

# TECNICAS DE IMPLANTACION PARA *Eucalyptus* EN SUELOS ARENOSOS DE TACUAREMBO-RIVERA

Ricardo Methol<sup>1</sup>

## INTRODUCCION

Desde principios de la década del 90, se observa en el país un notorio aumento de las plantaciones forestales, promovido por la Ley Forestal 15.939. En los primeros años de esta década, cuando se implantaron mayoritariamente especies de eucaliptos (principalmente *E. grandis*) existía una importante demanda de tecnologías de implantación. Estas tecnologías involucran, básicamente, técnicas de preparación de suelo, control de malezas y fertilización.

En este marco, en 1992 el Programa Forestal del INIA comienza la instalación de ensayos en ésta área. Los mismos evalúan alternativas prácticas para las técnicas referidas en forma aislada o bien considerando la interacción de dos factores (laboreo y fertilización). En realidad, todas estas técnicas están íntimamente relacionadas y la respuesta a cada una de ellas depende en gran medida del nivel en que se encuentran las demás (por ejemplo, se observa respuesta a la fertilización si existe un adecuado control de malezas, etc.).

Sin embargo, estratégicamente es más conveniente y mucho más sencillo evaluar cada componente del sistema de implantación

en forma aislada, para posteriormente integrar los resultados. Con este objetivo, en el punto "Discusión General y Conclusiones", se discuten los resultados de los distintos ensayos instalados en la Zona Norte integradamente, con una perspectiva práctica. En dicha discusión también se tienen en cuenta los aportes provenientes de la experiencia operativa obtenida por las empresas forestales y prestadoras de servicios, que han ido ajustando y perfeccionando en forma continua las tecnologías de implantación.

## ENSAYOS INSTALADOS Y PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

### Ensayo de laboreo y fertilización (La Magnolia, Tacuarembó, 1992) E 16

#### *Materiales y métodos*

En el año 1992 se instaló un ensayo para evaluar el efecto de distintos tipos de laboreo con y sin fertilización sobre el crecimiento de *E. grandis* en un suelo del Grupo CO.N.E.A.T. 7.32 perteneciente a las Areniscas de Tacuarembó. En el cuadro 1 se presenta el análisis de suelo realizado previo a la instalación del ensayo.

**Cuadro 1.** Análisis de suelo.

Profundidad	al H <sub>2</sub> O	al KCl	K	Na	Al	Ca	Brayl Res.		Textura			% MO	% N Total
			en meq/100 g				P (ug/g)		Arena	Limo	Arc.		
0 - 20	5,1	4,0	0,28	0,15	1,00	0,43	3,2	1,0	83	9	8	1,41	0,09
20 - 40	5,1	4,1	0,12	0,15	1,25	0,47	2,1	1,0	83	7	9	1,20	0,07
40 - 60	5,1	4,1	0,10	0,11	1,55	0,47	1,2	1,0	81	8	10	0,98	0,05

<sup>1</sup> Ing. Agr., Programa Nacional Forestal - INIA Tacuarembó / e-mail: rmethol@inia.org.uy

El diseño experimental es de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos (Cuadro 2) fueron aplicados sobre parcelas de 48 árboles. El marco de plantación es de tres por tres metros, lo que genera una población de 1.111 árboles/ha.

**Cuadro 2.** Alternativas de implantación evaluadas.

Tratamiento	Preparación de suelo	Herramientas utilizadas	Fertilización (g de fertilizante/planta)
TS	Laboreo total	Excéntrica / arado / cultivador / vibro	0
TC			150 g de 15:15:
FS	Laboreo en fajas	Excéntrica / arado / cincel	0
FC			150 g de 15:15:
SS	Plantación en pozos	Púa de cincel solo para marcar la línea de plantación	0
SC			150 g de 15:15:15

Primera letra del tratamiento indica: T - laboreo total; F - laboreo en fajas; S - sin laboreo. Segunda letra indica: S - sin fertilización; C - con fertilización.

La aplicación del fertilizante se realizó diez días después de la plantación, esparciéndose superficialmente el fertilizante en un radio aproximado de 25 cm, siendo luego incorporado al suelo con una azada. Como se verá más adelante, esta forma de aplicación presenta inconvenientes por lo que actualmente se ha dejado de usar.

En Mayo de 1996, próximo a la tercer medición (cuarenta y cuatro meses), se efectuó

un análisis foliar en todo el ensayo. En general no se observan diferencias importantes entre tratamientos en cuanto a los niveles foliares de los principales elementos minerales. El K es el único nutriente cuyos niveles son algo inferiores a los considerados "óptimos" para la especie por Schönau & Herbert (1983). De los macronutrientes, el N y el K son los únicos que muestran una tendencia creciente frente a un aumento de la intensidad de laboreo.

**Cuadro 3.** Análisis foliar al cuarto año de instalado el ensayo.

Trat.	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S	N/P	N/K	P/K	Ca/Mg	N/S
TS	2,13	0,15	0,62	1,20	0,28	0,25	13,92	3,47	0,25	4,32	8,44
TC	2,17	0,15	0,61	1,00	0,28	0,27	14,17	3,57	0,25	3,53	8,13
FS	2,05	0,14	0,57	1,33	0,25	0,25	15,06	3,61	0,24	5,68	8,20
FC	2,22	0,16	0,61	1,05	0,27	0,26	14,23	3,68	0,26	3,90	8,76
SS	2,09	0,15	0,56	1,08	0,29	0,25	14,29	3,77	0,27	3,70	8,60
SC	2,09	0,15	0,59	1,13	0,28	0,29	13,71	3,58	0,26	4,16	7,30
Optimo <sup>1</sup>	> 2	0,16	0,70	> 1	0,30	0,18	13,00	3,00	0,22	> 3,3	11,00

### Resultados principales

Los resultados de este ensayo hasta el cuarto año ya fueron publicados (Methol, 1996 a) por lo que, en esta oportunidad, el análisis se centrará en los datos obtenidos a la última medición (séptimo año).

En el cuadro 4 se muestra el volumen por árbol (que contempla las variaciones tanto en DAP como en altura), la sobrevivencia y el volumen total por hectárea. En el volumen individual se observa una importante respuesta a la fertilización en los tratamientos de menor intensidad de laboreo.

**Cuadro 4.** Valores de tres características al séptimo año, según tratamiento.

Tratamiento	Volumen individual (m <sup>3</sup> /arbol)	Sobrevivencia (%)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
TS	0,229	92%	206
TC	0,230	79%	179
FS	0,226	83%	184
FC	0,262	63%	161
SS	0,231	72%	164
SC	0,259	65%	164

Como fuera reportado previamente (Methol, 1996 a), la aplicación de fertilizante en este ensayo provocó mortalidad de plantas por efecto de quemado de raíces. Ello determinó que, dentro de cada tipo de laboreo, el volumen por hectárea al séptimo año sea menor en las parcelas fertilizadas. Esto ya había sido reportado por otros investigadores (Schönau & Pennefather, 1975 y Schönau *et al.*, 1981), aunque con una adecuada aplicación del fertilizante no sería dable esperar este tipo de efectos negativos. Normalmente la aplicación del fertilizante no debería ser muy cercana a las plantas, sobre todo cuando este contiene N, para no provocar daños radiculares. Una alternativa adecuada sería realizarla en dos orificios a veinte cm de distancia a cada lado de la planta, de diez cm de profundidad.

Los volúmenes por hectárea presentados en el cuadro 4 fueron estimados mediante una función de ahusamiento ajustada para *E. grandis* en Zona 7. Las funciones de

ahusamiento representan la variación diamétrica a lo largo del fuste como función del DAP y la altura total y permiten estimar tres características básicas de los árboles: (i) diámetro en cualquier punto del fuste, (ii) altura del fuste en que se encuentra un diámetro límite especificado y (iii) volumen entre dos puntos cualesquiera del fuste, o volumen hasta cualquier índice de utilización (Prodan *et al.*, 1997).

Con esta función se estimó el volumen con y sin corteza hasta un diámetro mínimo de 8 cm c.c., considerándose únicamente los árboles de DAP mayor a diez cm y una altura de corte (tocón) de quince cm.

Debido al efecto particular de la fertilización observado en este ensayo, en la Figura 1 se presentan los rendimientos alcanzados en cada tipo de laboreo (promediándose las sub-parcelas con y sin fertilización dentro de cada laboreo).

**Figura 1.** Volumen por hectárea al séptimo año según tipo de laboreo.

<sup>2</sup> De acuerdo a Schönau & Herbert (1983) sobre la base de estudios efectuados en Sudáfrica.

Los incrementos medios anuales (IMA) para volumen con corteza hasta un diámetro límite de 8 cm corresponden a 30, 26 y 25 m<sup>3</sup>/ha/año<sup>3</sup> para laboreo total, en fajas y sin laboreo, respectivamente. Estos resultados muestran una cierta ventaja en el rendimiento al séptimo año del tratamiento con laboreo total. No obstante, en las parcelas de laboreo en fajas en las que la sobrevivencia no se vio afectada, los rendimientos fueron prácticamente iguales a los alcanzados con laboreo total.

Dentro de las parcelas con laboreo total se observó una interesante respuesta inicial a la fertilización que en condiciones normales coadyuvaría a un mejor prendimiento de la plantación (Herbert, 1983; Herbert y Schönau, 1990). Sin embargo, esta tendencia tendió a desaparecer a lo largo de la rotación, lo que indicaría que cuando se promueve un máximo crecimiento inicial se alcanzan altos niveles de competencia interna en forma mucho más temprana que cuando el crecimiento inicial no es tan acelerado. Esto también fue observado por Donald y Schutz (1977) quienes atribuyeron que la competencia interna del ro-

dal fue la principal razón por la cual la respuesta inicial a un manejo intensivo (en su caso la fertilización) no se mantuvo en el tiempo.

Este hecho, que podría desalentar el manejo tendiente a maximizar el crecimiento inicial, no sería tan evidente en plantaciones raleadas tempranamente a desecho (por ejemplo al segundo o tercer año). En este caso, la reducción temprana de la población permitiría que el mayor desarrollo individual de los árboles, logrado mediante técnicas de implantación intensivas, se mantuviera por más tiempo.

**Ensayo de fertilización a la plantación (Zanja Honda, Rivera, 1996) - E 60**

**Materiales y métodos**

En la primavera del año 1996 se instalaron dos ensayos de fertilización a la plantación sobre *E. grandis*. El ensayo de la zona norte (Zona CIDE 7) fue instalado en el paraje Zanja Honda (Rivera) sobre suelos arenosos rojos con el siguiente análisis de suelo (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Análisis de suelo del sitio donde se instaló el Ensayo 60.

Profundidad	al H <sub>2</sub> O	al KCl	K	Na	Al	Ca	Brayl Res.		Textura			% MO	% N Total
			en meq/100 g				P (ug/g)		Arena	Limo	Arc.		
0 - 20	5,4	4,3	0,33	0,33	0,11	1,85	2,5	2,0	82	12	6	0,89	0,06
20 - 40	5,0	4,0	0,23	0,23	0,95	2,32	1,0	0,0	70	9	21	0,86	0,05
40 - 60	5,1	4,0	0,23	0,23	0,79	1,12	1,2	0,0	75	11	14	0,83	0,05
40 - 60	5,0	4,0	0,21	0,21	0,54	1,36	1,6	1,0	78	12	10	0,89	0,05

Como en todos los suelos arenosos de la zona, los tenores de materia orgánica y P son muy bajos.

El diseño experimental es de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada

parcela está integrada por veinticinco plantas (cinco por cinco), con un marco de plantación de cuatro por dos m (1.250 árboles/ha).

Los tratamientos fueron definidos en función de combinaciones de dosis de N y P con

<sup>3</sup> Para el cálculo del IMA se considera una edad de 6.6 años (plantación: Octubre de 1992; medición: Mayo de 1999)

una única dosis de K en un tratamiento (Cuadro 6). Con esta combinación de nutrientes y dosis, sugerida por Hauser (1970), es posible obtener información relevante sin necesidad de utilizar todas las combinaciones posibles, lo que daría lugar a ensayos extremadamente grandes. Desde el punto de vista estadístico, estos tratamientos permiten:

- conocer la curva de respuesta a N (niveles 0 a 3) en la dosis media de P (nivel 2)
- conocer la curva de respuesta a P (niveles 0 a 3) en la dosis media de N (nivel 2)
- evaluar el efecto del N, del P y su interacción a los niveles 0 y 2 (trats. 00, 02, 20, 22)
- evaluar el efecto del N, del P y su interacción a los niveles 2 y 3 (trats. 22, 23, 32, 33)
- evaluar el efecto del K con los niveles medios de N y de P (tratamientos 220, 221)
- estimar una superficie de respuesta de N y P entre los niveles 2 y 3

**Cuadro 6.** Combinaciones de nutrientes evaluadas en el Ensayo 60.

Tratamiento	Nutriente (gr/planta)			Niveles		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
1	0	0	0	0	0	0
2	0	36	0	0	2	0
3	15	36	0	1	2	0
4	30	0	0	2	0	0
5	30	18	0	2	1	0
6	30	36	0	2	2	0
7	30	36	27	2	2	1
8	30	45	0	2	3	0
9	45	36	0	3	2	0
10	45	54	0	3	3	0

Las dosis de cada nutriente fueron obtenidas a partir de los siguientes fertilizantes: urea (46% de N), super-fosfato triple (46% de  $P_2O_5$ ) y cloruro de potasio (60% de  $K_2O$ ). La aplicación de los tratamientos se efectuó nueve días después de la plantación en dos orificios a ambos lados de cada planta distanciados de la misma unos quince a veinte cm y a una profundidad aproximada de diez a quince cm. Simultáneamente a la fertilización se aplicó una mezcla de herbicidas pre-emergentes residuales (oxifluorfen + acetoclor) para asegurar un crecimiento inicial libre de malezas.

### **Resultados principales**

La primer evaluación del ensayo se efectuó siete meses después de la aplicación de los tratamientos (al invierno siguiente) midiéndose únicamente la altura. El análisis estadístico mostró que el efecto tratamiento fue altamente significativo ( $p < 0.01$ ). Al analizar separadamente el efecto del N y del P se observó que el primero no fue significativo mientras que el segundo fue significativo al 5%, tal como se observa en la Figura 2. El contraste entre los tratamientos 6 y 7 (30/36/0 vs. 30/36/27) no mostró una respuesta significativa al agregado de potasio.

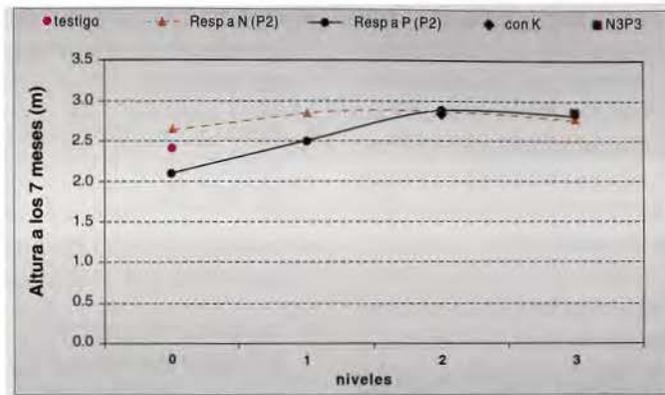


Figura 2. Respuesta en altura a las distintas combinaciones de nutrientes (siete meses). Nota: Las curvas de respuesta tanto a N como a P son con el otro nutriente a la dosis media (nivel 2)

Al segundo invierno (veintiún meses después de la plantación) se midió altura y DAP, con lo que se estimó el volumen por árbol y por hectárea, utilizándose un factor de forma de 0,45. En esta medición, el efecto tratamien-

to fue significativo ( $p < 0.05$ ) al igual que el efecto del P evaluado a la dosis media de N. La respuesta al P se mantiene hasta la dosis máxima evaluada, correspondiente a 54 gr/planta de  $P_2O_5$  (Figura 3).

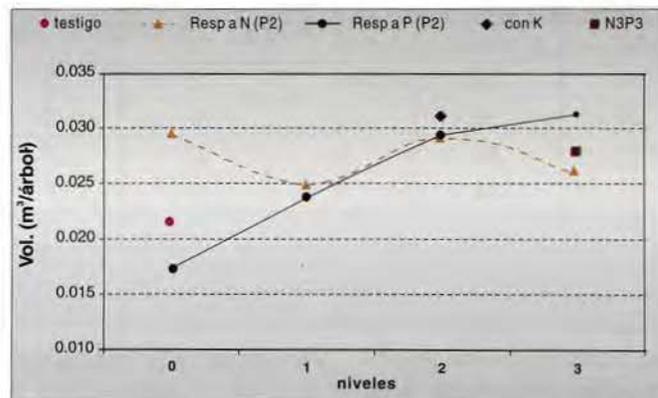


Figura 3. Respuesta en volumen individual a las distintas combinaciones de nutrientes (veintiún meses). Nota: Las curvas de respuesta tanto a N como a P son con el otro nutriente a la dosis media (nivel 2).

No se observa respuesta al N y la respuesta al K a pesar de ser pequeña fue estadísticamente significativa ( $p < 0.01$  para DAP y  $p < 0.05$  para altura y volumen individual). Si se compara el tratamiento testigo (tratamiento 1) con los que incluyen el nivel medio de un nutriente sin el agregado del otro nutriente (tratamientos 2: 0/36/0 y 4: 30/0/0) se observa para ambas mediciones una im-

portante respuesta al P y un efecto negativo del N cuando es agregado sin P.

Las tendencias comentadas para volumen individual son casi idénticas a las de volumen por hectárea (Cuadro 7), aunque el único efecto estadísticamente significativo fue el del P evaluado a la dosis media de N.

**Cuadro 7.** Parámetros evaluados a los veintidós meses, según tratamiento.

Tratamiento	Niveles de NPK	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> /árbol)	Sobrevivencia %	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
1	000	5,6	6,5	0,021	97	26,1
2	020	6,1	7,4	0,030	81	29,8
3	120	5,9	6,9	0,025	92	28,6
4	200	5,3	5,8	0,017	97	21,2
5	210	5,9	6,7	0,024	94	28,0
6	220	6,2	7,1	0,029	92	33,5
7	221	6,3	7,5	0,031	81	31,4
8	230	6,2	7,5	0,031	86	33,6
9	320	5,9	7,2	0,026	86	28,3
10	330	6,1	7,2	0,028	94	33,0

### Ensayo de evaluación de fertilizantes comerciales (Tacuarembó, 1998) E 80

plantación es de 4.2 x 1.9m lo que da una población de 1.253 árboles por hectárea.

#### Materiales y métodos

En Marzo de 1998 se instaló un ensayo de evaluación de fertilizantes comerciales sobre una plantación de *E. maidenii* de primavera de 1997 en la zona de Cerro de Clara (suelo del Grupo CO.N.E.A.T. 7.32). El marco de

Se evaluaron nueve formulaciones comerciales (Cuadro 8) en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y parcelas de veinte plantas. Cada fertilizante se evalúa en una sola dosis, de manera de que se aproxime a las dosis de uso comercial más frecuente.

**Cuadro 8.** Fertilizantes evaluados y dosis a las cuales se aplicaron.

Tratamiento	Formulación (N/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /K <sub>2</sub> O)	Micronutrientes	Dosis (gr/planta)	Observaciones
1	Ninguno			
2	Vital 1(10/7/7)	Ca: 9,5; S: 3,5; Mg: 5; B: 0,13; Cu: 0,1; Zn: 0,1	200	Fertilizante de liberación lenta
3	Vital 2(0/9/8)	Ca: 13; S: 5; Mg: 8; B: 0,13; Cu: 0,1; Zn: 0,1	200	Fertilizante de liberación lenta
4	18/46/0		100	
5	20/40/0		100	
6	7/40/0		100	
7	7/40/7		100	
8	25/33/0		100	
9	10/50/0		100	
10	25/25/0		100	

El ensayo fue evaluado a los dos inviernos siguientes a la aplicación de los fertilizantes.

En el primer invierno se midió únicamente altura y en el segundo altura y DAP.

### Resultados principales

Los datos de crecimiento obtenidos en las dos mediciones realizadas se presentan en el Cuadro 9. El efecto tratamiento fue estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) para altura a la primer medición y muy significativo

( $p < 0.01$ ) para altura, DAP y volumen individual a la segunda medición. La sobrevivencia presentó un comportamiento errático, independiente del tipo de fertilizante utilizado, por lo que no se realizó análisis estadístico para esta variable.

**Cuadro 9.** Resumen de las mediciones efectuadas cuatro y dieciséis meses post fertilización.

Tratamiento	Formulación (N/P/K)	Medición 1998	Medición 1999			
		Altura (m)	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen /árbol (m <sup>3</sup> )	Sobrevivencia %
5	20/40/0	1,13 ab	4,58 a	4,9 a	0,0045 a	81,3
8	25//33/0	1,15 a	4,55 ab	4,6 ab	0,0042 a	85,0
4	18/46/0	1,06 abc	4,45 abc	4,7 a	0,0042 a	80,0
10	25/25/0	1,08 ab	4,32 abc	4,5 ab	0,0036 ab	78,8
6	7/40/0	1,02 abc	4,26 abc	4,5 ab	0,0035 ab	65,0
7	7/40/0	1,09 ab	4,24 abc	4,2 ab	0,0030 abc	85,0
9	10/50/0	1,03 abc	4,12 abc	4,1 ab	0,0029 abc	76,3
3	Vital 2 (0/9/8)	0,98 bc	3,91 bcd	3,8 bc	0,0023 bc	82,5
2	Vital 1 (10/7/7)	1,01 abc	3,87 cd	3,8 bc	0,0023 bc	87,5
1	ninguno	0,93 c	3,42 d	3,2 c	0,0017 c	83,8

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas al 5% de acuerdo al test de Duncan.

Los fertilizantes de mejor comportamiento fueron aquellos con niveles altos y balanceados (relación P/N entre 1.3 y 2.6) de N y P, como ser el 20/40/0, 25/33/0 y el 18/46/0. Al igual que en el ensayo anterior, no se obtuvo respuesta a dosis bajas de K (comparar tratamientos 6 y 7).

Los fertilizantes de liberación lenta Vital, que además de N, P y K contienen micronutrientes, presentan hasta el momento un comportamiento poco destacado, ligeramente superior al testigo sin fertilizar. Sin embargo, al tratarse de fertilizantes de liberación lenta, es posible que la respuesta comience a manifestarse en etapas posteriores de la rotación.

### Ensayo de refertilización al año de la plantación (Curticeira, Rivera, 1996) E 64

#### Materiales y métodos

En el año 1996, también se instalaron tres ensayos de refertilización sobre plantaciones de un año. El ensayo de Zona 7 fue instalado sobre una plantación de *E. grandis* en el paraje Curticeira (Rivera) sobre suelos del Grupo 7.31. Se realizaron análisis de suelo y foliares previo a la aplicación de los tratamientos de refertilización (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Análisis de suelo y foliar del sitio donde se instaló el Ensayo 64.

Análisis	pH		K	Na	Al	Ca	Bray I	Res.	Textura			%	% N
	al H <sub>2</sub> O	al KCl							en meq/100 g				
0 - 20	5,4	4,0	0,43	0,08	0,37	0,45	2,5	2,0	80	11	9	0,95	0,06
20 - 40	5,0	3,8	0,33	0,09	1,36	0,91	3,1	2,0	73	10	17	0,91	0,06

b) foliar)	%N	%P	%K	%Ca	% Mg	% S	N/P	N/K	P/K	Ca/Mg	N/S
todo el ensayo	2,45	0,14	0,68	1,10	0,20	0,21	17,5	3,6	0,21	5,5	11,7
Óptimo (Schönau & Herbert, 1983)	> 2	0,16	0,70	> 1	0,30	0,18	13	3,0	0,22	> 3,3	11

El diseño experimental es de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, las parcelas son de veinticinco plantas y el marco de plantación es de cuatro por tres m (833 árboles por hectárea).

Los tratamientos involucran la misma combinación de dosis de N y P utilizada en el Ensayo 60, no incluyéndose el tratamiento que contenía K (Cuadro 11). La aplicación fue igual a la descrita en el Ensayo 60, aunque los orificios fueron más distanciados de la planta (30 a 40 cm).

**Cuadro 11.** Combinaciones de nutrientes evaluadas en el Ensayo 64.

Tratamientos	Nutriente (gr/planta)		Niveles	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	0	0	0	0
2	0	40	0	2
3	20	40	1	2
4	40	0	2	0
5	40	20	2	1
6	40	40	2	2
7	40	60	2	3
8	60	40	3	2
9	60	60	3	3

Al momento de aplicarse los tratamientos de refertilización (Setiembre 1996), se midió la altura de todos los árboles del ensayo, tomándose una muestra foliar compuesta de toda el área (Cuadro 10). Debido a que la plantación había recibido un manejo inicial relativamente pobre, la altura, al año de la plantación promediaba tan solo 1,4 m.

En los tres inviernos posteriores a la aplicación de los tratamientos (1997, 1998 y 1999) se realizaron mediciones de altura, DAP y sobrevivencia. Previo a la última medición la plantación fue raleada, quedando en pie dos

tercios de los individuos plantados originalmente. La selección de los árboles a ralear dentro del ensayo fue realizada con el mismo criterio que para la plantación circundante, por un técnico independiente, sin tener en cuenta el diseño del ensayo.

**Resultados principales**

En la Figura 4 se muestra la evolución del volumen individual en tres tratamientos contrastantes. Se observa como las diferencias tienden a mantenerse en el tiempo.

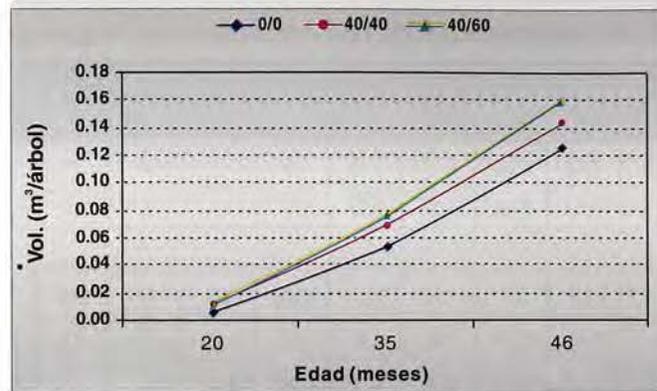


Figura 4. Respuesta en volumen individual a las distintas combinaciones de nutrientes (veintiún meses).

Los valores registrados a la última medición (cuarto año) para todos los parámetros considerados se presentan en el cuadro 12. El volumen al cuarto año, tanto individual como por hectárea, fue calculado con la misma fun-

ción de ahusamiento mencionada en el Ensayo 16. Solo se consideraron aquellos árboles de DAP mayor a diez cm y el volumen se calculó hasta un diámetro superior mínimo de ocho cm con corteza.

Cuadro 12. Promedios de los parámetros evaluados al cuarto año.

Tratamiento	gr N/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m³/arb)	Sobrevivencia %	Volumen /ha (m³)	IMA (m³/ha/año)
1	0/0	14,7	16,3	0,126	72	76	19,8
2	0/40	15,2	16,8	1,137	64	73	19,1
3	20/40	15,9	17,3	0,151	67	84	21,8
4	40/0	15,1	16,6	0,133	67	74	19,2
5	40/20	15,8	17,1	0,151	67	84	21,9
6	40/40	15,6	17,0	0,144	67	80	20,9
7	40/60	15,9	17,8	0,161	78	104	27,2
8	60/40	15,9	17,5	0,160	67	89	23,2
9	60/60	16,1	17,7	0,160	72	96	25,1

Los volúmenes al cuarto año son el remanente en pie luego del raleo de aproximadamente un 33% de los árboles.

Se observa una importante respuesta en crecimiento en volumen individual de algunos tratamientos. Las diferencias en volumen por hectárea están fuertemente influenciadas por la intensidad de raleo que tuvo cada parcela. En general se observó que el técnico que marcó el raleo tendió a dejar más árboles en las parcelas de mayor crecimiento, que en general son las que recibieron las mayores dosis de fertilización.

No se observa una tendencia clara de una mayor respuesta a un nutriente o al otro. Las combinaciones de nutrientes que presentaron mejores resultados fueron 40/60; 60/40 y 60/60. Las combinaciones 40/20 y 20/40 generaron respuestas intermedias interesantes, con dosis sustancialmente más económicas.

**Ensayos de evaluación de herbicidas (Rivera, 1995 y 1996) E 54 y E 62**

**Materiales y métodos**

En las primaveras de 1995 y 1996 se realizaron evaluaciones de diversos herbicidas aplicados a distintas dosis. Los ensayos ya fueron descritos en las Series de Actividades de Difusión anteriores (Methol, 1996 (b); Methol, 1999).

El análisis de suelo del Ensayo 54 se presenta en el siguiente cuadro, mientras que el del Ensayo 62 puede considerarse similar al mostrado para el Ensayo 60 (ambos ensayos están uno junto al otro, en el mismo sitio).

114

Profundidad	pH al H <sub>2</sub> O	Ug/g de P (Bray I)	ug/g de P (Res.)	% Arena	% Limo	% Arc.	% MO
0 - 20	5,9	12,8	7,0	92	2	6	0,65

En ambos sitios el tenor de materia orgánica es muy bajo (menor a 1%) al igual que el porcentaje de arcilla (6% en los primeros 20 cm.). Es importante considerar estos dos factores ya que inciden en la dosis requerida para lograr determinados niveles de efectividad o de residualidad, para la mayoría de los herbicidas pre-emergentes (a veces referidos como suelo-activos).

### Resultados principales

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en dos ensayos de evaluación de herbicidas en Zona 7. Un análisis más detallado de los mismos puede encontrarse en publicaciones previas (Methol, 1996 (b); Methol, 1999)

En el cuadro 13 se presentan dos mediciones de altura del ensayo instalado en 1995 sobre suelos con intensa historia agrícola, que presentaban una gran población de malezas de hoja ancha (principalmente *Bidens pilosa* o "amor seco"). Se desataca el comportamiento del herbicida Goal (oxifluorfen), producto que a demostrado ser una excelente alternativa de control de malezas a escala comercial. Este herbicida puede provocar síntomas de toxicidad en las mudas de *Eucalyptus*, los cuales desaparecen en pocos días sin evidencias de afectar significativamente el crecimiento. Sin embargo, si es aplicado previo a la plantación, se evitaría por completo este efecto.

El principal inconveniente es su costo relativamente elevado, lo cual se podría solucionar utilizándolo en mezcla con otros productos de menor precio.

**Cuadro 13.** Altura promedio en las dos mediciones realizadas (ensayo de evaluación de herbicidas selectivos en *E. grandis*, Rivera 1995).

Tratamiento	Altura (m)	
	110 días post-plantación	250 días post-plantación
GOAL, 3 lts/ha	0,46	1,43
GOAL, 4 lts/ha	0,59	1,72
GOAL, 5 lts/ha	0,51	1,61
<b>Media GOAL</b>	<b>0,51</b>	
RELAY, 1 lt/ha	0,40	1,08
RELAY, 2 lts/ha	0,35	0,85
RELAY, 3 lts/ha	0,35	0,94
<b>Media RELAY</b>	<b>0,36</b>	<b>0,94</b>
PREMERLIN, 3 lts/ha	0,48	1,28
PREMERLIN, 4 lts/ha	0,41	0,76
PREMERLIN, 5 lts/ha	0,38	1,05
<b>Media PREMERLIN</b>	<b>0,43</b>	<b>1,07</b>
LONTREL, 1 lt/ha	0,39	0,96
LONTREL, 2 lts/ha	0,37	0,99
LONTREL, 3 lts/ha	0,42	1,08
<b>Media LONTREL</b>	<b>0,38</b>	<b>0,98</b>
Control MANUAL	0,33	0,82
Testigo sin control de malezas	0,32	0,81

En el ensayo, que se evaluaron únicamente herbicidas pre-emergentes, se obtuvieron los resultados presentados en el cuadro 14. Se registraron variaciones importantes entre tratamientos, con diferencias de más de un me-

tro en altura y de más de dos cm en el DAP a los diecinueve meses de edad. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.01$  y  $p < 0.05$  respectivamente).

**Cuadro 14.** Promedios de altura, DAP y sobrevivencia a los diecinueve meses (ensayo de evaluación de herbicidas pre-emergentes selectivos, Rivera 1996).

Tratamiento	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)
Goal (6)	6,61 a	8,06 ab	94
Goal + Alaclor (1+2)	6,61 a	8,36 a	97
Alaclor (6)	6,39 ab	7,61 abc	97
Relay (2)	6,37 abc	7,83 abc	94
Goal + Relay (1+2)	6,33 abc	7,97 abc	92
Alaclor (2)	6,29 abc	7,37 abcde	97
Goal (4)	6,25 abcd	7,80 abc	97
Testigo	6,26 abcd	7,49 abcd	95
Alaclor (4)	6,22 abcd	7,83 abc	91
Simazina (2,5)	6,15 abcd	7,31 abcde	95
Relay (3)	6,10 bcd	7,74 abc	94
Carpida manual	6,07 bcde	7,38 abcde	91
Simazina + Relay (0,5+2)	6,07 bcde	7,15 bcdef	97
Goal (2)	6,03 bcde	7,53 abcd	92
Preside + Relay ((0,5+2)	6,00 bcde	7,05 bcdef	97
Relay (4)	5,97 bcde	7,02 bcdef	92
Preside (1,5)	5,95 bcdef	7,25 bcdef	94
Simazina + Relay (1+2))	5,94 bcdef	6,93 cdef	95
Preside (0,5)	5,89 cdef	7,10 bcdef	84
Preside (1)	5,80 def	6,41 ef	94
Simazina (1,5)	5,61 ef	6,55 def	97
Simazina (3,5)	5,49 f	6,20 f	98

Letras iguales en la misma columna indican que no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de acuerdo al test de la diferencia mínima significativa (DMS)

El herbicida Preside provocó importante fitotoxicidad sobre las plantas de *E. grandis*. Estos síntomas también fueron observados en un ensayo en Río Negro, por lo que se descarta la utilización de este producto.

Los tratamientos más destacados fueron Goal (6), Goal+ alaclor (1+2), alaclor (6) y Relay (2), mientras que los tratamientos de peor comportamiento fueron los que incluían simazina o Preside, tanto solos como en mezcla. Estos dos herbicidas presentaron impor-

tantes síntomas de fitotoxicidad, los cuales tendieron a incrementarse con dosis crecientes.

## DISCUSION GENERAL Y CONCLUSIONES

Con relación a la preparación del suelo (laboreo), los resultados del Ensayo 16 muestran que al incrementarse la intensidad del laboreo hasta la preparación total del terreno, se obtienen respuestas en crecimiento. Sin

embargo, con relación a este tema interesan otras consideraciones además del crecimiento, como por ejemplo los costos, los riesgos de erosión, aspectos operativos, etc. Estos factores han llevado a que en la zona Norte, se generalice cada vez más la preparación en fajas. Además, realizando el laboreo en fajas, si éste es complementado con un adecuado control de malezas y fertilización en el inicio, es posible obtener una productividad comparable a la de un laboreo total.

Dentro de la alternativa de laboreo en fajas, en los últimos años se han utilizado principalmente dos modalidades bien definidas (López y Foglino, 1998), a saber:

- laboreo reducido con surcador de 0.8 a 1.2 m de ancho sin herbicida previo. En este caso el control de malezas post-plantación es mecánico, comenzando con el pasaje de gradeador que aporca hacia la fila de plantación cuando las plantas tienen una altura de 50 cm. Dos o tres meses más tarde se realiza un segundo laboreo que, además de controlar malezas (y aumentar la disponibilidad de N por mineralización), tiende a nivelar la entrefila.
- laboreo intensivo en la faja de plantación de 1.4 m de ancho, en contorno. El control de malezas en estos casos es químico, utilizando herbicidas preemergentes o de postemergencia temprana en un ancho normalmente no superior al metro. Se complementa el control con aplicaciones de glifosato o sulfosato en la entrefila.

El uso del surcador forestal (existen distintas versiones todas adaptadas localmente) se ha generalizado bastante por su conveniencia operacional ya que solo se requiere una pasada y al remover la capa superior del suelo, elimina el banco de semillas, con lo que se logra mantener la fila de plantación libre de malezas por varios meses. Sin embargo, esta herramienta no está exenta de problemas, pudiéndose mencionar como tales el hecho de que retira la capa más fértil del suelo y aumenta la posibilidad de anegamiento temporal (para evitar esto los surcos se dejan con

cierta pendiente con los consiguientes riesgos de erosión).

Además, al retirarse algunos centímetros de suelo, se podría estar reduciendo el volumen de suelo explorable por las raíces (o la profundidad de arraigamiento), uno de los factores que explican en mayor medida la productividad de los sitios para *E. grandis* de acuerdo a estudios realizados en Brasil y Sudáfrica (Goncalves et al., 1990; Noble et al., 1991; Louw, 1997). La magnitud de esta eventual desventaja del surcador dependería de la profundidad del suelo y de la regulación de la herramienta que determina el espesor de la capa de suelo removida.

El uso de laboreo más intensivo en la faja de plantación, combinando herramientas tales como excéntrica, cincel y subsolador, parecería más recomendable desde el punto de vista de la conservación de suelos. Como se indicaba anteriormente, esto generalmente conlleva al uso de herbicidas preemergentes (fundamentalmente en sitios con historia agrícola). Sobre la base de los resultados obtenidos en los ensayos de evaluación de herbicidas, se recomiendan los herbicidas oxifluorfen, acetoclor y alaclor tanto puros como en mezclas.

Los herbicidas mencionados se aplicarían en la faja en torno a la plantación, unos días antes o unos días después de la misma. Si entre el último pasaje de herramientas y la fecha de plantación transcurre un tiempo suficiente como para que comience la germinación de malezas, puede ser conveniente hacer la aplicación pre-plantación agregando una dosis baja de glifosato en la mezcla. Con esto se busca controlar las malezas emergidas que escaparían a los herbicidas mencionados (principalmente gramíneas).

Una vez solucionados los problemas de malezas, la utilización de una fertilización desde el comienzo, permitirá obtener una interesante respuesta inicial de gran importancia para una implantación exitosa. De acuerdo a los resultados de los ensayos de fertilización y coincidentemente con las dosis más comunes que se aplican a escala comercial, podrían recomendarse en forma general dosis de 100

g/planta de 20/40/0, 18/46/0 o formulaciones similares, dependiendo de los costos.

Este esquema de preparación de suelo, control de malezas y fertilización, sumado al uso de plantas de buena calidad (genética, sanitaria, nutricional y morfológica) y a un correcto control de hormigas (Van Hoff, 1995; López y Foglino, 1998), permitirá un rápido crecimiento inicial que asegurará el establecimiento exitoso de la plantación.

## BIBLIOGRAFIA

- DONALD, D.G.M.; SCHUTZ, C.J.** 1977. The response of *Eucalyptus* to Fertilizer at lanting: the Louw's Creek Trial. South African Forestry Journal 102. pp. 23-28.
- GONCALVES, J.L. DE M; DEMATTE J.L.I.; DO COUTO, H.T.Z.** 1990. Relações entre a produtividade de sitios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e media no estado de Sao Paulo. IPEF, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. No. 43-44. pp. 24-39
- HAUSER, G.F.** 1970. Soil fertility investigations on farmer fields. FAO Soils Bulletin No 11. 78 p.
- HERBERT, M.A.** 1983. The response of *E. grandis* to fertilising with Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Dolomitic Lime on a Mispah Soil Series. South African Forestry Journal 124. pp. 4-12
- HERBERT, M.A.; SCHÖNAU, A.P.G.** 1990. Fertilising commercial forest species in Southern Africa: Research Progress and Problems (Part 2). South African Forestry Journal 152. pp. 34-42
- LOPEZ, M.F.; FOGILINO, D.** 1998. Evolución en los sistemas de plantación de pino y eucaliptos en el norte del Uruguay. XIII Jornadas Forestales de Entre Ríos - I Encuentro Forestal Cedefor del Mercosur. Concordia, Argentina. Octubre de 1998. Separatas.
- LOUW, J.H.** 1997. A Site-growth study of *Eucalyptus grandis* in the Mpumalanga Escarpment Area. South African Forestry Journal 18. pp.1-14.
- METHOL, R.** 1996 (a). Laboreo y fertilización en *Eucalyptus grandis* en la zona Norte. INIA - Hoja de Divulgación No 52.
- METHOL, R.** 1996 (b). Control de malezas con herbicidas en plantaciones de *Eucalyptus*. En: Jornada Forestal, Diciembre 1996. INIA - Serie Actividades de Difusión No. 120.
- METHOL, R.** 1999. Resultados de ensayos de evaluación de herbicidas pre-emergentes sobre *Eucalyptus grandis*. INIA - Serie Actividades de Difusión No. 189. pp.62-67.
- NOBLE, A.D.; DONKIN, M.J ; C.W. SMITH.** 1991. The importance of soil properties as indicators of site quality for *Eucalyptus grandis* on the Zululand Coastal Plain. IUFRO. Proceedings. 2-6 September 1991. Volume I. pp. 433-443.
- PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P.** 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sustentable. IICA - BMZ/GTZ. 561 p.
- SCHÖNAU, A.P.G; HERBERT, M.A.** 1983. Relationship between growth rate, fertilizing and foliar nutrient concentrations for *E. grandis*; preliminary investigations. Fertilizer Research 4. pp. 369-380.
- SCHÖNAU, A.P.G.; PENNEFATHER, M.** 1975. A first account of profits at harvesting as a result of fertilizing *Eucalyptus grandis* at time of planting in Southern Africa. South African Forestry Journal 94. pp. 29-35.
- SCHÖNAU, A.P.G.; VERLOREN VAN THEMAAT, R.; BODEN, D.I.** 1981. The importance of complete site preparation and fertilising in the establishment of *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal 116. pp. 1-10.
- VAN HOFF, E.** 1995. Alternativas de plantación de eucaliptos en el litoral oeste Uruguayo. X Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Argentina. Octubre de 1995.