual Research Report 1992, and 1993.

Schumann, A.W., 1992. The use of a Simulation Model to evaluate Weed Competition in different Weed Populations, Tree Espacements and Weed Removal Patterns. ICFR Bulletin Series Nº 30/92.

Smith, C., 1992. Soil Compaction and Degradation. ICFR Annual Research Report 1992: 110 - 128.

Smith, C., 1993. Soil Compaction and Degradation. ICFR Annual Research Report 1993: 87 - 96.

South African Pulp and Paper Industries Ltd (SAPPI), 1993. SAPPI Forests Research Annual Report for the Year ended 28 February 1993. pp. 43-44.

Zel. D.W. van der, & A.J. Brink., 1980. Geskiedenis van Bosbou in Suider-Afrika: Plantasies. South African Forestry Journal, 115: 17 - 27.

INFOR

ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE EUCALIPTOS EN FORESTAL ANGOL LIMITADA

Octavio Larrain M.(*)

RESUMEN

A partir del año 1990 Forestal Angol ha forestado 14.000 ha con algunas especies de eucaliptos, principalmente ***E. globulus*** *y* ***E. nitens****.*

Las plantaciones se han establecido en lugares de pendientes suaves, con precipitaciones promedio de 1.500 mm por año, con un 80% de ellas distribuidas entre los meses de Abril a Octubre y un promedio de 40 heladas año. Los suelos corresponden a la serie Santa Bárbara (trumaos) y son profundos, con buena aireación y retención de humedad.

Los predios en que se ha plantado se ubican en sectores de Precordillera Andina y de parte del Valle Central, de las Regiones Octava y Novena.

Debido a las características edafoclimáticas propias de la zona indicada y al uso previo de estos terrenos (praderas y cultivos), se han adaptado alternativas para la preparación del suelo, control de malezas, plantación y fertilización que se estiman interesantes de comentar. Una de las actividades de mayor relevancia ha sido la plantación mecanizada a gran escala (70%), con plantadoras hidráulicas y control electrónico.

El producto final que se obtenga de estas plantaciones será principalmente material pulpable con destino a Celulosa del Pacífico.

(1) Ingeniero Forestal, Forestal Angol Ltda. Cas. 11 - D. Los Angeles.

INFOR

INTRODUCCION

Es significativo el incremento que han alcanzado las plantaciones de eucaliptos en los últimos años en Chile, las que se han desarrollado principalmente para proveer de fibra corta a la industria de la celulosa. En los últimos tres años se ha plantado un promedio de 30 mil hectáreas anuales, de preferencia en terrenos agrícolas de clases de capacidad de uso III y IV, óptimos para estas plantaciones, ubicados en las regiones VIII y IX.

El desafío de hacer crecer las plantas bajo algunas limitaciones de clima, fuerte competencia de malezas y algunas restriciones nutritivas en los suelos, sumado al creciente uso de nuevas técnicas de silvicultura intensiva para el establecimiento y manejo de plantaciones, relacionadas con calidad de plantas, preparación de suelos, control de competencia, fertilización y otros aspectos, han obligado a las empresas a tomar conciencia de la importancia de investigar estas actividades a medida que forman patrimonio. El uso de una silvicultura adecuada, con el apoyo futuro del mejoramiento genético, significará un incremento del recurso en volumen y calidad, al cual habrá que buscarle mercado mas allá de la pulpa y de las astillas.

La necesidad de investigación en las diferentes etapas del establecimiento y de la producción de plantas, se hace muy urgente, para requerimientos específicos de climas, alturas, suelos, períodos estivales secos, etc., como así también la investigación genética y de defensa forestal frente a posibles daños de plagas.

Se entrega a continuación, en forma resumida, una visión de las prácticas silviculturales desarrolladas por Forestal Angol Ltda. durante sus primeros cuatro años de trabajos e investigaciones operativas, con un acumulado actual de 14.000 ha de plantaciones realizadas en el Valle Central y Precordillera Andina de la zona comprendida entre Santa Bárbara. (VIII Región), y Victoria, (IX Región). Aunque el lapso de tiempo transcurrido es relativamente corto, se estima que los antecedentes y la experiencias que se entregan pueden ser de utilidad para otros silvicultores que establezcan plantaciones en la zona indicada y, además, contribuir a establecer una ruta de investigación.

INFOR

TIPO DE PLANTA

No cabe duda hoy en día que las plantas de eucaliptos producidas en contenedores son las más ampliamente usadas por la gran mayoría de las empresas, puesto que presentan mayores ventajas que aquellas producidas a raíz desnuda. Entre las ventajas está en que el viverista puede adaptar un esquema de crecimiento de las plantas, apropiado a las caractarísticas del sitio o lugar específico donde se plantará y a la fecha de plantación. El plantador, por otra parte, puede ampliar el tiempo de plantación hacia períodos de otoño y primavera evitándose intensificar el programa durante el período invernal. Otras ventajas importantes son la obtención de un mejor balance raíz-tallo, un mayor rendimiento de la semilla y una significativa reducción del estress de plantación.

El mejor tipo de planta a usar dependerá de la fecha de plantación, de las condiciones edafoclimáticas del sector y del costo. Las plantas a raíz desnuda tienen un menor costo de producción que aquellas en contenedor. Para las plantaciones invernales y en lugares donde las heladas son mínimas o no existen, ambos tipos de plantas son susceptibles de ser plantadas y sus crecimientos serán adecuados. Sin embargo, en lugares donde las heladas son intensas en invierno hay que postergar las plantaciones para primavera y, en esos casos, las ventajas de las plantas producidas en contenedor se hacen evidentes, principalmente en **Eucalyptus globulus**.

Las características de las plantas producidas en contenedores son las siguientes:

Materia seca total	1,50	g.
Materia seca área foliar	1,07	g.
Materia seca área radicular	0,43	g.
Relación área foliar/radicular	2,5 :1	
Porcentaje de N en materia seca	1,05	%
Altura del área foliar	22-25	cm.
Diámetro del cuello	2,8-3,5	mm.
Número de pares de hojas verdaderas	8,00	
Profundidad de la masa radicular	10,00	cm.

EPOCA DE PLANTACION

Cuando las limitantes son las heladas durante el período invernal es usual plantar temprano en otoño, durante los meses de abril y mayo, suspender durante el invierno para luego retomar a partir de 15 de agosto, septiembre y comienzos de

INFOR

octubre. Esto dependerá de la zona donde se plantará. Se han realizado esfuerzos en investigar respecto de la época de plantación para lograr resultados de sobrevivencia y desarrollo que satisfagan las exigencias impuestas. Los resultados obtenidos hacen aconsejable plantar temprano en otoño, cuando la especie es **E.nitens**, y en primavera si se trata de **E. globulus.** Los ensayos demuestran que:

- Hay un aumento general e importante de la sobrevivencia.

- Las plantaciones realizadas en otoño crecen más rápidamente que las de primavera, aunque se piensa que a un mediano plazo pueden igualarse los crecimientos.

- Las plantaciones realizadas en primavera, con un buen régimen de lluvias, tienen muy buena sobrevivencia y desarrollo iniciales. Existe el riesgo de obtener una sobrevivencia menor si la primavera y el verano son secos.

- Las plantas no sufren el estress de plantación ni daños por heladas.

En los lugares donde las precipitaciones son escasas y de distribución invernal, no cabe duda que la plantación deberá efectuarse en la epoca de mayor pluviometría.

PREPARACION DEL SUELO

La preparación del terreno es clave para el éxito en la plantación. Hay una estrecha relación entre el crecimiento posterior de las plantas y una buena preparación del suelo. Un buen trabajo en esta etapa facilitará además:

- La penetración del agua y el aire a mayor profundidad (reserva de agua para el período en el cual la evapotranspiración es mayor que las precipitaciones).

- Mayor facilidad de penetración de raíces para un mejor sostén y un mejor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el perfil.

- Un mejor control de malezas, arbustos y otros.

La preparación del suelo está condicionada al uso previo que éste ha tenido y a las condiciones naturales propias del sitio. Dependiendo de estos dos antecedentes y del costo se definirá el sistema de preparación a usar. Estos son muy variados, dependiendo de las condiciones antes indicadas.

INFOR

Fajas Despejadas Mediante Preparación Mecánica

Para las condiciones específicas de la zona donde Forestal Angol se encuentra plantando, que corresponden a terrenos limpios, de pendientes suaves, profundos y ocupados anteriormente en cultivos agrícolas, se considera necesario hacer una preparación mecánica que permita un control inicial de las malezas y genere una cama de plantación apropiada para la mecanización de ésta. Es así como, se establecen fajas despejadas de malezas con una profundidad de entre 5-8 cm y un ancho de 1,6 m. Las ventajas más evidentes son:

- Muy buen control inicial de malezas.
- Mejor rendimiento de las plantaciones manuales.
- Cierta protección de las plantas ante la acción del viento.
- Mejor retención de agua.
- Bajo costo.
- Aumento de la temperatura superficial del suelo.

Cero labranza

La aplicación extensiva de productos químicos (Glifosatos), para la eliminación de malezas sin mover el suelo, es un sistema muy usado actualmente en sectores donde se duda de la conveniencia de un trabajo más intenso al suelo, debido a su bajo contenido de materia orgánica u otros aspectos. Se considera que este tratamiento de cero labranza presenta las siguientes ventajas:

- Buen control de malezas con reproducción por rizomas y estolones en toda la superficie.
- Mejor rendimiento de las máquinas plantadoras en un 25%.
- Mayor velocidad de trabajo respecto del despejado.
- Mayor facilidad de trabajo en sectores con mayor pendiente.
- Menor daño por erosión en suelos de pendiente pronunciada.

INFOR

Subsolado

El subsolado se hace indispensable cuando existen ciertas condiciones limitantes de densidad y profundidad del suelo o la existencia de un "hard pan" o "pié de arado" en el perfil, principalmente en los primeros 50 centímetros. Cuando alguna de estas características se hace presente se aplica subsolado y la profundidad de éste dependerá del análisis a realizar y del equipo a emplear.

CONTROL DE MALEZAS

Un control efectivo de las malezas, especialmente en los suelos usados previamente en la agricultura, es vital para obtener éxito en la plantación. La zona radicular de las malezas queda sobre la del sector de absorción de las plantas, es decir, a una profundidad no mayor de 15 centímetros, compitiendo por la humedad, nutrientes y, en algunos casos, luz. Para evitar la competencia y no afectar el crecimiento de las plantas, la zona libre de malezas, en un primer año, debe ser a lo menos de un radio 70 centímetros en torno de la planta. Respecto de este tema hay que investigar lo relacionado con dosis, tipos de productos, oportunidad de aplicación, forma de aplicar, mojamiento, sinergismo de los productos, estandarización de equipos aplicadores, técnicas de aplicación, manejo de pesticidas, etc.

El control de malezas puede hacerse mecánicamente, manualmente o mediante aplicaciones químicas. Los trabajos mecanizados es preferible realizarlos de preplantación, como es el uso de fajas de despejado en las hileras de plantación. Cualquier trabajo mecanizado de control de malezas posterior a la plantación puede hacerse sólo en las entre hileras y aún así, el daño que se infringe a las plantaciones por corte de raíces puede ser grande. Los trabajos de limpia manuales deben ser muy controlados, pues el uso de herramientas cortantes en las cercanía de la planta y a una cierta profundidad (5 cm) dañan raíces. El control químico, por último, es el más usado actualmente, de gran efectividad y de costos reducidos. Existen alternativas de aplicaciones aéreas, terrestres con equipos de uso agrícola y con bombas de espalda en situaciones de mayor pendiente y superficies reducidas.

El primer control se realiza antes de plantar usando, en el caso de cero labranza, 4 litros de glifosato por hectárea y cuidando que el pH sea ácido. Una vez plantada la superficie, lo usual es aplicar Simazina a razón también de 4 litros, ya sea a la faja de plantación o a la superficie total. Posteriormente, dependiendo del crecimiento de las malezas, deberán hacerse otras aplicaciones para mantener libre de malezas a la plantación durante su primer período de crecimiento.

INFOR

Son muchos los ensayos que han demostrado la importancia de mantener libre de malezas a las plantas de eucaliptos durante el primer y segundo año.

PLANTACION MECANIZADA

Uno de los factores que tiene mayor influencia en la selección de un sistema de trabajo, es el "rendimiento o capacidad efectiva de trabajo", elemento que a menudo no es considerado en su real magnitud.

En el ámbito de la faena de plantación, también es posible lograr un sistema mecánico, derivado éste en máquinas plantadoras mecánicas. Al respecto, existen en general dos tipos: unas que son transportadas manualmente y otras impulsadas por un tractor. En este último tipo la maquina se conecta a los tres puntos del enganche integral, lo que permite el levante del conjunto en lugares donde se presentan rocas o tocones y en el giro al término de cada hilera de plantación. Dentro de éstas, se distinguen fundamentalmente máquinas plantadoras simples, en la cual se ubica un operario plantador por hilera, y las de tipo doble, donde dos personas plantan simultáneamente dos hileras. La máquina impulsada por un tractor esta generalmente limitada a terrenos de hasta un 40% de pendiente. Sin embargo, su uso está sujeto a la forma de trabajo en terreno, por ejemplo curvas de nivel. El sistema utiliza terrenos previamente preparados.

El equipo utilizado por Forestal Angol se compone de dos carros mecánicos convencionales, unidos por una plataforma portaequipo y plantas, con un circuíto de oleohidráulico el cual es activado por dos bombas de 540 r.p.m., ciclo que acciona el movimiento de los brazos plantadores mecánicos. La alimentación del circuíto es efectuado por un sistema eléctrico, el que a su vez, es controlado por un dispositivo electrónico programable (espaciamiento y profundidad de penetración).

La cuadrilla de trabajo para cada equipo (actualmente se trabaja con cuatro equipos dobles) está compuesta por 5 personas distribuídas en 1 tractorista, 2 plantadores, 1 abastecedor de plantas y 1 controlador de plantación.

Los rendimientos dependen fundamentalmente de la limpieza y facilidad de desplazamiento en terreno. El rendimiento normal es de 1.200 a 1.500 plantas por hora. La velocidad de trabajo es variada, según el modelo del tractor, pero oscila entre 1,5 a 3,0 Km/h plantando diferentes tipos de plantas (raíz desnuda, en cepellón y speedling) (Cuadro Nº 1).

INFOR

Cuadro Nº 1

RENDIMIENTO Y COSTO DE PLANTACION MECANIZADA, SEGUN ESPACIAMIENTO Y TIPO DE PLANTAS

TIPO PLANTA	DENSIDAD (pl/ha)	CAPACIDAD TEORICA (pl/h)	CAPACIDAD EFECTIVA (pl/h)	EFICIENCIA (ha/h)	EFICIENCIA (%)	COSTO ($/ha)
C	1354	1760	845	0,62	48,0	35.484
RD	1354	1760	963	0,71	54,7	30.986
S	1354	1760	1420	1,05	80,6	20,952
S	1111	2200	1473	1,33	66,7	16,541

C: Cepellón RD: Raíz desnuda S: Contenedor (speedling)

La tasa promedio de sobrevivencia es de un 96%. Hasta ahora se ha plantado con este sistema un total de 6 mil hectáreas y los costos totales alcanzan a un 78% de la plantación manual.

Las principales ventajas de la plantación mecanizada son las siguientes:

- Aumenta la productividad expresada en hectáreas por jornada.
- Menores costos comparados con la plantación manual tradicional.
- La calidad de la plantación es más homogénea.
- Mejoramiento del nivel de remuneraciones del personal (mejor calidad de éste).
- Menor dificultad de apoyo logístico (campamentos, alimentación, elementos de seguridad).
- Concentración del trabajo y, por lo tanto, mayor eficiencia de supervisión.

Algunas desventajas de la plantación mecanizada son:

- Alta inversión para labor temporal (4-5 meses).

INFOR

- Debe ser realizada en terrenos de pendientes suaves y limpios.
- Los accesos a los predios deben ser adecuados para el ingreso de maquinaria.
- Necesita del apoyo de la plantación manual (remates).
- En caso de paralización, por condiciones climáticas adversas u otros inconvenientes, el costo fijo es alto.

FERTILIZACION

Los ensayos han demostrado que la fertilización es fundamental para lograr un buen desarrollo de la plantación y que ésta debe realizarse siempre que se haga un efectivo control de malezas. Los fertilizantes, la cantidad y su localización, dependerá de los análisis del suelo y la demanda de las plantas.

En Forestal Angol se ha llegado a la conclusión de la necesidad de realizar dos aplicaciones en las plantaciones tempranas (otoño). En la primera, se aplica el Fósforo (P) y Calcio (Ca), al momento de plantar en dos o tres bandas a cada lado de la planta, a una distancia de 15 cm y a una profundidad de 15-20 cm. En la segunda aplicación, los productos como Nitrógeno (N), Potasio (K) y Boro (B), se aplican en primavera en un anillo alrededor de la planta a una distancia mínima de 15 cm. En las plantaciones que se hacen en primavera, se realiza sólo una aplicación con los productos indicados, a una profundidad de 5-10 cm y a una distancia de la plántula de 10-15 cm.

Hay dos consideraciones importantes de destacar respecto de la fertilización. Se debe realizar un control muy eficiente durante la aplicación, vigilando permanentemente las dosis prescritas, la profundidad y el distanciamiento. Esta práctica debe realizarse en el momento de la plantación o dentro de los 2-3 meses siguientes.

El efecto del N aumenta en la medida que se aplica P es decir, hay sinergismo entre estos fertilizantes. La respuesta a la urea es más rápida y mejor que aquélla dada por los nitratos. Hay que recordar que la fertilización mejora las condiciones alrededor de la planta favoreciendo un desarrollo radicular inicial y no tiene efecto sobre la fertilidad del suelo. La planta queda capacitada para hacer un uso máximo del potencial del sitio.

Forestal Angol ha encontrado muy buenas respuestas a las fertilizaciones realizadas en el segundo período vegetativo principalmente con N y K.

INFOR

EFECTO DE LA POSICION FISIOGRAFICA Y CALIDAD DE PLANTAS EN LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE *Eucalyptus globulus* Labill.(*).

René Escobar R. (**)
Miguel Espinosa B. (**)
Claudia Bassaber E. (**)
Manuel Sanchez O. (**)

RESUMEN

En el fundo Pilhua, ubicado en la Isla del Rey, Provincia de Valdivia, X Región del país, se inició en el año 1988 un estudio para determinar el efecto de la posición fisiográfica y la calidad de plantas en el crecimiento inicial de ***Eucalyptus globulus*** *Labill.*

Se utilizó un diseño de parcela dividida, en que el factor principal está constituido por 5 posiciones fisiográficas y el segundo factor, por 4 calidades de plantas clasificadas según el diámetro inicial.

Después del tercer período de crecimiento, los resultados muestran que la posición fisiográfica afecta significativamente la sobrevivencia y el crecimiento en altura y en diámetro de las plantas.

La sobrevivencia de plantas es significativamente mayor en las posiciones baja y media de la exposición Este. Los crecimientos en altura y en diámetro son significativamente superiores en exposición Oeste que en las restantes posiciones fisiográficas consideradas.

La calidad de plantas no tuvo un efecto significativo en la sobrevivencia, pero sí en la tasa de crecimiento en altura. Las plantas inicialmente más gruesas crecen significativamente más que las más delgadas. En diámetro, las plantas más gruesas crecen 14,2% más que el promedio de las medianas y 29% más que las más delgadas.

(*) Trabajo desarrollado en convenio con Forestal Tornagaleones Ltda.

(**) Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Cas. 154 - C. Concepción

INFOR

INTRODUCCION

Un requisito importante para el establecimiento exitoso de una plantación es la identificación de los factores de sitio que pueden influir en el crecimiento de las plantas (Hobbs, 1984). La selección de un tipo de planta en particular, capaz de crecer bajo determinadas condiciones limitantes, sólo es posible después de una evaluación cuidadosa de las condiciones de sitio.

En el país y en el extranjero, la información escrita respecto del efecto de la fisiografía en el comportamiento de masas boscosas, artificialmente establecidas, es escasa. Ruíz y Schlatter (1986) determinan que la exposición y la elevación influyen sobre la productividad del sitio; Pritchett (1991) señala que la productividad de **Pinus radiata** disminuye con la elevación debido a la erosión de coloides y lixiviación de nutrientes que se produce en las posiciones más altas de la pendiente.

Además de la posición fisiográfica, el éxito de una plantación esta ligado a la calidad de planta producida en vivero. Algunas sobreviven y crecen aún en sitios difíciles; otras en cambio, mueren al poco tiempo de establecidas. Estas diferencias de comportamiento reflejan el efecto de distintos factores que, colectivamente, conforman lo que se conoce como calidad de plantas (Ritchie, 1984).

Una planta de buena calidad es aquella que alcanza niveles definidos de sobrevivencia y crecimiento inicial en un sitio determinado (Minko y Craig, 1976; Duryea, 1985; Munson, 1985; Escobar y Sánchez,1992). Existen muchos procedimientos para caracterizar la calidad de las plantas. Ritchie (1984) propone una separación entre atributos materiales y atributos de comportamiento. Entre los primeros están los rasgos morfológicos y fisiológicos directamente medibles y en los de comportamiento, la conducta de plantas sometidas a pruebas específicas (Duryea, 1985; Munson, 1985; Santibáñez, 1993). Estas evaluaciones no sólo predicen la supervivencia y crecimiento sino también, el comportamiento de grupos específicos de plantas en sitios particulares (Duryea, 1985). Entre los atributos materiales el más fácilmente medible y que mejor correlaciona con otros de difícil medición es el diámetro (Escobar y Sánchez, 1992; Urrutia, 1992).

El diámetro es un buen estimador del crecimiento posterior de la planta, pero no de su sobrevivencia (Thompson, 1985). El diámetro de una planta en vivero

INFOR

depende de la densidad de cultivo (Burschel y Martínez, 1968; Escobar, 1985; Escobar, 1987) y del esquema de riego empleado, entre otros factores (Aruta, 1983; Escobar y Espinosa, 1987; Sánchez, 1987). Respecto del crecimiento en diámetro de plantas en terreno, éste aumenta cuando se controla malezas y se fertiliza (Escobar **et al.**, 1992) y cuando se utilizan plantas inicialmente más gruesas (Bassaber, 1993).

El presente estudio analiza el comportamiento de cuatro calidades de plantas de **Eucalyptus globulus** Labill., tres años después de plantadas, establecidas en distintas posiciones fisiográficas.

MATERIAL Y METODO

El estudio se estableció en Julio de 1988 en el predio Pilhua, ubicado en la Isla del Rey, al sur poniente de Valdivia, 39° 55'30" latitud Sur, 37° 17'45" longitud Oeste. El área es de topografía montañosa, con una precipitación media anual de 2.510 mm, de los cuales 73% precipita en otoño-invierno y 27% en primavera-verano. La temperatura media anual es de 11,9° C, con una media de 17,1° C en enero y 7,8° C en Julio (Almeyda y Sáez, 1958). El suelo pertenece a la serie Nahuelbuta, presenta textura moderadamente fina y buen drenaje (IREN, 1964).

En el sector donde se estableció el ensayo, un cerro con orientación norte-sur que presenta exposición Este-Oeste, la vegetación natural estaba constituida, en la exposición Este, principalmente por matorral de ulmo (**Eucryphia cordifolia**), olivillo (**Aextoxicon punctatum**), tineo (**Weinmannia trichosperma**), laurel (**Laurelia sempervirens**), maqui (**Aristotelia chilensis**) y quila (**Chusquea quila**); en la parte media y alta de la pendiente, por matorral de ulmo (**Eucryphia cordifolia**), coigue (**Nothofagus dombeyi**), avellano (**Gevuina avellana**), radal (**Lomatia hirsuta**), maqui (**Aristotelia chilensis**) y quila (**Chusquea quila**), junto a murtilla y gramíneas en la cima. En la exposición Oeste, por matorral de avellano (**Gevuina avellana**), quila (**Chusquea quila**) y maqui (**Aristotelia chilensis**) en la parte media y por ulmo (**Eucryphia cordifolia**), olivillo (**Aextoxicon punctatum**) y quila (**Chusquea quila**) en la parte baja. La densidad del matorral era mayor en la exposición Este y, en especial, en la parte baja de la pendiente. Antes de plantar, la vegetación natural fue cortada y rozada a fuego, quedando el suelo mineral al descubierto.

En esta formación montañosa, se eligieron 5 sectores fisiográficos (Cuadro Nº 1) en los cuales se plantaron 4 tipos de plantas de **Eucalyptus globulus** Labill. a raíz desnuda seleccionadas según diámetro de cuello.

INFOR

Cuadro Nº 1

CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LOS DISTINTOS SITIOS EN QUE SE ESTABLECIERON LOS ENSAYOS

Ensayo Nº	Posicón Fisiográfica	Altitud (msnm)
1	Baja - Este	60
2	Media - Este	160
3	Cima	330
4	Media - Oeste	190
5	Baja -Oeste	50

El diseño experimental utilizado es el de parcela dividida (Little y Hills, 1976), con 4 repeticiones. Se consideraron los siguientes factores:

A: Posición fisiográfica:
- Baja - Este.
- Media - Este.
- Cima.
- Media - Oeste.
- Baja - Oeste.

B: Calidad de plantas:
- A: Diámetro mayor a 10 mm.
- B: Diámetro entre 8 y 10 mm.
- C: Diámetro entre 6 y 8 mm.
- D: Diámetro entre 4 y 6 mm.

Los datos se analizaron con un nivel de confianza de 95%; cuando los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas, éstas fueron identificadas mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Steel y Torrie, 1985).

INFOR

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro Nº 2 se muestran los valores promedios obtenidos para cada factor en las variables supervivencia, crecimiento e incremento en altura y diámetro y los resultados del análisis de varianza.

Posición Fisiográfica

El Cuadro Nº 2 muestra que existen diferencias significativas cuando se comparan los valores medios de supervivencia de las plantas en las distintas posiciones fisiográficas. Después de tres años de establecidas en terreno, las plantas de **Eucalyptus globulus** Labill. sobreviven, en promedio, un 17,5% y un 7,5% más en la exposición Este que en la cima de la pendiente y en la parte baja de la exposición Oeste, respectivamente. Ello se debería, probablemente, a mejores condiciones de humedad en la exposición Este, lo que explicaría también la mayor densidad de la vegetación natural encontrada en esta exposición previo al establecimiento del ensayo. Además, la exposición Este tiene menos horas de radiación solar directa, por cuanto en este lugar persiste hasta medio día una alta frecuencia de niebla. Conocido es el efecto positivo de un adecuado nivel de humedad en la supervivencia de esta especie (Escobar y Espinosa, 1987; Prado y Wrann, 1988; Prado, 1989; Escobar et al., 1992; Acuña, 1993; Bassaber, 1993).

La posición fisiográfica afecta también significativamente el crecimiento en altura de las plantas (Cuadro Nº 2). Aquellas establecidas en exposición Baja-Oeste son 177,2; 103,4 y 52,6% más altas que las que crecen en la cima de la pendiente y en la posición media y baja de la exposición Este, respectivamente. A su vez, las plantas de la posición Media - Oeste son 99,98% más altas que las de la cima de la pendiente. Si se considera los incrementos obtenidos en el período de medición, los resultados son muy similares respecto de las diferencias porcentuales señaladas anteriormente (Figura Nº 1). En ambos casos, los mayores valores absolutos se logran en la posición baja - Oeste, cuyas plantas superan en 189,3% a las de la posición cima y en 88,3 y 36,8% a las de posición Media y Baja - Este, respectivamente.

INFOR

Cuadro Nº 2

VALORES MEDIOS DE SOBREVIVENCIA, CRECIMIENTO E INCREMENTO EN ALTURA Y DIAMETRO DE CUATRO CALIDADES DE PLANTAS DE Eucalyptus globulus Labill. PLANTADAS EN DISTINTAS POSICIONES FISIOGRAFICAS, A TRES AÑOS DE SU ESTABLECIMIENTO

FACTOR	SOBREVIVENCIA (%)	CRECIMIENTO 1991 ALTURA (cm)	CRECIMIENTO 1991 DIAMETRO (mm)	INCREMENTO 88-91 ALTURA (cm)	INCREMENTO 88-91 DIAMETRO (mm)
A: Posicion fisiográfica					
· Baja/Este	90,00 a	292,85 b	34,97 ab	292,12 bc	29,42 a
· Media/Este	91,88 a	219,67 ab	31,21 a	195,48 ab	25,64 a
· Cima	73,44 b	161,19 a	22,87 a	137,23 a	16,73 c
· Media/Oeste	88,44 a	322,35 bc	45,31 bc	299,30 cd	39,56 b
· Baja/Oeste	78,75 c	446,91 c	55,01 d	368,15 d	44,09 b
B: Calidad de plantas					
A. (+ 10 mm)	85,75	319,96 c	42,97 a	282,25 a	33,82
B. (8 - 10 mm)	87,50	281,08 ab	36,65 b	251,43 bd	30,21
C. (6 - 8 mm)	82,50	290,19 b	38,58 b	247,45 cd	31,38
D. (4 - 6 mm)	82,25	236,15 a	33,30 c	234,28 c	28,96
Análisis de Varianza					
Posición Fisiográfica (PF)	*	*	*	*	*
Calidad de plantas (CP)	ns	*	*	*	ns
Interacción					
PF x CP	ns	ns	ns	ns	*

* : Diferencia significativa al 0,05 de probabilidad.
ns : Diferencia no significativa.

INFOR

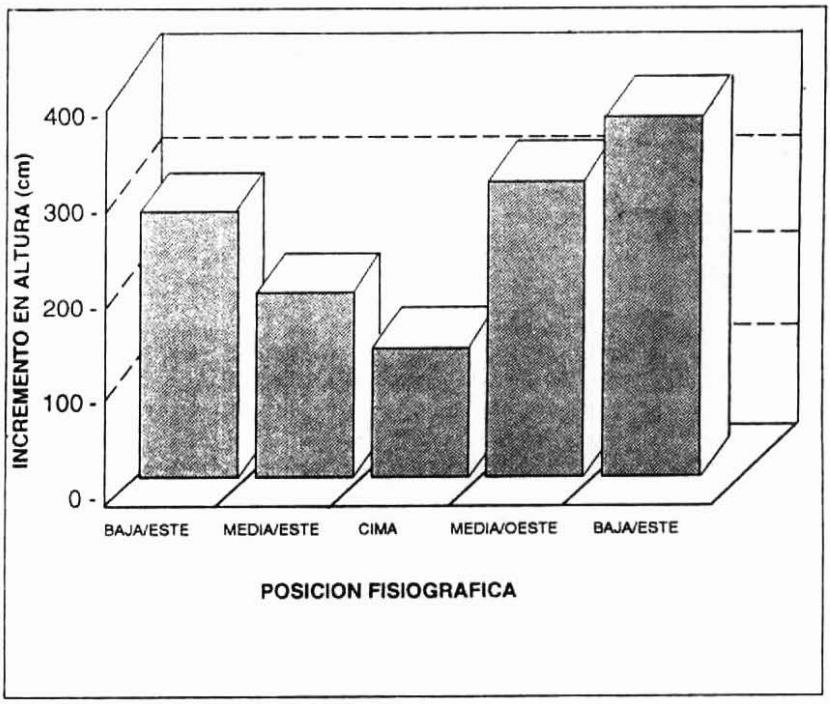


Figura Nº 1 **EFECTO DE LA POSICIÓN FISIOGRÁFICA EN EL INCREMENTO EN ALTURA DE *Eucalyptus globulus* Labill**

Al igual que en altura, las plantas que crecen en exposición Oeste, principalmente en la parte baja de la pendiente, son significativamente más gruesas que aquellas establecidas en la cima y en exposición Este (Cuadro Nº 2). En términos porcentuales, estas diferencias son aún mayores si se consideran los incrementos obtenidos en el período (Figura Nº 2).

INFOR

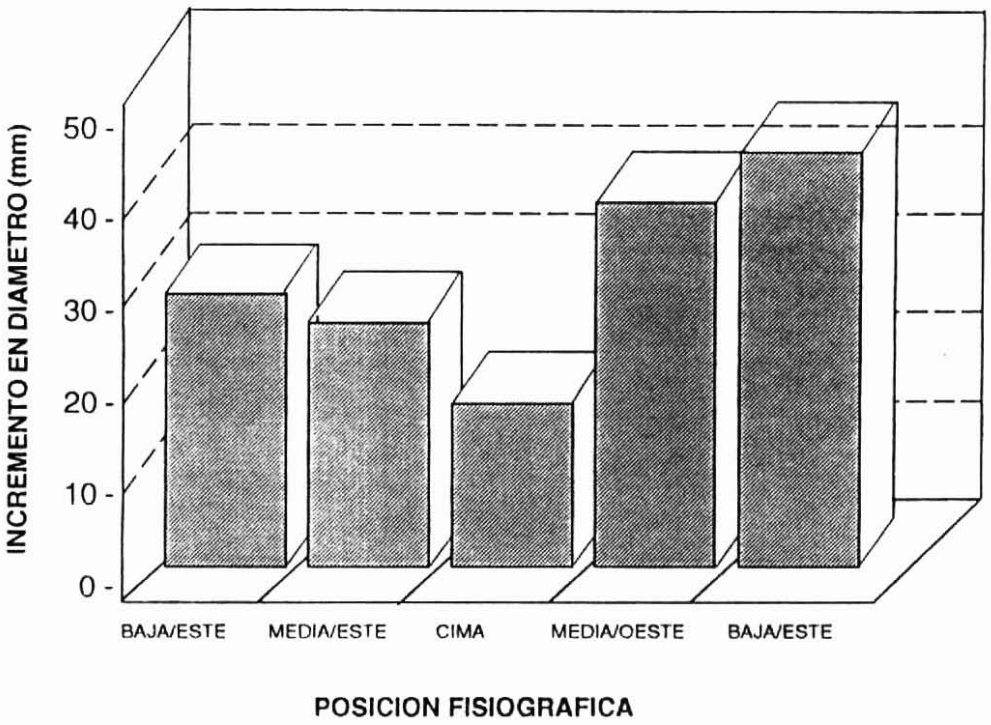


Figura Nº 2 **EFECTO DE POSICIÓN FISIOGRÁFICA EN EL INCREMENTO EN DIÁMETRO DE Eucalyptus globulus Labill**

Un régimen de luminosidad más favorable y una menor competencia con la vegetación acompañante, tanto arbustiva como herbácea, podría explicar los mayores crecimientos en altura y diámetro obtenidos en exposición Oeste. Además, en las posiciones más bajas de la pendiente hay una mayor humedad del suelo y menos severos son los procesos de erosión y lixiviación que en las partes medias y altas de ésta (Pritchett, 1991).

INFOR

Calidad de Plantas

Como se muestra en el Cuadro Nº 2, el diámetro inicial de las plantas, utilizado como criterio de calidad de las mismas, no tuvo efecto en la sobrevivencia de ellas en terreno. Respecto al crecimiento e incremento en altura, las plantas de mayor diámetro inicial logran, después de 3 años de establecidas, valores significativamente más altos que las restantes calidades de plantas consideradas. Las plantas de más de 10 mm de diámetro inicial crecen alrededor de un 22% más en altura que las de menor diámetro inicial (4-6 mm), con incrementos también muy similares (Figura Nº 3). La correspondencia positiva que se establece entre el diámetro inicial de las plantas y su posterior crecimiento en terreno, ha sido también registrada por diversos autores en coníferas (e.g. Pérez y Silva, 1972; Burschel **et al.**, 1973; Blair y Cech, 1974; Mellado y Soto, 1974).

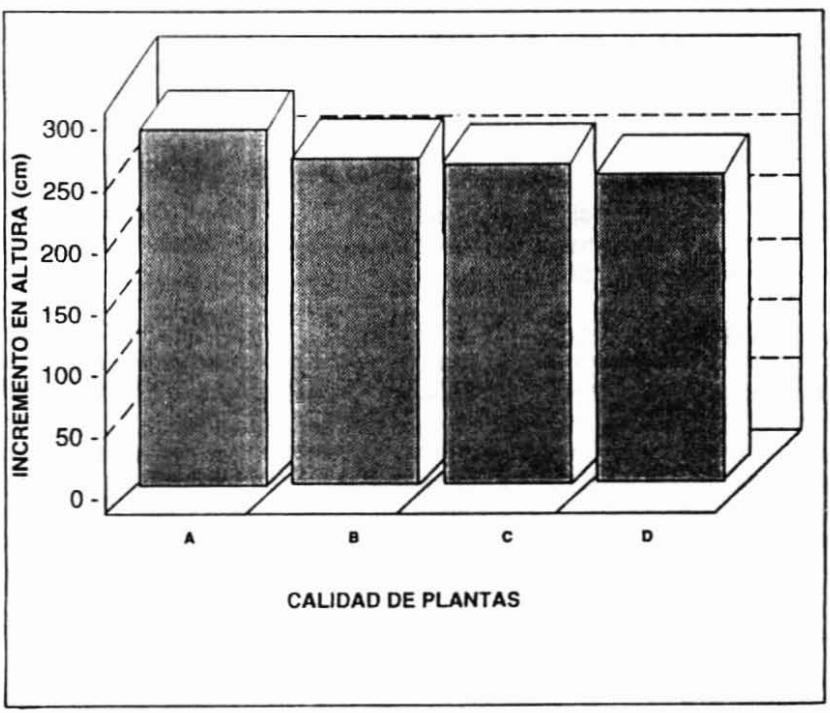


Figura Nº 3 **EFECTO DE LA CALIDAD DE PLANTAS EN EL INCREMENTO EN ALTURA DE *Eucalyptus globulus* Labill.**

INFOR

Las plantas de mayor tamaño inicial crecieron en diámetro, al igual que en altura, significativamente más que las restantes calidades de plantas. Luego de 3 años de control, las plantas inicialmente más gruesas superan en alrededor de un 30% a las más delgadas y, en promedio, en un 14% a las de calibres intermedios.

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con lo señalado por Thompson (1985), en cuanto a que el diámetro inicial de las plantas es un buen estimador de crecimiento, pero no de sobrevivencia. Las favorables condiciones de humedad existentes en el área de estudio (2.510 mm anuales de pluviometría) no permiten que las diferentes calidades de plantas muestren su real potencial de resistencia al estres hídrico, como ocurre en zonas de menor pluviosidad (Bassaber, 1993).

CONCLUSIONES

El análisis de los datos para un período de crecimiento de 3 años indica que:

- Las plantas de **Eucalyptus globulus** Labill. establecidas en exposición Este logran mayor tasa de sobrevivencia que las plantadas en la cima de la pendiente y en la exposición Oeste.

- Las plantas establecidas en exposición Oeste, principalmente en la parte baja de la pendiente, crecen significativamente más en altura y en diámetro que en las restantes posiciones fisiográficas.

- El diámetro inicial de plantas de **Eucalyptus globulus** Labill. no afecta la sobrevivencia de ellas, pero sí su tasa de crecimiento en altura y diámetro. Las plantas más gruesas crecen significativamente más que las delgadas.

- En general, las plantas establecidas en exposición Oeste crecen más que las plantadas en exposición Este; las de la base de la pendiente, más que aquellas ubicadas en la parte media y en la cima.

INFOR

REFERENCIAS

Acuña, E. A., 1993. Efecto de la Fertilización de Apoyo con NPK en Plantaciones de Primavera de **Eucalyptus globulus** Labill.Memoria de Título. Fac. Cs. Forestales, Universidad de Concepción. Chillán, Chile (no publicada).

Almeyda, A. E. y F. Sáez, 1958. Recopilación de Datos Climáticos de Chile y Mapas Sinópticos Respectivos. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Aruta, F. J., 1983. Determinación de Uso Consumo de Viveros de **Pinus radiata D. Don**. Memoria de Título. Depto. de Cs.Forestales, Fac. Cs. Agrop. y Forestales. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.

Bassaber., C. S., 1993. Efecto de la Exposición, Posición en la Pendiente y Calidad de Plantas en la Supervivencia y Crecimiento Inicial de las Especies **Eucalyptus globulus** Labill., **Pseudotsutga menziesii** Mirb. Franco y **Pinus radiata** D.Don. Memoria de Título. Fac. Cs. Forestales, Universidad de Concepción. Chillán, Chile. 170 p. (no publicada).

Blair, R. and F. Cech, 1974. Morphological Seedling Grades Compared after Thirteen Growing Seasons. Tree Planter's Notes, 25 (1): 5-7.

Burschel, P. y O. Martínez, 1968. Ensayo sobre la Influencia de Densidad y Fertilización en la Producción de Plantas de **Pinus radiata** D. Don. Publicación Científica 11. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 22 pp.

Burschel, P., O. Martínez y C. Pérez, 1973. Desarrollo de una Plantación Experimental de Pino Insigne (**Pinus radiata D. Don**) en los Tres Primeros Períodos Vegetativos. Boletín Nº 44-45. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela. pp: 29-49.

Duryea, M. L., 1985. Evaluating Seedling Quality: Importance to Reforestation pp. 1-4. In: Duryea, M.L. (Edit.). Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, Oregon, U.S.A.

Escobar, R., 1985. Efecto de Distintas Densidades de Plantas en Vivero en la Calidad del Material de Plantación de Pino Radiata pp. 90-97. En: Olivares, B. y E. Morales (Edit.). Pinus Radiata, Investigación en Chile. Tomo I. Fac. Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile.

INFOR

Escobar, R., 1987. Efecto de Diferentes Densidades de Cultivo en Variables Morfológicas de Plantas de **Eucalyptus globulus** Producidas a Raíz Desnuda. Informe de Resultados. Conv. Asist. Téc. Univ. de Concepción - Forestal Río Vergara S.A. Univ. de Concepción, Fac. Cs. Agrop. y Forestales., Depto. Cs. Forestales, Chillán (No publicado).

Escobar, R. y M. Espinosa, 1987. Efecto de la Interacción Acondicionamiento - Riego - Fertilización en el Comportamiento de Plantas de **Eucalyptus nitens** Producidas a Raíz Desnuda. Informe de Resultados. Conv. Asist. Téc. Univ. de Concepción-Forestal Río Vergara S.A. Univ. de Concepción, Fac. Cs., Agrop. y Forestales., Depto. Cs. Forestales, Chillán. (No publicado).

Escobar, R., M. Espinosa, E. Kunstmann y C. Bassaber, 1992. Efecto de la Interacción Preparación de Suelos - Herbicidas - Fertilización en la Supervivencia y Crecimiento Inicial de **Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus**. Agricultura Técnica. 52 (4): 480-485.

Escobar, R. y M. Sánchez, 1992. Producción de Plantas Forestales: Algunos Aspectos. Boletín de Extensión Nº 51. Chillán, Chile. Depto. Cs. Forestales, Fac. Cs. Agron. y Forestales, Universidad de Concepción. 38 p.

Hobbs, S.D., 1984. The Influence of Species and Stocktype Selection on Stand Establishment: An Ecophisiological Perspective. In: Duryea, M. L. and G. Brown (edits.) Seedling Physiology and Reforestation Success. Proceedings of the Physiology Working Group Technical Session. October 16-20, 1983. Martinus Nijhoff/W. Junk. The Hague/Boston/Lancaster. Oregon State University. Forest Research Laboratory. Oregon, U.S.A.

Instituto de Recursos Naturales (IREN), 1964. Descripción de Suelos: Proyecto Aerofotogramétrico. CHILE/OEA/BID. Publ. Nº 2. Santiago, Chile.

Little, M. T. y J. Hills, 1976. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Trillas. México.

Mellado, C. y L. Soto, 1974. Efecto de la Calidad de Plantas y Técnicas de Plantación en el Prendimiento y Desarrollo del Pino Insigne (**Pinus radiata** D. Don) en la Zona de Arenales. Memoria de Título. Carrera Téc. Forestales. Universidad de Concepción, Los Angeles, Chile. 20 p.

Minko, G. and F. G. Craig, 1976. Radiata Pine Nursery Research in Northeastern Victoria. Bulletin Nº 23, Forest Commission, Victoria, U.S.A.

INFOR

Munson, K. R., 1985. Principles, Procedures and Availability of Seedling Quality Test. In: Proceedings: Intermountain Nurseryman's Association Meeting. Forest Service, United State Department of Agriculture, Fort Collins. Colorado, U.S.A.

Pérez, V. y J. Silva, 1972. Desarrollo de una Plantación de Pino Insigne (**Pinus radiata** D. Don) en los Tres Primeros Períodos Vegetativos. Memoria de Título. Fac. Ing. Forestal, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Pritchett, W. L., 1991. Suelos Forestales. Propiedades, Conservación y Mejoramiento. (2a ed.). Limusa. México.

Ritchie, G. A., 1984. Assesing Seedling Quality pp. 243-259. In: Duryea, M. L. and T. D. Landis (Ed.). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff/W. Junk, The Hague/Boston/Lancaster. Oregon State University. Corvallis, Oregon. U.S.A.

Ruiz, G. y J. Schlatter, 1986. Variaciones en el Indice de Sitio de **Pinus radiata** con la Elevación y Exposición pp. 51-65. En: Olivares, B. y E. Morales (Ed.). **Pinus radiata** Investigación en Chile. Tomo II. Fac. Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile.

Sánchez, V. L., 1987. Esquemas de Acondicionamiento en Plantas de **Eucalyptus globulus** Labill. ssp **globulus** 1/0 Producidas a Raíz Desnuda. Memoria de Título. Depto. de Cs. Forestales, Fac. de Cs. Agrop. y Forestales, Universidad de Concepción. Chillán, Chile.

Santibañez, C., 1993. Potencial de Crecimiento Radicular en Plantas de **Eucalyptus globulus** Labill. ssp **globulus** Producidas Bajo Distintos Esquemas de Manejo en Vivero. Memoria de Título. Fac. Cs. Forestales, Universidad de Concepción. Chillán, Chile. (no publicada).

Steel, R. G. y J. H. Torrie, 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. (2a ed.). McGraw-Hill. Bogotá, Colombia.

Thompson, B. E., 1985. Seedling Morphological Evaluation: What You Can Tell by Looking. pp. 59-71. In: Duryea, M. L. (Ed.). Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major test. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A.

Urrutia, T, R., 1992. Caracterización y Comportamiento en Vivero de Tres Procedencias de Semillas de **Eucalyptus globulus** Labill. spp **globulus** Cosechadas en Chile. Memoria de Título. Depto. de Cs. Forestales, Fac. Cs. Agron. Veter. y Forestales., Universidad de Concepción, Chillán, Chile.

INFOR

FERTILIZACION CORRECTIVA CON NPK EN PLANTACIONES DE *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* ESTABLECIDAS EN SUELOS METAMORFICOS DE LA X REGION(*)

René Escobar R. (**)
Guillermo Pereira C. (**)
Miguel Espinoza B. (**)
Manuel Sánchez O. (**)

RESUMEN

En la provincia de Valdivia, X Región, se realizó un estudio de fertilización correctiva con NPK en plantaciones de ***Eucalyptus globulus*** *Labill. ssp.* ***globulus*** *de un año de edad. La plantación está establecida en suelos de origen metamórfico, cuyo uso anterior fue pradera natural. Se utilizó un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos, cinco dosis de fertilizantes a igual nivel de elemento más un tratamiento control, fueron: 11,25; 22,50; 45,00; 75;00 y 125,00 g de NPK por planta. Los resultados, cinco meses después de la aplicación de los fertilizantes, muestran que la fertilización correctiva tiene efecto significativo en el crecimiento medio de las plantas. Dosis de 11,25 g por planta de NPK afectan significativamente el crecimiento de las plantas y no causan anormalidades. Dosis superiores producen deformaciones.*

(*) Trabajo desarrollado en convenio con Forestal Tornagaleones Ltda.
(**) Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Cas. 537 Chillán.

INFOR

INTRODUCCION

En el país ha quedado en evidencia que las plantaciones de especies del género **Eucalyptus**, cuando se establecen en suelos cuyo uso anterior ha sido pradera natural o cultivos agrícolas, rápidamente presentan sintomatología de deficiencias nutricionales si no se les apoya con fertilizantes al momento de plantar (Escobar **et al.**, 1992). Las dificultades nutricionales son, sin embargo, menores cuando la plantación se establece sobre terrenos que han sostenido previamente vegetación arbórea o arbustiva (Sánchez, 1991). Las deficiencias más comunes son, principalmente, fósforo, nitrógeno y potasio y, en áreas con estrés hídrico prolongado, de boro.

Muchas plantaciones con especies del género **Eucalyptus** se han establecido en suelos de pradera sin control de vegetación competitiva y sin fertilización. En la actualidad, en la mayoría de ellas se observa sintomatología de deficiencias nutritivas. La corrección de estas deficiencias, cuando ya se han producido, está bajo discusión, por cuanto algunos autores (e.g. Schönau, 1984 citado por Prado, 1988), sostienen que la respuesta a la fertilización correctiva en este tipo de especies es muy baja o inexistente.

El presente trabajo analiza la respuesta a la fertilizacion con NPK, cinco meses después de su aplicación, de una plantación de **Eucalyptus globulus** de un año de edad, que presentaba sintomatología aguda de deficiencias de estos elementos.

MATERIAL Y METODO

El estudio de fertilizacion se estableció en el predio Hijuela 56, de propiedad de la empresa Forestal Tornagaleones Ltda., situado al sur-este de Valdivia, X Región.

El lugar se caracteriza por presentar una topografía ondulada a quebrada, con geomorfología de base rocosa. El suelo donde se estableció el ensayo es de

INFOR

origen metamórfico, correspondiente a la serie Nahuelbuta (IREN, 1964); presenta una profundidad superior a 1 m y un perfil muy homogéneo, alterado solamente por la materia orgánica de los primeros centímetros.

El clima del área es mediterráneo húmedo con una precipitación media anual de 2.510 mm, de los cuales un 44% precipita en invierno y sólo un 9% en verano. La temperatura fluctúa entre 17,1° C en verano y 7,8° C en invierno, con una media anual de 11,9° C (Almeyda y Sáez, 1958).

La vegetación arbórea existente, perteneciente a la asociación Nothofagus-Eucryphitum Cordifolie (Moraga, 1983), está compuesta por ulmo (**Eucryphia cordifolia** Cav.), arrayán (**Luma apiculata** D.C.), coigüe (**Nothofagus dombeyii** Mirb.), avellano (**Gevuina avellana** Mol.), lingue (**Persea Lingue** (R. et P) nees ex. Koop) y tepa (**Laurelia phylipiana** R. et. Pav.).

Entre las especies herbáceas se distinguen pasto ovillo (**Dactilis glomerata**), ballica (**Lolium perenne**), diente de león (**Taraxacum officinales**), chupón (**Gleigia sphaseolata**) y chépica (**Agrostis stolonifera**), con predominancia de esta última especie.

Descripción del Ensayo

La plantación se efectuó en julio de 1989, con plantas de **Eucalyptus globulus** Labill. ssp. **globulus** a raíz desnuda, en suelos cuyo uso anterior fue pradera natural; previo a la plantación se subsoló el terreno a 40 cm de profundidad. La densidad original fue de 1.111 plantas por hectárea a un distanciamiento de 3x3 m. Al momento de la fertilización, octubre de 1990, la plantación presentaba sintomatología visual de deficiencia de N, P y K, según la descripción dada por Marcos de Lanuza y Muñoz, (1969) citados por Bara (1986).

El ensayo se estableció utilizando un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por 15 plantas, en tres hileras de 5 plantas cada una. Previo a la fertilización, se efectuaron controles mecánicos de malezas, en casilla de 1 m de radio alrededor de la planta.

Los tratamientos contemplaron 5 dosis de fertilizantes a igual nivel de elemento, más un tratamiento control (Cuadro Nº 1). Fueron utilizados tres tipos de fertilizantes: Urea (N), Superfosfato triple (P) y Sulfato de potasa (K); N y K se aplicaron al voleo alrededor de la planta en 1 m² de superficie; P se aplicó localizado en tres puntos alrededor del cuello de las plantas, a 15 cm de distancia y a 10 cm

INFOR

de profundidad, distribuyendo la dosis en tres partes iguales. Los fertilizantes fueron aplicados en el mes de octubre de 1990, un año tres meses después de efectuada la plantación.

Cuadro Nº 1

DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE FERTILIZACIÓN CORRECTIVA EN Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus

Símbolo	Tratamiento (dosis NPK) (g/planta)
F0	Testigo
F1	11,25
F2	22,50
F3	45,00
F4	75,00
F5	125,00

Mediciones y análisis de los datos

En octubre de 1990 y marzo del 1991 se midió altura total y diámetro a 5 cm de la base a todas las plantas y se tomaron muestras para análisis foliar.

En marzo de 1991 se evaluó, en conjunto con la sobrevivencia de plantas, el grado de deformación o anormalidad del crecimiento de las plantas en los distintos tratamientos.

Se consideró como plantas anormales a aquellas que presentaban pérdida de dominancia apical y gran cantidad de ramas laterales desde la base; ramas laterales curvadas; pérdida de coloración y deformación de las hojas. Como plantas normales, aquellas que presentaban coloración del follaje azul-plomizo; tallo recto con clara dominancia apical y ramas laterales sólo en los dos tercios superiores del tallo.

INFOR

Los datos fueron analizados estadísticamente a través de análisis de covarianza y cuando hubo diferencias significativas entre tratamientos, éstas se identificaron a través de la prueba de Scheffe para comparaciones múltiples (Ostle, 1983). Los porcentajes de sobrevivencia fueron transformados a la función Y = arcoseno x raíz cuadrada del porcentaje, propuesta por Ostle (1983) y Steel y Torrie, (1985).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro Nº 2 se presentan los promedios de sobrevivencia, altura y diámetro de las plantas al inicio y después de 5 meses de establecido el ensayo.

Sobrevivencia

Como se muestra en el Cuadro Nº 2, la fertilización no afectó la sobrevivencia de las plantas, la que en todos los casos supera el 99%. Los altos valores de sobrevivencia registrados son atribuibles a las favorables condiciones de suelo y de clima del área de estudio y a que la técnica de fertilización empleada no generó daños a las plantas. Al respecto, varios autores han determinado que la fertilización nitrogenada aplicada en forma localizada causa mortalidad de plantas, producto de la gran concentración de sales en el sistema radicular (e.g. Ros, 1970; Pérez y Silva, 1972; Burschel **et al.**, 1973; Prado **et al.**, 1988; Escobar **et al.**, 1992)

INFOR

Cuadro Nº 2

VALORES PROMEDIOS DE SOBREVIVENCIA, TAMAÑO E INCREMENTO MEDIO EN ALTURA Y DIÁMETRO PARA DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN CORRECTIVA EN Eucalyptus globulus Labill ssp. globulus.

TRAT	SOBREV.	ALTURA (cm)			DIAMETRO (mm)		
(1)	(%)	1990	1991	INCR.	1990	1991	INCR.
F0	100,0	44,9	75,5 [a]	30,6	7,6	10,1 [a]	2,5
F1	99,8	43,5	127,9 [b]	84,4	7,6	20,8 [b]	13,2
F2	99,8	41,1	134,4 [b]	93,3	6,9	24,3 [c]	17,4
F3	100,0	43,3	138,1 [b]	93,8	6,2	26,0 [c]	19,8
F4	99,8	43,3	138,1 [b]	94,8	7,4	26,0 [c]	18,6
F5	99,8	42,3	138,7 [b]	96,4	7,3	26,9 [c]	19,6

(1) Dentro de cada columna, valores con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Altura

Las plantas fertilizadas respondieron positivamente a la adición de nutrientes, alcanzando 5 meses después de su aplicación, alturas significativamente superiores que el testigo (Cuadro Nº 2; Figura Nº 1). Las alturas medias de las plantas fertilizadas superan entre un 69,5% y un 83,7% a las plantas del tratamiento control. Dado el corto período transcurrido entre la fertilización y la posterior evaluación del crecimiento de las plantas, la positiva respuesta a la fertilización seria un índice de la rápida absorción y aprovechamiento que las plantas hicieron de los elementos adicionados (Daniel **et al.**, 1982; Landis, 1989; Pot. Phos. Institute, 1988; Pritchett, 1991; Toro, 1988; Thompson, 1965; Whitesell **et al.**, 1987). Entre las plantas fertilizadas no se detectaron diferencias significativas.

INFOR

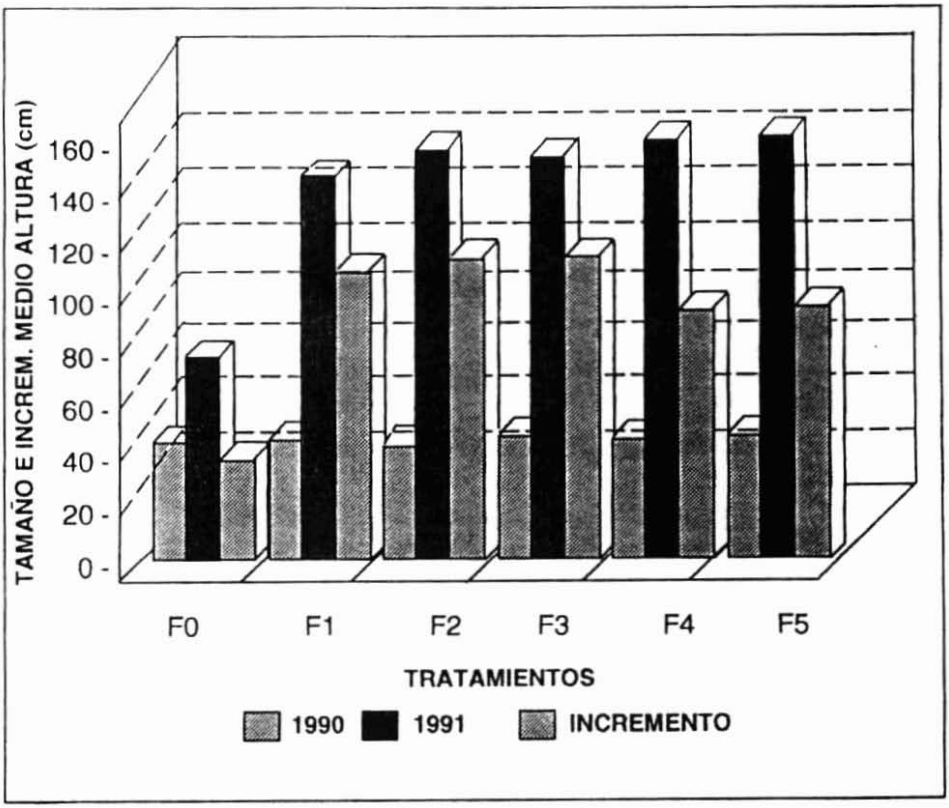


Figura Nº 1: **TAMAÑO E INCREMENTO MEDIO EN ALTURA PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION CORRECTIVA EN *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *globulus*.**

Diámetro

En diámetro, al igual que en altura, las plantas fertilizadas tuvieron una respuesta significativa a la adición de nutrientes (Cuadro Nº 2; Figura Nº 2). La respuesta es mayor hasta la dosis de 22,5 g de NPK por planta (F2), luego de lo cual tiende a estabilizarse, sin detectarse diferencias significativas en crecimiento producto de la mayor dosis de fertilizante aplicado.

INFOR

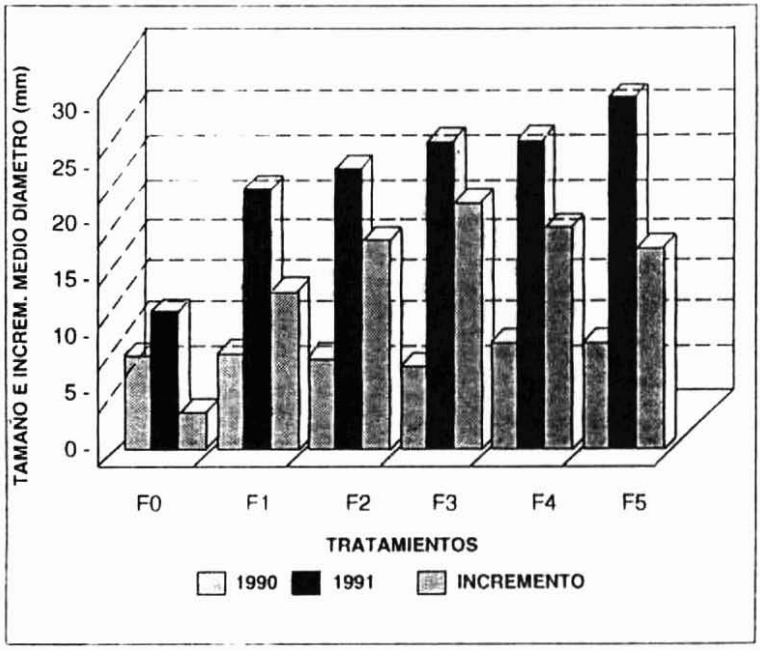


Figura Nº 2: **TAMAÑO E INCREMENTO MEDIO EN DIAMETRO PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN CORRECTIVA EN Eucalyptus globulus ssp globulus.**

Anormalidades

La Figura Nº 3 muestra los incrementos porcentuales en altura y en diámetro y las anormalidades detectadas en las plantas para el período comprendido entre octubre de 1990 y marzo de 1991 para los diferentes tratamientos estudiados. Dosis de 11,25 g de NPK por planta responden significativamente a la adición de nutrientes y no causan anormalidades en las plantas. Dosis superiores implican un mayor incremento relativo del crecimiento de las plantas pero provocan serias anormalidades, estableciéndose una relación positiva entre la cantidad de fertilizante aplicado y el porcentaje de plantas que presenta anormalidades en su crecimiento.

INFOR

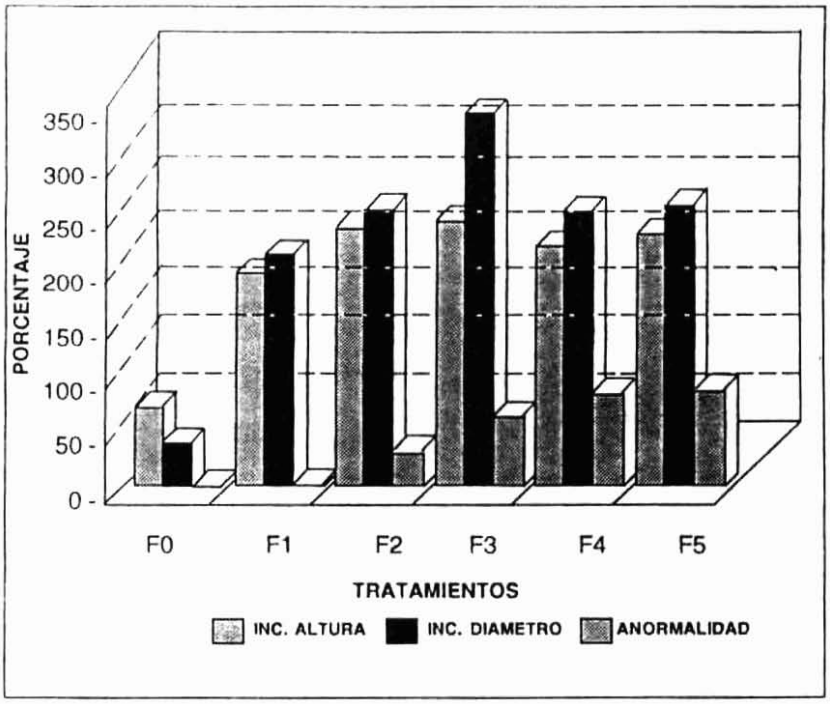


Figura Nº 3 **PORCENTAJE DE INCREMENTO EN ALTURA, DIAMETRO Y ANORMALIDADES DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION**

De todos los tratamientos que contemplan fertilización, sólo en el de 11,25 g de NPK por planta, el incremento porcentual promedio en altura supera al del diámetro. Este comportamiento se considera normal para la especie en esta etapa de crecimiento, según se desprende de los resultados obtenidos por diferentes autores en estudios en que se evalúa el crecimiento inicial de plantas en terreno (e.g. Lyon, 1990; Escobar **et al.**, 1992). Dosis superiores a la señalada invierten este comportamiento de las plantas (Figura Nº 3).

Las anormalidades detectadas cuando las dosis de fertilizante aplicado son superiores a 11,25 g de NPK por planta,se puede deber a toxicidad de alguno de los elementos aplicados o a deficiencias de otro(s) causado por un antagonismo en la planta con los utilizados en este estudio. El primer argumento se estima como el menos probable por cuanto los niveles nutricionales de las plantas en el mes de marzo de 1991, cuando se efectuó la medición final (Figura Nº 4), eran inferiores a los niveles que normalmente tiene una planta de esta especie cuando sale de vivero (Escobar y Sánchez, 1992).

INFOR

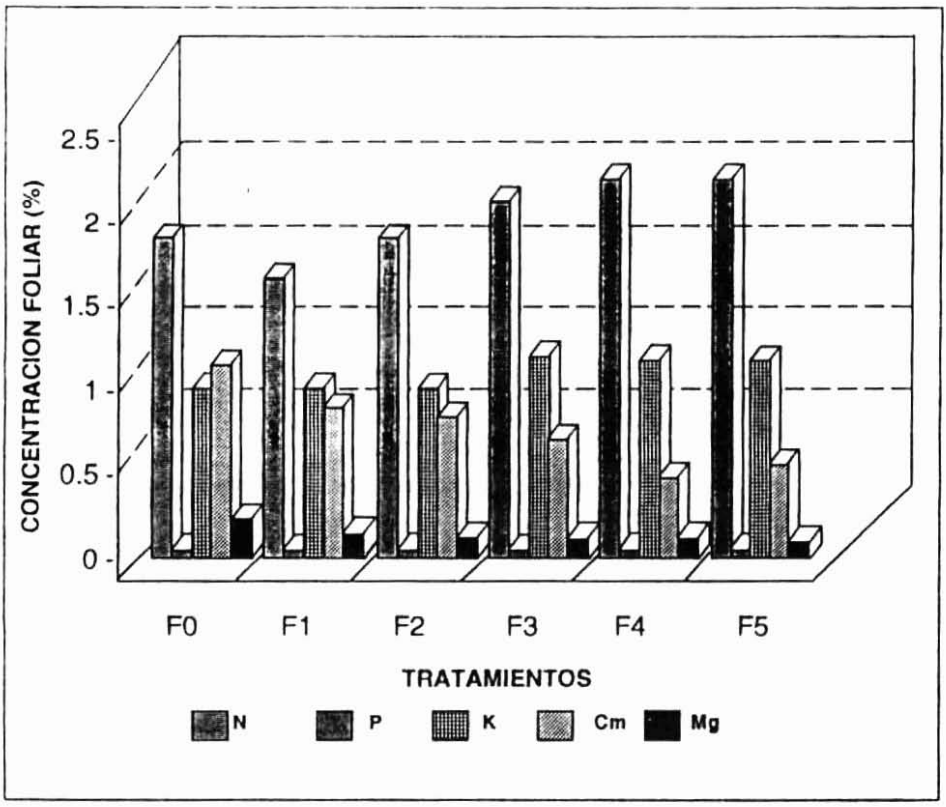


Figura Nº 4 **CONTENIDO FOLIAR PROMEDIO DE MACRONUTRIENTES CINCO MESES DESPUES DE REALIZADA LA FERTILIZACION**

Las anormalidades en el crecimiento de las plantas obedecerían, principalmente, al antagonismo que se genera entre K y Ca (Bara, 1986; Pot. Phos. Institute, 1988; Landis, 1989). Como se observa en la Figura Nº 4, a medida que la dosis de K aplicado es mayor, aumenta su concentración en el follaje, disminuyendo la de Ca. Los niveles de potasio en el follaje registrados a partir de la dosis de 22,5 g de NPK por planta, superan en más de 100% a los estimados como óptimos para esta especie (González **et al.**, 1985; Toro, 1988).

INFOR

CONCLUSIONES

El análisis de los datos para un período de crecimiento de 5 meses indica que:

La fertilización con NPK no tuvo efecto en la sobrevivencia de plantas de **Eucalyptus globulus**

La fertilización con NPK afectó significativamente el crecimiento en altura y en diámetro de plantas de **Eucalyptus globulus**.

Dosis de 11,25 g de NPK por planta afectan significativamente el crecimiento de las plantas de **Eucalyptus glubulus** sin producir anormalidades.

Dosis mayores a 11,25 g de NPK por planta causan anormalidades en el crecimiento de las plantas de **Eucalyptus globulus** y no incrementan significativamente su crecimiento.

Las anormalidades observadas obedecerían, principalmente, al antagonismo que se genera entre K y Ca.

REFERENCIAS

Almeyda, A. E. y F. Sáez, 1958. Recopilación de Datos Climáticos de Chile y Mapas Sinópticos Respectivamente. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Bara, T. S., 1986. Fertilización Forestal. Consellería de Agricultura. Xunta de Galicia. Lourizan-Pontevedra. España.

Burchel, N., M. Martínez y C. Pérez, 1973. Desarrollo de una Plantación Experimental de Pino Insigne (**Pinus radiata** D. Don) en los Tres Primeros Estados Vegetativos. Boletín del Instituto Forestal Latino-americano Nº44-45, Mérida, Venezuela.

Daniel, P. W., U. E. Helms y F. S. Baker, 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw-Hill. México.

Escobar, R. R., M. Espinosa B., E. Kuntsmann C. y C. Bassaber E., 1992. Efecto de la Interacción Preparación de Suelo, Herbicida y Fertilización en la Supervivencia y Crecimiento Inicial de **Eucalyptus globulus** (Labill). **ssp. globulus**. Agricultura Técnica 52:480-485.

INFOR

Escobar, R. y M. Sánchez, 1992. Producción de Plantas Forestales: Algunos Aspectos. Boletín de Extensión Nº 51. Dpto. Cs. For., Fac. Cs. Agrop. y Forest., Universidad de Concepción.

González, E., F. Penalva, V. Rodríguez y C. Altamirano, 1985. Concentración Foliar de Nutrientes en **Eucalyptus globulus**, según el Tratamiento Fertilizante y Epoca de su Aplicación. I.N.I.A. Serie Forestal. 9:47-56.

Instituto de Recursos Naturales (IREN), 1964. Descripción de Suelos: Proyecto Aerofotogramétrico. Chile/OEA/BID. Publicación Nº2. Santiago, Chile.

Landis, T., 1989. Seedling Nutrition and Irrigation. In: The Container Tree Nursery Manual. Vol 4:1-67. USDA For. Serv. State and Private Forestry. Portland, Oregon. U.S.

Lyon, R. A., 1990. Análisis del Efecto de la Fertilización en Plantaciones de un año de **Eucalyptus globulus** Labill., en Suelos Volcánicos de la VIII Región. Memoria de Título. Fac. de Cs. Agron. y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Moraga, M., 1983. Estudios Florísticos y Edáficos Comparativos entre Asociaciones Vegetales Nativas y Secundarias en Valdivia. Tesis de Grado. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Ostle, B., 1983. Estadística Aplicada. Limusa S.A. México.

Perez, V. y J. Silva, 1972. Desarrollo de una Plantación de Pino Insigne (**Pinus radiata** D. Don) en los Tres Primeros Períodos Vegetativos. Tesis. Fac. Ing. Forestal, Univ. Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Prado, J.A., J.Wrann, 1988. La Importancia de la Preparación del Sitio y la Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de **Eucalyptus**. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género **Eucalyptus**. 9-10 Junio. Viña del Mar. CORFO-INFOR. Santiago, Chile.

Potash Phosphate Institute, 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. Atlanta, Georgia, U.S.A.

Pritchett L. W., 1991. Suelos Forestales. Propiedades, Conservación y Mejoramiento. Editorial Limusa, México.

Ros, R., 1970. Influencia de Fertilización, Calidad de Plantas, Técnicas y Fecha de Plantación en el Desarrollo de Pino Insigne (**Pinus radiata** D. Don). Tesis. Fac. Ing. Forestal, Univ. Austral de Chile, Valdivia, Chile.

INFOR

Sánchez, M., 1991. Fertilización de Apoyo en Plantaciones de **Eucalyptus globulus** Labill. ssp. **globulus**. Tesis de Grado, Fac. Cs. Agronóm. Veter. y Forest., Univ. de Concepción. Chillán, Chile.

Steel, R., J. Torrie, 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. (2a. ed.) Mc.Graw-Hill. Bogotá, Colombia.

Toro, V. J., 1988. Efecto de la Fertilización en el Desarrollo Inicial de Plantaciones de **Eucalyptus**. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género **Eucalyptus**. 9-10 de Junio. Viña del Mar. CORFO-INFOR. Santiago, Chile.

Thompson, L. M., 1965. El Suelo y su Fertilidad. Reverté S.A. Zaragoza, España.

Whitesell, C. D., S. D. Debell., T. H. Schuber, 1987. Six-year Growth of **Eucalyptus saligna** Plantings as Affected by Nitrogen and Phosphorus Fertilizer. USDA. For. Serv. Res. PSWW-118. Pac. Southwest. For. and Range Exp. Sta. Berkeley, California. U.S.

INFOR

RESPUESTA DE PLANTAS DE Eucalyptus globulus Labill. ESTABLECIDAS EN TERRENOS DE PRADERA Y DE ROCE A LA FERTILIZACION CON NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO (*).

René Escobar R.(**)
Manuel Sánchez O.(**)
Miguel Espinosa B. (**)
Guillermo Pereira C.(**)

RESUMEN

Usando un diseño en bloque al azar se realizaron dos ensayos de fertilización de apoyo con NPK en plantaciones de ***Eucalyptus globulus*** *ssp.* ***globulus****, establecidas en terrenos cuyo uso anterior era pradera natural y matorral nativo. Se probaron 5 dosis de NPK, con las mismas unidades de elemento por dosis, de 11,25; 22,5; 45,0; 75,0 y 125,0 g por planta. N y K se aplicaron al voleo en una superficie de 1 m²; P se aplicó en hoyos de 10 cm de profundidad y a 15 cm de la planta, en 3 subdosis iguales.*

Los resultados muestran que la aplicación de fertilizantes no afectó la sobrevivencia de plantas en ambos sitios, pero si su crecimiento. Inicialmente, tanto en pradera como en roce, las plantas fertilizadas crecieron significativamente más en altura y en diámetro que el testigo. A 17 meses de aplicados los fertilizantes estas diferencias se mantienen para el diámetro, pero se pierden en altura para el ensayo establecido en roce. Las plantas establecidas en esta última condición de sitio muestran mayores tasas de crecimiento en altura y en diámetro que en pradera.

(*) Estudio Financiado por Forestal Tornagaleones Ltda.
(**) Universidad de Concepción. Cas. 537 Chillán.

INFOR

INTRODUCCION

El crecimiento de un rodal forestal está limitado, frecuentemente, por la disponibilidad de factores tales como humedad, nutrientes y luz, limitaciones que se hacen particularmente evidente en plantaciones jóvenes. Si se trata de un problema de déficit de nutrientes, esta dificultad se puede mitigar mediante la aplicación de fertilizantes (Pritchett, 1991). Sin embargo, para que ésto sea efectivo se deben considerar previamente las características del suelo a fertilizar y el uso que este ha tenido, ya que el tipo y cantidad de fertilizante a emplear está regulado, básicamente, por las condiciones edafoclimáticas de cada área (Bara, 1986; Pritchett, 1991).

En la actualidad, la fertilización es una práctica silvicultural cada vez más común en el manejo de plantaciones forestales (Bara, 1986; Prado, 1989; Espinosa **et al.**, 1990; Escobar **et al.**, 1992), en especial, en plantaciones con especies del género **Eucalyptus**, las cuales responden favorablemente a la aplicación de fertilizantes (Mckimm y Flinn, 1979; Bara, 1986; Florence, 1986).

Sin embargo, son escasos los antecedentes publicados respecto a los requerimientos de fertilizantes en sitios que difieren en cuanto al uso previo que estos han tenido. Con este propósito se ha establecido un estudio para determinar el efecto de la fertilización con NPK en el crecimiento inicial de dos plantaciones jóvenes de **Eucalyptus globulus**, establecidas en terrenos cuyos usos anteriores fueron pradera natural y matorral nativo, respectivamente.

METODOLOGIA

El ensayo fue realizado en plantaciones de **Eucalyptus globulus Labill**, a raíz desnuda, establecidas en dos predios ubicados 20 km al sureste de la ciudad de Valdivia, X Región. Estos predios presentan suelos de origen metamórfico, pero se diferencian en cuanto a su textura (IREN, 1964) y al uso previo que se le ha dado al suelo. El primero, una pradera natural en suelos de textura franco arcillosa y, el segundo, un matorral nativo en suelos de textura arcillosa.

INFOR

La vegetación predominante en el suelo con pradera natural comprendía especies herbáceas tales como chépica (**Agrostis stolonifera**), ballica (**Lolium perenne**), pasto ovillo (**Dactilis glomerata**) y diente de león (**Taraxacum oficcinale**). El sitio de roce en tanto, presentaba regeneración natural de especies nativas, principalmente de coigüe (**Nothofagus dombeyi**) y de ulmo (**Eucriphia cordifolia**).

El área de estudio presenta topografía montañosa con fuertes pendientes. El clima es mediterráneo húmedo; la precipitación media anual asciende a 2.510 mm, de los cuales 73% precipita en otoño-invierno y 27% en primavera-verano. La temperatura media anual es de 11,9° C, con una media mensual de 17,1° C y de 7,8° C en los meses de enero y de julio, respectivamente (Almeyda y Sáez, 1958).

Los ensayos se instalaron en agosto de 1990 siguiendo un diseño de bloques al azar, con 3 repeticiones en el sitio de pradera, y 4 repeticiones en el sitio de roce. La unidad experimental consistió en parcelas de 15 plantas, cada una compuesta por tres hileras de 5 plantas. En el ensayo establecido en pradera las malezas fueron removidas completamente alrededor de cada planta en casillas de 1 m^2. En el ensayo establecido en roce la vegetación existente fue inicialmente eliminada mediante una quema controlada que dejó el suelo mineral al descubierto; posteriormente, previo a la fertilización, se removió manualmente los escasos rebrotes de especies arbustivas y malezas de hoja ancha que emergieron. En octubre de 1992, se aplicó el fertilizante, consistente en 5 dosis iguales de NPK por planta (Cuadro Nº 1). El Nitrógeno y el Potasio fueron aplicados al voleo, el Fósforo en hoyos de 10 cm de profundidad y a una distancia de 15 cm del cuello de la planta, en 3 subdosis iguales (González **et al.**, 1983). Las fuentes fertilizantes fueron urea (46% N), superfosfato triple (46-48% P_2O_5) y sulfato de potasio (50% K_2O).

Cuadro Nº 1

TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION EN PLANTAS DE Eucalyptus globulus ESTABLECIDAS EN TERRENOS DE PRADERA Y DE ROCE.

Símbolo	Tratamiento (dosis NPK)(g/planta)
F0	Testigo (sin fertilizante)
F1	11,25
F2	22,50
F3	45,00
F4	75,00
F5	125,00

INFOR

Al momento de la aplicación de los fertilizantes se midió el diámetro de cuello y la altura total de las plantas en terreno, mediciones que se siguieron realizando posteriormente en controles efectuados en marzo de 1991 y marzo de 1992, oportunidades en que también se contabilizó sobrevivencia.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de acuerdo al diseño utilizado. Cuando existieron diferencias significativas, éstas se identificaron mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tuckey (Steel y Torrie, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSION

Sobrevivencia

En el primer control, efectuado posterior a la aplicación de los fertilizantes, no se detectaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, tanto en el ensayo en pradera como en roce. Esta situación se mantiene en el control efectuado el año 1992, con excepción del tratamiento F5 en roce que muestra un nivel de sobrevivencia menor (Cuadro Nº 2). Los resultados obtenidos en ambos ensayos indicarían que la sobrevivencia de las plantas en terreno es un factor que depende mas de las condiciones climáticas, de aquellas asociadas a la calidad de las plantas producidas y de las técnicas de plantación (Pereira, 1991; Sánchez, 1991; Escobar **et al.,** 1992;) que del nivel de fertilidad del sustrato.

INFOR

Cuadro Nº 2

VALORES PROMEDIOS DE SOBREVIVENCIA (%) POR TRATAMIENTO Y AÑO DE MEDICIÓN EN PLANTAS DE *Eucalyptus globulus* ESTABLECIDAS EN TERRENOS DE PRADERA Y ROCE

TRATAMIENTOS	SOBREVIVENCIA (%) (1)			
	PRADERA		ROCE	
	1991	1992	1991	1992
F0	100,0	97,7	99,8	96,5 [a]
F1	100,0	100,0	100,0	98,3 [a]
F2	99,6	97,7	99,8	98,3 [a]
F3	100,0	93,3	98,7	91,8 [a]
F4	99,6	97,7	95,8	89,8 [ab]
F5	99,6	97,7	95,7	81,5 [b]

(1) Dentro de cada columna, valores con distinta letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Altura

La fertilización afectó positivamente el crecimiento en altura de las plantas establecidas en pradera, las que muestran en los diferentes controles efectuados crecimientos significativamente superiores al testigo (F0); efecto que tiende a acentuarse con el tiempo (Cuadro Nº 3). Entre los tratamientos fertilizados se producen diferencias sólo a partir del control efectuado en 1992, siendo el tratamiento F5 (75 g/planta de NPK) el que alcanza mayor altura.

INFOR

Cuadro Nº 3

VALORES PROMEDIOS DE ALTURA (cm) POR TRATAMIENTO Y AÑO DE MEDICION EN PLANTAS DE Eucalyptus globulus ESTABLECIDAS EN TERRENOS DE PRADERA Y DE ROCE

	ALTURA MEDIA (cm) (1)					
	PRADERA			ROCE		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
FO	36,8	44,9 [a]	95,3 [a]	27,7	96,5 [a]	297,8
F1	35,5	88,1 [b]	202,3 [b]	28,2	98,3 [a]	337,8
F2	36,7	101,8 [b]	246,7 [c]	28,8	98,3 [a]	347,5
F3	36,8	98,5 [b]	250,0 [c]	29,3	91,8 [a]	357,5
F4	36,6	106,6 [b]	292,0 [d]	28,3	89,8 [ab]	335,0
F5	36,4	96,9 [b]	257,3 [c]	29,0	81,5 [b]	379,0

(1) Dentro de cada columna, valores con distinta letra son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

En roce, las plantas fertilizadas crecieron en altura significativamente más que las no fertilizadas, especialmente aquellas que recibieron las dosis más alta de compuesto. Sin embargo, el efecto positivo de la fertilización se pierde en el control efectuado el año 1992 (Cuadro Nº 3). Las condiciones nutritivas especiales que generan las cenizas y materia orgánica residual en terrenos de roce de material nativo (Donoso, 1990; Huber y Schlatter, 1992), conjuntamente con la posibilidad que ofrecen suelos que han tenido previamente vegetación arbórea de que las plantas que en ellos se establezcan entren rápidamente en simbiosis con los sistemas radiculares remanentes, usualmente ricos en micorrizas (Perry, D.A. comunicación personal), podría explicar el que las plantas testigo no difieran significativamente de las fertilizadas. Sin embargo, estas últimas son en promedio entre 40 y 82 cm más altas que las testigo.

En general, del Cuadro Nº 3 se desprende que a la fecha del último control, las plantas establecidas en roce alcanzan alturas promedios superiores que en pradera. Esto es especialmente válido en el caso del tratamiento testigo, en el cual se triplican las diferencias en altura en los suelos de roce en relación con los de pradera. Estas diferencias son aún más notorias si se considera los incrementos experimentados por las plantas durante el período de control (Figura Nº 1).

INFOR

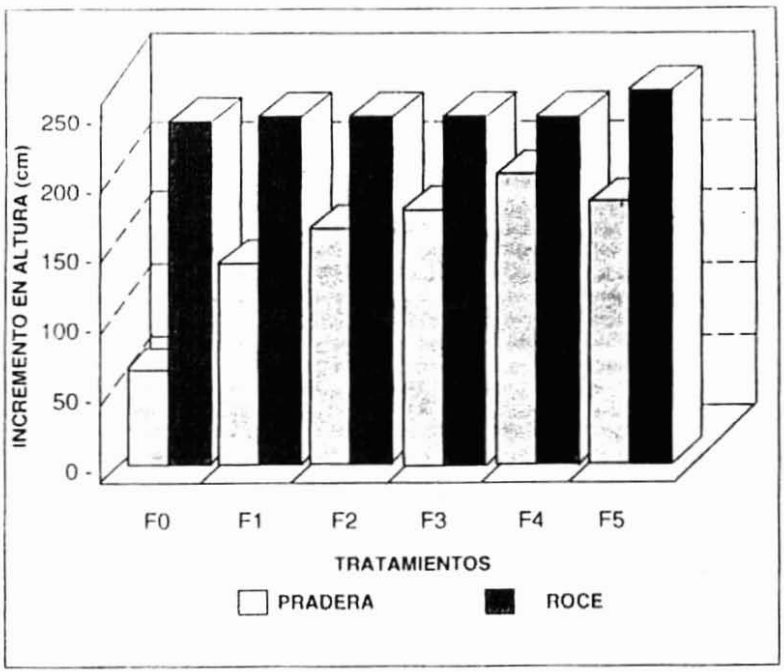


Figura Nº 1: **INCREMENTO MEDIO EN ALTURA PARA PLANTAS DE *Eucalyptus globulus* Labill. A 17 MESES DE APLICADA LA FERTILIZACION**

Diámetro

Al igual que en altura, pero en un orden de magnitud mayor, las plantas en pradera respondieron positivamente a la aplicación de fertilizante (Cuadro Nº 4). Siendo esta respuesta más notoria a medida que incrementa la dosis de fertilizante. A la fecha del último control, las plantas que recibieron las dosis más altas de fertilizante (F4 y F5) alcanzan diámetros significativamente superiores a aquellas que recibieron dosis moderadas (F1 y F2).

INFOR

Cuadro Nº 4

VALORES PROMEDIOS DE DIAMETRO DE CUELLO (cm) POR TRATAMIENTO Y AÑO DE MEDICION EN PLANTAS DE Eucalyptus globulus ESTABLECIDAS EN SUELOS DE PRADERA Y DE ROCE.

TRATAMIENTOS	DIAMETRO DE CUELLO (cm) (1)					
	PRADERA			ROCE		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
F0	7,7	9,4 ^{a}	14,3 ^{a}	6,1	12,5 ^{a}	43,0 ^{a}
F1	8,0	17,8 ^{b}	33,6 ^{b}	6,3	19,1 ^{b}	50,1 ^{b}
F2	8,4	20,5 ^{bc}	40,8 ^{c}	6,1	19,6 ^{b}	53,6 ^{b}
F3	7,7	21,6 ^{bc}	45,0 ^{cd}	5,7	22,3 ^{bc}	54,2 ^{b}
F4	7,7	24,1 ^{c}	48,2 ^{de}	5,9	22,8 ^{bc}	54,7 ^{b}
F5	6,7	21,6 ^{bc}	53,5 ^{e}	6,0	25,7 ^{c}	62,5 ^{c}

(1) Dentro de cada columna, valores con distinta letra son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

En el ensayo en roce, al igual que en pradera, las plantas reaccionaron positivamente a la fertilización, siendo también la respuesta más acentuada a medida que la dosis utilizada fue mayor (Cuadro Nº 4). Las plantas más gruesas, al cabo de 17 meses de crecimiento, corresponden a las del tratamiento F5, con diámetros significativamente superiores a los de los restantes tratamientos.

El crecimiento en diámetro de las plantas parece ser más sensible que el crecimiento en altura a la aplicación de fertilizante, independiente de la condición de suelo de que se trate. Esta mayor sensibilidad del crecimiento en diámetro a la fertilización fue también observada por otros autores (e.g. Ballard, 1984; Bara, 1986; Toral y Rojas, 1988). En este estudio, tanto en el ensayo en pradera como en roce, las plantas fertilizadas logran dimensiones mayores que el testigo. Sin embargo, en el ensayo en roce las plantas alcanzan diámetros mayores que en pradera, especialmente las del tratamiento testigo, lo que indicaría condiciones más favorables de fertilidad para el crecimiento de las plantas de **Eucalyptus globulus**. Esta situación es aún más notoria si se consideran los incrementos experimentados por las plantas luego de 17 meses de establecidas en terreno, especialmente si la comparación se establece entre los tratamientos testigo (Figura Nº 2).

INFOR

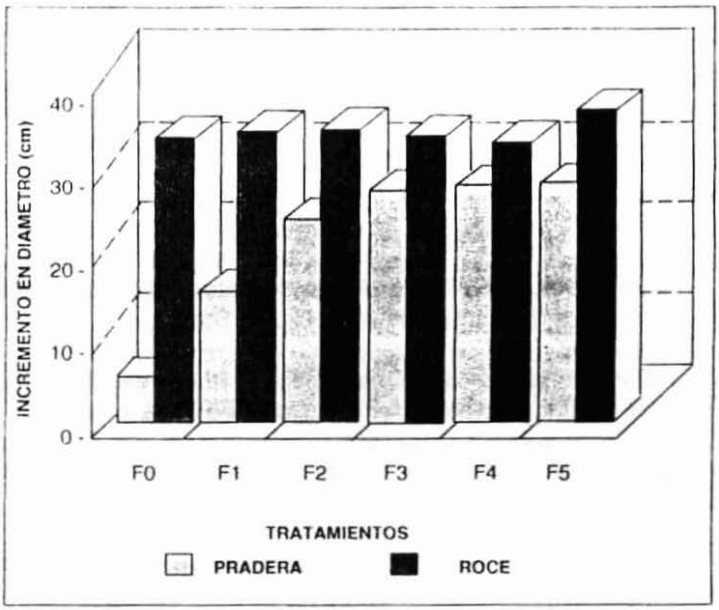


Figura Nº 2 **INCREMENTO MEDIO EN DIAMETRO PARA PLANTAS DE Eucalyptus globulus Labill A 17 MESES DE APLICADA LA FERTILIZACION.**

CONCLUSIONES

El análisis de los datos para un período crecimiento de 17 meses indica que:

Las condiciones de fertilidad del suelo, tanto en el ensayo en pradera como en roce, no afectaron la sobrevivencia de las plantas de **Eucalyptus globulus.**

Inicialmente, tanto en pradera como en roce, las plantas fertilizadas crecieron en altura mas que el testigo, efecto que posteriormente se pierde en esta última condición de suelo.

Las plantas fertilizadas responden positivamente a la fertilización con NPK, tanto en pradera como en roce, logrando diámetros de cuello mayores que las no fertilizadas.

INFOR

El diámetro parece ser una variable más sensible que la altura a la aplicación de fertilizantes.

Las plantas establecidas en el ensayo de roce muestran mayores tasas de crecimiento, tanto en altura como en diámetro, que las de pradera.

REFERENCIAS

Almeyda, A. E. y F. Sáez, 1958. Recopilación de Datos Climáticos de Chile y Mapas Sinópticos Respectivos. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Ballard, R., 1984. Fertilization of Plantations pp: 327-360. In: Bowen G. D. and Nambiar E. K. S (Edit.): Nutrition of Plantations Forests. Londres.

Bara, S., 1986. Fertilización Forestal. Xunta de Galicia. Consellería de Agricultura. Dpto. Forestal de Zonas Húmedas. Lourizán-Pontevedra. España.

Donoso, C., 1990. Ecología Forestal - El Bosque y su Medio-Ambiente. (2ª ed.). Universidad Austral de Chile. Santiago, Chile.

Escobar, R., M.Espinosa, E.Kunstmann y C.Bassaber, 1992. Efecto de la Interacción Preparación de Suelos, Herbicida y Fertilización en **Eucalyptus globulus** Labill. ssp. **globulus**. Agricultura Técnica, 52: 480-485.

Espinosa, M., R. Escobar y F. Drake, 1990. Silvicultura de las Plantaciones Forestales en Chile: Presente, Pasado y Futuro. Agro-Ciencia, 6: 131-144.

Florence, R. G., 1986. Cultural Problems of Eucalyptus Asexotics. Comm. For. Rev., 65: 141-163.

González, G., C.González, J.Millán y R.Escobar, 1983. Estudios de Fertilización en Plantaciones de Pinus Radiata. Primeros Resultados. Dcto de Trabajo Nº51. Proyecto de Investigaciones y Desarrollo Forestal CONAF/PNUD/FAO CHI/76/003. Santiago, Chile, 159 pp.

Huber, A. y J. Schlatter, 1992. Aporte de Elementos Nutritivos por la Hojarasca en un Bosque Nativo de la Zona de Valdivia. Agricultura Técnica, 52: 466-470.

INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES (IREN)., 1964. Descripción de Suelos: Proyecto Aerofotogramétrico. Chile/OEA/BID. Publicación Nº 2. Santiago, Chile.

INFOR

Lyon, R. A., 1990. Análisis del Efecto del **Eucalyptus globulus Labill**. en Suelos Volcánicos de la VIII región. Memoria de Título. Fac. Cs. Agr. y For. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

McKimm, R. J. and D. W. Flinn, 1979. Eucalypt Species, Site Preparation and Fertilizer Requeriments for Reforestation of the Toorongo Plateau in Central Victoria. Austr. Forestry, 42: 117-124.

Pereira, G. E., 1991. Fertilización Correctiva con NPK en Plantaciones de **Eucalyptus globulus** Labill. ssp. **globulus** Establecidas en Suelos Metamórficos de la X Región. Memoria de Título. Fac. Cs. Agron. Veter. Y Forestales. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.

Prado, J. A., 1989. Establecimiento de Plantaciones. En: Prado J. A. y S. Barros (Edit.): Eucalyptus, Principios de Silvicultura y Manejo. pp: 42-56. Santiago, Chile.

Pritchett, W., 1991. Suelos Forestales: Propiedades, Conservación y Mejoramiento. Limusa. México.

Sánchez, M. E., 1991. Fertilización de Apoyo en Plantaciones de **Eucalyptus globulus** Labill. ssp. **globulus**. Memoria de Título. Fac. Cs. Agron. Veter. y Forestales. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.

Steel, R. G. y J. H. Torrie, 1985. Bioestadística; Principios y Procedimientos. (2a ed.). McGraw Hill. Bogotá, Colombia.

Toral, M y P. Rojas, 1988. Resultados Preliminares en Fertilizaciones de Apoyo para **Eucalyptus globulus** Labill. ssp. **globulus**. Cien. Invest. Forestal, 2: 45-56.

INFOR

CRECIMIENTO JUVENIL DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS DE EUCALYPTUS - LOS COPIHUES - PROVINCIA DE VALDIVIA X REGION

Santiago Barros A. (*)

RESUMEN

Como parte de la línea de investigación sobre silvicultura de plantaciones de rápido crecimiento, iniciada por el Instituto Forestal en el año 1962 con la instalación de numerosos ensayos de selección de especies en la zona central y sur del país, se estableció en el predio Los Copihues, Provincia de Valdivia, en el año 1981, un ensayo de selección de especies y procedencias con ***Eucalyptus nitens, Eucalyptus regnans, Eucalyptus delegatensis*** *y* ***Eucalyptus globulus ssp. globulus.***

En el presente trabajo se entregan los resultados obtenidos a los 12 años de edad, incluyéndose también aquellos correspondientes a los 6 y 10 años de edad. Pese a que las parcelas experimentales fueron afectadas por heladas y fuerte competencia de malezas, que provocaron tempranamente reducciones en la densidad, se obtienen interesantes niveles de crecimiento, muy especialmente con ***Eucalyptus nitens*** *de las localidades de Anembo (NSW) y Alexandra (NSW), Australia, que registran a los 12 años de edad incrementos volumétricos medios anuales de 46 y 38 m³/ha, respectivamente, y, entre los 10 y 12 años, la estimación de este incremento estaría superando los 100 m³/ha para la procedencia de New South Wales y alcanzaría a 85 m³/ha para aquella de Victoria.*

(*) Ingeniero Forestal. Instituto Forestal, Santiago.

INFOR