

# RESPUESTA DEL *Eucalyptus globulus ssp. globulus* A FERTILIZACIONES DE APOYO EN LA VIII REGION

Sergio Calderón Sanchez (\*)

## RESUMEN

*En las zonas húmedas templadas costeras de la provincia de Concepción y húmedas de la Cordillera de los Andes de la provincia de Bio-Bio, Chile, se probaron diversas combinaciones de fertilizantes, aplicadas en dosis subdivididas dentro de los tres primeros años de edad en plantaciones de *Eucalyptus globulus ssp. globulus*.*

*Los resultados indican que en el ensayo de la zona costera de la provincia de Concepción las aplicaciones de urea producen la mejor respuesta, tanto en terminos de producción física como económica, mostrando una rentabilidad superior al 12%.*

*En el ensayo de la zona precordillerana andina en tanto, la mejor respuesta la ofrece una combinación de N, P, K y B, registrando una alta supervivencia y el mayor rendimiento volumétrico. Este tratamiento arroja también una rentabilidad superior al 12%.*

*Los ensayos confirman que las fertilizaciones de apoyo en serie durante la época juvenil, en plantaciones establecidas en suelos con deficiencias nutricionales, inducen un crecimiento adicional de importancia si la abertura del dosel es suficiente.*

**Palabras clave:** *Eucalyptus*, *Fertilización*, *Análisis Económico*.

## ABSTRACT

*Fertilization treatments applied early in the rotation, up to 3 years old, to *Eucalyptus globulus ssp. globulus* plantations were tested in two climatic zones in Chile: The humid temperate coastal zone of Concepción and the humid cold Andean area of Bio-Bio province.*

*Best growth and economic results were obtained with N treatment in the coastal area of Concepción and with a mixture of N, P, K, and B in the andean zone. The cost benefit analysis gives for both trials internal rates of return over 12%.*

*The results show that early fertilizations, applied in *Eucalyptus* plantations growing in deficitary soils, can give an important additional growth and higher rates of survival.*

**Keywords:** *Eucalyptus*, *Fertilization*, *Cost-Benefit Analysis*.

(\*) Ingeniero Forestal. División Silvicultura. Instituto Forestal. Huérfanos 554. Casilla 3085. Santiago.

## INTRODUCCION

La corrección de deficiencias nutricionales en los suelos forestales, generalmente ha sido abordada mediante enmiendas que se efectúan por una sola vez, al momento de la plantación. Sin embargo, numerosos ensayos en otros países (Hunter, I.R. y otros . 1986), demuestran que las fertilizaciones de apoyo, aplicadas en serie durante la época juvenil de la plantación, pueden inducir un crecimiento adicional de tal magnitud que es posible considerarlas con una herramienta más en el mejoramiento del manejo. La literatura demuestra que la respuesta de *Eucalyptus globulus* a los tratamientos con fertilizantes es dependiente de la edad del rodal, la carencia de determinado elemento en el suelo y del grado de abertura del dosel provocado por las intervenciones silvícolas de podas o raleo. En suma, habiendo deficiencias en el suelo será la juventud y el espacio disponible para que se desarrollen las raíces y la copa, los que determinarán el grado de respuesta al fertilizante.

El objetivo de este estudio es evaluar la mejor combinación y dosis de fertilizantes de apoyo para el *Eucalyptus globulus* en la zona costera de la provincia de Concepción y en la zona pre-cordillerana de la provincia de Bio-Bio.

La evaluación presentada en este estudio se realiza a través de un análisis de varianza de los tratamientos aplicados para establecer con certeza estadística, cual es el mejor tratamiento de fertilización e incluye las pruebas de Tukey, método de comparación múltiple que permite individualizar la significación de las diferencias entre tratamientos. Sin embargo, la decisión última del mejor tratamiento a aplicar es una decisión económica, razón por la cual se incluye una proyección del crecimiento hasta la edad de rotación y un análisis del costo e ingreso marginal generado por la aplicación del fertilizante que presenta mejor respuesta volumétrica. Este mismo tratamiento es el que posteriormente resulta ser también el mejor desde el punto de vista económico.

## METODOLOGIA

En junio de 1986 se establecieron dos ensayos; uno en la provincia de Concepción y otro en la de Bio-Bio, el primero con un diseño experimental al azar y el otro factorial de 6 y 4 repeticiones, respectivamente, y parceladas de 25 plantas espaciadas a 3 por 3 m. Mayores antecedentes de la instalación se encuentran en la publicación del IV Informe de Actividades del Instituto Forestal (1988). En cada lugar de ensayo se aplicaron 18 combinaciones de fertilizantes, tales como úrea, superfosfato triple y ácido bórico, en la provincia de Concepción, y úrea, superfosfato triple boronatrocalcita y sulfato de potasio en la provincia de Bio-Bio. La periodicidad de las aplicaciones fue similar en los dos lugares. Se aplicó la primera dosis en Septiembre de 1986, la segunda en Agosto-Septiembre de 1987, la tercera en Mayo de 1988 y la cuarta en Agosto de 1988. Los fertilizantes fueron aplicados en forma localizada a 20 cm de profundidad y en dos zanjas

ubicadas paralelamente a 26 cm de la planta.

Los tratamientos en la zona costera de la provincia de Concepción (Apéndice 1) consisten en distintas combinaciones de los siguientes compuestos y dosis por planta.

- N1 = 50 gr de Urea
- N2 = 100 gr de Urea
- P1 = 40 gr de Superfosfato triple.
- B1 = 20 gr de Acido bórico.
- B2 = 40 gr de Acido bórico.

Los tratamientos aplicados en los suelos de trumao de la precordillera de Los Andes en la provincia de Bio-Bio, consisten en combinaciones de los siguientes compuestos:

- N1 = 50 gr de Urea
- N2 = 80 gr de Urea
- P1 = 40 gr de Superfosfato triple.
- B1 = 30 gr de Boronatrocálita.
- K1 = 50 gr de Sulfato de potasio.

El efecto de los fertilizantes se refleja tanto en el crecimiento diamétrico a la altura del pecho como en la altura total del árbol y la supervivencia de las plantas. Los controles efectuados al año 3 y en especial al año 5 se consideran valiosos para reflejar el efecto acumulado de las cuatro aplicaciones hechas en los 3 primeros años de la plantación. También se incluye el análisis estadístico de un índice combinado de las variables DAP y altura (DAP<sup>2</sup>H), el cual podría expresar en mejor forma el crecimiento.

El estudio estadístico incluye un análisis de varianza (ANDEVA) que adjudica la proporción de las diferencias observadas que se debe al tratamiento por fertilización, al efecto bloques o al error experimental y los compara con valores tabulados para decidir si estas diferencias son significativas. La prueba adicional de Tukey especifica la diferencia que existe entre cada tratamiento y mide el nivel de significación.

Los datos observados al quinto año son proyectados en los 15 y 20 años con el modelo de crecimiento para las plantaciones de *Eucalyptus globulus* existente en Tasmania (Goodwin N. y Candy S. G. 1986). Considerando que no ha sido validado para las condiciones chilenas, el modelo puede ser no representativo de las condiciones de sitio probadas. Sin embargo, el ejercicio se incluye con carácter demostrativo y en algunos casos dada la magnitud del efecto fertilizante, los valores económicos alcanzados son insensibles a pequeñas variaciones del modelo.

El análisis económico se aborda con carácter marginal, capitalizando hasta la edad de rotación sólo los costos imputables a la enmienda con fertilizantes, los cuales se comparan con los ingresos también marginales generados por la venta del volumen adicional producidos por el mejor tratamiento.

Para encontrar el mejor desde el punto de vista económico, no sólo el mejor tratamiento en volumen es analizado, sino que todos los tratamientos lo son, para encontrar si alguno presenta menor costo marginal.

Este enfoque económico introduce una limitación muy fuerte al asumir que el uso de fertilizantes sólo cambia el volumen total y su costo y las demás condiciones permanecen constantes. Esto representa una restricción que se aleja de la realidad, en la medida que el parámetro cambiado interactúa con otros de alta significación económica (tamaño de las trozas, calidad del producto, costo de madereo y transportes, etc.).

## RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### Respuesta en Diámetro.

Para apreciar la evolución del DAP se debe observar la historia del ensayo. Al tercer año en la provincia de Concepción, este muestra que los dos tratamientos más efectivos son los mismos que en altura. El primero, 56 kg. de urea por hectárea aplicados 4 veces en los 3 primeros años, hace que el DAP crezca hasta 8,1 cm, en vez de 5,5 cm obtenido como promedio por las parcelas testigo. Aún cuando esta diferencia no es significativa, presenta un crecimiento en área basal de 2,39 m<sup>2</sup>/ha en relación a los rodales sin aplicación, que presentan un área basal de 2,06 m<sup>2</sup>/ha. El segundo tratamiento más efectivo es el de 100 gr de urea + 40 gr de ácido bórico por planta el que iguala los crecimientos en DAP obtenidos por el tratamiento de urea sola.

En 1991, al quinto año de la plantación (Cuadro N° 1) el primer y segundo tratamiento trastocan su posición resultando que 100 gr de urea + 40 gr de ácido bórico presenta un DAP promedio de 12,9 cm, superando en 3,0 cm el tratamiento testigo. Esta diferencia aunque no significativa, representa un incremento en área basal de 56,9% por hectárea.

Cuadro 1

ZONA COSTERA-SUR DE LA PROVINCIA DE CONCEPCION. EDAD 5 AÑOS

TRATAMIENTO	DIAMETRO (cm)	ALTURA (m)
1	10,38	10,47
2	12,33	12,28
3	10,06	11,17
4	12,56	14,03
5	11,76	12,58
6	10,04	10,29
7	9,90	11,36
8	11,90	12,73
9	12,93	13,23
10	11,14	11,67
11	11,44	11,86
12	12,55	13,04
13	10,54	12,37
14	11,85	12,42
15	9,70	10,98
16	9,88	11,17
17	9,90	10,63
18	9,36	10,69

El segundo tratamiento resulta ser 56Kg/ha de urea lo que demuestra que los suelos de la cordillera de la costa en la parte sur de la provincia de Concepción son deficitarios principalmente en nitrógeno.

En la zona de suelos de trumao de la precordillera de Los Andes, en la provincia de Bio-Bio, los tratamientos con los mejores crecimientos en DAP a los 5 años (Cuadro 2) son (N1P1B1K1) y (N2P1B1K1), los mismos que presentan el mejor crecimiento en altura, es decir, las dos variables comprueban que estos suelos son deficitarios en nitrógeno, fósforo, boro y potasio.

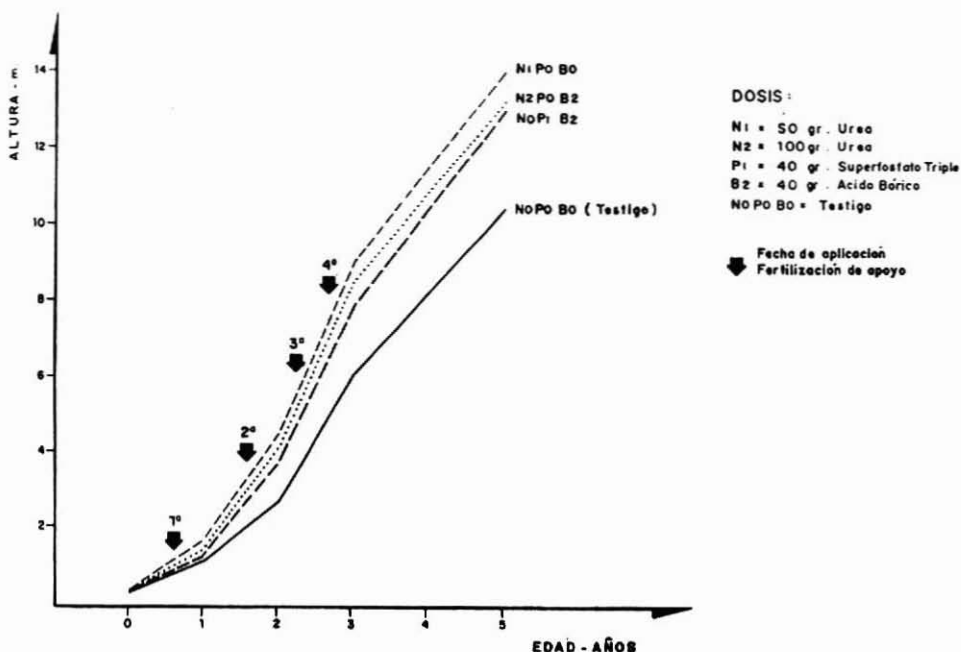
Cuadro N° 2  
 ZONA PRECORDILLERANA DE LOS ANDES DE LA PROVINCIA DE  
 BIO-BIO. EDAD 5 AÑOS

TRATAMIENTO	DIAMETRO (cm)	ALTURA (m)
1	10,39	7,62
2	9,80	7,87
3	8,34	6,75
4	8,90	7,21
5	12,39	9,94
6	10,28	8,92
7	10,37	7,49
8	10,68	8,41
9	11,66	9,72
10	10,87	9,11
11	9,76	8,00
12	9,44	7,93
13	9,00	7,78
14	9,82	8,25
15	9,92	7,48
16	8,51	7,22
17	9,95	7,43
18	9,84	8,39

### Respuesta en altura

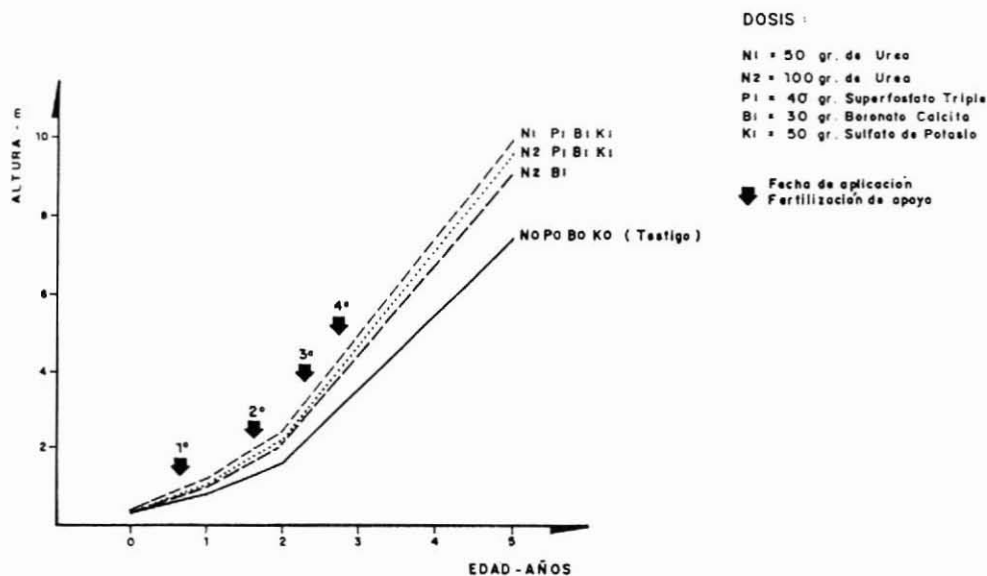
Una de las formas más eficaces de observar el efecto de los fertilizantes en el corto plazo, es medir el crecimiento del follaje, pues en este componente de la biomasa donde primero se refleja el efecto fertilización, especialmente si se trata de compuestos nitrogenados. Por esta razón, la altura del árbol al incluir el incremento del ápice resulta ser el mejor indicador. En el análisis de varianza de altura al tercer año para la zona costera-sur de la provincia de Concepción, el tratamiento de 56 Kg de urea aplicado 3 meses después de la plantación, con repetición de la misma dosis a los 14, 23 y 26 meses, es significativamente diferente al testigo (sin aplicación) y entrega la mejor respuesta. El mismo tratamiento es también el mejor al quinto año de observación (Cuadro N° 1). La diferencia en altura de este tratamiento (4) es 3.2 m superior a 10.8 m promedio del testigo y no es significativa. La evolución de la altura para los 3 mejores tratamientos en la zona costera sur de la provincia de Concepción se presenta en el Gráfico N° 1.

Gráfico Nº 1  
ENSAYO DE FERTILIZACION - PROVINCIA DE CONCEPCION  
ZONA COSTERA-SUR



En la zona de la precordillera de Los Andes de la provincia de Bio-Bio a los 5 años de edad (Cuadro Nº 2) el tratamiento (N1P1B1K1) 56 Kg/ha de urea, 44,5 Kg/ha de superfosfato triple, 33,3 Kg/ha de boronatrocalcita y 56 Kg/ha de sulfato de potasio presenta el mejor crecimiento en altura alcanzando 9,9 m contra 7,4 m del tratamiento testigo. esta diferencia es significativa al aplicar la prueba de Tukey. El segundo mejor tratamiento aunque no significativamente diferente al testigo, es el N2P1B1K1. Estos dos primeros tratamientos son los mismos que resultan de mejor crecimiento en diámetro, lo cual confirma que los suelos de trumao en la precordillera de Los Andes son deficitarios en nitrógeno, fósforo, boro y potasio y pueden ser corregidos por la agregación de estos elementos. La evolución en altura de los tres mejores tratamientos con respecto al promedio del testigo se presenta en el Gráfico Nº 2.

Gráfico N° 2  
 ENSAYO DE FERTILIZACION - PROVINCIA DE BIO-BIO  
 ZONA TRUMAO CORDILLERA DE LOS ANDES



Como el fertilizante mejora el crecimiento en Diámetro y en Altura, está demás decir que hay diferencias significativas en el factor  $DAP^2H$ .

Un mejoramiento adicional, muchas veces olvidado, es que las plantas de mejor crecimiento también resultan con una mayor supervivencia. Este efecto, aunque no significativo, se observa en los suelos de trumao.

## PROYECCIONES FUTURAS

Los resultados en la provincia de Concepción, son proyectados en el Cuadro 3 para una rotación de 15 y 20 años usando un modelo de crecimiento de *E. Globulus* en Tasmania. (Goodwin N. y Candy S.G. 1986).



Cuadro Nº 3

 PROYECCION DEL CRECIMIENTO CON Y SIN USO DE UREA  
 EN LA ZONA COSTERA-SUR DE LA PROVINCIA DE CONCEPCION

VARIABLE		TRATAMIENTO	
		UREA	TESTIGO
	Año 3		
DAP cm		8,10	5,54
Altura total m		9,02	6,18
	Año 5		
DAP cm		12,56	9,84
Altura total m		14,03	10,79
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc (Lisboa)		0,03677	0,00555
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc (Díaz)		0,05905	0,02787
Vol por árbol promedio (Concepción)		0,04791	0,01671
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc (Tasmania)		0,03972	0,01875
PROYECCION FUTURA			
DAP cm	10 años	18,58	14,56
DAP cm	12 años	19,92	15,23
DAP cm	15 años	22,00	17,24
DAP cm	20 años	24,50	19,20
Altura m	10 años	27,76	27,72
Altura m	12 años	31,22	31,18
Altura m	15 años	36,04	36,00
Altura m	20 años	43,38	43,33
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc	12 años	0,32552	0,19004
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc	15 años	0,48808	0,29939
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc	20 años	0,78080	0,47897
Densidad árbol/ha	5 años	864	856
Densidad árbol/ha	10 años	864	856
Densidad árbol/ha	15 años	799	780
Densidad árbol/ha	20 años	532	658
Vol total m <sup>3</sup> /ha ssc	15 años	390,0	233,52
Vol com m <sup>3</sup> /ha ssc	15 años	374,40 (96% VT)	205,50 (88% VT)
Vol total m <sup>3</sup> /ha ssc	20 años	415,39	315,16
Vol com m <sup>3</sup> /ha ssc	20 años	394,62 (95% VT)	283,64 (90% VT)

 Diferencia en volumen a los 15 años = 168,90 m<sup>3</sup>/ha

 Diferencia en volumen a los 20 años = 111,00 m<sup>3</sup>/ha

Es interesante comparar el volumen por árbol a los 5 años obtenido como promedio, para la zona de Concepción y en el modelo de Tasmania. La similitud de valores indica una relativa seguridad para las proyecciones futuras.

En el cálculo de la mortalidad se utilizó como modelo la ecuación de raleo natural, nominada por su coeficiente de  $3/2$ , curva que representa la mortalidad natural obtenida por competencia en bosques no manejados (Goodwin N. y Candy S.G. 1986).

La proyección de crecimiento para el *Eucalyptus globulus* plantado en la zona de la precordillera de Los Andes provincia de Bio-Bio, se incluye en el Apéndice 2. Las rotaciones consideradas también son de 15 a 20 años, pero el tratamiento testigo sin fertilización se compara con el tratamiento fertilizado con nitrógeno, fósforo, boro y potasio en las dosis más bajas y efectivas.

## ANALISIS ECONOMICO

Conociendo la respuesta volumétrica producida por el mejor tratamiento con fertilizantes a una edad de rotación, lo que falta por establecer es el valor económico de este mejoramiento. A continuación (Cuadro 4) se incluye el análisis financiero, que evalúa el costo de equilibrio para la madera en pie de rotaciones de 15 y 20 años y que permite cubrir los costos incurridos por la aplicación de las fertilizaciones, cuando estos son capitalizados al 8 y 12% anual

Cuadro 4  
ANÁLISIS FINANCIERO MARGINAL PARA EL TRATAMIENTO DE 56 Kg/Ha  
DE UREA APLICADO POR 4 VECES

AÑO APLICACION DE ENMIENDA	COSTO ACTUAL \$/Ha	COSTO CAPITALIZADO				
		AÑO 15		AÑO 20		
		8%	12%	8%	12%	
0	1,5 jornadas + leyes soc. 56 Kg urea (96 \$/Kg) 1/20 jornadas supervisión	6.000 5.376 300				
		11.676	37.038	63.909	54.421	112.630
1	3 jornadas + leyes soc. 112 Kg urea (96 \$/Kg) 1/20 jornadas supervisión	12.000 10.752 600				
		23.352	68.589	114.124	100.780	201.125
2	1,5 jornadas + leyes soc. 56 Kg urea (96 \$/Kg) 1/20 jornadas supervisión	6.000 5.376 300				
		11.676	31.754	50.948	46.658	89.788
	GRAN TOTAL		137.381	228.981	201.859	403.543
	COSTO DE EQUILIBRIO \$/m³ EN PIE (*)		813.4	1355.7	1818.5	3635.5
	BENEFICIO NETO = TASA DE INTERES	+	65.1	162.7	145.5	436.3
	PRECIO DE EQUILIBRIO \$/m³ EN PIE		678.5	1518.4	1964.0	4071.8

(\*) El costo de equilibrio corresponde a la suma del costo marginal capitalizado (gran total), dividido por el volumen marginal obtenido a la edad de rotación.

Una forma válida de interpretar el análisis es concluir que las tasas de capitalización corresponden a la tasa interna de retorno (TIR) cuando el mercado paga los costos de equilibrio +8% de beneficio neto.

Actualmente (Junio 1991) las inversiones a 20 años plazo en fertilizaciones con 56 Kg/ha de urea en la zona costera-sur provincia de Concepción rinden una tasa interna de retorno de 12% si se considera \$ 4071,8/m³ (US\$ 12,00/m³) como valor de mercado de la madera en pie.

Este análisis económico evalúa desde el punto de vista financiero el tratamiento de urea ( el mejor en volumen). Lo importante es establecer con toda seguridad si este tratamiento representa el mejor desde el punto de vista económico. Para ello, es necesario

revisar el costo de los demás tratamientos que, aunque de menor respuesta volumétrica, podrían presentar una mayor eficiencia económica. Este análisis se facilita por tener el boro un mayor precio que el nitrógeno y por tener un menor rendimiento volumétrico. Esto descalifica 9 tratamientos que incluyen boro. El tratamiento de doble dosis de nitrógeno (N2 PO BO) resulta también más costoso y no sobrepasa el rendimiento del nitrógeno simple (NI PO BO). El único tratamiento que aparece competitivo es el de 40 gr de superfosfato triple (NO P1 BO) por ser producto levemente más barato, lo cual podría compensar el menor rendimiento volumétrico. Sin embargo, efectuadas las proyecciones volumétricas y el cálculo de los costos de equilibrio (Apéndice 3), el tratamiento con urea sigue siendo el mejor.

El análisis financiero para el mejor tratamiento de fertilización ensayado en los suelos de trumao en la cordillera de Los Andes provincia de Bio-Bio, es incluido en el Apéndice 4. Se observa que las ganancias volumétricas son 244 m<sup>3</sup> a los 15 años y 317 m<sup>3</sup> a los 20 . Estos volúmenes son más altos en la provincia de Concepción pero el costo del tratamiento es más del doble, pues incluye la enmienda de 4 nutrientes principales; nitrógeno, fósforo, boro y potasio.

El precio de equilibrio resultante de \$ 3.105/m<sup>3</sup> con la tasa de interés de 12%, es más bajo que el de Concepción, e indica que aún si el mercado paga US\$ 9.00/m<sup>3</sup> las fertilizaciones en la provincia de Bio-Bio en suelos de trumao, son una alternativa viable.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al comparar las zonas de ensayo de la provincia Concepción y de la provincia de Bio-Bio, las diferencias de sitio previstas al programar los tratamientos se ven confirmadas por los resultados. Es interesante observar que en la localidad de la provincia de Concepción el testigo posee un índice de sitio de 10.8 m de altura a los 5 años contra 7.6 m en la provincia de Bio-Bio a la misma edad, indicando un nivel de fertilidad mayor. Sin embargo, este aumento de fertilidad no se traduce en igual ganancia volumétrica por superficie, pues la supervivencia disminuye (probablemente por mayor competencia con malezas por aumento de fertilidad significando en total una pérdida del mayor potencial productivo.

En la zona costera-sur de la provincia de Concepción la respuesta con urea aplicada a plantaciones de Eucalyptus globulus durante los 3 primeros años de la rotación resulta económicamente favorable, con una tasa interna de retorno muy superior al 12% cuando se proyectan las ganancias (con análisis marginal) hasta edades de corta de 15 años. Esperar hasta los 20 años para realizar los beneficios significa obtener con un precio equivalente a US\$ 12/m<sup>3</sup> de la madera en pie, una tasa interna del retorno de las inversiones en fertilización del 12%. Al comparar la economía de las fertilizaciones con urea con los demás tratamientos, en especial la enmienda simple con superfosfato triple, aún sigue

siendo el mejor el tratamiento con urea. La conclusión para esta zona es la de preferir la rotación de 15 años cuando las fertilizaciones de urea producen un beneficio mayor.

Esto no debe considerarse definitivo hasta no validar, con un modelo de crecimiento representativo, las proyecciones.

Se recomienda que futuros ensayos de esta naturaleza incluyan tratamientos diferenciados en alguna progresión matemática, de tal modo que se pueda ajustar funciones para calcular el óptimo. Por otra parte, la validez de las conclusiones será aumentada cuando el enfoque económico deje de ser marginal y valore todas las mejoras y costos adicionales que surgen al cambiar el diámetro y altura (volumen y tamaño del producto, calidad del producto, reducción de costos de aprovechamiento y transporte, coeficientes de conversión, etc.).

Las enmiendas con nitrógeno, fósforo, boro y potasio en suelos de trumao Cordillera de Los Andes son las mejores y significativamente demuestran un déficit de estos nutrientes en la provincia de Bio-Bio. La factibilidad económica de la aplicación es obvia, dado que el ingreso adicional producido es mayor que en Concepción (producto del mejoramiento obtenido en la supervivencia) y el costo marginal total, aunque evidentemente superior, no es suficientemente alto a los 20 años como para significar un mayor precio. Por esta razón se concluye que la tasa interna de retorno (TIR) para inversiones a 20 años es 12% cuando el precio del mercado alcanza a \$ 3.105/m<sup>3</sup> (US\$ 9.00/m<sup>3</sup>) para el valor de la madera en pie.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Goodwin N. y Candy S.G. 1986. Single-tree and Stand Growth Models for a plantation of *Eucalyptus globulus* Labill. in Northern Tasmania. Aust. For. Res., 16. 131-44.

Gordon, A.; Graham, J.D. 1986. Changes in *Pinus radiata* stem form in response to nitrogen and phosphorus fertiliser. New Zealand Journal of Forestry Science. Vol. 16.

Hunter, I.R.; Graham, J.D.; Prince, J.M.; Nicholson, G.M. 1986. Whats site factors determine the 4 year basal area response of *Pinus radiata* to nitrogen fertiliser. New Zealand Journal of Forestry Science. Vol. 16.

INFOR 1988. IV Informe de actividades Período Abril 1987-Junio 1988 Proyecto Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. CORFO. junio.

Prado, J.A. y Barros, S. 1989. *Eucalyptus*. Principios de Silvicultura y manejo INFOR. CORFO Santiago, Chile.

Apéndice I

LISTA DE TRATAMIENTOS  
ENSAYADOS EN LA  
ZONA COSTERA-SUR DE LA  
PROVINCIA DE CONCEPCION

FILA N°	TRATAMIENTO
1	TESTIGO
2	NO PO B1
3	NO PO B2
4	N1 PO BO
5	N1 PO B1
6	N1 PO B2
7	N2 PO BO
8	N2 PO B1
9	N2 PO B2
10	NO P1 BO
11	NO P1 B1
12	NO P1 B2
13	N1 P1 BO
14	N1 P1 B1
15	TESTIGO
16	TESTIGO
17	TESTIGO
18	TESTIGO

LISTA DE TRATAMIENTOS  
ENSAYADOS EN LA ZONA  
CORDILLERANA DE LOS ANDES  
DE LA PROVINCIA DE BIO-BIO

FILA N°	TRATAMIENTO
1	TESTIGO
2	N1 PO BO KO
3	N2 PO BO KO
4	N1 P1 BO KO
5	N1 P1 B1 K1
6	N1 PO B1 KO
7	N1 PO BO K1
8	N2 P1 BO KO
9	N2 P1 B1 K1
10	N2 PO B1 KO
11	N2 PO BO K1
12	NO P1 B1 K1
13	NO PO B1 K1
14	NO P1 B1 KO
15	TESTIGO
16	TESTIGO
17	TESTIGO
18	TESTIGO

Apéndice 2

PROYECCION DEL CRECIMIENTO CON Y SIN USO DE N1 P1 B1 K1 EN LA ZONA PRECORDILLERANA DE LOS ANDES. PROVINCIA DE BIO-BIO

VARIABLE	TRATAMIENTO	
	N1 P1 B1 K1	TESTIGO
AÑO 5		
D.A.P. cm	12,39	9,52
Altura total m	9,94	7,63
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc. (Lisboa)	0,01841	0,00555
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc. (Díaz)	0,04071	0,01241
Vol por árbol promedio (Bio - Bio)	0,02955	0,01200
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc. (Tasmania)	0,02738	0,01241
PROYECCION FUTURA		
D.A.P. cm 10 años	18,33	14,08
D.A.P. cm 12 años	19,70	15,28
D.A.P. cm 15 años	21,70	16,68
D.A.P. cm 20 años	24,18	18,57
Altura total 10 años	27,75	27,72
Altura total 12 años	31,21	31,18
Altura total 15 años	36,04	35,80
Altura total 20 años	43,37	43,32
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc. 12 años	0,31820	0,19129
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc. 15 años	0,47486	0,27870
Vol por árbol m <sup>3</sup> ssc. 20 años	0,76036	0,44795
Densidad árbol/ha 5 años	957	716
Densidad árbol/ha 10 años	957	716
Densidad árbol/ha 15 años	886	668
Densidad árbol/ha 20 años	752	567
Vol total m <sup>3</sup> ssc. 15 años	421	186
Vol com m <sup>3</sup> ssc. 15 años	404 (96%)	160 (86%)
Vol total m <sup>3</sup> ssc. 20 años	572	254
Vol com m <sup>3</sup> ssc. 20 años	543 (95%)	226 (89%)

Diferencia en volúmen a los 15 años = 244 m<sup>3</sup>/ha  
 Diferencia en volúmen a los 20 años = 317 m<sup>3</sup>/ha



Apéndice 3

ANALISIS FINANCIERO MARGINAL PARA EL TRATAMIENTO  
DE 44,4 KG/HA DE SUPERFOSFATO TRIPLE  
APLICADO EN LA PROVINCIA DE CONCEPCION

AÑO APLICACION DE ENMIENDA	COSTO ACTUAL \$/Ha	COSTO CAPITALIZADO				
		AÑO 15		AÑO 20		
		8%	12%	8%	12%	
0	1 jornada + leyes soc.	4.000				
	44 Kg/ha superfosfato (\$ 85)	3.778				
	18% IVA fertilizante	680				
	1/20 jornadas supervisión	200				
		8.658	27.465	47.390	40.355	83.518
1	1 jornada + leyes soc.	4.000				
	44 Kg/ha superfosfato (\$ 85)	3.778				
	18% IVA fertilizante	680				
	1/10 jornadas supervisión	400				
		8.858	26.018	43.290	38.228	76.292
2	2 jornadas + leyes soc.	8.000				
	88 Kg/ha superfosfato (\$ 85)	7.555				
	18% IVA fertilizante	1.360				
	1/10 jornadas supervisión	800				
		17.715	48.178	77.299	70.789	136.228
	GRAN TOTAL		101.661	167.979	149.372	296.038
	COSTO DE EQUILIBRIO \$/m <sup>3</sup> EN PIE		3.366	5.562	3.403	6.744
	BENEFICIO NETO = TASA DE INTERES	+	269	667	272	809
	PRECIO DE EQUILIBRIO \$/m <sup>3</sup> EN PIE		3.635	6.229	3.675	7.553



## Apéndice 4

 ANALISIS FINANCIERO MARGINAL PARA EL  
 TRATAMIENTO N1 P1 B1 K1 APLICADO POR 4 VECES  
 ZONA DE PRECORDILLERA DE LOS ANDES SUELOS DE TRUMAO  
 EN LA PROVINCIA DE BIO - BIO

AÑO APLICACION DE ENMIENDA	COSTO ACTUAL \$/Ha	COSTO CAPITALIZADO				
		AÑO 15		AÑO 20		
		8%	12%	8%	12%	
0	2 jornadas + leyes soc.	8.000				
	56 Kg/ha urea (\$ 96)	5.376				
	44,5 kg/ha superfosfato triple	3.783				
	33,3 kg/ha boronatrocalcita	1.931				
	56 kg/ha sulfato potasio	5.936				
	1/20 jornadas supervisión	400				
		25.426	80.856	139.171	118.509	245.267
1	4 jornadas + leyes soc.	16.000				
	112 Kg/ha urea (\$ 96)	10.752				
	89 kg/ha superfosfato triple	7.566				
	66,6 kg/ha boronatrocalcita	3.862				
	112 kg/ha sulfato potasio	11.872				
	1/20 jornadas supervisión	800				
		50.852	149.362	248.519	219.462	437.976
2	2 jornadas + leyes soc.	8.000				
	56 Kg/ha urea (\$ 96)	5.376				
	44,5 kg/ha superfosfato triple	3.783				
	33,3 kg/ha boronatrocalcita	1.931				
	56 kg/ha sulfato potasio	5.936				
	1/20 jornadas supervisión	400				
		25.426	69.149	110.946	101.603	195.525
	GRAN TOTAL		299.167	498.636	439.574	878.768
	COSTO DE EQUILIBRIO \$/m <sup>3</sup> EN PIE		1.226	2.044	1.387	2.772
	BENEFICIO NETO = TASA DE INTERES	+	98	245	111	333
	PRECIO DE EQUILIBRIO \$/m <sup>3</sup> EN PIE		1.324	2.289	1.498	3.105