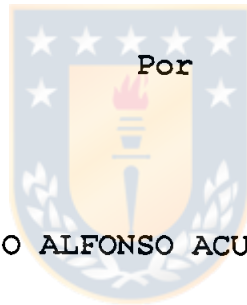


UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

EFEECTO DE LA FERTILIZACION DE APOYO, CON NPK, EN  
PLANTACIONES DE PRIMAVERA DE Eucalyptus globulus Labill.



EDUARDO ALFONSO ACUÑA CARMONA

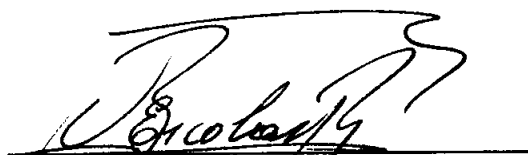
MEMORIA DE TITULO PRESENTADA  
A LA FACULTAD DE CIENCIAS  
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD  
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO FORESTAL.

CHILLAN - CHILE

1993

EFFECTO DE LA FERTILIZACION DE APOYO, CON NPK, EN  
PLANTACIONES DE PRIMAVERA DE Eucalyptus globulus Labill.

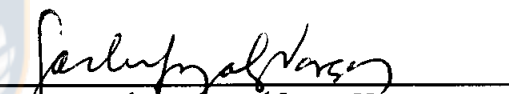
Profesor Asesor



---

René Escobar Rodríguez  
Profesor Asociado  
Técnico Forestal

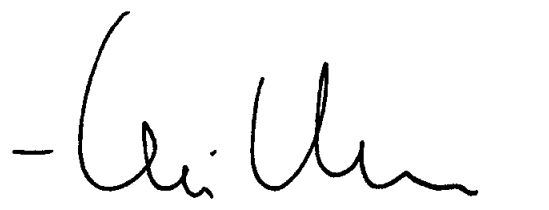
Director Departamento de  
Silvicultura



---

Gastón González Vargas  
Profesor Titular  
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Decano Facultad de Ciencias  
Forestales



---

Dr. Jaime Millán Herrera  
Profesor Titular  
Ingeniero Forestal



**A mis padres**

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus agradecimientos a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo, especialmente:

- Al Sr. Octavio Larrain M., Gerente de Forestal Angol Ltda., quien hizo realizable esta tesis de grado al prestar todo su apoyo personal y el de la empresa que él dirige.
- Al Sr. René Escobar Rodríguez, Docente de la Facultad de Cs. Forestales, quien con su continua orientación y apoyo hizo posible terminar con éxito el estudio.
- Al Sr. Miguel Espinosa Bancalari, Vicedecano de la Facultad de Cs. Forestales por sus consejos y apoyo en la revisión del texto.
- Al Sr. Fernando Drake Aranda, Docente de la Facultad de Cs. Forestales, por su cooperación y ayuda en la realización de esta tesis.
- A mis compañeros y funcionarios de la Universidad de Concepción de Chillán.

## INDICE DE MATERIAS

PAGINA N°

<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>II</b>	<b>ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS</b>	2
2.1	Antecedentes del género <u>Eucalyptus</u>	2
2.1.1	<u>Eucalyptus globulus</u> Labill	2
2.2.	Objeto de la fertilización forestal	4
2.3	La fertilización como parte de la silvicultura intensiva	6
2.3.1	Principales causas de deficiencias nutricionales	7
2.3.2	Efectos silviculturales de la ferti- lización	8
2.3.2.1	Producción de semillas	8
2.3.2.2	Efecto en las raíces	9
2.3.2.3	Efecto sobre la Supervivencia de Plántulas	10
2.3.2.4	Efecto en el Raleo	11
	a.- Respuesta en el cambio de forma	11
	b.- Respuesta en el desarrollo de copas	12
2.3.2.5	Susceptibilidad a insectos y enfermedades	13

a.- Insectos . . . . .	13
b.- Enfermedades . . . . .	14
2.4 Técnicas de aplicación de los nutrimentos . .	14
2.4.1 Oportunidad de la aplicación . . . . .	15
2.4.2 Dosis de elementos nutritivos . . . . .	16
2.4.3 Epoca de fertilización . . . . .	20
2.4.4 Localización de los fertilizantes en el suelo . . . . .	22
2.4.4.1 Movilidad de los elementos . .	22
2.4.4.2 Fertilidad del suelo . . . . .	23
2.4.4.3 Capacidad de fijación del suelo . . . . .	23
2.4.5 Forma química y tipo de fertilizantes	27
 <b>III MATERIALES Y METODOS . . . . .</b>	 32
3.1 Descripción del estudio, y lugar del ensayo .	32
3.1.1 Descripción del estudio . . . . .	32
3.1.2 Descripción del lugar . . . . .	32
3.2 Descripción del ensayo . . . . .	34
3.2.1 Plantación y tipo de planta . . . . .	34
3.2.2 Tratamientos . . . . .	34
3.2.3 Diseño experimental . . . . .	36
3.2.4 Mediciones . . . . .	36
3.2.5 Análisis de resultados . . . . .	38
3.2.5.1 Análisis estadístico . . . . .	38

3.2.5.2	Determinación del Optimo Provi-	
	sional Experimental . . . . .	39
3.2.5.3	Determinación de las Relaciones	
	Binarias de Homés . . . . .	39
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> . . . . .	<b>41</b>
4.1	Variables Evaluadas . . . . .	41
4.2	Análisis de supervivencia y variables morfo-	
	lógicas. . . . .	41
4.3	Niveles de nutrientes en el follaje . . . . .	49
4.4	Determinación del Optimo Provisional Experi-	
	mental . . . . .	52
4.5	Determinación de las Relaciones Binarias de	
	Homés . . . . .	54
4.6	Optimo Provisional Experimental versus Rela-	
	ciones Binarias de Homés . . . . .	56
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b> . . . . .	<b>58</b>
<b>VI</b>	<b>RESUMEN</b> . . . . .	<b>60</b>
	<b>SUMMARY</b> . . . . .	<b>61</b>
<b>VII</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> . . . . .	<b>62</b>

**ANEXOS . . . . . 75**





## INDICE DE TABLAS

### En el texto

TABLA N°	PAGINA N°
1 Características climáticas de las áreas de distribución natural del <u>Eucalyptus globulus</u> .....	5
2 Niveles óptimos y críticos de la concentración foliar de NPK y sus respectivas relaciones óptimas para <u>Eucalyptus globulus</u> creciendo en españa.....	19
3 Niveles óptimos de la concentración foliar de NPK y sus respectivas relaciones óptimas para <u>Eucalyptus globulus</u> establecidos en suelos trumaos.....	19
4 Tratamientos y dosis por elemento, en ensayo de fertilización de apoyo en <u>Eucalyptus globulus</u> Labill ssp. <u>globulus</u> , en la provincia de Malleco.....	36

5	Tipo y descripción de las anormalidades presentes en ensayo de fertilización de apoyo de <u>Eucalyptus globulus</u> , en suelos trumaos de la provincia de Malleco.....	38
6	Métodos usados para determinar los elementos presentes en los tejidos recolectados.....	39
7	Valores promedios del tamaño medio e incremento medio en altura y diámetro de cuello y supervivencia.....	42
8	Comparaciones múltiples de Tuckey para el análisis de supervivencia ( $p=0.05$ ).....	45
9	Comparaciones múltiples de Tuckey para incrementos en diámetro y altura.....	49
10	Niveles foliares iniciales y finales, en ensayo de fertilización de apoyo.....	51
11	Crecimiento promedio en altura y diámetro, índice de crecimiento relativo y porcentaje de anormalidades por tratamiento para ensayo de fertilización.....	53

12 Rango de niveles de nutrientes en el follaje, sus porcentaje de anormalidades y rendimiento relativo promedios, para ensayo de fertilización..... 54

13 Relaciones binarias para macronutrientes en ensayo de fertilización de apoyo..... 56

14 Relaciones binarias de Homés y coeficiente de correlación..... 56



**EN ANEXOS**

**En Anexo 1**

<b>TABLA N°</b>	<b>PAGINA N°</b>
A1. Resultados de análisis químicos de suelo del lugar del ensayo.....	76



<b>TABLA N°</b>	<b>PAGINA N°</b>
A2. Resultados de análisis físicos de suelo del lugar del ensayo.....	77

## INDICE DE FIGURAS

### En el texto

FIGURA N°	PAGINA N°
1	Relación entre concentración foliar y producción.... 21
2	Esquema del movimiento relativo de los elementos Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), en el suelo desde el punto de aplicación con indicación de las zonas de mayor y menor concentración..... 26
3	Promedios iniciales de altura y diámetro de las plántulas de <u>Eucalyptus globulus</u> ..... 43
4	Valores promedios de supervivencia de <u>Eucalyptus globulus</u> en ensayo de fertilización..... 44
5	Porcentaje de anormalidades existentes en los tratamientos de fertilización..... 46
6	Incremento porcentual sobre su estado inicial en altura y diámetro, en ensayo de fertilización de <u>Eucalyptus globulus</u> ..... 48

7 Nivel inicial y niveles óptimos para los grados máximo, mínimo y promedio encontrados en ensayo de fertilización de apoyo..... 55

8 Contraste entre las Relaciones Binarias de Homés y el Optimo Provisional Experimental, para ensayo de fertilización de Eucalyptus globulus..... 58



## I INTRODUCCION

El establecimiento de plantaciones con especies productoras de fibra corta se ha incrementado extraordinariamente en el último quinquenio en el país. En ellas, se pretende reducir el período de rotación, para lo cual se ha recurrido al empleo de especies latifoliadas de rápido crecimiento bajo manejo silvícola intensivo, el que considera preparación de suelo, control de vegetación competitiva y fertilización.

En el esquema señalado, se ha preferenciado a especies del género Eucalyptus, por sus aptitudes como productoras de fibra corta y buen comportamiento en distintas condiciones edafoclimáticas. Las masas boscosas con estas especies, se han establecido en suelos cuyo uso anterior era matorrales de bajo valor económico, baja productividad agrícola y empastadas degradadas. En todas estas condiciones de suelo y clima, las diversas especies de Eucalyptus han mostrado problemas nutricionales en los primeros años. Razón por la cual, la fertilización química se ha transformado en una herramienta rutinaria de manejo en estas plantaciones.

El presente estudio analiza la respuesta a la fertilización de apoyo de una plantación de Eucalyptus globulus establecida en primavera, en suelos de la serie Santa Bárbara de la provincia de Malleco.

## II ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

### 2.1 Antecedentes del género Eucalyptus

Es habitual, en diversos países del mundo, el establecimiento de plantaciones de especies exóticas, teniendo gran notoriedad el género Eucalyptus, con sus más de 600 especies. Poore y Fries (1987); y Leiva (1976), citado por de la Lama (1976), señalan que su gran difusión puede atribuirse a que éstas tienen gran capacidad de adaptación a condiciones ecológicas muy variadas, de rápido crecimiento, con una madera de amplia variedad de usos, a la capacidad de algunas especies del género de rebrotar vigorosamente de cepa y al hecho de que no existen plagas que los afecten seriamente.

2.1.1 Eucalyptus globulus Labill. El género Eucalyptus, representado por la especie globulus, fue introducido a Chile, por una casualidad, a principios del siglo pasado (1823), pasando el país a ser un pionero en la introducción de este género (Leiva, 1980), aunque de acuerdo a Bernath (1940), esta especie habría sido introducida a Chile en el año 1865 desde Francia. El Eucalyptus globulus consta de 3 subespecies; bicostata, maidenii y globulus (FAO, 1979, citado por Lamprecht, 1990), siendo esta última la que se ha difundido más extensamente fuera de Australia (Lamprecht, 1990). Pertenece al grupo "Southern Blue Gum", y se encuentra en bosques naturales en los estados de Tasmania, Victoria y



Nueva Gales del Sur (INFOR, 1986; FAO, 1979 citado por Lamprecht, 1990).

De acuerdo con Kirkpatrick (1975), citado por INFOR (1986), su distribución natural se encuentra entre 31°- 43° de latitud Sur, que incluye los estados de Victoria, Nueva Gales del Sur y Tasmania; su rango altitudinal va desde el nivel del mar hasta 1100 m.sn.m en Nueva Gales del Sur y 550 m.sn.m en Tasmania.

Eucalyptus globulus, es una especie de las zonas frías del sur de Australia, de zonas costeras y montañosas con buena pluviosidad invernal, que ocasionalmente puede ocurrir en forma de nieve, con una media anual entre 500 y 1500 mm; temperaturas moderadas en verano y ausencia de vientos cálidos y secos (Hall et al., 1963).

Las zonas costeras están prácticamente libres de heladas, pero en altitudes mayores éstas se pueden producir más de 70 veces por año. La temperatura máxima media del mes más cálido fluctúa entre 18° y 23°; en tanto que la mínima media del mes más frío corresponde a 3,6° (FAO 1981, citado por Sánchez 1987) (TABLA 1).

Con respecto a suelos, la especie se desarrolla bien en suelos pesados o en limos de buena calidad (Hall et al.,

1963). Los mejores crecimientos se obtienen en suelos profundos areno-arcillosos (INFOR, 1986; Lamprecht, 1990).

TABLA 1. CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LAS AREAS DE DISTRIBUCION NATURAL DEL Eucalyptus globulus.

Espece	Eucalyptus globulus		
Sub-Espece	bicostata	maidenii	globulus
Dist. Latitudinal	31°-41° S	34°-39° S	38.5°-43.5°S
Dist. Altitudinal	30-1000	230-915	0.0-330
Presipitación (mm)	750-1250	750-1500	500-1500
N° meses secos	3	hasta 3	3
N° de días heladas/año	25-30	20-120	0-5
T° media máxima mes más cálido (C°)	21-27	21-25	18-23
T° media mínima mes más frío (C°)	2-7	5	4

Fuente: Lamprecht, 1990.

## 2.2. Objeto de la fertilización forestal

El mantenimiento de la fertilidad natural del suelo para un determinado nivel de producción, requiere de la reposición de los elementos nutritivos que se pierden del sistema suelo-planta, ya sea por lavado, volatilización y exportación por cosechas, entre otros factores (Domínguez, 1984).

Para restituir estos elementos, se ha utilizado la fertilización química en plantaciones forestales. Esta consiste en la agregación de elementos minerales de manera tal que se suministre al suelo los nutrimentos requeridos por la planta. La forma química, dosis, proporción, época y zona

en que se apliquen, son determinantes para evitar desequilibrios nutricionales que alteren el metabolismo de la planta y lograr así un crecimiento adecuado de ella (Toro, 1988; Hausenbuiller, 1985; citado por Toro, 1988).

El nivel de restitución nutricional será tanto mayor, cuanto más alto sean el potencial productivo y la intensidad de la explotación (Domínguez, 1984).

En todo el mundo y en particular en los países desarrollados, se ha comprobado que la fertilización es una técnica rentable que permite suplir las necesidades nutricionales, contribuyendo a aumentar la productividad de la tierra o a mejorar la calidad de la misma, reduciendo los costos de producción y acrecentando, en consecuencia, el resultado global de la explotación (Domínguez, 1984).

Mediante los fertilizantes se pueden aportar al suelo los elementos nutritivos necesarios para el cultivo de un modo rápido y eficaz. Además, el tipo de fertilizantes y la dosis que se utilizan dependen más de las condiciones del sitio que los requerimientos de la especie (Schonau y Herbert, 1988). Por lo tanto, la técnica de la fertilización tiene como objetivo asegurar la máxima rentabilidad y eficacia en la aplicación de los fertilizantes, de modo que se logre la

máxima absorción de los elementos nutritivos por la planta, al mínimo costo (Domínguez, 1984).

### **2.3 La fertilización como parte de la silvicultura intensiva**

Aunque Eucalyptus globulus ha sido plantado desde comienzos de siglo, sólo en los últimos años se han realizado prácticas silviculturales intensivas que promueven un mejor crecimiento de esta especie. Dentro de estas prácticas silvícolas se encuentra la fertilización de plantaciones (Prado y Wrann, 1988).

La mayoría de las especies del género Eucalyptus responden positivamente a la aplicación de fertilizantes (Florence, 1986). Los beneficios de la fertilización parecen ser muchos pero esto no significa, en modo alguno, que los fertilizantes hayan venido a sustituir a la materia orgánica, la que desempeña un papel trascendental en la fertilidad y características físico-químicas del suelo.

La presencia de elementos nutritivos en forma orgánica es un medio de incrementar la reserva de los mismos en el suelo y, por lo tanto, el nivel de fertilidad. Su liberación lenta y progresiva es una garantía de que los elementos móviles como el Nitrógeno permanecen retenidos en el suelo de modo que no es lavado fácilmente (Bara, 1986; Von Uexkull, 1990).

En general, el humus ejerce, independientemente del efecto sobre las condiciones físicas, una acción estimulante sobre la vida microbiana del suelo y la actividad de las raíces, como fuente y reserva de alimentos para los mismos. Es importante recordar que solamente los productos orgánicos de origen vegetal generan humus y, por lo tanto, los fertilizantes minerales y la materia orgánica son elementos complementarios, necesarios para obtener elevados rendimientos en las explotaciones intensivas (Domínguez, 1984; Bara, 1986; Von Uexkull, 1990).

**2.3.1 Principales causas de deficiencias nutricionales.** Los problemas nutritivos, pueden originarse como consecuencia de la acción de factores ambientales sobre el material formador del suelo (presentan deficiencias en Fósforo y Potasio), a través de la acción del hombre por el uso de éste, (suelos erosionados, agrícolamente agotados y con mal drenaje presentan, principalmente, deficiencias de Nitrógeno, Potasio, Magnesio, Azufre y Boro) (Schlatter, 1985).

Por otra parte, también se pueden presentar problemas nutricionales por la propia dinámica de las plantaciones; por el alto ritmo de crecimiento, que necesita de elementos nutritivos disponibles y, por la lenta descomposición de los desechos, que a su vez, restringe un rápido reciclaje de los elementos nutritivos (Schlatter, 1985; Bara, 1986).

El estado de deficiencia mineral en una planta, va acompañado de una serie de signos externos que pueden afectar a diferentes partes de ésta. El más llamativo es el cambio de coloración de las hojas, que suele ir acompañado de perturbaciones en el crecimiento, en la producción de semillas y frutos, en el desarrollo radicular, en la longitud de los internudos y en la resistencia a enfermedades e insectos, entre otros (Bara, 1986).

**2.3.2 Efectos silviculturales de la fertilización.** La aplicación de fertilizantes a los rodales, no sólo resulta en un incremento en la producción de madera al momento de la cosecha, sino también causa numerosos otros cambios de gran importancia silvicultural y económica:

**2.3.2.1 Producción de semillas.** Con el fin de obtener beneficios máximos de la silvicultura intensiva, conviene usar rasgos genéticos mejorados. Adelantos en la producción de semillas, han sido demostrados en Nueva Zelanda, para Pinus radiata (Sweet y Hong, 1978). Barnes y Bengtson (1968), demostraron que la aplicación de fertilizantes nitrogenados son efectivos en estimular la floración en Pino oregón (Pseudotsuga menziesii), al igual que el estrés hídrico, es un importante factor en la estimulación de la floración, con mejores resultados cuando el estrés coincide con el momento en que se inicia la floración (Barker, 1978).

Phanis (1976), citado por Barker (1978), sugiere que se puede estimular la floración en árboles no productivos mediante la aplicación de grandes y continuas dosis de giberelina en conjunto con el cultivo y la fertilización.

**2.3.2.2 Efecto en las raíces.** Existe poca información respecto a respuesta radicular, especialmente en lo que se refiere a ensayos de campo. Muestras realizadas por Farrell y Leaf (1974), en Pinus resinosa fertilizados con K, mostraron más ápices radiculares en los controles que en las parcelas fertilizadas.

Will (1974), citado por Barker (1978), en estudios hechos en plantas ha informado de un traslado de producción de biomasa desde las raíces hacia el tallo, posterior a la fertilización con N y P.

Ballard (1978), resalta los beneficios de los fertilizantes, los que estimulan el desarrollo de las raíces, permitiendo a la planta ocupar rápidamente el suelo, aprovecha en forma más eficiente el agua y nutrientes disponibles. Con ello, la planta logra mayor supervivencia, rápido crecimiento inicial y cierre de copas, obteniéndose un rodal más uniforme con un mayor rendimiento al momento de la cosecha (Prado y Wrann, 1988; Barros, 1988).

**2.3.2.3 Efecto sobre la Supervivencia de Plántulas.** La fertilización realizada al establecimiento tiene un efecto favorable sobre la supervivencia y desarrollo, pero los beneficios son máximos cuando se aplica en conjunto con otros tratamientos culturales (Ballard y Mead (1976), citados por Barker, 1978; Escobar et al., 1992).

La fertilización de la plantación puede estimular el desarrollo de malezas competitivas, haciendo que el crecimiento y supervivencia del árbol sea pobre. Esto puede tener importancia relevante si hay limitaciones de humedad. Generalmente, el control de competencia por medio del uso de herbicidas, de grandes plantaciones o cultivos intensivos, resultan como una respuesta sinérgica a la fertilización de los árboles (Sutton, 1975).

La fertilización que combina NPK afecta positivamente el desarrollo de las plantas, pero debe ser complementada con el control de la competencia. Por lo tanto, no debe ser por sí sola como reemplazo de condiciones favorables para que el árbol se desarrolle lo suficiente como para sacar ventaja de la aplicación del fertilizante (Prado y Rojas, 1987; Toro, 1988; Prado y Wrann, 1988; Schonau y Herbert, 1988). Tales respuestas son de gran importancia para el posterior crecimiento del árbol dado que la superioridad de desarrollo



tiende a ser combinada, al menos hasta el cierre de copas (Barker, 1978).

Se ha demostrado que para elevar la productividad del sitio la fertilización es un medio eficaz, especialmente si se combina con la remoción del suelo y el control de malezas (Schonau y Herbert, 1988). Cromer (1984), citado por Prado (1989), afirma que la causa más importante de mortalidad de plantas es la presencia de pasto, ya que produce severas deficiencias de agua, capta gran parte de los nutrientes disponibles y en muchos casos, reduce la luz que les llega a las plantas.

**2.3.2.4 Efecto en el Raleo.** El raleo redistribuye el potencial de crecimiento de un sitio en los árboles seleccionados y además, guía a una redistribución del desarrollo dentro de los árboles individuales. Existen evidencias que la fertilización nitrogenada, cuando acompaña al raleo, puede influir ambos procesos de redistribución (Whyte y Mead, 1978).

**a.- Respuesta en el cambio de forma.** Barker (1978), en experiencias realizadas en Nueva Zelanda concluye que el cambio de forma que acompaña la fertilización con Nitrógeno y el raleo en Pinus radiata, va a depender de la situación competitiva que existe al momento del tratamiento y del grado

de intensidad del raleo. Se puede esperar que en un rodal cerrado al momento del tratamiento, la fertilización con Nitrógeno más el raleo compensen el descenso en el factor de forma causado por el raleo. Además, se puede esperar que la intensidad del raleo interactúe con el efecto del fertilizante, puesto que los raleos más fuertes causan mayores cambios de forma.

**b.- Respuesta en el desarrollo de copas.** En los casos en donde se han obtenido respuestas, la fertilización influye tanto en el tamaño de copas de árboles como en los procesos fisiológicos de éstos. El entender estos dos aspectos de la respuesta es importante puesto que jugarán un rol en la definición de la combinación óptima del raleo y la fertilización (Barker, 1978).

La respuesta de un mayor desarrollo de ramas en árboles fertilizados, indica una utilización más rápida del espacio de desarrollo puesta a disposición por el raleo, es decir, el crecimiento en volumen de los árboles fertilizados puede ser superior, al menos en parte, debido a la velocidad de respuesta de la copa (Baker et al. 1974).

Además de incrementar el tamaño y tasa de desarrollo de copas, la fertilización puede también mejorar el estado fisiológico de ésta, al existir una interacción entre la

intensidad de raleo, penetración luminosa y eficiencia fotosintética de la copa (Barker, 1978).

**2.3.2.5 Susceptibilidad a insectos y enfermedades.** La conveniencia de aplicar fertilizantes para mejorar o mantener la capacidad productiva de un sitio, se debería realizar manteniendo un suministro de nutrimentos bien balanceado o un manejo de las probables complicaciones de enfermedades y surgimiento de daños por insectos (Barker, 1978).

**a.- Insectos.** La fertilización con Nitrógeno tiende a reducir la cantidad de ataque de insectos defoliadores. Pritchett y Smith (1972), mostraron que la fertilización con P y K redujo el ataque de la polilla del brote sobre Pinus ellioti, al igual que una lista de 8 insectos, incluyendo la mosca taladradora, podadores y escarabajos de la corteza, los cuales se ven afectados de la misma forma.

Por otro lado, el ataque de insectos succionadores se ve favorecido con altas concentraciones de materiales nitrogenados. En muchos casos europeos la aplicación de Potasio parece controlar esta tendencia (Baule y Friker, 1970).

**b.- Enfermedades.** Boggess y Stahelin (1948), citados por Barker (1978), informaron que parcelas de Pinus resinosa fertilizadas con N y P exhibieron mayores infecciones fungosas, los mismos autores sugieren que el rompimiento más temprano de la dormancia, en los árboles fertilizados, los hace succulentos y altamente susceptibles, período que coincide con el de máxima producción de esporas. Baule (1973), citado por Barker (1978), entrega evidencias de que la susceptibilidad del Alamo al hongo Melampsora está relacionado con el mayor contenido de Potasio en el follaje.

Los efectos de Phytophthora se reducen con la aplicación de Nitrógeno, los mayores niveles de este elemento contrapesan la reducción del área absorptiva de las raíces dañadas. Por otro lado, en Nueva Zelanda se ha encontrado un menor desarrollo de Dothistroma pini, posterior a la fertilización con N, P, K y Mg (Barker, 1978).

#### **2.4 Técnicas de aplicación de los nutrimentos**

La técnica de fertilización tiene como objetivo asegurar la máxima eficacia en el manejo de los fertilizantes, de modo que la planta logre la máxima absorción de los elementos nutritivos, lo cual redundará en bajos costos de aplicación. Esto exige poner en juego y combinar adecuadamente, los diferentes aspectos forestales y económicos que intervienen en el procedimiento.

Básicamente, esta técnica debe determinar las condiciones concretas en que se debe realizar el aporte de los nutrimentos, respondiendo a las siguientes preguntas:

- Oportunidad de la aplicación.
- Dosis de elementos nutritivos.
- Epoca de aplicación.
- Localización y métodos de aplicación de los fertilizantes en el suelo.
- Forma química o tipo de fertilizantes.

**2.4.1 Oportunidad de la aplicación.** Flinn (1984), citado por Toro (1988), distingue cuatro tipos de fertilización u oportunidades de aplicación:

Una, denominada "fertilización de apoyo" que se efectúa junto con la plantación o a pocos meses después de realizada. Tiene como objetivo dar un impulso nutricional que permita crecer rápidamente, para evitar la competencia con malezas y ocupar a la brevedad el sitio; el segundo tipo, es la "fertilización correctiva" que se emplea para corregir deficiencias nutricionales; el tercer tipo es, la "fertilización de ganancias" que se aplica cuando el bosque se ha desarrollado cerrando las copas, generalmente al efectuar un raleo se combina con una fertilización; el cuarto tipo se refiere a la "fertilización de reposición" que se realiza en ecosistemas

muy frágiles y que tiene como objetivo, restituir los nutrientes extraídos en la rotación anterior y evitar una reducción de la productividad.

Según Toro (1988), en Chile se han efectuado para *Eucalyptus* los tres primeros tipos y para pino radiata, los cuatro tipos de fertilización.

**2.4.2 Dosis de elementos nutritivos.** Se ha comprobado los efectos beneficiosos de la fertilización en plantaciones del género Eucalyptus tanto en el extranjero como en Chile. Experiencias realizadas en nuestro país, como las de Prado y Wrann (1988), Toral y Rojas (1988), Prado (1989), Lyon (1990), Sánchez (1991) y Pereira (1991), Escobar et al. (1992), entre otros autores, proporcionan resultados favorables de diferentes dosis en distintos sitios; diferentes combinaciones de elementos en diversas especies de eucaliptos; sin embargo, Schonau y Herbert (1988), sostienen que la dosis de fertilizante que se utilizan dependen más de las condiciones del sitio que los requerimientos de la especie.

Esta combinación de situaciones hace imposible seleccionar una dosis con su adecuada mezcla de fertilizantes, forma química y método de aplicación para los disímiles sitios en los cuales se han establecido plantaciones de Eucalyptus.

Pero de estos estudios es posible obtener una importante ayuda para las áreas y patrones de suelo en los cuales existen o se proyectan establecer plantaciones de eucaliptos.

Bara (1986), detalla una manera de asignar las dosis de fertilizantes para las especies forestales, ésta está basada en la determinación de síntomas de deficiencias y luego compararlos con los niveles nutritivos del suelo y de la planta, los cuales son entregados por análisis químicos de suelo y de follaje, respectivamente. Luego de haber obtenido estos niveles, se contrastan con los de aquellas plantaciones que manifiestan rasgos de buen crecimiento y apropiado desarrollo, y luego de esto, llevar los niveles nutricionales de las primeras hasta el nivel de las últimas, mediante fertilización. En Chile aún no existen rangos de niveles nutritivos críticos para Pino insigne y todavía menos para Eucalyptus globulus.

González et al. (1985a), proporciona los niveles óptimos y críticos de las concentraciones foliares de NPK, para plantaciones de Eucalyptus globulus establecidas en España (Tabla 2).

TABLA 2. NIVELES OPTIMOS Y CRITICOS DE LA CONCENTRACION FOLIAR DE NPK Y SUS RESPECTIVAS RELACIONES OPTIMAS PARA *Eucalyptus globulus* CRECIENDO EN ESPAÑA.

Elemento	Porcentaje Foliar		Rango
	Crítico	Optimo	
N	1,80	2,00	1,15 - 3,33
P	0,12	0,14	0,07 - 0,54
K	0,40	0,60	0,34 - 1,54
N/P		12 - 16	
N/K		3,30	
P/K		0,23	

Fuente: González et al., (1985a).

Estudios realizados por Cromer et al. (1981), encontraron para la relación N:P valores de 12-14 para plantaciones de *Eucalyptus fastigata*, además sostienen que este rango está cercano a los óptimos propuestos para otras especies, lo que concuerda con los datos de la tabla anterior.

Toral y Rojas (1988), en un estudio realizado en Chile en suelos de la serie Santa Bárbara encontraron los niveles óptimos que se detallan en la Tabla 3.

TABLA 3. NIVELES OPTIMOS DE LA CONCENTRACION FOLIAR DE NPK Y SUS RESPECTIVAS RELACIONES OPTIMAS PARA *Eucalyptus globulus* ESTABLECIDOS EN SUELOS TRUMAO.

Elemento	Porcentaje Foliar Optimo
N	1,930
P	0,087
K	0,410
N/P	22,180
N/K	4,700
P/K	0,210

Fuente: Toral y Rojas, (1988).



Para un mejor entendimiento de las Tablas 2 y 3, a continuación se proporcionan las definiciones de Domínguez, (1984) y Bara (1986), de los niveles nutritivos óptimos y críticos.

**Concentración Foliar Óptima:** Significa que para alcanzar un determinado rendimiento máximo, el cultivo necesita una determinada cantidad de elemento nutritivo y que entre cero y dicha cantidad se obtienen rendimientos intermedios, en este punto se alcanzan los máximos beneficios.

**Concentración Foliar Crítica:** Es aquella a partir de la cual la producción cae por debajo del óptimo.

Las definiciones previas las podemos despejar de la relación que existe entre la concentración foliar y la producción, que se muestra en la Figura 1.

La fertilización es un eficaz instrumento en la silvicultura intensiva, pero esta herramienta no es capaz de mantener la productividad, por sí sola, de los sitios forestales que se encuentran severamente alterados en sus propiedades físicas, químicas y biológicas como resultado de deficientes manejos silvícolas.

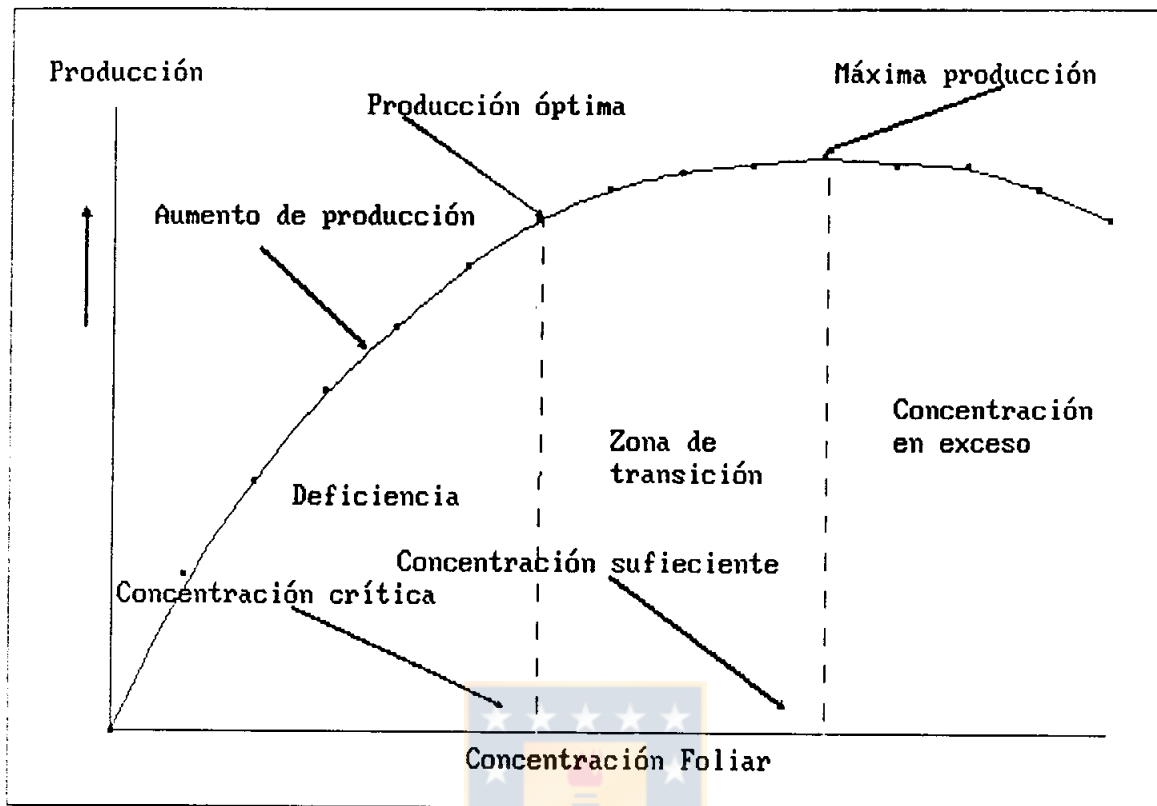


Figura 1. Relación entre concentración foliar y producción.

Fuente: Bara, (1986).

**2.4.3 Época de fertilización.** Aparentemente la época de aplicación de los fertilizantes sería un factor fundamental a considerar para adecuar, en el tiempo, el suministro de los elementos nutritivos. Sin embargo, la época de aplicación depende de otros factores, tales como el tipo de elemento nutritivo debido a sus diferentes comportamientos en el suelo; el tipo de fertilizantes; las condiciones del suelo y el método de aplicación (Domínguez, 1984).

Se ha hecho una práctica habitual la aplicación de los fertilizantes a inicios de la temporada de crecimiento de la planta, oportunidad que coincide con las fases de máxima absorción de elementos nutritivos, para evitar así, pérdidas por fijación, lixiviación y escurrimiento (Domínguez, 1984; González et al., 1985b).

La eficacia de la fertilización está fundamentalmente en el hecho que el cultivo disponga de los elementos nutritivos, en cantidad suficiente, en la zona que se desarrollen las raíces y a lo largo de su ciclo vegetativo (Toro, 1988).

El Nitrógeno, en las condiciones normales en que se encuentra en el suelo, nítrica, amoniacal y ureica, es muy móvil disuelto en agua, y por lo tanto, tiene un gran riesgo de ser arrastrado en profundidad por percolación. La nitrificación en invierno es muy baja, en cambio si la fertilización nitrogenada se aplica a inicios de primavera la asimilación de nitrógeno es más alta (Domínguez, 1984).

La escasa movilidad de los elementos Fósforo y Potasio en el suelo, ligeramente mayor en el caso del Potasio, y las reacciones de equilibrio de estos en el suelo, hacen necesario que la fertilización, en este caso, debe estar planteada en el largo plazo y dirigida a mantener la fertilidad del suelo (Domínguez, 1984). Así pues, estos

elementos pueden ser aplicados en cualquier estación del año puesto que son fuertemente adsorbidos por los coloides del suelo (Morel, 1971).

**2.4.4 Localización de los fertilizantes en el suelo.** Otro de los factores que influye considerablemente en la eficacia de la fertilización es la colocación de los elementos nutritivos en la zona del perfil del suelo donde la actividad de las raíces es mayor, con lo que aumenta la cantidad de elementos que la planta obtiene de los fertilizantes aplicados (Domínguez, 1984).

La zona más aconsejable para situar los elementos nutritivos depende de varios factores, entre los que destacan los siguientes: movilidad del elemento en el suelo, nivel de fertilidad y capacidad de fijación del suelo del elemento aplicado por medio del fertilizante (Domínguez, 1984).

**2.4.4.1 Movilidad de los elementos.** La localización es tanto más importante cuanto menos móvil es el elemento en el suelo (Domínguez, 1984). Por lo tanto, la localización debe considerarse con mayor cuidado en el caso del Fósforo que en el caso del Nitrógeno y el Potasio, pues estos elementos tienen una alta capacidad de lixiviación (Schlatter, 1985; Pereira, 1991). No obstante, la localización tiene menos

importancia cuando se utilizan fertilizantes con escasa solubilidad.

**2.4.4.2 Fertilidad del suelo.** Cuanto menor es el nivel de fertilidad del suelo, tanto mayor es el efecto de la localización de los fertilizantes en una zona restringida del suelo, siempre que se sitúe cerca de las raíces activas (Domínguez, 1984).

Por otra parte, en el caso de los elementos muy poco móviles, como el Fósforo, hay que tener en cuenta que las raíces sólo llegan a tener acceso a una pequeña proporción del elemento aplicado de modo general en el suelo (5-15%) (Domínguez, 1984). Si el fertilizante se aplica en la zona de mayor concentración o densidad de raíces activas, esta proporción puede aumentar notablemente y, en consecuencia, la eficacia de la fertilización.

**2.4.4.3 Capacidad de fijación del suelo.** En los suelos que tienen gran capacidad de fijación de algún elemento, en forma poco asimilables, la localización puede tener una importancia decisiva. En algunos casos es necesario aplicar cantidades considerables de Fósforo y de Potasio para alcanzar a obtener respuestas. En estas circunstancias, en las que resulta difícil justificar económicamente la utilización de tales dosis, la aplicación localizada puede hacer posible la

saturación de dicha capacidad de fijación en las zonas de aplicación y obtener un efecto positivo con dosis inferiores, al tiempo que se alcanza una mayor eficacia en el fertilizante aplicado (Domínguez, 1984).

El método de aplicación de los fertilizantes determina el grado de aprovechamiento de estos por las plantas, la competencia de malezas, la contaminación de cursos de agua y su efecto residual, entre otros (Bara, 1986).

Se pueden citar dos grandes métodos: Al voleo y localizado. El primero de ellos, es aplicable en rodales en pleno desarrollo, en donde los árboles hayan ocupado en pleno el sitio (Bara, 1986; Prado, 1989). El segundo, se recomienda al momento de la plantación (Mckimm y Flinn, 1979; Prado y Wrann, 1988).

La fertilización superficial al voleo tiene algunas desventajas, tales como: fuerte estímulo a las malezas, asimilación deficiente del Fósforo y Potasio, pérdidas de fertilizantes por lavado (por ejemplo Nitrógeno). Pereira (1991), concluye que el Potasio mantiene altos niveles a lo largo del perfil del suelo, por lo tanto, por su capacidad de lixiviación, se debe recomendar la aplicación al voleo. En el caso del Nitrógeno, aplicado en forma de Urea, hay que evitar la aplicación en superficie, siendo conveniente enterrarla,

aunque sea ligeramente (Domínguez, 1984; Prado y Wrann, 1988), (Figura 2). Ello no es necesario cuando, en el momento de aplicación, el suelo tiene humedad o en el lugar hay alta frecuencia de rocío, neblina o lluvia<sup>1</sup>.

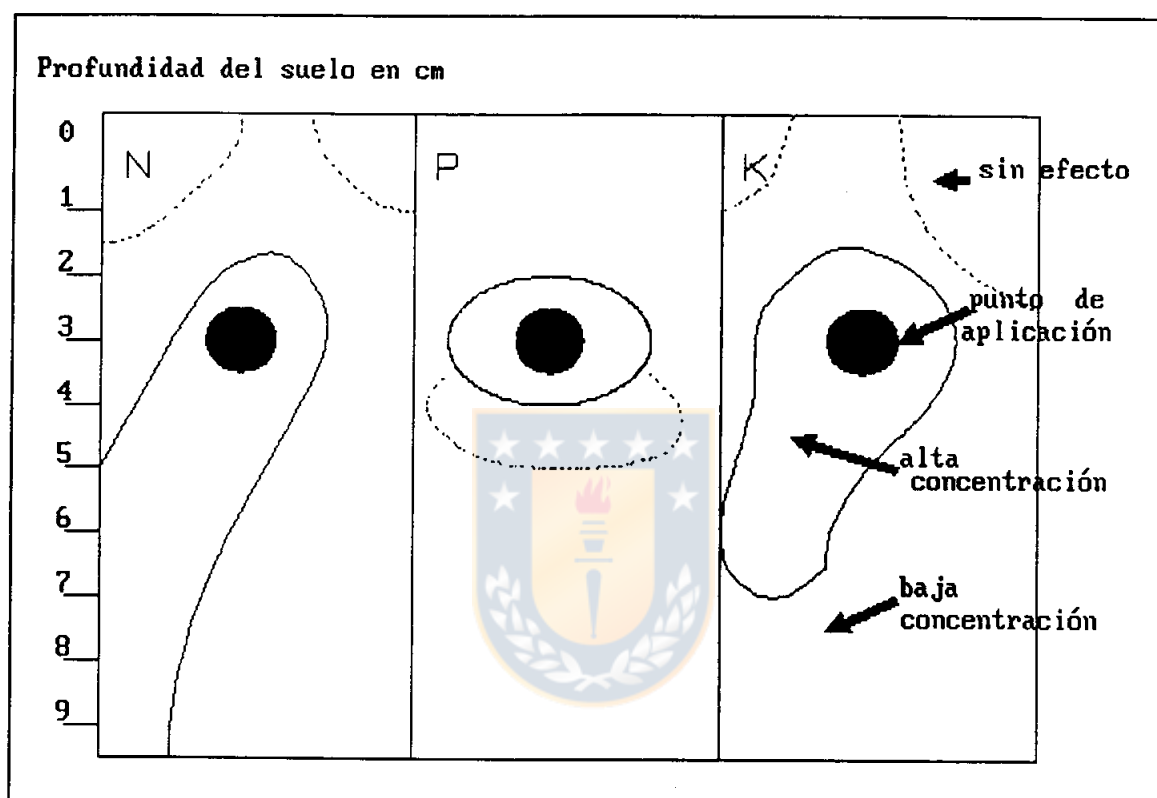


Figura 2. Esquema del movimiento relativo de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), en el suelo desde el punto de aplicación con indicación de las zonas de mayor y menor concentración.

Fuente: Domínguez, (1984).

<sup>1</sup> Escobar, R. 1993. Profesor de Viveros y Repoblación. Fac. de Cs. Forestales. Univ. de Concepción. Comunicación personal.

La fertilización localizada, como se ha visto, es un método adecuado para fertilizaciones de Fósforo, e impropio para cloruros, Potasio y fertilizantes nitrogenados, las cuales afectarían directamente a la raíz matándola por alta concentración (Burshel et al., 1973; Prado y Wrann, 1988; Pereira, 1991).

La aplicación del fertilizante en el hoyo mismo de la plantación no es recomendable, ya que produce una gran concentración de sales a nivel radicular, lo cual puede producir mortalidad (Burshel et al., 1973; Prado y Wrann, 1988). Otra modificación de la aplicación localizada, es aquella que se hace en fajas o bandas a lo largo de la hilera de plantación, separadas 20 a 30 centímetros de la planta (Ballard, 1978; Prado y Wrann, 1988; Toral y Rojas, 1988; Prado, 1989). Cuando la plantación está en pendiente Mckimm y Flinn (1979), recomiendan aplicar el fertilizante en una banja en forma de "U", que rodea la planta por debajo. Sin embargo, el Wattle Research Institute en 1972, citado por Prado (1989), recomienda hacer la aplicación del fertilizante en la parte alta de la pendiente, ya que de esta forma la planta utilizaría mejor los nutrimentos; esto mismo es indicado por González (1985), para pino insigne.

De todos modos, el procedimiento de aplicación del fertilizante está estrictamente vinculado al tipo de



formulación del producto, la presentación física, la textura y capacidad de fijación del suelo y la época de aplicación (Thompson, 1985; Schonau y Herbert, 1988).

**2.4.5 Forma química y tipo de fertilizantes.** La selección del tipo de fertilizante debe obedecer a consideraciones tanto de tipo forestal como de tipo económico. La eficacia o rendimiento del fertilizante sólo puede determinarse mediante experiencias comparativas a largo plazo y depende tanto de las características del suelo como de la especie (Domínguez, 1984; Toro, 1988). En efecto, hay que ponderar la eficacia de la forma química en que se encuentra el elemento en el fertilizante y el costo del mismo para encontrar la combinación que conjugue adecuadamente ambos factores.

Para obtener una ventajosa respuesta a la fertilización, la forma química, es la fuente apropiada mediante la cual se hacen llegar los nutrimentos a la planta.

En términos generales se puede considerar como materia fertilizante cualquier sustancia que tenga una cantidad apreciable y en forma asimilable de uno o varios de los elementos esenciales para los cultivos (Domínguez, 1984).

Son fertilizantes los productos naturales orgánicos o minerales inorgánicos que tienen al menos alguno de los tres

elementos principales: Nitrógeno, Fósforo o Potasio, pudiendo contener además, otros elementos nutritivos (Ballard y Will, 1978; Domínguez, 1984).

Los fertilizantes orgánicos son derivados de productos vegetales o animales, que tienen cantidades mínimas de alguno de los elementos principales indicados. Todos los productos orgánicos contienen cantidades variables de elementos nutritivos que deben tenerse en cuenta, dado que la aplicación de estos productos al suelo se hace en cantidades bastante considerables, ya que su objetivo principal es mantener el contenido de materia orgánica del suelo (Morel, 1971).

Los principales productos orgánicos utilizados son: Estiércol de vacuno, oveja, cerdo, etc.; harina de hueso; sangre; residuos de pescado; guano de Perú (Ballard y Will, 1978; Domínguez, 1984; Schonau y Herbert, 1988).

Como fertilizantes minerales se conocen aquellos productos obtenidos mediante procesos químicos desarrollados a escala industrial, en general son productos inorgánicos.

Los fertilizantes deben contener, al menos, uno de los tres elementos principales y se denominan simples los que aportan uno o dos de los elementos mayores primarios (Nitrógeno,

Fósforo o Potasio) y se clasifican de acuerdo al nutriente principal que ellos aportan en; Nitrogenados, Fosfatados o Potásicos, respectivamente. Los fertilizantes compuestos o complejos consisten en una mezcla química de dos o más fertilizantes simples (Morel, 1971; Domínguez, 1984; Soquimich, 1985).

Los fertilizantes nitrogenados son los de mayor consumo, cabe distinguir dos clases de abonos: Los que liberan rápidamente el Nitrógeno y los que lo liberan en forma progresiva por ser poco solubles (Domínguez, 1984; Soquimich, 1985).

Entre los fertilizantes nitrogenados simples de liberación rápida están: Sulfato amónico, Nitrato amónico, Nitrato cálcico, Nitrato sódico, Nitrato amónico cálcico, Nitrato de Potasio, Urea, etc., y entre los de liberación lenta están: Urea Azufre, Urea formaldehído, Oxamida, Crotonilen diurea y Isobutilen diurea (Morel, 1971; Domínguez, 1984; Soquimich, 1985).

Los principales fertilizantes fosfatados simples son: Superfosfato simple, Superfosfato triple, Acido fosfórico, Acido superfosfórico, Fosfato bicálcico, Metafosfato cálcico, Fosfatos naturales o de roca, escorias Thomas, Fosfato Bifos, Fosfato Reno, etc. (Domínguez, 1984; Soquimich, 1985).

Respecto de los fertilizantes potásicos simples, los principales abonos son Cloruro de Potasio, Sulfato de Potasio, Sulfato de Potasio y Magnesio, Carbonato de Potasio, Kainita, Cenizas potásicas diversas, etc, (Domínguez, 1984; Soquimich, 1985).

La forma de presentación de los fertilizantes es, en muchos casos, determinante de las condiciones de utilización y de la eficacia del mismo (Domínguez, 1984).

Los fertilizantes pueden presentarse en estado sólido, líquido o gaseoso. Los sólidos se presentan frecuentemente en polvo, granulado perlado, macrogranulados, etc., entre los líquidos existen las soluciones sin presión, soluciones con presión y suspensiones y, por último, de los fertilizantes gaseosos se trata del amoníaco que es el único en esta forma (Morel, 1971; Domínguez, 1984; Schonau y Herbert, 1988).

En el caso de uso de fertilizantes de liberación lenta en plantaciones de eucaliptos, se han llevado a cabo experiencias en las que se han obtenido resultados altamente satisfactorios (Toro, 1988). Bara (1986), cita un trabajo de Bara y Morales (1977), en el cual se define un tipo de pastilla fertilizante la cual es más parecida a un cilindro, de 50 gramos de peso, que está compuesta de 5% N, 10% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 15% K<sub>2</sub>O, 18% CaO y 2,3% MgO, de considerable dureza, lo que

asegura una entrega lenta de los nutrimentos que contiene y además, facilita su manipulación y transporte.



### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción del estudio, y lugar del ensayo

3.1.1 Descripción del estudio. El estudio comprende el montaje y evaluación del primer período vegetativo, de ensayo de fertilización de apoyo en plantaciones de Eucalyptus globulus Labill., establecida en el predio El Raulí de Forestal Angol Ltda., ubicado en la provincia de Malleco, IX Región del país.

3.1.2 Descripción del lugar. El predio se encuentra ubicado aproximadamente 35 km al Oriente de la ciudad de Collipulli, por el camino que une a esta localidad con las Termas de Pemehue, la topografía es ondulada y de suaves pendientes, la vegetación natural original corresponde a la asociación fitosociológica Roble-Laurel-Lingue, las especies predominantes en zonas de protección son matorral bajo con presencia de Quila (Chusquea quila), Canelo (Drimys winteri), Maitén (Maytenus boaria) y Avellano (Gevuina avellana).

Las especies herbáceas con mayor presencia en la pradera son: Agrostis castellana (chépica), Holcus lanatus (pasto miel), Lorus oliginosus (ballico), Trifolium ssp. (trébol), Dactylis glomerata (pasto oவில்), entre otras (Oberdorfer, 1960; Ramírez, 1989; Ramírez et al., 1989). Siendo chépica, pasto

ovillo y pasto miel los más usuales de encontrar durante todas las estaciones (Ramírez et al., 1989).

El clima es Mediterráneo temperado con una pluviosidad media de 1054,80 mm al año, de los cuales el 26% precipita en Otoño, 55% en Invierno, 14% en Primavera y 5% en Verano.

La temperatura media anual es de 13,27 °C, con un promedio de 17,1 °C en Enero y 8,4 °C en Julio, y una mínima absoluta de -2,30 °C en el mismo mes. El lugar está libre de heladas durante cuatro meses al año (de Diciembre a Marzo), con un total anual de 1157 horas de frío, de las cuales 909 horas (78,6%), se producen entre Mayo y Septiembre (Novoa et al., 1989).

El terreno presenta bajos niveles de elementos nutritivos (Anexo 1), y de acuerdo con Acuña y Urrutia (1990), no existen evidencias de factores limitantes en la fracción física.

La pendiente media del área del ensayo es del 1%, el suelo pertenece a la serie Santa Bárbara, clasificada como clase III por IREN (1964), con textura franco limosa en la superficie a franco arenosa en profundidad, con una estructura granular fina en todo el perfil (Anexo 2)

### 3.2 Descripción del ensayo

3.2.1 Plantación y tipo de planta. La plantación se estableció en Octubre de 1990, a través de la técnica de hoyadura hecha con azadón, este método es ampliamente usado para el establecimiento de plantaciones de eucaliptos (Prado y Rojas, 1987). La efectividad del método depende, en gran medida, del tamaño de los hoyos y de las condiciones del sitio en donde se realiza la plantación, para tal efecto se removió un volumen de tierra de 30x30x30.

Se utilizaron plantas cultivadas en bolsas, con iguales condiciones de manejo, provenientes del vivero La Suerte, ubicado a 12 km al Norte de la ciudad de Temuco. Las plantas se homogeneizaron por su diámetro de cuello, ya que esta variable relaciona en mejor forma la calidad de la planta con el desarrollo futuro (Urrutia, 1992).

A cada una de las plantas se le confeccionó una casilla de aproximadamente 1 m<sup>2</sup>, para eliminar, temporalmente, la competencia inicial de malezas y distinguir a su vez la superficie sobre la cual se aplicaría el fertilizante.

3.2.2 Tratamientos. Se utilizaron 7 tratamientos que contienen 6 dosis diferentes de fertilización con NPK a igual proporción de unidades de elemento activo, más un tratamiento control sin fertilizantes.



Los fertilizantes considerados para el ensayo se emplearon a la forma de Urea (46% N), Superfosfato Triple (48% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y Sulfato de potasio (50% K<sub>2</sub>O), respectivamente, Tabla 4.

TABLA 4. TRATAMIENTOS Y DOSIS POR ELEMENTO, EN ENSAYO DE FERTILIZACION DE APOYO EN Eucalyptus globulus Labill ssp. globulus EN LA PROVINCIA DE MALLECO.

TRATAMIENTOS	GRAMOS DE ELEMENTO POR PLANTA		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
F0	0	0	0
F1	15	15	15
F2	30	30	30
F3	45	45	45
F4	60	60	60
F5	75	75	75
F6	90	90	90

La fecha de aplicación de los nutrimentos fue en Octubre de 1990. Nitrógeno y Potasio se aplicaron al voleo, Fósforo se aplicó localizado en hoyo a 2, 6, 10 y 14 cm de profundidad (de tal forma de ampliar la probabilidad que las raíces alcancen el fertilizante, (Drake<sup>1</sup>; Escobar<sup>2</sup>; Schenkel<sup>3</sup>);\*),

<sup>1</sup> Drake, F. Profesor Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción

<sup>2</sup> Escobar, R. Profesor Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

<sup>3</sup> Schenkel G. Profesor Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción.

\* Comunicación personal.

y a 15 cm de la planta, divididas en 4 sub-dosis iguales con una ordenación en cruz, respecto del tallo de la planta.

**3.2.3 Diseño experimental.** Se empleó un diseño de bloques completos al azar, siguiendo la metodología descrita por Little y Hills (1978), con 7 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental es una parcela de 15 plantas, organizadas en hileras de 5 plantas cada una, establecidas a un espaciamiento de 3x3 m, las unidades se separan entre sí por una franja de 6 m al igual que los bloques y por una franja de 9 m del resto del cultivo.

**3.2.4 Mediciones.** Al momento de fertilizar, Octubre de 1990, se midió la altura total y diámetro de cuello a 5 cm de la base de todas las plantas del ensayo, con una precisión de 0,5 cm y 0,1 mm, respectivamente. Esta medición se repitió, para las mismas variables, en el mes de Abril de 1991 fecha en la que además, se evalúa la supervivencia y anormalidades de todos los tratamientos a través de un censo de plantas.

Los datos fueron recopilados planta por planta, las que fueron numeradas correlativamente en el mismo sentido en cada unidad de observación, para lo cual se estableció como planta inicial de medición la que está situada en el rincón Sur-Ceste y se continuó midiendo hacia el Este y Oeste

alternativamente, siempre avanzando hacia el Norte, para terminar en la última unidad de observación.

También, al momento de la plantación, se hizo un muestreo de follaje, para evaluar el estado nutricional inicial de las plantas.

Para los análisis foliares finales, en el mes de Abril, época en la cual los nutrientes se mantienen estables (Pozo y González, 1984; Knight, 1988; González *et al.*, 1988) se recolectó 1 muestra por cada tratamiento.

En la misma fecha se hizo una estimación de las anomalías que presentaban las plantas en los distintos tratamientos. Estas anomalías se clasificaron en A, B y C, según la metodología usada por Sánchez (1991) y Pereira (1991) (Tabla 5).

TABLA 5. TIPO Y DESCRIPCION DE LAS ANORMALIDADES PRESENTES EN ENSAYO DE FERTILIZACION DE APOYO DE Eucalyptus globulus, EN SUELOS TRUMAO DE LA PROVINCIA DE MALLECO.

A	Ausencia de dominancia apical, alto número de ramas laterales.
B	Cambios de color y forma de las hojas.
C	Ramas laterales curvadas y necrosis de hojas.

Los datos obtenidos se analizaron porcentualmente, se determinaron los promedios para cada anormalidad y promedio de anormalidades por tratamientos. Para estos últimos se consideró la existencia de cualquiera de las anomalías evaluadas (A, B o C), no importando su intervención individual o una combinación entre ellas.

El contenido de los elementos en el follaje se determinó en el laboratorio de suelos de la Universidad de Concepción, a través de los métodos que se indican en la Tabla 6.

TABLA 6. METODOS USADOS PARA DETERMINAR LOS ELEMENTOS PRESENTES EN LOS TEJIDOS RECOLECTADOS.

Método Kjeldhal	N
Espectroscopía de emisión atómica	K
Espectroscopía de absorción atómica	Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu
Método colorimétrico	P

### 3.2.5 Análisis de resultados.

3.2.5.1 Análisis estadístico. Los resultados de las variables de estado se analizaron mediante el Análisis de Varianza (ANDEVA) para el Diseño en Bloques Completamente al Azar (Little y Hills, 1978). Cuando existieron diferencias significativas se identificaron mediante el Test de Tuckey para Comparaciones Múltiples (Li Chun, 1969; Ostle, 1983).

Para confirmar los supuestos del diseño experimental, se determinó la homogeneidad de varianzas empleando el Test de Cochran (Ostle, 1983).

Para el análisis estadístico de las variables en porcentaje (supervivencia y anormalidades), los valores fueron transformados a la función  $Y = \text{Arcoseno}(\text{Raíz cuadrada } \%)$ , según la metodología descrita por Steel y Torrie (1985).

#### **3.2.5.2 Determinación del Optimo Provisional Experimental.**

Esta metodología descrita por González et al., (1973), González, (1985) y Lachica et al. (1985), consiste en determinar niveles óptimos foliares entre nutrientes. Esta pauta fue modificada por Sánchez, (1991) y Pereira, (1991), para tales efectos los rangos de dispersión del porcentaje de cada nutriente, en el follaje, se divide en 5 clases asignándole a cada uno su porcentaje de anormalidades. Se definió, para el ensayo, el nivel óptimo foliar del nutriente en el promedio de la clase que presenta menor porcentaje de anormalidades producto de la fertilización.

#### **3.2.5.3 Determinación de las Relaciones Binarias de Homés.**

Utilizando el Índice de Crecimiento como rendimiento relativo en porcentaje, se tomó como base 100% equivalente al óptimo, aquel rendimiento correspondiente al tratamiento que tuvo menor porcentaje de anormalidades (Sánchez, 1991). Luego se

calculó una regresión lineal simple entre cada relación binaria y el rendimiento relativo correspondiente.

Se determinaron las relaciones binarias óptimas para Nitrógeno, Fósforo y Potasio. La significancia estadística se determinó en base a la prueba "t", para determinar el grado de correlación entre las variables.



#### IV RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 Variables Evaluadas

En la Tabla 7 se presentan los promedios de supervivencia, tamaño medio de altura y diámetro inicial y final e incremento medio en ambas variables al cabo de 6 meses de establecido el ensayo.

TABLA 7. VALORES PROMEDIOS DEL TAMAÑO MEDIO E INCREMENTO MEDIO EN ALTURA Y DIAMETRO DE CUELLO Y SUPERVIVENCIA.

Trat.	TAMAÑOS E INCREMENTOS MEDIOS						SUPERVIVENCIA %
	ALTURA (cm)			DIAMETRO (mm)			
	1990	1991	Incr.	1990	1991	Incr.	
F0	22,22	43,93	22,97	3,01	4,80	1,54	26,0
F1	20,72	55,60	34,78	3,09	7,28	4,14	50,0
F2	21,75	59,51	37,77	2,99	7,69	4,71	57,0
F3	20,82	59,30	38,16	2,97	8,61	5,65	56,0
F4	22,07	56,02	33,23	3,03	7,78	4,73	52,0
F5	22,48	50,86	27,29	3,12	7,05	3,91	45,0
F6	22,15	44,55	23,35	2,94	6,25	3,35	45,0

4.2 Análisis de supervivencia y variables morfológicas. En la Figura 3, se representan gráficamente, los valores iniciales promedios de altura y diámetro de las plantas en los distintos tratamientos, en ella se destaca la uniformidad, para ambas variables, del material empleado en la plantación.

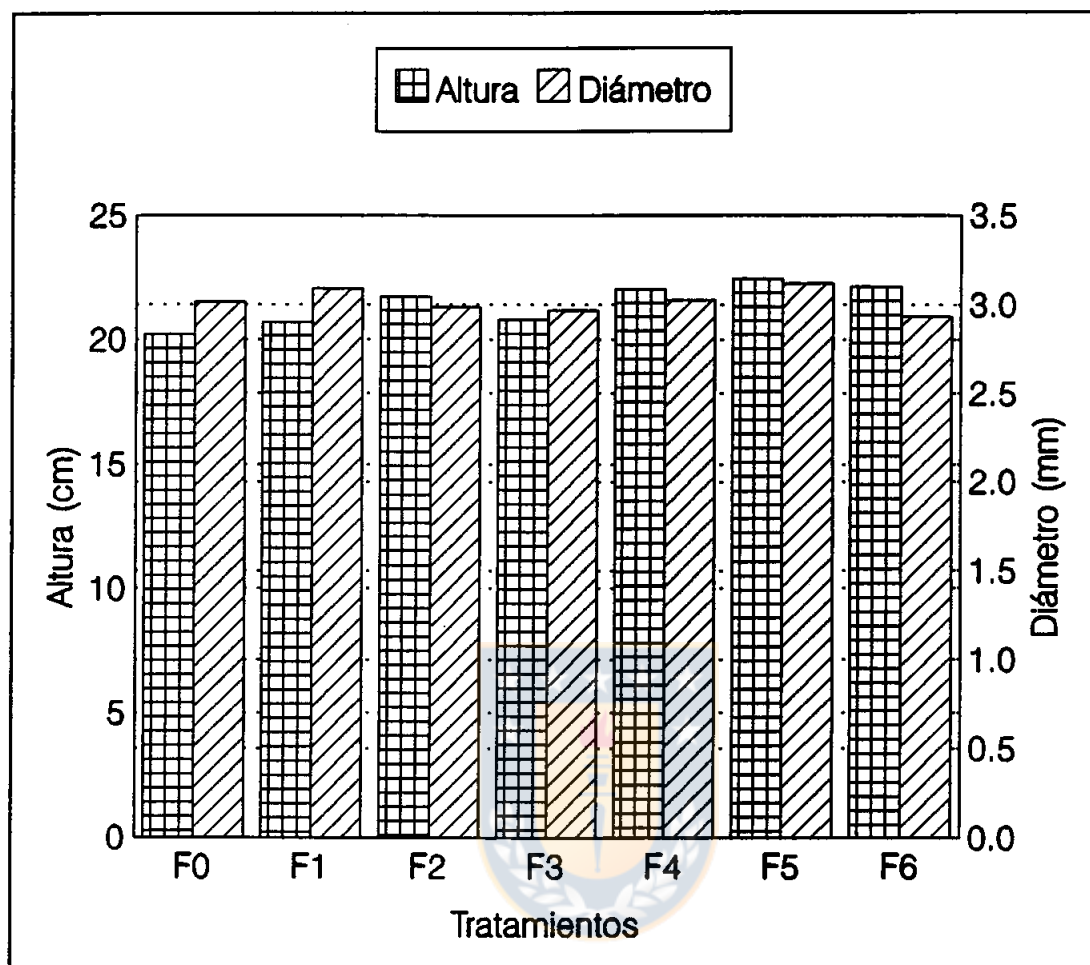


Figura 3. Promedios iniciales de altura y diámetro de las plántulas de Eucalyptus globulus.

Duryea (1985), Urrutia (1992) y Escobar y Sánchez (1992), señalan que el diámetro es el mejor y más fácil predictor de la calidad y por ende del comportamiento de las plantas.

La Figura 4 muestra que todos los tratamientos que incluyen fertilización tienen mayor supervivencia que el tratamiento control, el cual sólo logra un 43%. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Wrann (1990); Toral y Rojas



(1988) y Prado y Wrann (1988), en el sentido que la fertilización juega un papel preponderante en la supervivencia de las plantas y se contraponen, a lo concluido por Escobar et al. (1992) y Sánchez (1991), que no encontraron efecto directo de la fertilización sobre la supervivencia cuando fertilizan Eucalyptus globulus en la zona de Valdivia; sin embargo, cabe resaltar que los ensayos de estos autores fueron establecidos con plantas producidas a raíz desnuda y en invierno, período habitual de plantación.

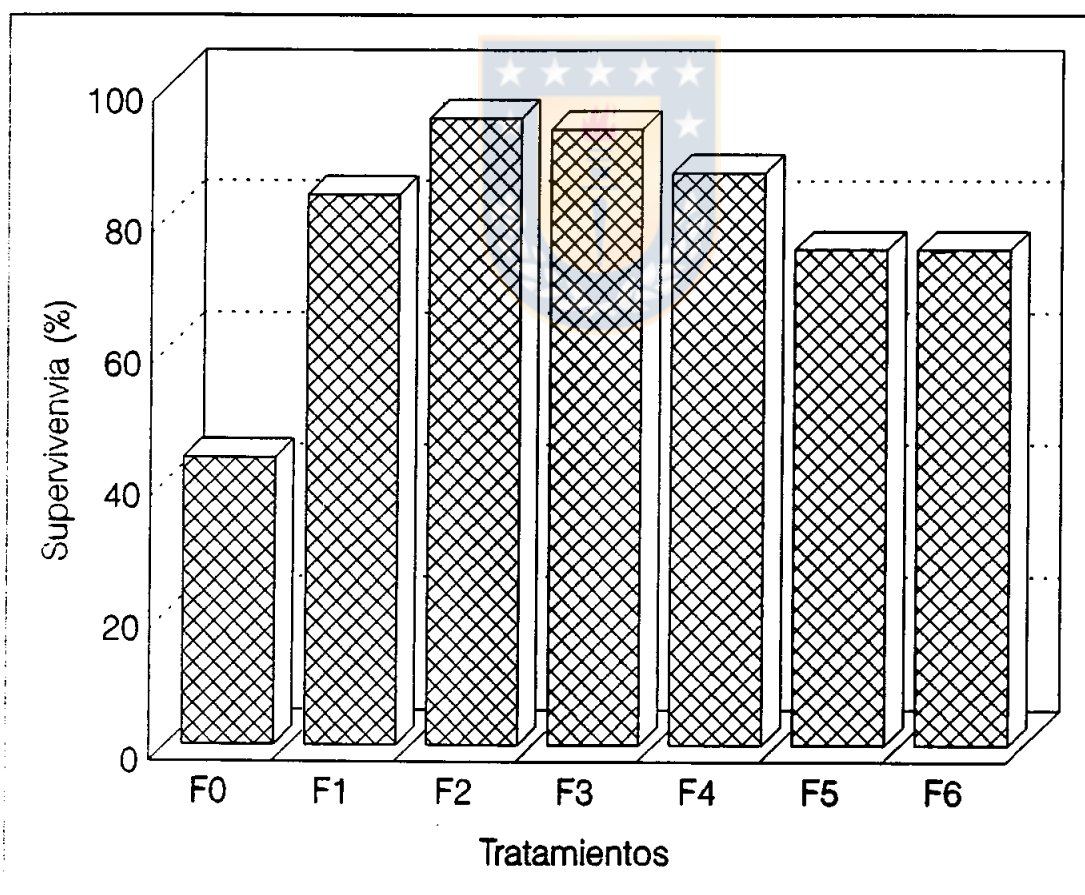


Figura 4. Valores promedios de supervivencia de Eucalyptus globulus en ensayo de fertilización.

A partir del tratamiento F3, 45 g de NPK, la fertilización produce un aumento gradual de mortalidad de las plantas. La muerte de éstas, probablemente se deba a toxicidad, producto de un aumento en la concentración de sales a nivel radicular como lo plantean Prado y Wrann (1988) y Burschel *et al.* (1973)

La Tabla 8, muestra que los tratamientos F0, F6 y F5 logran valores de supervivencia significativamente inferiores al resto de los tratamientos fertilizados. Sin embargo, en la Figura 4 se observa que la mortalidad por probable toxicidad se inicia a partir del tratamiento F3, 45 g de NPK por planta. La tasa más alta de supervivencia, en valores absolutos la tiene el tratamiento F2 (30 g/pl), que no tiene diferencias significativas con el tratamiento F1 (15 g/pl).

TABLA 8. COMPARACIONES MULTIPLES DE TUCKEY PARA EL ANALISIS DE SUPERVIVENCIA ( $p=0.05$ ).

F0	F6	F5	F1	F4	F3	F2	SUPERVIVENCIA (%)
43.3	75.0	75.0	83.3	86.6	93.3	95.0	

\* Medias no subrayadas por la misma línea son significativamente diferentes.

Desde el punto de vista de la supervivencia, el tratamiento F2 se estima como el más adecuado para las condiciones del ensayo.

Sin embargo, cuando se analizan las anomalías, Figura 5, se observa que a medida que las dosis se elevan, las anomalías de las plantas aumentan, resultado que coincide con los obtenidos por Sánchez (1991) y Pereira (1991) en plantaciones realizadas en invierno y fertilización correctiva, respectivamente.

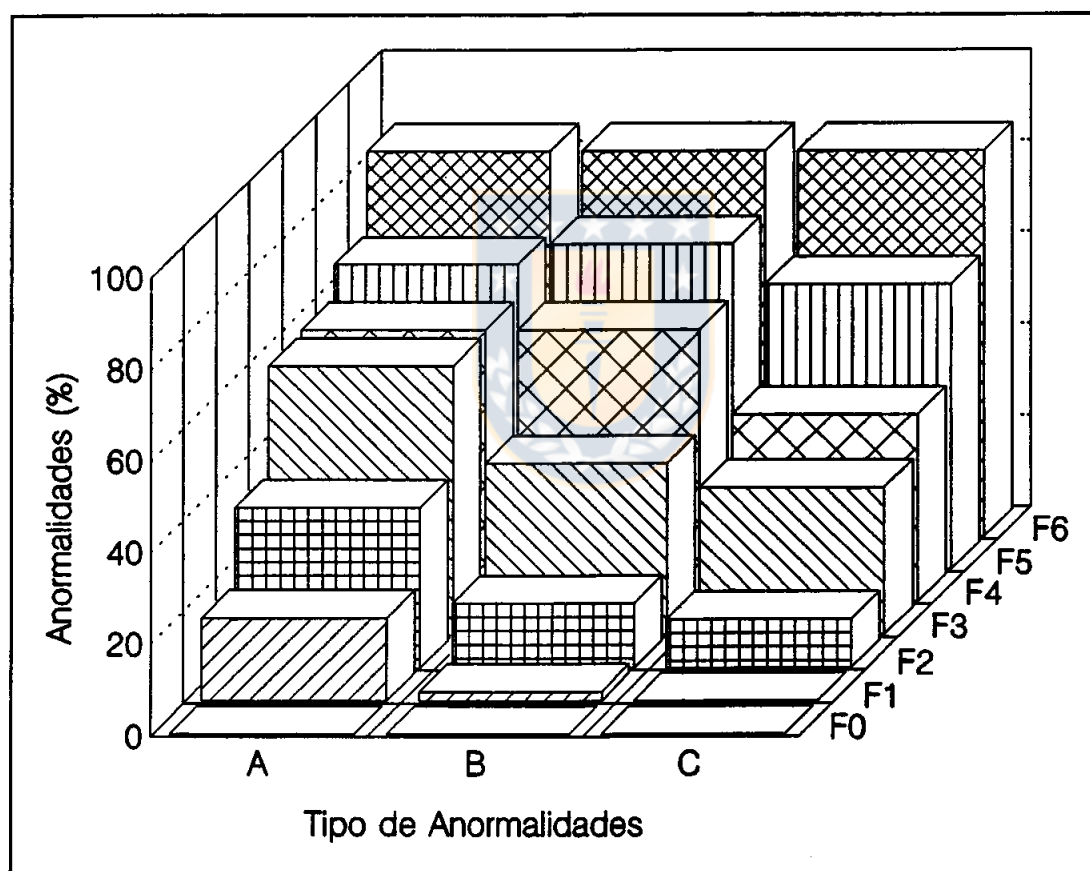
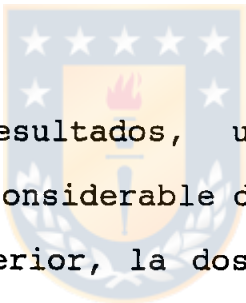


Figura 5. Porcentaje de anomalías existentes en los tratamientos de fertilización.

- A: Falta de dominancia apical, alto número de ramas.
- B: Cambio de forma y color de las hojas.
- C: Ramas curvadas y necrosis de hojas.

A medida que la dosis de fertilización aumenta, el promedio de anomalías es mayor, esto es notorio en los tratamientos F3, F4, F5 y F6, que presentan un 58,93%, 61,54%, 75,56% y 84,44%, de anomalías, respectivamente. Los tipos de anomalías más frecuentes en el ensayo, son las A y B. En los otros tratamientos que consideran fertilización, si bien se detectaron anomalías, éstas son escasas y están dadas por un alto número de ramas y falta de dominancia apical. Las hojas presentan un doblamiento hacia el haz, y los bordes de las láminas toman un tono café rojizo.



De acuerdo con los resultados, una mayor dosis de fertilizantes produce un considerable detrimento de la forma de la planta. Por lo anterior, la dosis de 15 g/planta se estima la más adecuada para condiciones similares a las del ensayo.

La Figura 6, muestra el efecto de la fertilización sobre el porcentaje de incremento en relación al tamaño inicial para las variables altura y diámetro. En la figura se observa que, para ambas variables, la fertilización de apoyo con NPK tiene efectos positivos, estos son crecientes hasta la dosis de 45 g por planta, a partir de la cual los incrementos decrecen. El efecto de la fertilización es mayor en el incremento en altura, a partir de 45 g/planta de NPK el mayor incremento lo

logra el diámetro, estos resultados coinciden con los obtenidos por Escobar *et al* (1992) y Sánchez (1991).

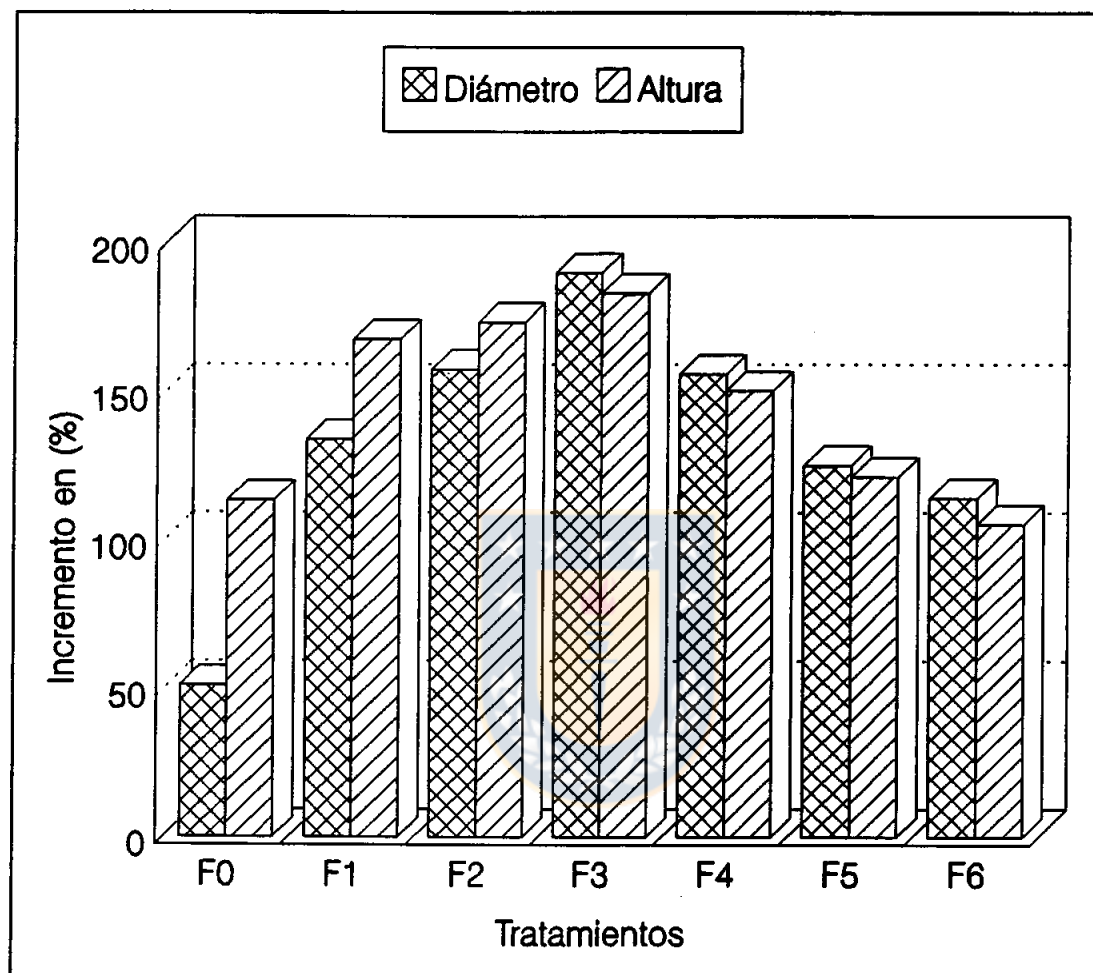


Figura 6. Incremento porcentual sobre su estado inicial en altura y diámetro, en ensayo de fertilización de Eucalyptus globulus.

Por otra parte queda en evidencia que el diámetro es la variable más sensible a la fertilización. Los resultados señalados concuerdan con lo obtenidos por Schonau y Herbert (1988); Sánchez (1991) y Pereira (1991), estos últimos logran

los mismos resultados en ensayos realizados en la X Región del país.

En la Tabla 9, se muestra que los tratamientos F5 y F6 (75 y 90 g/planta respectivamente), no tienen diferencias significativas, en altura, con el tratamiento control. El tratamiento con mayor incremento promedio es el F3, pero éste no difiere estadísticamente del F1 (15 g/planta), dosis más baja del ensayo.

TABLA 9. COMPARACIONES MULTIPLES DE TUCKEY PARA INCREMENTOS EN DIAMETRO Y ALTURA.

F0	F6	F5	F4	F1	F2	F3	INC. ALTURA (cm)
22.9	23.3	27.2	33.2	34.7	37.7	38.1	
<hr/>							
<hr/>		<hr/>		<hr/>			
F0	F6	F5	F1	F2	F4	F3	INC. DIAMETRO (mm)
1.5	3.3	3.9	4.1	4.7	4.7	5.6	
<hr/>							
<hr/>		<hr/>		<hr/>			

\* Medias no subrayadas por la misma línea son ignificativamente diferentes.

Por otra parte, en las comparaciones de los incrementos en diámetro, el tratamiento control presenta diferencia significativa con todos los tratamientos que contemplan fertilización. Entre éstos, los tratamientos F1, F5 y F6 tienen diferencias con los tratamientos F3, F4 y F2, y éstos

últimos no tiene diferencia con los tratamientos F1 (15 g/planta) y F5 (75 g/planta).

De acuerdo a los resultados, 15 g de NPK por planta es la dosis más indicada para las plantaciones de Eucalyptus globulus en suelos Santa Bárbara, establecidos en la época de primavera, cuando los tres elementos se aplican en igual dosis. Probablemente, los niveles de N y P pueden ser mayores si K no sube de la dosis señalada. Escobar y Sánchez (1992), logran este tipo de resultado cuando analizan diferentes esquemas de aplicación de NPK.

#### **4.3 Niveles de nutrientes en el follaje**

En la Tabla 10 se presentan los resultados de análisis foliares realizados a las plantas en el momento de la plantación (Octubre) y en Abril, seis meses después de terminada la plantación y fertilización. Los resultados indican que las plantas, según Escobar y Sánchez (1992), tenían bajos niveles de Nitrógeno y Fósforo al momento de plantar.

Seis meses después, el análisis foliar, muestra que existe un aumento en los niveles de N en todos los tratamientos, incluido el control, éste es creciente hasta el tratamiento F3, a partir de aquí los valores de los niveles decrecen. El alza en el contenido foliar de N que experimenta el

tratamiento control, probablemente, se debe a que el sustrato tiene una adecuada disponibilidad del elemento para las plantas (Anexo 1), y que el bajo nivel inicial del elemento en la planta haya contribuido a una mayor absorción de éste por parte de ella.

TABLA 10. NIVELES FOLIARES INICIALES Y FINALES, EN ENSAYO DE FERTILIZACION DE APOYO.

INICIALES										
Mtra	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
1	1.33	0.07	1.31	0.95	0.21	228	216	25.6	34.4	11.3
FINALES										
Trat	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
0	2.06	0.08	0.55	0.89	0.16	750	350	11.5	5.0	10.2
1	2.10	0.07	0.95	0.73	0.19	585	270	18.5	10.5	10.4
2	2.53	0.12	1.57	0.70	0.15	895	330	14.0	4.5	10.4
3	2.44	0.09	1.34	0.90	0.16	555	305	11.5	6.5	10.2
4	2.25	0.08	0.90	0.95	0.16	755	100	13.0	5.0	10.2
5	2.00	0.09	0.84	1.04	0.13	785	415	14.5	9.0	13.7
6	2.21	0.06	0.82	1.01	0.15	430	130	10.0	4.0	11.3

Los niveles finales de P se mantienen muy similares al estado inicial. Sólo el tratamiento F2 muestra un aumento importante en los niveles del elemento. Este resultado probablemente se explique por una fijación del elemento en el suelo debido a los alofanos que contienen las arcillas presentes en este tipo de suelo (Schlatter, 1985), agravado por la inmovilidad del elemento en el suelo (Pereira, 1991). Para conocer realmente el comportamiento de este elemento después de una fertilización se debieran hacer análisis con una mayor periodicidad.



El Potasio supera los niveles iniciales en los tratamientos F2 y F3, en el resto del ensayo la baja es notoria respecto al nivel original, atención especial merece este elemento al compararlo con el Calcio, ya que a una baja de él, el Calcio tiende a subir y ocurre lo contrario si el Potasio sube. Esto estaría confirmando que altas dosis de fertilizante provocan la inhibición de la absorción de otros nutrimentos, lo que se conoce como "antagonismo nutritivo" (Bara, 1986) y confirmando lo logrado por Pereira (1991) y Sánchez (1991).

Los elementos Fe y Mn, en general, aumentaron sus concentraciones foliares, Zn y Cu tuvieron una considerable baja, según Baule y Fricker (1970), se debe a altas cantidades de  $PO_4$  aplicados como fertilizantes, también puede deberse a un efecto similar al que ocurre con el K, el que Bara (1986) lo explica como un antagonismo nutricional.

Del análisis foliar se desprende que, en promedio, el tratamiento F2 (30 g/planta), es el que ha tenido una mayor absorción de los elementos aplicados, con la excepción de Calcio y Magnesio. Lo anterior coincide con lo analizado por Weston et al. (1991), en un estudio realizado en una plantación de Eucalyptus globulus establecida en suelos cuyo uso anterior era pradera natural.

#### 4.4 Determinación del Optimo Provisional Experimental

En este ensayo se encontró que el porcentaje de anormalidades promedio aumenta a medida que la adición de fertilizantes es mayor, en cambio el rendimiento relativo mantiene la misma tendencia que el incremento en diámetro (Tabla 11), puesto que al aumento del diámetro, el rendimiento relativo crece, no así cuando hay aumento en altura.

TABLA 11. CRECIMIENTO PROMEDIO EN ALTURA Y DIAMETRO, INDICE DE CRECIMIENTO RELATIVO Y PORCENTAJE DE ANORMALIDADES POR TRATAMIENTO PARA ENSAYO DE FERTILIZACION.

TRATAMIENTO	CRECIMIENTO		INDICE DE CRECIMIENTO	ANORMALIDADES
	ALTURA (cm)	DIAMETRO (mm)	$D^2 * H$ ( $cm^3$ )	(%)
F0	43.93	4.80	10.14	00.00
F1	55.60	7.28	29.47	18.00
F2	59.51	7.70	35.23	36.84
F3	59.30	8.61	43.95	58.93
F4	56.02	7.78	33.91	61.54
F5	50.86	7.05	25.26	75.56
F6	44.55	6.25	17.39	84.44

Con los datos de las Tablas 10 y 11, y utilizando la metodología de González *et al.* (1973), Toral y Rojas (1988), modificada por Sánchez (1991) y Pereira (1991), se calculó los niveles óptimos de nutrientes para el porcentaje de anormalidades. El resultado se entrega en la Tabla 12.

TABLA 12. RANGO DE NIVELES DE NUTRIENTES EN EL FOLLAJE, SUS PORCENTAJE DE ANORMALIDADES Y RENDIMIENTO RELATIVO PROMEDIOS, PARA ENSAYO DE FERTILIZACION.

ELEMENTO	RANGO (%)	ANORMALIDADES (%)	REND. RELATIVO (D <sup>2</sup> H)
N	2.000 - 2.106	31.18	21.62
P	0.073 - 0.085	30.77	22.03
K	0.550 - 0.754	00.00	10.14

A partir de los datos de la Tabla 12 se establecieron los niveles foliares óptimos de N, P y K para las condiciones de este ensayo en particular. En consecuencia, el nivel óptimo de Nitrógeno se encuentra próximo a 2.05%, el de Fósforo próximo a 0.079% y Potasio próximo a 0.652 (Figura 7). De aquí se obtienen las relaciones porcentuales que son N/P= 25.95; N/K= 3.14 y P/K= 0.12.

El valor de las relaciones son similares a la obtenida por Toral y Rojas (1988). Sin embargo, son más bajos que los obtenidos por Sánchez (1991), para las relaciones N/K y P/K y cercanos a la relación N/P en un estudio de fertilización de apoyo en Eucalyptus globulus.

Conforme a estos datos, los niveles óptimos foliares encontrados no presentan altos porcentajes de anormalidades. Los óptimos de N, P y K, se alcanzan próximos al tratamiento F1 (15 g/planta), el cual presenta sólo falta de dominancia apical y alto número de ramas, situación que podría

revertirse con el tiempo, debido al hábito de crecimiento de la especie (FAO, 1966).

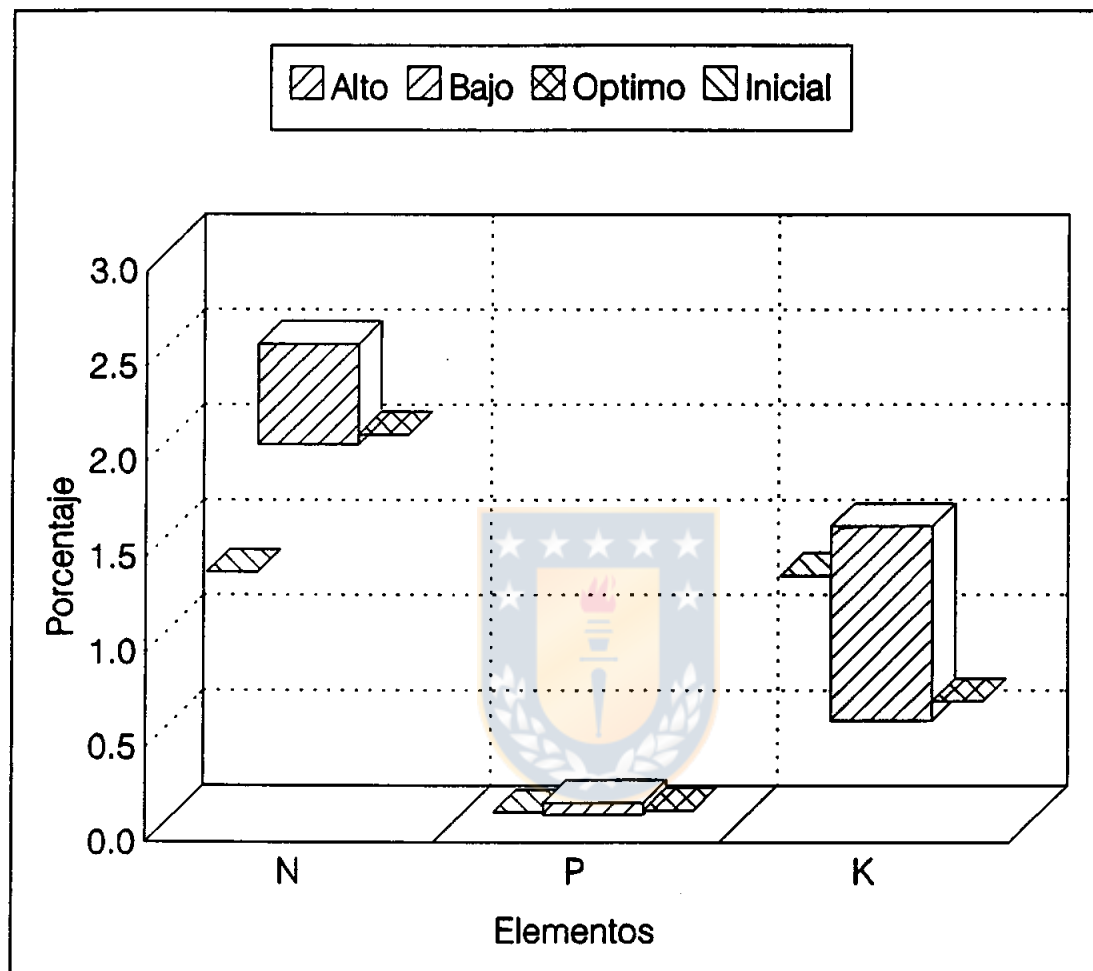


Figura 7. Nivel inicial y niveles óptimos para los grados máximo, mínimo y promedio encontrados en ensayo de fertilización de apoyo.

#### 4.5 Determinación de las Relaciones Binarias de Homés

En base a los datos de la Tabla 9, se obtuvo las relaciones binarias para macronutrientes, (Tabla 13).

En base a los datos de la Tabla 9, se obtuvo las relaciones binarias para macronutrientes, (Tabla 13).

TABLA 13. RELACIONES BINARIAS PARA MACRONUTRIENTES EN ENSAYO DE FERTILIZACION DE APOYO.

Trat	RELACIONES BINARIAS									
	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	P/K	P/Ca	P/Mg	K/Ca	K/Mg	Ca/Mg
F0	56.9	10.5	6.62	22.3	0.18	0.12	0.39	0.63	2.14	3.37
F1	66.3	6.2	8.23	19.2	0.09	0.12	0.29	1.33	3.11	2.33
F2	46.6	4.5	10.34	39.3	0.09	0.22	0.63	2.29	6.51	2.83
F3	59.9	5.1	7.75	26.5	0.08	0.13	0.44	1.53	5.21	3.41
F4	62.2	6.9	6.78	24.4	0.11	0.11	0.39	0.97	3.50	3.60
F5	49.1	6.6	5.50	26.7	0.14	0.11	0.54	0.83	4.02	4.85
F6	81.5	7.5	6.26	25.6	0.09	0.08	0.31	0.83	3.40	4.08

Luego de haber obtenido las relaciones binarias y utilizando el índice de crecimiento expresado en porcentaje, tomando como 100% el tratamiento fertilizado que tiene menor tasa de anomalías (Pereira, 1991; Sánchez, 1991), se obtuvo las regresiones lineales, que dieron los resultados de la Tabla 14.

Si se consideraban las relaciones binarias óptimas, obtenidas sólo con el índice de crecimiento ( $D^2H$ ), estas relaciones favorecen tratamientos con altas dosis de fertilizantes que a su vez presentan altos porcentajes de anomalías.

TABLA 14. RELACIONES BINARIAS DE HOMÉS Y COEFICIENTE DE CORRELACION.

RELACION BINARIA	RELACION OPTIMA	COEF. CORRELACION
N/P	59.96	- 0.242
N/K	6.51	- 0.895
P/K	0.11	- 0.745

Cuando se utiliza como patrón o índice (100%) el tratamiento que presenta menos anomalías, los resultados de las relaciones binarias, muestran una tendencia a favorecer a aquellos con bajas dosis de fertilizantes.

#### **4.6 Optimo Provisional Experimental versus Relaciones Binarias de Homés**

A partir de los antecedentes obtenidos en los puntos anteriores y con el objeto de dar una mejor comprensión a la información obtenida, se contrastaron los resultados de dos metodologías planteadas para esta experiencia, las Relaciones Binarias y el Optimo provisional Experimental.

Los valores del Optimo Provisional se debieron llevar a unidades equivalentes a las de Homés para ser confrontadas. La Figura 8, muestra que las Relaciones de Homés y el Optimo provisional no presentan grandes diferencias, y ello se debe a que el método de evaluación de ambas pruebas fue el porcentaje de anormalidades.

Los valores óptimos 57.46 y 59.96 para N/P; 8.79 y 6.51; para N/K; 0.15 y 0.11 para P/K, del Optimo Provisional Experimental y Relaciones Binarias de Homés, respectivamente, fueron alcanzadas con dosis cercanas a 15 g de NPK por planta, valores que coinciden con un menor porcentaje de anormalidades, razón que da como resultado más adecuado una

dosis de 15 g/planta para fertilización de apoyo en plantaciones de primavera de Eucalyptus globulus, que se establezcan en suelos de la serie Santa Bárbara, cubiertos con pradera natural.

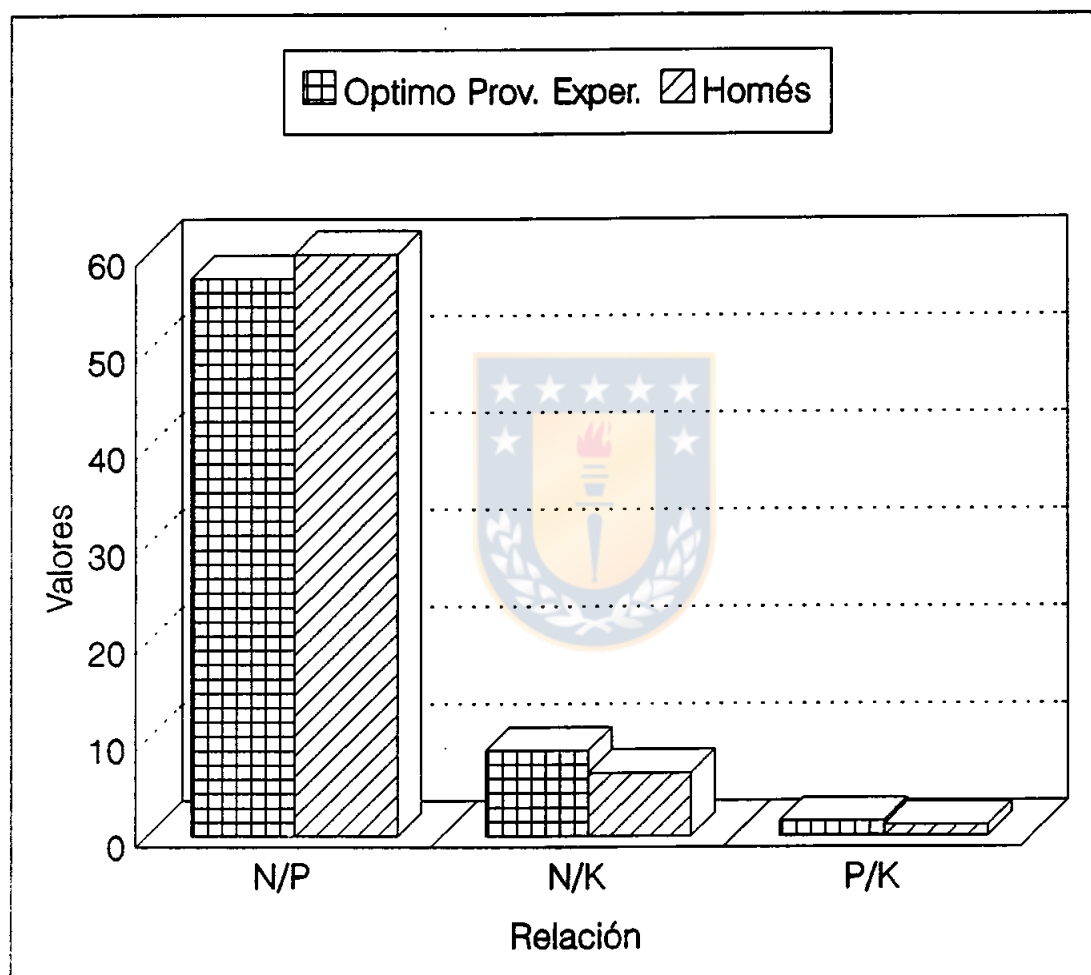


Figura 8. Contraste entre las Relaciones Binarias de Homés y el Optimo Provisional Experimental, para ensayo de fertilización de Eucalyptus globulus.

## V CONCLUSIONES

- La fertilización de apoyo con NPK, en plantaciones de primavera de Eucalyptus globulus Labill., tiene un efecto favorable en la supervivencia de las plantas.
- Dosis superiores a 45 g de NPK afectan negativamente la supervivencia de plantas de Eucalyptus globulus.
- El crecimiento, en altura y diámetro se incrementa con la fertilización de apoyo con NPK, en plantaciones de Eucalyptus globulus Labill.
- Dosis iguales o superiores a 30 g de NPK afectan la dominancia apical de las plantas de Eucalyptus globulus.
- La evaluación cualitativa y cuantitativa de plantas determina que la dosis más adecuada, en fertilización de apoyo, es de 15 g por planta, para Eucalyptus globulus Labill. establecidas sobre pradera natural.



- Los niveles foliares más adecuados para NPK son:

Elemento	Nivel Optimo	Rango
N	2,053	2,000 - 2,106
P	0,079	0,073 - 0,085
K	0,652	0,550 - 0,754

- Los valores de las relaciones binarias más adecuados para los elementos agregados son:

Elemento	Nivel Optimo
N/P	59,96
N/K	6,51
P/K	0,11



## VI RESUMEN

En plantaciones de primavera de Eucalyptus globulus Labill., ubicadas en la precordillera andina de la provincia de Malleco, en un suelo perteneciente a la serie Santa Bárbara cuyo uso anterior fue pradera natural, se realizó un ensayo de fertilización de apoyo con NPK. A través de un diseño de bloques al azar, se probaron 6 dosis de NPK en iguales cantidades de elemento por dosis (15, 30, 45, 60, 75 y 90 g/planta). El Nitrógeno y el Potasio fueron aplicados al voleo en una superficie de 1 m<sup>2</sup>. El Fósforo se aplicó en hoyos a diferentes profundidades (2, 6, 10 y 14 cm) y a 15 cm de la planta. Los resultados, correspondientes al primer período vegetativo, mostraron que la dosis de 15 g/planta de NPK produjo diferencias significativas en altura y en diámetro en relación al control. Esta dosis entregó concentraciones foliares medias de 2.053%, 0.079% y 0.652% para N, P y K, respectivamente. Dosis superiores, aunque logran diferencias respecto al control, produjeron anormalidades que afectan al desarrollo y al crecimiento de las plantas.

**SUMMARY**

In a spring plantation of Eucalyptus globulus Labill., located in the foothills of Cordillera de los Andes mountain range in de Malleco province, in soil belonging to the Santa Bárbara soil series (Previously used as grassland), a supporting fertilization trial with NPK was carried out.

Six dosages of NPK, with the same element level for each dosage (15, 30, 45, 60, 75 and 90 g/plant), were tested. Nitrogen and Potassium were spread throughout a 1 m<sup>2</sup> surface area, and Phosphorous was applied in holes at different depths (2, 4, 10 and 14 cm), 15 cm from de plant. The results corresponding to the first growing season showed that the 15 g/plant of NPK produce a significant difference in the height and diameter in relation to the control. This dosage gave rise to average foliage concentrations of 2.053, 0.079 and 0.652 percentage respectively. The other dosages, eventhough producing differences in compararison to the control were achieved abnormalities that effected the development and growth of the plants.

## VII BIBLIOGRAFIA

1. Acuña, E. y P. Urrutia. 1990. Análisis físico-químicos para predios de Forestal Angol Ltda. Inf. de Práctica profesional. Universidad de Concepción. Fac. de Cs. Agro. Vet. y Forestales. Chillán, Chile. (No publicado)
2. Baker, J. B., G. Switzer y L. Nelson. 1974. Biomass production and nitrogen recovery after fertilization of young loblolly pine. Proc. Soil Sci. Amer. 38:958-961.
3. Ballard, R. 1978. Use of fertilizer at establishment of exotics forest plantations in New Zealand. N. Z. J. For. Sc. 8: 70-104.
4. Ballard, R. and G. M. Will. 1978. Past and projected use of fertilizers in New Zealand Forest. N. Z. J. For. Sc. 8: 15-26.
5. Bara, T. S. 1986. Fertilización Forestal. Xunta de Galicia. Consellería de Agricultura. Depto. Forest. de Zonas Húmedas. Lourizan-Pontevedra. España.

6. Barnes, R. L. and G. W. Bengtson. 1968. Effects of fertilisation, irrigation and cover cropping on flowering and on nitrogen and soluble sugar composition of slash pine. For. Sci. 14: 172-180.
7. Barker, J. 1978. Some silvicultural effects of fertilization. N. Z. J. For. Sc. 8: 160-177.
8. Barros, A. S. 1988. Adaptación de diversas procedencias de Eucalyptus camaldulensis y Eucalyptus globulus en la zona semiárida chilena. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus. 9-10 de Junio. Viña del Mar. CORFO/INFOR. Santiago, Chile.
9. Baule, H. and C. Fricker. 1970. The fertilizer treatment of forest trees. BLV. Munchen, Germany.
10. Bernath, E. L. 1940. El cultivo del pino, el alamo y el eucalipto. Edit. Zig-Zag. Santiago, Chile.
11. 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. pp. 29-49. Boletín N° 44. Inst. For. Latinoam. de Inv. y Capac. Mérida, Venezuela.

12. Cromer, R. N., D. Cameron, J. D. Cameron, D. W. Flinn, W. A. Nielsen, M. Raupach, P. Snowdon and H. D. Waring. 1981. Response of eucalypts species to fertiliser applied soon after planting at several sites. Aust. For. 44: 3-13.
13. Chun Li, Ch. 1969. Introducción a la estadística experimental. Omega. Barcelona, España.
14. De la Lama, G. G. 1976. Atlas del eucalipto. Ministerio de agricultura/Instituto de Investigaciones Agrarias/Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (Vol. I). Sevilla, España.
15. Domínguez, A. 1984. Tratado de fertilización. Mundi-Prensa. Madrid, España.
16. Escobar, R., M. Espinosa, E. Kunstmann y C. Bassaber. 1992. Efecto de la interacción preparación de suelo-herbicida y fertilización en la supervivencia y crecimiento inicial de Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus. Agricul. Téc. (Chile) 52: 480-485.

17. Escobar R. R. y M. Sánchez O. 1992. Producción de plantas forestales: Algunos aspectos. Bol. de Ext. N° 51. Fac. de Cs. Agrop. y Forestales. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
18. FAO. 1966. El Eucalipto en la repoblación forestal. Roma, Italia.
19. Farrell, E. P. and A. L. Leaf. 1974. Effects of fertilisation and irrigation on root numbers in a red pine plantation. Can. J. For. Res. 4: 366-371.
20. Florence, R. G. 1986. Cultural problems of Eucalyptus as exotics. Commonw. For. Rev. 65: 141-143.
21. González, O. C., M. Rodríguez, M. Baez , A. Wylie y J. Solé. 1973. La nutrición mineral de los vegetales, el análisis foliar y de savia: Metodologías y Objetivos. Depto. de frutales y viñas. Fac. de Agron. Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile

22. González, E., F. Penalva, V. Rodríguez y C. Gómez A. 1985a. Concentración foliar de nutrientes en Eucalyptus globulus, según el tratamiento fertilizante y época de su aplicación. An. Inst. Nac. Invest. Agrar. Ser. For. 9: 47-56.
23. González, E., F. Penalva, V. Rodríguez y C. Gómez A. 1985b. Distribución del Nitrógeno en el perfil del suelo de plantaciones de Eucalyptus globulus, según la época de aplicación del fertilizante y tipo de suelo. An. Inst. Nac. Invest. Agrar. Ser. For. 9: 57-62.
24. González, O. C. 1985. Técnicas de diagnóstico del estado nutricional. pp: 1-32. En: 1<sup>er</sup> Taller de Suelos y Fertilización Forestal. 13-14 Noviembre. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
25. González, O. C., R. Escobar y M. Lachica G. 1988. Evolución estacional de elementos nutritivos minerales en pino radiata. Agrochimica. 32: 63-72.
26. Hall, N. R., D. Johnston and R. Marryatt. 1963. The natural occurrence of the eucalypts. (2<sup>nd</sup>. Ed.) Forest Research Institute. Camberra, Australia.



27. IREN. 1964. Descripción de suelos: Proyecto aerofotogramétrico. CHILE/OEA/BID. Publ. N° 2. Santiago, Chile.
28. Knight, P. 1988. Seasonal fluctuations in foliar nutrient concentrations in young nitrogen deficient stand of Eucalyptus fastigata with and without applied nitrogen. N. Z. J. of For. Sc. 18: 15-32.
29. Lachica, G. M., C. González O. y M. Rodríguez M. 1985. Análisis de tejidos e interpretación de resultados. pp: 101-150. En: M. Lachica G. y C. González O. (Eds.). Nutrición vegetal. Algunos aspectos químicos y biológicos. Consejo Superior de Inv. Científicas. Universidad de Chile.
30. Lampreht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas - posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Cooperación Técnica - Republica Federal de Alemania. Eschborn.
31. Little, T. M. y F. J. Hills. 1978. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. México.

32. 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. Tesis de Grado. Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agr. y Forestales. Santiago, Chile.
33. Mckimm, R. J. and D. W. Flinn. 1979. Eucalypt species, site preparation and fertilizer requirements for reforestation on Tooronto Plateau in Central Victoria. Aust. Forestales 42: 117-124.
34. Morel, P. 1971. Tecnología de los fertilizantes. Andrés Bello. Santiago, Chile.
35. Novoa, S-A. R., S. Villaseca, P. del Canto, J. Rouanet, C. Sierra y A del Pozo. 1989. Mapa agroclimático de Chile: Poyecto Agrometereológico. Ministerio de Agricultura/I.N.I.A. Santiago, Chile.
36. Oberdorfer, E. 1960. Pflanzensoziologische studien in Chile. Ein Vergleich mit Europa. Verlag Von J. Cramer, Weiheim.
37. Ostle, B. 1983. Estadística aplicada. Limusa. México.

38. Pereira, C. G. 1991. Fertilización correctiva con NPK en plantaciones de Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus establecidas en suelos metamórficos de la X Región. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Fac. de Cs. Agro. Vet. y Forestales. Chillán, Chile.
39. Poore, M. D. y C. Fries. 1987. Efectos ecológicos de los eucaliptos. Estudio FAO Montes N° 59. FAO Roma, Italia.
40. Pozo, A. y C. González O. 1984. Evaluación estacional de macro y micronutrientes. Tesis de grado. Universidad de Chile. Fac. de Química y Farmacia. Santiago. Chile.
41. Prado, D. J., S. Barros, J. Wrann, P. Rojas, D. Barros y S. Aguirre. 1986. Especies forestales exóticas de interés económico para Chile. INFOR/CORFO. Santiago, Chile.
42. Prado, D. J. A. y P. Rojas. 1987. Preparación del sitio y fertilización en el establecimiento de plantaciones de Eucalyptus globulus en la zona semiárida de Chile. Cien. e Inv. For. 1: 17-27.

43. Prado, D. J. A. y 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. Viña del Mar, 9-10 Junio. CORFO/INFOR Santiago, Chile.
44. Prado, D. J. A. 1989. Establecimiento de plantaciones. pp: 57-78. En: Eucalyptus, Principios de silvicultura y manejo. CORFO/INFOR. Santiago, Chile.
45. Pritchett, W. L and W. H. Smith. 1972. Fertiliser responses in young pine plantations. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 660-663.
46. Ramírez, de V. A. 1989. Malezas de Chile. Bol. Técnico N° 15. INIA. La Platina. Santiago, Chile.
47. Ramírez, G. C., H. Figueroa H. y C. San Martín P. 1989. Cambios estacionales de frecuencia y cobertura en una pradera del centro-sur de Chile. Agro Sur. 17: 105-115.

48. Sánchez, V. 1987. Esquema de acondicionamiento en plantas de Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus 1/0 producida a raíz desnuda. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Fac. de Cs. Agrop. y Forestales. Depto. Cs. Forestales. Chillán, Chile.
49. Sánchez, O. M. 1991. Fertilización de apoyo en Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Fac. de Cs. Agro. Vet. y Forestales. Chillán, Chile.
50. Schlatter, J. E. 1985. Pinus radiata y sus problemas nutricionales en Chile. pp: 1-20. En: 1<sup>er</sup> Taller sobre suelo y fertilización forestal. 13 y 14 de Noviembre. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
51. Schonau, A. P. G. and M. A. Herbert. 1988. Fertilizing eucalypts at plantation establishment. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus. Viña del Mar, 9-10 Junio. CORFO/INFOR. Santiago, Chile.
52. SOQUIMICH. 1986. Agenda del salitre. Sociedad química y minera de Chile. Santiago, Chile.

53. Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. (2ª ed.). McGraw-Hill. Bogotá, Colombia.
54. Sutton, R. F. 1975 Nutrition and growth of white spruce outplants: enhancement by herbicidal site preparation. Can. J. For. Res. 5: 217-223.
55. Sweet, G. B. and S. O. Hong. 1978. The role of nitrogen in relation to cone production in Pinus radiata. N. Z. J. For. Sci. 8: 225-238.
56. Thompson, B. E. 1985. Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking. pp: 59-70. En: M. L. Duryea (Ed.) Proceedings: Evaluating seedling quality; principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Oregon State University, Corvallis. EE. UU.
57. Toral, I. M. y P. Rojas V. 1988. Resultados preliminares en fertilizaciones de apoyo para Eucalyptus globulus. Cien. e Inv. For. 2: 45-56.

58. Toro, J. 1988. Efecto de la fertilización en el desarrollo inicial de plantaciones de Eucalyptus. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus. Viña del Mar, 9-10 Junio. CORFO/INFOR. Santiago, Chile.
59. Urrutia, T. R. 1992. Caracterización y comportamiento en vivero de tres procedencias de semillas de Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus cosechadas en Chile. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Fac. de Cs. Agro. Vet. y Forestales. Chillán, Chile.
60. Von Uexkull, H. R. 1990. El uso eficaz de los fertilizantes en suelos ácidos de las tierras altas de los trópicos húmedos. Fertilizantes y nutrición vegetal, Boletín FAO N° 10. Roma, Italia.
61. Weston, C. J., P. M. Attiwill and J. N. Cameron. 1991. Growth and nutrition of eucalypt plantations in relation to soil type and farmer land use in Gippsland, Victoria. pp: 480-491. En: A. P. G. Shonau (Ed.) Symposium on intensive forestry: The role of eucalypts. 2-6 de Septiembre. IUFRO. Durban, Sud Africa.

62. Whyte, A. G. D, and D. J. Mead. 1976. Quantifying responses to fertiliser in to the growth of radiata pine. N. Z. J. For. Sci. 6: 431-442.
63. Wrann, H. J. 1990. Efectos de diferentes métodos de plantación en el desarrollo inicial de Eucalyptus camaldulensis, Eucalyptus cladocalyx y Eucalyptus sideroxylon en la zona árida de Chile. Cien. e Inv. For. 4: 69-88.





**ANEXOS**



## ANEXO N° 1

TABLA A1. RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE SUELO DEL LUGAR DEL ENSAYO

Muestra	ph	N-NO3 ppm	P ppm	M. Org %	K ---meq/100 g suelo---	Ca	Mg	Na	CIC	Fe	Mn	ZN	Cu
												ppm	
00-30 cm	6.15	<2	<1	7.4	0.48	3.09	0.59	0.20	58.6	264	143	1.1	5.6
	ma	mb	mb	n	n	b	b	n		n	n	b	n
30-60 cm	6.24	5	<1	3.7	0.38	5.76	1.05	0.24		285	50	1.1	3.8
	ma	mb	mb	n	n	n	b	b		n	n	b	n
60- + cm	6.43	<2	1.79	2.4	0.27	7.13	1.48	0.54		273	61	1.4	4.2
	ma	mb	mb	n	b	n	n	a		n	n	b	n

mb : muy bajo

b : bajo

n : normal

a : alto

ma : moderadamente ácido

ppm : partes por millón

meq : miliequivalentes

## ANEXO N°2

TABLA A2. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS DE SUELO DEL LUGAR DEL ENSAYO

Muestra	Arena ----- %	Limo ----- %	Arcilla ----- %	Textura	Den. Ap. g/cc	Reten. 1/3 at	Humedad 15 at
00-30 cm	40.1	52.8	7.1	Fr. Limoso	0.76	58.0	36.4
30-60 cm	47.8	51.1	0.7	Fr. Limoso	0.61	60.1	38.0
60- + cm	46.3	51.4	2.3	Fr. Limoso	0.68	55.5	36.1

\*\* Sistema USDA.