

UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES  
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



**“EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN UNA PLANTACIÓN DE *Eucaliptus globulus Labill* CON APLICACIÓN DE FERTILIZANTES SOLUBLES POR MEDIO DEL RIEGO POR GOTEJO, EN DOS SITIOS DEL VALLE CENTRAL DE LA VIII Y IX REGIONES”.**

Tesis presentada como parte de los  
requisitos para optar al título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Profesor Guía: Sr. Leovijildo Medina  
Ingeniero Agrónomo

Por  
Pablo Esteban Higuera Valladares  
TEMUCO-CHILE  
2004

***Para Maria Ignacia y Joaquín.***

## AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar quiero agradecer a quienes sin su incondicional apoyo no podría estar culminando esta importante etapa de mi vida, mis padres. A mi padre, que con su particular forma de ver la vida fue el respaldo que siempre tuve a mi lado en los momentos más difíciles. A mi querida mamá, gracias por darme todo el cariño y comprensión que una madre puede entregar a un hijo. A Lalo y Cristian por soportar durante toda una vida a este gruñón. A Anita, por entregar siempre lo mejor de ella a esta familia.

Quiero agradecer al profesor Leovijlido Medina por los conocimientos y aportes brindados durante el desarrollo de este proyecto. A Emilio Guerra por transmitir eso que no se enseña en los libros de clase y que solo la experiencia lo puede entregar. A Gonzalo Puentes por sus consejos y el tiempo dedicado, por confiar en mi y permitirme formar parte de su equipo de trabajo. A Jaime Castillo por sus desinteresados aportes. A mis “amigos del riego”, Cristian R., Gerardo S., Francisco M., Carlos S. y Pablo R., por esas interminables jornadas de trabajo que al final dieron sus frutos.

A todos mis amigos y compañeros de Universidad que juntos compartimos momentos que siempre me acompañaran. A Claudio C., Max P., Jaime L., Gustavo D., Patricia S., Carla B., Edison T., Sandra R., Oriana C. ÉXITO.

Finalmente quiero agradecer a la mujer con la cual e vivido los momentos más lindos de toda mi vida. A ti Carito, gracias por darme el regalo mas maravilloso del mundo, mis hijos, gracias por tu eterna paciencia y cariño, un beso.

## CALIFICACIÓN COMISIÓN INFORMANTE

	NOTA
Profesor Patrocinante : Leovijildo Medina Medina	5,8
Profesor Informante : Gonzalo Puentes Soto	6,3
Profesor Informante : Emilio Guerra Bugueño	6,0

---

V°B° Profesor Patrocinante  
Leovijildo Medina M.  
Ingeniero Agrónomo

---

V°B° Profesor Informante  
Gonzalo Puentes S.  
Ingeniero Forestal

---

V°B° Profesor Informante  
Emilio Guerra B.  
Ingeniero Forestal

---

V°B° Director de Carrera  
Celso Navarro C.  
Ingeniero Forestal

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULO		Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Antecedentes de la especie.	3
2.2	El agua y los nutrientes en la planta	4
2.3	Objetivos de la nutrición forestal	5
2.4	Nutrición en plantaciones de <i>Eucalyptus globulus Labill</i>	6
2.5	Eficiencia de la fertilización	8
2.6	Riego Localizado	9
2.7	Fertirrigación	10
2.7.1	Fertilizantes Solubles	13
2.8	Riego en plantaciones Forestales	14
3.	MATERIALES Y METODO	16
3.1	MATERIAL	16
3.1.1	Ubicación del Área de Estudio	16
3.1.2	Plantación	16
3.1.3	Preparación de Sitio	17
3.1.4	Instalación sistema de riego	18
3.1.5	Descripción del sitio de ensayo	19
3.1.5.1	Características edáficas del área de estudio	19
3.1.5.2	Descripción del Ensayo.	20
3.2	METODO	22
3.2.1	Riego y Fertilización	22
3.2.2	Obtención de Datos.	23
3.2.2.1	Medición Variables de Crecimiento.	23
3.2.2.2	Estimación de Productividad	24
3.2.3	Muestreo de Raíces	24

3.2.4	Procesamiento de la Información	26
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1	Información de Suelo	27
4.2	Cantidad de agua aplicada	29
4.3	Información climática	30
4.4	Análisis Estadístico	31
4.4.1	Casas Quemadas	31
4.4.1.1	Diámetro a la Altura del Cuello	31
4.4.1.2	Altura Total	33
4.4.1.3	Indicador de Biomasa D <sup>2</sup> H	34
4.4.2	Hermandad Campesina.	36
4.4.2.1	Diámetro a la Altura del Cuello	36
4.4.2.2	Altura Total	37
4.4.2.3	Indicador de Biomasa D <sup>2</sup> H	38
4.5	Análisis Radicular	41
4.5.1	Descripción Cuantitativa y Cualitativa	41
4.5.2	Determinación del Contenido de Materia Seca	45
5.	CONCLUSIONES	48
6.	RESUMEN	50
7.	SUMMARY	52
8.	BIBLIOGRAFÍA	54
9.	ANEXOS	58

## INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		Página
1.	Demanda de N, P, K en plantaciones de <i>Eucalyptus globulus Labill</i> en Chile a los tres primeros años de edad en un suelo arcilloso de la IX Región.	8
2.	Comparación de rangos de eficiencia aproximada de uso de los nutrientes en fertirriego respecto de fertilización tradicional.	9
3.	Eficiencia en la aplicación de los métodos de riego.	12
4.	Cantidad de plantas utilizadas y de reserva por área de ensayo.	17
5.	Tratamientos ensayo fertirriego.	20
6.	Características de las parcelas experimentales en los predios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.	21
7.	Aporte de nutrientes aplicados vía fertilizantes solubles.	23
8.	Análisis químico de suelo para los predios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.	27
9.	Estado nutricional para la especie <i>Eucalyptus globulus L.</i> en los predios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.	28
10.	Aportes de agua promedio por planta para el periodo febrero-abril, en los sitios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.	29
11.	Valores promedio de raíces principales y secundarias (Número, largo (cm) y largo máximo (cm)) para los ensayos Casas Quemadas y Hermandad Campesina.	41
12.	Valores promedio del contenido de materia seca (%), peso húmedo (g) y peso seco (g) para cada uno de los tratamientos en los ensayos Casas Quemadas y Hermandad Campesina.	45

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		Página
1.	Codificación ensayos de fertirriego.	22
2.	Temperatura y precipitación de la zona de estudio. Fuente: informe meteorológico diario 2002-2003. Estación La Granja. Forestal Mininco.	30
3.	Comparación de medias para la variable DAC (cm) por tratamiento para el predio Casas Quemadas.	32
4.	Comparación de medias de la variable HT (m) por tratamiento para el predio Casas Quemadas.	33
5.	Comparación de medias para la variable Indicador de Biomasa D <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> ) por tratamiento para el predio Casas Quemadas.	35
6.	Comparación de medias de la variable DAC (cm) por tratamiento para el predio Hermandad Campesina.	37
7.	Comparación de medias de la variable HT (m) por tratamiento para el predio Hermandad Campesina.	38
8.	Comparación de medias para la variable Indicador de Biomasa D <sup>2</sup> H (cm <sup>3</sup> ) por tratamiento para el predio Hermandad Campesina.	39

## Anexo N°1: Resumen Estadístico.

### 1. Casas Quemadas.

Indicadores de dispersión y tendencia central para las variables DAC, HT, IBIOM después de 6 meses de efectuada la aplicación de ambas dosis de fertilizantes solubles y el testigo.

#### 1.1 Diámetro a la Altura del Cuello.

Tratamiento	DAC (cm)	
	Media	CV (%)
T1	2.43 b	45
T2	3.34 a	25
T3	3.34 a	27
Diferencia Mínima Significativa		0.63 cm

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

#### 1.2 Altura Total.

Tratamiento	HT (cm)	
	Media	CV (%)
T1	1.20 a	44
T2	1.45 a	20
T3	1.44 a	24
Diferencia Mínima Significativa		0.23 cm

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

### 1.3 Indicador de Biomasa D<sup>2</sup>H.

Tratamiento	IBIOM (cm <sup>3</sup> )	
	Media	CV (%)
T1	1064 a	93
T2	1838 a	60
T3	1886 a	61
Diferencia Mínima Significativa		962 cm <sup>3</sup>

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

## 2. Hermandad Campesina.

Indicadores de dispersión y tendencia central para las variables DAC, HT, IBIOM después de 6 meses de efectuada la aplicación de ambas dosis de fertilizantes solubles y el testigo.

### 2.1 Diámetro a la Altura del Cuello.

Tratamiento	DAC (cm)	
	Media	CV (%)
T1	1.72 a	45
T2	2.33 a	24
T3	1.96 a	32
Diferencia Mínima Significativa		0.74 cm

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

## 2.2 Altura Total

<b>Tratamiento</b>	<b>HT (cm)</b>	
	<b>Media</b>	<b>CV (%)</b>
T1	0.95 a	32
T2	1.10 a	22
T3	1.23 a	96
Diferencia Mínima Significativa		0.23 cm

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

## 2.3 Indicador de Biomasa D<sup>2</sup>H.

<b>Tratamiento</b>	<b>IBIOM (cm<sup>3</sup>)</b>	
	<b>Media</b>	<b>CV (%)</b>
T1	415 a	113
T2	677 a	57
T3	598 a	128
Diferencia Mínima Significativa		356 cm <sup>3</sup>

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

## Anexo N°2: Análisis Radicular.

### 1. Ensayo Mulchen.

Tratamiento	Raíces principales			Raíces secundarias		
	R.P	Largo (cm)	Lmax (cm)	R.S	Lprom (cm)	Lmax (cm)
1	1	63	63	7	27	40
	1	65	65	8	37	45
	1	75	75	5	40	80

---

Presenta una raíz principal gruesa, raíces secundarias pequeñas con gran cantidad de raíces absorbentes, las cuales su desarrollo lo concentran en la porción del perfil del suelo que comprende entre los 3 a 15 cm.

---

Tratamiento	Raíces principales			Raíces secundarias		
	R.P	Largo (cm)	Lmax (cm)	R.S	Lprom (cm)	Lmax (cm)
2	1	68	68	12	30	41
	1	85	95	11	44	75
	1	62	62	13	45	68

---

Presenta una raíz principal de grandes dimensiones, tanto en grosor como en longitud. Gran número de raíces secundarias y raíces absorbentes, las cuales su desarrollo lo concentran en la porción del perfil del suelo que comprende entre los 8 a 25 cm. Gran cantidad de raíces absorbentes en la zona próxima al cuello de la planta.

---

Tratamiento	Raíces principales			Raíces secundarias		
	R.P	Largo (cm)	Lmax (cm)	R.S	Lprom (cm)	Lmax (cm)
3	2	115	125	9	42	52
	3	95	109	12	39	54
	2	82	102	16	56	68

---

Sistema radicular muy bien desarrollado. Raíz principal muy gruesa y larga. Gran número de raíces secundarias y absorbentes, las cuales se encuentran ocupando la porción del suelo que comprende entre los 6 a 35 cm.

---

## 2. Ensayo Renaico.

Tratamiento	Raíces principales			Raíces secundarias		
	R.P	Largo (cm)	Lmax (cm)	R.S	Lprom (cm)	Lmax (cm)
1	1	42	42	6	23	26
	1	20	20	5	23	35
	1	50	50	5	25	31

---

Sistema radicular muy reducido, poco profundo y raíces muy delgadas. Presenta una raíz principal poco desarrollada, raíces secundarias y raíces absorbentes distribuidas uniformemente a partir del cuello de la planta ocupando la porción del perfil del suelo que comprende desde los 3 hasta 14 cm. Es posible encontrar daños mecánicos producto de la acción del viento, lo que provocó la aparición de protuberancias a la altura del cuello de las plantas.

---

Tratamiento	Raíces principales			Raíces secundarias		
	R.P	Largo (cm)	Lmax (cm)	R.S	Lprom (cm)	Lmax (cm)
2	1	55	55	4	35	41
	1	60	60	7	45	53
	1	44	44	9	32	48

---

Sistema radicular bien desarrollada tanto en grosor como en longitud, raíces secundarias y raíces absorbentes distribuidas a partir del cuello de la planta ocupando la porción del perfil del suelo que comprende desde los 3 a 18 cm. Presencia de daño mecánico producto de la acción del viento en la zona próxima al cuello de la planta.

---

Tratamiento	Raíces principales			Raíces secundarias		
	R.P	Largo (cm)	Lmax (cm)	R.S	Lprom (cm)	Lmax (cm)
3	1	46	46	12	40	56
	1	53	53	16	25	31
	1	65	65	17	52	59

---

Sistema radicular bien desarrollado. Raíz principal larga y gruesa, raíces secundarias y raíces absorbentes presentes en gran número y distribuidas de manera uniforme a partir de la zona próxima al cuello de la planta ocupando la porción del perfil del suelo que comprende entre los 4 a 25 cm. Presencia de daño mecánico producto de la acción del viento en la zona próxima al cuello de la planta.

---

### Anexo N°3: Contenido de Materia Seca.

#### 1. Ensayo Mulchen.

Tratamiento	P.Húm	P.Seco	C.M.S.(%)
1	462.96	93.41	20.2
	448.58	96.82	21.6
	326.94	74.47	22.8
2	596.62	117.94	19.8
	747.62	145.50	19.5
	826.88	174.11	21.1
3	1234.13	240.28	19.5
	1738.94	364.40	21.0
	1568.88	315.94	20.1

#### 2. Ensayo Renaico.

Tratamiento	P.Húm	P.Seco	C.M.S.(%)
1	125.58	22.34	17.8
	235.25	43.18	18.4
	198.51	35.73	18.0
2	499.44	85.38	17.1
	327.71	60.20	18.4
	555.54	91.45	16.5
3	475.39	82.43	17.3
	289.85	55.31	19.1
	471.33	81.60	17.3

**Anexo N°4:** Fotografía Sistema Inyector de Fertilizantes Solubles.



**Anexo N°5:** Fotografía Riego por goteo en *Eucalyptus globulus* Labill.



**Anexo N°6:** Fotografía Bandeja de evaporación tipo A.



