



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

**“EFECTO DE LAS DISTINTAS DOSIS Y FORMAS DE APLICACION DE BORO EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. DON CON Y SIN CONTROL DE MALEZAS EN SUELOS ARENOSOS DE LA VIII REGION”.**

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

**INGENIERO FORESTAL.**

---

**Profesor Guía:**

ALEX MOSCOSO BASTIAS.

PAMELA LISETTE FELMER MONTERO.

TEMUCO – CHILE

2004

"El secreto de la felicidad  
está en no esforzarse por el placer,  
sino en encontrar  
el placer en el esfuerzo"

André Gide.

## INDICE DE MATERIAS

<b>CAPITULO</b>		<b>Página</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>3</b>
2.1.	Antecedentes de la especie	3
2.2.	Origen y distribución de las plantaciones deficientes en boro	6
2.2.1.	Caracterización de los suelos arenales VIII región	7
2.2.1.1.	Características físicas	7
2.2.1.2.	Características químicas	11
2.3.	Dinámica del boro en la planta	11
2.3.1.	Forma de absorción y translocación	11
2.4.	Dinámica del boro en el suelo	13
2.4.1.	Origen y distribución del boro en el suelo	13
2.5.	Habilitación del suelo para la plantación	14
2.5.1.	Preparación del suelo	14
2.5.2.	Plantación	18
2.5.3.	Fertilización	19
2.6.	Fertilización con boro	22
2.6.1.	Fertilización de boro en Pinus radiata	22
2.6.1.1.	Dosis de boro	22
2.6.1.2.	Formas y fuentes de boro	22
2.7.	Sintomatología en plantaciones de Pinus radiata	23
2.7.1.	Síntomas de deficiencia	23
2.7.2.	Síntomas de toxicidad	24
2.8.	Control de malezas	25
2.8.1.	Control de malezas preplantación	28
2.8.2.	Control de malezas posplantación	32

<b>CAPITULO</b>		<b>Página</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIAL Y METODOS</b>	<b>35</b>
3.1.	Material	35
3.1.1.	Ubicación geográfica del ensayo	35
3.1.2.	Antecedentes generales del área de estudio	36
3.1.2.1.	Clima	36
3.1.2.2.	Geomorfología y topografía	36
3.1.2.3.	Suelo	36
3.2.	Método	37
3.2.1.	Diseño del ensayo	37
3.2.2.	Manejo del ensayo	39
3.2.2.1.	Plantación	39
3.2.2.2.	Preparación del suelo	39
3.2.2.3.	Control de malezas	39
3.2.3.	Unidad experimental	40
3.2.4.	Evaluación de las variables morfológicas	41
3.2.5.	Evaluación del estado nutricional	41
3.2.6.	Variable calculada	42
3.2.7.	Variables registradas de tipo climático	42
3.2.8.	Análisis estadístico	43

<b>CAPITULO</b>		<b>Página</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>45</b>
4.1	Fertilización de Otoño	45
4.1.1.	Efecto de distintas dosis y formas de fertilización bórica sobre la concentración de Boro en las acúlas	45
4.1.2.	Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre el diámetro a la altura del cuello	47
4.1.3.	Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre la altura total	49
4.1.4.	Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre el índice de biomasa	51
4.1.5.	Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre el diámetro a la altura del cuello	53
4.1.6.	Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre la Altura total	56
4.1.7.	Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre el índice de biomasa	59
4.2.	Fertilización de Primavera	62
4.2.1.	Efecto de distintas dosis y formas de aplicación bórica sobre la concentración de boro en las acúlas	62
4.2.2.	Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre el diámetro a la altura del cuello	64
4.2.3.	Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre la Altura total	67
4.2.4.	Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre el índice de biomasa	69
4.2.5.	Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre el diámetro a la altura del cuello	71

<b>CAPITULO</b>		<b>Página</b>
4.2.6.	Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación técnica sobre la altura total	74
4.2.7.	Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación técnica sobre el índice de biomasa	77
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>6.</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>82</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>83</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>84</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>91</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		Página
	<u>En el texto</u>	
1	Resumen del ensayo	40
2	Crecimiento del diámetro a la altura del cuello de los árboles para los tratamientos	48
3	Crecimiento de la altura total de los árboles de los distintos tratamientos	50
4	Rendimiento de la variable calculada índice de biomasa	52
5	Crecimiento del diámetro a la altura total del cuello de los árboles de los distintos tratamientos	54
6	Crecimiento de la altura total de los árboles de los distintos tratamientos	57
7	Crecimiento de la variable calculada de los árboles de los distintos tratamientos	60
8	Crecimiento del diámetro a la altura del cuello de los árboles para los tratamientos	65
9	Crecimiento de la altura total de los árboles de los distintos tratamientos	68
10	Rendimiento de la variable calculada índice de biomasa	70

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO N°</b>		<b>Página</b>
11	Crecimiento del diámetro a la altura total del cuello de los árboles de los distintos tratamientos	72
12	Crecimiento de la altura total de los árboles de los distintos tratamientos	75
13	Crecimiento de la variable calculada de los árboles de los distintos tratamientos	78

## INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		Página
	<u>En el Anexo</u>	
2A	Concentracón foliar de Boro (ppm) en muestras de adóculas de pino para los diferentes tratamientos durante el periodo de Otoño (Junio 2002)	94
2B	Concentracón foliar de Boro (ppm) en muestras de adóculas de pino para los diferentes tratamientos durante el periodo de primavera (Junio 2002)	94

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°.		Página
	<u>En el Texto</u>	
1	Mapa ilustrativo ubicación del ensayo	35
2	Detalle ensayo fertilización bórica en distintas épocas de aplicación	38
3	Distribución de las plantas dentro de la parcela	40
4	Concentración foliar de boro (ppm) en muestras de acículas de pino para los diferentes tratamientos durante la primera etapa (Fertilización de Otoño)	45
5	Grafica de medias de la variable DAC (mm) por tratamiento.	47
6	Grafica de medias de la variable altura total (cm) por tratamiento	49
7	Grafica de medias para el indicador de biomasa por tratamiento	51
8	Grafica de medias de la variable DAC (mm) por tratamiento.	53
9	Grafica de medias de la variable altura total por tratamiento	56
10	Grafica de medias para el indicador de biomasa por tratamiento	59
11	Concentración foliar de boro (ppm) en muestras de acículas de pino para los diferentes tratamientos durante la segunda etapa (Fertilización de primavera).	62

<b>FIGURA N°.</b>		<b>Página</b>
12	Grafica de medias de la variable DAC (mm) por tratamiento	64
13	Grafica de medias de la variable altura total (cm) por tratamiento	67
14	Grafica de medias para el indicador de biomasa por tratamiento	69
15	Grafica de medias de la variable DAC (mm) por tratamiento	71
16	Grafica de medias de la variable altura total por tratamiento	74
17	Grafica de medias para el indicador de biomasa por tratamiento	77

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°.		Página
	<u>En el Anexo</u>	
1A	Esquema extracción de muestras de adículas para análisis foliares	92
18	Variación de la precipitación y la temperatura media durante el año 2002 en la Estación Trilahue	109

## 1. INTRODUCCION

El sector forestal chileno basa su producción en el uso racional de las especies de rápido crecimiento, es decir, principalmente las plantaciones de las especies ***Pinus radiata*** D. Don (Pino insigne, Pino radiata, Pino Monterrey, Pino) y varias especies del género *Eucalyptus*, existe un importante potencial de terreno cuyas condiciones de sitio permiten la incorporación de la especie forestal ***Pinus radiata*** D Don., la especie fue introducida en Chile a fines del siglo XIX, logrando adaptarse exitosamente al clima y suelo del país, inclusive alcanzando crecimientos superiores, y en menor tiempo, a los de su región de origen.

El manejo de los programas de fertilización se ha convertido en un factor relevante del punto de vista de la rentabilidad de la plantación al final de la rotación, es por esto que el manejo de esta variable es fundamental tanto del punto de vista fisiológico, como también del punto económico. En términos generales la fertilización tiene por objetivo aportar al sustrato los nutrientes requeridos por la planta, en cantidad, proporción, en el momento adecuado. Esta fertilización posee una serie de beneficios, dado que estimula el desarrollo radical, crecimiento en diámetro y altura, además de estimular a la planta a aprovechar en forma más eficiente el agua disponible y los nutrientes presentes en el sustrato. Una de las aplicaciones de fertilizante más utilizadas en ***Pinus radiata*** D Don, es la aplicación de Boronatrocalcita, destinada a corregir deformaciones y mal crecimiento de las plantas ya que amplía superficie de suelos en Chile (V-IX), presentan deficiencia de Boro. Es por esto que nace la inquietud de evaluar las distintas dosis y aplicación boro en un ensayo correspondiente a una plantación ***Pinus radiata*** D. Don de Forestal Mininco en suelo arenoso del Valle Central de la VIII región, cercano a Los Angeles, con el objetivo de evaluar distintas dosis

y formas de aplicación con Boro para dos épocas de aplicación (Otoño y Primavera) mediante respuestas morfológicas como diámetro a la altura del cuello (mm), altura total (cm), indicador de biomasa  $D^2H$  ( $\text{cm}^3$ ).

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA.**

## 2.1. Antecedentes de la especie.

### *Pinus radiata* D. DON

Proviene del latín *Pinus* = pino; *radiata* del latín *radiatus* = con radios (se refiere a las adúclas y ramas).

Comúnmente llamado **Pino radiata**, **Pino insigne**, **Pino Monterrey**, perteneciente a la familia Pinacea. Originario de la región occidental de los Estados Unidos.

Es una especie forestal ampliamente conocida; ya que, pese a tener una distribución natural muy reducida, se encuentra plantada en diversos países del mundo.

Es un árbol de fuste recto que puede alcanzar de 30 a 50 m de altura y diámetros de hasta 1,5 m. En su lugar de origen esta especie tiene una importancia secundaria.

Pero en otros países es una de las especies más importantes, constituyendo extensas plantaciones en Chile, Nueva Zelanda, Australia, Sudáfrica y España. Para los dos primeros constituye la principal especie forestal, con una superficie superior a 1.300.000 ha en Chile y más de 800.000 en Nueva Zelanda.

Este recurso ha dado origen a una importante industria forestal que produce pulpa, papel, madera aserrada, tableros diversos, muebles, embalajes y otros productos.

***Pinus radiata*** es una especie de gran adaptabilidad que se ha utilizado con éxito en la forestación desde la V a la X Región.

El óptimo desarrollo de la especie se logra en la costa de la VIII Región. También logra buenos crecimientos en los suelos volcánicos de la precordillera Andina, hasta altitudes de 800 m.

#### Descripción botánica

Las características biológicas corresponden a un árbol de 30-40 m. de altura, perennifolio o verde todo el año. Debil longevidad, crecimiento rápido; especie polidámica (con mas de 5 verticilos florales). Especie monoica; polinización y dispersión de polen por el viento.

Rasgos de reconocimiento diferencial posee un tronco recto con ritidoma grueso, pardo-rojizo, ramas horizontales ascendentes, negruzcas, glabras (sin pelos) con yemas resinosas, hojas aciculares en fascículos de tres en tres, largas de 7-15 cm., finas, de color verde brillante. Conos, estrobilos o piñas largos (7-15 cm x 5-8 cm.), en grupos de 2-5, muy asimétricos, con apófisis de las escamas muy prominentes. Semillas de 5-8 mm.

#### Autoecología

Sensible al frío y heladas. Prefiere climas suaves litorales con abundante humedad atmosférica. Resiste bien el viento. En suelos arenosos, ácidos y profundos. Los principales requerimientos ecológicos de las especies ***Pinus radiata*** son:

Factor ambiental	<i>Pinus radiata</i>
Pp media anual	mayor o igual a 380 mm

Tº media anual	10 a 18°C
Tº mínima	-2°C
Profundidad suelos	mayor o igual a 25 cm
Drenaje suelos	bueno a moderado
Meses secos	6 a 7
Humedad relativa anual	mayor o igual a 40%
Heladas anuales	200
Textura del suelo	muy liviana a pesada
Reacción del suelo	neutra a ácida

Fuente Infor, 2002.

### Distribución en Chile

***Pinus radiata*** o Insigne fue introducido en Chile a fines del siglo XIX, adaptándose perfectamente a las condiciones climáticas del país. Tanto así, que su tasa de crecimiento promedio es muy superior al incremento medio anual de los bosques de coníferas de Canadá, Rusia, Suecia e incluso Estados Unidos, su país de origen.

El ***Pinus radiata*** crece en una gran diversidad de ambientes. Puede vivir con precipitaciones relativamente bajas, pero prospera indiferente a las condiciones del suelo, ya que en Chile ha ocupado terrenos improductivos abandonados por la agricultura y en los cuales la recuperación de la vegetación nativa es difícil.

Es importante señalar además, dentro de las ventajas que ofrecen estas especies, la característica de ser suficientemente rústicas y vigorosas como para colonizar suelos degradados por la agricultura o ganadería, o sectores arenosos o con diversos grados de erosión (Raga, 1999; Infor, 2000).

En Chile se le encuentra, en forma de plantaciones masivas, entre la V y X regiones, establecidas aproximadamente en un 90% sobre suelos con distintos niveles de erosión y sin cobertura de bosques naturales (*Op. Cit*).

## **2.2. Origen y distribución de las plantaciones deficientes en boro.**

El abastecimiento insuficiente de boro en plantaciones de *Pinus radiata* D.DON se extiende a través de todo Chile Central 32°- 42° Lat. Sur, principal zona de distribución de esta especie en el país (Schlatter y Gerding, 1985a).

A lo largo de Chile Central, la deficiencia de boro es más frecuente en los faldeos orientales de la cordillera de la costa y en la depresión Central coincidiendo esta ubicación con condiciones climáticas de escasez de precipitaciones y menor humedad atmosférica en comparación a los lugares de similar latitud, ubicados en los faldeos occidentales expuestos al mar y en la precordillera de los Andes (*Op. Cit*).

La deficiencia de boro no alcanza igual en todas las asociaciones de suelos. La mayor frecuencia y gravedad de la deficiencia de boro en plantaciones de *Pinus radiata* se presenta en suelos graníticos, arenales y rojos arcillosos, coincidiendo esto con la aproximación efectuada por Adams (citado por Schlatter y Gerding, 1985a).

Las asociaciones de suelos nombrados se distribuyen principalmente entre la quinta y novena región, zona más afectada por la deficiencia de boro. Esto encuentra explicación en las diferentes condiciones de suelo, y completamente también de clima, donde han sido establecidas las plantaciones forestales.

En suelos graníticos, derivados de roca granítica principalmente y rocas metamórficas, la deficiencia se manifiesta en suelo ubicado en la vertiente oriental de la cordillera de la costa, debido a la menor precipitación, sobre todo en sitios muy erosionados. En los suelos arenosos, que conforman sedimentos

del río Laja, la deficiencia de boro se produce debido a la baja capacidad de retención de agua del suelo, donde este elemento es fácilmente lixiviado (Gerding y Schlatter, 1995).

## **2.2.1 Caracterización de los suelos arenales VIII región.**

### **2.2.1.1 Características Físicas:**

Entre las características físicas importantes que se deben tener en cuenta para definir la potencialidad de un suelo están: la composición granulométrica (textura), el ordenamiento espacial de las partículas y la agregación de estas (estructura), la densidad aparente, la porosidad, la aireación, la profundidad, el color y la temperatura (Donoso, 1992). De todas estas, según el autor las de mayor relevancia son aquellas que definen el régimen de agua del suelo como son:

- Profundidad del suelo: la profundidad de desarrollo del suelo es el resultado de los espesores de los horizontes A y B (solum), pero en el caso de suelo de uso forestal puede ser necesario considerar el horizonte C (regolito), es decir la profundidad total, por la gran profundidad que puede explorar las raíces de los árboles. La profundidad del suelo puede considerarse como indicador de calidad o productividad del sitio (*Op. Cit*).
- Profundidad fisiológica o arraigable es aquella que tiene relación con la profundidad máxima que pueden alcanzar las raíces en un determinado suelo (*Op. Cit*). Esta se ve restringida por la densidad del suelo, es decir, la estructura del mismo, llegando en algunos casos a ser un factor limitante para el desarrollo adecuado de a lo menos 60 a 70 cm. (Edwards, 1997).

Según Carrasco y Millán (1995), la característica física de mayor relevancia que presentan los arenales de la octava región es la existencia de perfiles profundos de suelo, con excepción de la serie Pedregales cuyos suelos son más bien delgado.

- Textura, según algunos autores como Brady (citado por Edwards, 1997), no es de por sí determinante en la calidad de sitio, sino que son las propiedades que dependen de ella, por ejemplo: la disponibilidad de nutrientes, la capacidad de retención de agua y otras que afectan en la forma directa del desarrollo de los árboles. Se define como la cantidad o proporción relativa de los diferentes tipos o clases de tamaño de las partículas que constituyen el suelo (Donoso, 1992).

Esta propiedad física de los suelos, influencia el contenido de agua porque de ella depende la retención, el escurrimiento, la infiltración, drenaje y la permeabilidad (Honorato, 2000).

Estudio efectuado por Carrasco y Millán (1995), en los arenales, señalan que la calidad de sitio disminuye a medida que aumenta la cantidad de grava y arena gruesa en el suelo, y concluye que la clase texturales que presentan los arenales son determinantes en la calidad de sitio para los bosques. Troncoso (1993), coincide con ellos y demuestra que la calidad de sitio, para los arenales de Laja, esta fundamentalmente definida por el contenido de grava del suelo existiendo una relación inversa entre el suelo y la productividad. Donoso (1992), señala que, dado lo rústico y poco exigente del pino, este es capaz de desarrollarse satisfactoriamente en suelos de texturas gruesas, como la de los arenales de la octava región, no queriendo decir esto, que la especie no logre desarrollarse mejor en suelos con texturas más finas.

- Estructura: la estructura, en cambio, es la forma como sus partículas se disponen o agrupan en agregados mayores o terrones (Donoso, 1992). Dependiendo de la disposición de dichas partículas será la infiltración del agua en el suelo y es así como estructuras granulares tienen una rápida infiltración,

la que disminuye en estructuras bloquiformes, y es muy lenta en las laminas (Honorato, 2000).

- Densidad aparente: la densidad aparente se define como el peso seco de una unidad de volumen de suelo. Los factores que la afectan son principalmente tres: la textura, la estructura y la presencia de materia orgánica. Suelos con texturas arenosas tienden a tener densidades mayores que suelos más finos, al mismo tiempo en suelos bien estructurados los valores son menores. Valdés (citado por Donoso, 1992), entrega valores promedios de densidad para suelos de textura arenosa entre 1.2 y 1.8 g/cm<sup>3</sup>.

Estudios realizados por Schlatter, Gerding y Bonnefoy (1992), indican que la densidad aparente del suelo tiene especial relación con el índice de sitio del pino. El estudio demuestra que valores de densidad superior a 1.3 y 1.5 g/cm<sup>3</sup> en el suelo superficial y el subsuelo respectivamente, constituyen una limitación para el crecimiento de la especie. Por otra parte, Schlatter y Grez (citados por Edwards, 1997), consideraron como densidades aparentes críticas para el desarrollo del pino aquellas en que los valores superan los 1.4 y 1.6 g/cm<sup>3</sup> para suelos arcillosos y arenosos respectivamente.

Otro estudio realizado en los arenales por Carrasco y Millán (1995), determino densidades aparentes para diferentes series de suelos las que arrojaron resultados elevados considerando los valores promedios. Estos valores fueron de 1.51 g/cm<sup>3</sup> para la serie arenales en los primeros 30 cm., aumentando ligeramente entre los 30 y 90 cm. de profundidad. Carrasco (1992), por su parte describe a los arenales en general como una alta densidad aparente la que alcanza un valor promedio de 1.43g/cm<sup>3</sup>.

Para Gerding y Schlatter (1995), en que se emplearon datos de 70 sitios a lo largo de toda la distribución de *Pinus radiata* en Chile, se demostró el efecto negativo que ejerce una alta densidad aparente del suelo sobre la productividad (índice de sitio) de esta especie. Estos resultados son aun mas significativos si se consideran solo los suelos arenosos para dicho estudio.

- Porosidad del suelo: se define como el espacio de suelo que no esta ocupado por sólidos y se expresa en porcentajes. Los factores que la determinan son principalmente la textura, estructura y la cantidad de materia orgánica (Donoso, 1992).

En suelos arenosos los volúmenes de poros fluctúan entre los 35 y 50 % (*Op.Cit*). Según Troncoso (1993), el rango de porosidad para los arenales de Laja varía entre los 29,2 y 56, 6 % con un promedio de 42,9 % de los cuales un 10,6 corresponde a microporos y un 31,6 % a macroporos.

Gerding (1991), determinó que el volumen total de poros tiene una relación directa con la productividad de sitio en suelos arenosos (a mayor volumen total de poros mayor productividad de sitio). Así lo demuestra con valores de correlación entre índice de sitio y porosidad que van desde los 0,68 a los 0,87 dependiendo de la profundidad en que se mida esta.

- Capacidad de agua aprovechable: la capacidad de agua aprovechable es uno de los factores que incide positivamente en la productividad del suelo que mayormente incide sobre la calidad de sitio en los arenales, explicando en un 98 % las diferencias de índice de sitio en estos suelos (Schlatter, Gerding y Bonnefoy, 1982).

#### **2.2.1.2 Características Químicas:**

Desde hace algún tiempo a la fecha, la atención de los científicos se ha centrado en las propiedades químicas de los suelos. Esto debido a la creciente demanda

de hacer más productivas las tierras aptas para la reforestación industrial (De Las Salas, 1997). Schlatter, Gerding y Bonnefoy (1982), señalan que las propiedades químicas de los suelos arenosos inciden en tan solo un 0,1 % en la explicación de la variabilidad del índice de sitio. Sin embargo, Gerding y Schlatter (1995), en una ampliación del número muestral del estudio anterior, determinan que la variabilidad de la productividad está muy relacionada con las características químicas del suelo y determinan un efecto positivo de mayores contenidos de materia orgánica en el subsuelo y de una mayor capacidad de intercambio de bases en el suelo superior.

Estudios de diversos autores indican que las características químicas más importantes de los arenales son, en sentido positivo: PH moderadamente ácido (6.75); y en sentido negativo: un escaso contenido de materia orgánica (1.7 %) y niveles de nitrógeno y fósforo muy bajos de 0,05 % y 7,9 mg/Kg. respectivamente (Carrasco, 1992, Troncoso, 1993; citados por Edwards, 1997). Además, según el estudio realizado por Carrasco (1992), los valores de K, Ca, y Mg intercambiables están dentro de los rangos normales de 0.5, 5.1 y 1.61 meq/100g respectivamente.

## **2.3 Dinámica del boro en la planta**

### **2.3.1 Forma de absorción y translocación**

El proceso de absorción del boro es por un flujo hídrico a través de las raíces Manuel y Kirkby (citados por González, 1982), sugieren que este es pasivo, es decir, que los boratos son absorbidos solo en presencia de agua, siguiendo el flujo de la transpiración. El boro es absorbido de los suelos casi por completo como ácido bórico sin disociar ( $H^3BO_3$ ), respectivamente con mayor exactitud como  $B(OH)_3$ , y en esta forma sigue el flujo del agua al interior de la planta.

Una vez que el boro es absorbido por la planta, se le puede encontrar presente en el agua de los espacios libres o formando complejos en la pared celular.

Los requerimientos de Boro de los distintos órganos de las plantas se satisfacen principalmente por vía xilemática, ya que el boro es poco móvil y su translocación en el floema es escasa. Se transporta con lentitud hacia fuera de los órganos floemáticos después de que llega a ellos por el xilema (Raven, 1980; citado por Salisbury y Ross, 1994).

Bros y Hu, 1996 (citados por Bonilla *et al.*, 1999) señalan que el boro es el único elemento esencial que varía su movilidad de forma muy marcada entre las diferentes especies vegetales.

Algunos autores señalan que la cantidad de boro en los tejidos parece ser especialmente sensible a la tasa transpiratoria y que esta puede ayudar a la absorción de minerales del suelo y a su transporte dentro de la planta (Salisbury y Ross, 1994; Silva y Rodríguez, 1995).

Este elemento tiende a acumularse en las hojas que transpiran más, permaneciendo en ellas, ya que no puede trasladarse de una zona a otra, por ser prácticamente inmóvil por la vía floemática. Por otra parte, cuando la transpiración es demasiado rápida, puede dar como resultado una acumulación tóxica de algunos elementos.

Al depender su acumulación de la transpiración, todas aquellas condiciones que conduzcan a una menor absorción o a una disminución de la transpiración, o bien, a la competencia en su reparto entre las distintas estructuras del árbol, determinan una deficiencia en el tejido más sensible (Silva y Rodríguez, 1995). Cuando es aplicado foliarmente es absorbido por las hojas que lo interceptan y no es translocado hacia las hojas nuevas y frutos (Salisbury y Ross, 1994).

## **2.4. Dinámica del boro en el suelo**

### **2.4.1 Origen y distribución del boro en el suelo**

El boro se encuentra en bajas concentraciones en la corteza de la tierra alrededor de 10 mg Kg. <sup>-1</sup> y, los contenidos en los suelos varían entre 2 a 200 ppm, pero menos del 5% del total está en forma disponible para las plantas (Loue, 1998; Opazo, 1994).

Honorato (2000), señala que los contenidos normales de boro en los suelos en general van de 5 a 100 ppm, siendo las fuentes más importantes la turmalina y los silicatos.

Su contenido en el suelo depende de factores como la naturaleza del material parental, el clima y la materia orgánica.

Pritchett (1991), señala que el boro se encuentra en la mayor parte de los suelos en cantidades de solo unas cuantas partes por millón, coincidiendo además con Honorato (2000) y Wild (1992), donde señalan que el boro se encuentra en el suelo en turmalinas y en combinaciones orgánicas.

El boro se distribuye regularmente en los diversos horizontes según la riqueza en boro de la roca madre y la evolución del suelo. Por el contrario, el boro soluble en el agua está más concentrado en el horizonte superior del suelo asociado a la materia orgánica.

## **2.5 Habilitación del suelo para la plantación**

### **2.5.1 Preparación del suelo**

En la determinación de la superficie útil que se destinará a la plantación debe considerarse las condiciones de calidad del suelo y disponibilidad de agua que posee el sitio. El análisis de estos dos factores, pueden variar localmente dependiendo de la ubicación del terreno en relación a la exposición, cercanía al mar, pendiente, grado de erosión, vientos dominantes y heladas, entre otros, es absolutamente indispensable para lograr que la plantación cuente con la humedad suficiente y la calidad de suelo requeridos para su crecimiento.

También es importante la realización de zanjas o calicatas para análisis de suelos. Además, al seleccionar el área de plantación, se debe considerar los usos actuales que en el predio se desarrollan con la finalidad de no entorpecer otras actividades de producción agropecuarias. (Infor, 2002). En la preparación del suelo existen varias etapas como:

Establecimiento: En una plantación, existen varias etapas o actividades orientadas a modificar el sitio hacia una mejor condición de suelo y mejoramiento de sus factores limitantes, de tal forma de concentrar los recursos disponibles para favorecer el crecimiento inicial, sobrevivencia y desarrollo posterior de la planta tenemos:

- Limpia del terreno a plantar
- Fertilidad del suelo
- Preparación del sitio
- entre otros.

Habilitación de terreno: El objetivo de esta etapa es obtener un terreno limpio para que las plantas puedan establecerse y crecer adecuadamente, además de facilitar las labores de plantación. Sin embargo, se debe tener presente las

regulaciones de corta de bosque nativo y vegetación en quebradas, por lo que se debe evitar la eliminación de ellas, especialmente cuando no afecten mayormente el desarrollo de la plantación.

Dentro de la habilitación de terreno se pueden desarrollar dos faenas de importancia dentro de esta actividad: Roce y Ordenamiento de desechos en cordones o fajas.

Roce: Consiste en la actividad de limpieza que es necesario llevar a cabo cuando existe una cubierta vegetal arbórea, arbustiva o de malezas que puede afectar el futuro desarrollo de la plantación y/o que además, pudiera dificultar el trabajo de la plantación. Existiendo dos tipos de roce, manual y mecanizado. El uso de uno u otro depende de la topografía del lugar y del costo asociado a cada uno de ellos.

Roce manual: El objetivo es la eliminación de la vegetación a través de la utilización de mano de obra, mediante el uso de herramientas manuales, como el rozn, hacha o con máquinas menores como la desbrozadora y motosierra.

Los rendimientos dependen principalmente del tipo y densidad de vegetación que se encuentre en el lugar, así como de las características topográficas del terreno. Principalmente se realiza en terrenos de pendientes fuertes o cuando la vegetación presente es poco densa y no implica problemas de competencia.

Roce mecanizado: El objetivo es eliminar la vegetación a través del uso de maquinaria mayor, existiendo una variedad de maquinarias que se utilizan para estos fines, dentro de la cual podemos destacar: Excavadora con oruga, tractor picador, también conocido como mulcher, bulldozer, al igual que la excavadora realiza un trabajo de remoción de la vegetación, a través del impacto. Estas máquinas tienen como restricciones la pendiente del terreno y la fragilidad del

suelo. En el caso de bulldozer y mulcher trabajan con una pendiente máxima de 25 a 30 %, y la excavadora hasta un 50%, para que no existan riesgos en su operación. Una adecuada habilitación del terreno es fundamental en el crecimiento futuro de la plantación.

Preparación del suelo: El objetivo de esta actividad es dejar el suelo en condiciones tales que permita una mayor retención de agua, que las raíces puedan extenderse y desarrollarse con facilidad, y promover el desarrollo de un mejor sostén de la planta y permitir un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el perfil. Favorece a su vez, la penetración del agua y el aire a mayor profundidad, además de un mejor control de malezas, arbustos y otros (Larraín, 1993; Infor, 2002).

Es preferible que esta actividad se realice en períodos secos y cuando exista un bajo contenido de humedad en el suelo, lo que permite prevenir procesos como compactación y remoción excesiva. Es recomendable que, la preparación se efectúe en curvas de nivel, con el objeto de proporcionar un mejor aprovechamiento del agua por la planta al interceptar su paso y quedar más tiempo retenida en la línea de preparación.

En resumen en la etapa de establecimiento se tiene:

- Roce y limpieza de la zona de plantación, según condiciones locales.
- Marcación de líneas de plantación en curvas a nivel.
- En terrenos con topografía moderadamente plana, se debe realizar subsolado sobre la línea de plantación superando los 40 cm. De profundidad utilizando un tractor oruga. El subsolado debe pasar a lo menos dos veces

por cada línea de plantación, separada una de otra por 20 cm. Este tratamiento se debe realizar antes que comience el periodo de lluvias, pues de esta forma provoca una gran remoción de suelo. Por el contrario, si el suelo se encuentra saturado, el efecto es mínimo y a veces perjudicial. También es posible utilizar tractor agrícola, sin embargo por razones de potencia, la profundidad del subsolado a veces suele ser insuficiente.

- En situaciones donde no es posible utilizar maquinaria (limitaciones de pendiente) el método más aconsejable es la confección de surcos, mediante la utilización de un arado tirado por caballos o bueyes, realizando a lo menos dos pasadas por línea de plantación.
- El tratamiento óptimo según diversos estudios es la combinación de subsolado y surcado, favoreciendo así la remoción del suelo, la formación de surcos en curva de nivel, la eficiencia en la conservación de la humedad del suelo y la disminución de vegetación competidora.
- Es muy importante realizar la preparación de suelo en curvas a nivel, pues de esta forma se favorece la captación de aguas de escorrentía proveniente de las lluvias, logrando así disminuir los procesos erosivos y optimizar el uso del agua en favor del prendimiento y posterior crecimiento de la plantación.
- El subsolado puede efectuarse de 40 a 70 cm de profundidad o arado total de la superficie, subsolado profundo (60 - 80 cm) o escarificado con tractor (40 - 50 cm de profundidad, con tres subsoladores separados a 50 cm).
- Cuando la plantación se establece en terrenos con pendiente, es importante realizar la preparación de suelo siguiendo las curvas de nivel, para favorecer

la captación de aguas lluvias, optimizar el uso del agua y disminuir los procesos erosivos provocados por la escorrentía.

### **2.5.2 Plantación.**

En un suelo que ha sido bien preparado, la plantación puede realizarse con pala de media caña, azapico, pala neozelandesa u otra herramienta.

Se debe hacer un hoyo adecuado al tamaño de la maceta o pan, lo suficientemente amplio y profundo para permitir que las raíces queden bien extendidas.

Posteriormente las plantas se entierran derechas hasta el nivel del cuello y se debe apisonar el suelo para evitar espacios con aire en la zona de las raíces. Si las plantas provienen de macetas plásticas o materiales no biodegradables, deben ser removidos completamente; se recomienda regar las plantas en vivero unos días antes de la plantación para facilitar la extracción de la maceta, sin que destruya el pan de tierra y asegurar un aprovisionamiento de agua para los primeros días después de la plantación.

En la zona semiárida de Chile, la época favorable de plantación es muy breve, no superando los 40 días, lo que determina la necesidad de concentrar las plantaciones en un corto período. Las plantas deben encontrar un suelo húmedo por lo menos de 30 cm. de profundidad a la espera de nuevas precipitaciones.

Zona semiárida en un año de características normales, las plantaciones se realizan en invierno. En situaciones de sequía es preferible no plantar debido a los bajos rendimientos, a menos que exista la posibilidad de riego.

En las plantaciones de ***Pinus radiata*** en zonas áridas o semiáridas deben realizarse iniciadas las primeras lluvias, para que las plantas recién establecidas logren desarrollar el sistema radicular.

Para las regiones IV y V Julio correspondería a un mes adecuado, aunque pueden iniciarse en mayo si las condiciones meteorológicas lo permiten o si existe la posibilidad de aplicar riegos de establecimiento.

### **2.5.3 Fertilización.**

La fertilización corresponde a un apoyo nutricional, cuyo objetivo es proporcionar elementos de rápida solubilidad, todo esto con la finalidad de contribuir a la formación del aparato fotosintético de la planta (Toro, 1992).

La fertilización es una importante técnica silvícola que permite contribuir a la obtención de plantaciones altamente productivas, siempre que la fertilidad natural, sea el único factor que influya substancialmente en el crecimiento, y los demás factores como malezas, propiedades físicas del suelo se encuentren en condiciones favorables (Toro, 1995).

Los beneficios son muchos, ya que estimula el desarrollo de las raíces, permitiendo a la planta realizar una rápida ocupación del suelo, aprovechando así en forma mas eficiente el agua y los nutrientes disponibles, logrando con esto una mayor sobre vivencia, un rápido crecimiento inicial, un aumento en la producción de biomasa, además de un temprano cierre de copas, la cual lleva a disminuir o eliminar la competencia ínter específica, obteniendo un rodal mas uniforme y un mayor rendimiento al momento de la cosecha (Schonau y Herbert, 1988; Infor, 1989 ).

Las fertilizaciones en plantaciones recién establecidas es una actividad que ha demostrado ser muy beneficiosa para una futura productividad. El efecto de la fertilización se hace evidente a los pocos meses de la aplicación, produciéndose una diferencia con los árboles no fertilizados, y que se manifiesta durante toda la

rotación (Ballard 1978; Cromer y William 1982; Schonau y Herbert 1989; citados por Bennett *et al.*, 1996; Holmberg 1992; Escobar *et al.*, 1994).

Según Infor (1989), menciona que al aplicar fertilizantes al momento de la plantación o inmediatamente después, se obtiene la máxima respuesta en crecimiento y sobre vivencia. Esto es especialmente valido, si se tiene como objetivo principal, la obtención de biomasa para fibra corta.

Toro (1995), señala que las aplicaciones operacionales de fertilizantes que se realiza en Chile y el exterior para pinos, emplean generalmente mezclas de varios elementos esenciales, destacándose entre ellos el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio y boro. Sin embargo, las deficiencias más comunes según Escobar *et al.*, (1994), corresponden al nitrógeno, fósforo y potasio; mientras que en zonas de estrés hídrico prolongado, el boro. Schonau y Herbert (1988), citados por Toral y Rojas (1988), mencionan que los elementos nitrógeno y fósforo son los importantes, siendo el primero la unidad básica del crecimiento foliar, mientras que el fósforo juega un rol importante en el metabolismo de la planta sobre todo en el desarrollo de las raíces, particularmente las raicillas laterales. Cual le falta al pino. (Schlatter, 1991; citados por Faesch, 1995; Infor, 1989).

El máximo beneficio de la fertilización, solo se obtiene cuando las demás técnicas de establecimiento son aplicadas correctamente (Infor, 1989). Para el caso de Pinus es importante señalar que la fertilización debe estar acompañada de una preparación de suelo y un buen control, de malezas, para que los nutrientes aplicados sean exclusivamente utilizados por la planta de interés, ya que de lo contrario puede tener efecto negativo en la supervivencia, al favorecer a la vegetación competidora (Prado y Rojas, 1987; Wrann e Infante, 1988; Toro, 1995).

Según Prado (1989), los beneficios de la fertilización son muchos, entre los cuales se pueden mencionar que estimula el desarrollo de las raíces, permite a la planta hacer una rápida ocupación del suelo aprovechando en forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles. Con esto se logra una mejor supervivencia, un rápido crecimiento inicial y cierre de las copas, lo cual disminuye o elimina la competencia, obteniéndose un rodal más uniforme y un mayor rendimiento al momento de la cosecha.

Hausenbuiller, 1985 (citado por Toro, 1988) señala que la fertilización tiene por objetivo aportar al suelo los nutrientes requeridos por la planta, en la cantidad, proporción, forma química y en la zona precisa para evitar desequilibrios nutricionales que alteren el metabolismo de la planta y lograr así un crecimiento adecuado de ella.

Los elementos y dosis a aplicar en una fertilización no constituyen una información que pueda ser generalizada. Cada sitio tiene sus propios requerimientos, por lo que la determinación de los elementos y sus tasas de aplicación debe hacerse para cada caso en particular. Lógicamente que es posible hacer ciertas generalizaciones, pero siempre es conveniente hacer un análisis de suelo a fertilizar, para lograr un diagnóstico más preciso.

La aplicación de NPK junto con un adecuado control de malezas afecta Una de las aplicaciones más utilizadas en *Pinus radiata* es la aplicación de Boronatrocalcita en dosis de 15 a 30 gramos por planta, destinada a corregir deformaciones y mal crecimiento de las plantas (Toro, 1995).

## **2.6 Fertilización con boro.**

### **2.6.1 Fertilización de Boro en *Pinus radiata*.**

#### **2.6.1.1 Dosis de boro:**

En un sitio realizado por Suárez *et al.*, (1998), en que se empleó un sitio de las mismas características de los arenales, se demostró que la fertilización bórica al establecimiento produjo un incremento de los índices de biomasa de los árboles en el primer y segundo año después de la aplicación. El mayor incremento se produjo con dosis de 30gr de boronatrocalcita por planta al establecimiento, la cual señalan como pauta de la fertilización bórica. De esta manera, la estrategia a seguir con la fertilización bórica debe ser preventiva en el establecimiento.

#### **2.6.1.2 Formas y fuentes de boro:**

Según Schlatter y Gerding (1985b), señalan que el método de aplicación del fertilizante boratado debe ser al suelo, en hoyos cercanos a la raíz o al voleo alrededor de cada planta. Para suelos arenosos, indican que es preferible aplicarlo al voleo en la proyección de la copa.

Estudio realizado en Forestal Mininco (1999), en arenales, determinó que la fertilización con boro debe ser al voleo, a una distancia mayor o igual a 40 cm. de la planta. Schlatter y Gerding (1985b), indican que todas las fuentes de boro son efectivas al ser aplicadas al suelo y que su eficiencia es alta, tanto en suelos ácidos como alcalinos. Sin embargo, la boronatrocalcita es solo ligeramente soluble en agua lo que disminuye el riesgo de toxicidad, pero su acción depende de su pureza, encontrándose entre un 6% y 14% de boro. Así, además (citado por Schlatter y Gerding, 1985b), recomienda para los suelos muy arenosos de bajo contenido de coloides minerales y orgánicos fertilizantes de menor solubilidad como la boronatrocalcita, la cual permanecerá por mayor tiempo en el suelo.

En estudio realizado por Suárez *et al.*, (1998), no se observaron diferencias en la efectividad de varias fuentes solubles de boro. Sin embargo, se recomienda la boronatrocalcita como la fuente más adecuada.

Según Schlatter y Gerding (1985b), en suelos arenosos, es conveniente aplicar fertilizante en primavera, al inicio del periodo vegetativo, cuando las plantas tienen la mayor demanda por elementos nutritivos y cuando la cantidad de precipitaciones está en declinación, de tal manera, que el peligro de lixiviación de las sales de boro no sea tan alta.

## **2.7 Sintomatología en plantaciones de *Pinus radiata***

### **2.7.1 Síntomas de deficiencia:**

Para González *et al.*, (1983), en suelos de muy baja capacidad de retención de agua, como los suelos de arenales, los síntomas de deficiencias en *Pinus radiata* pueden aparecer, en algunos casos, al final del primer periodo vegetativo después de efectuada la plantación. Sin embargo, continúa señalando, estos síntomas comienzan a presentarse generalmente a partir del segundo año de plantación.

La menor disponibilidad de boro en el suelo tiene consecuencias en el desarrollo normal del *Pinus radiata*, que pueden ser observables visualmente.

Los síntomas de deficiencia varían desde severos a marginales. En áreas de severa deficiencia los árboles pueden ser no comerciables, y en situaciones marginales con menor deficiencia, el número de fustes mal conformados pueden dificultar la selección de árboles al raleo y, probablemente resultara en menores rendimientos y baja calidad de maderas (Soquimich, 1985).

El boro se acumula en las hojas viejas y su traslado hacia las hojas jóvenes se hace con dificultad. Como consecuencia de ello, los síntomas de carencia se manifiestan en primer lugar en los brotes y hojas jóvenes, que se atrofian y deforman (Fuentes, 1999).

Rodríguez (1992), señala que los síntomas de deficiencia de este elemento aparecen a mediados y fines de verano.

La deficiencia de boro se manifiesta con diversos síntomas, pero el más característico, es la muerte regresiva del ápice (dieback).

Razeto (1993), señala que como consecuencia de esto, se da origen a abundante brotación lateral y aparecen muchos brotes con internodos cortos y hojas chicas, retorcidas o curvadas hacia arriba. El resultado es la apariencia abotonada o de roseta terminal. Continuando con adulas cortas, con extremos amarillos, manchas blancas de resina, la medula en zonas de transición presenta, a menudo, notorias manchas de color café, la abundancia de nuevos tallos, que emergen de yemas laterales o de fascículos, aumenta la densidad de la copa o causan "arbustamiento" extremo de los árboles. Algunos autores la asemejan con la muerte apical a causa de Diplodia, pero señalan que esta se origina siempre en la yema terminal (Soquimich, 1985).

### **2.7.2 Síntomas de toxicidad:**

Contrariamente el boro puede llegar a ser tóxico para numerosas especies en contenidos de la planta poco superiores a los que son los correctos. Sobre los 200 ppm aparecen los síntomas de toxicidad en algunas especies (Loué, 1988).

Los síntomas de toxicidad tienen gran similitud con los que causa la propia deficiencia de este elemento en la planta (Razeto, 1993). En especies latifoliadas consisten en una necrosis progresiva de las hojas que empieza por un amarillamiento de las extremidades y de los bordes de las hojas, que progresa entre los nervios laterales hacia la nervadura central y evoluciona con un oscurecimiento y posterior necrosis y las hojas caen prematuramente.

Porta *et al.*, (1999), indican que una manera de disminuir la toxicidad de boro es incorporando componentes orgánicos al suelo, ya que para que este elemento pueda ser absorbido por las plantas, los componentes deben sufrir su mineralización. Debido a este motivo señala que la incorporación de materia orgánica a los suelos con problemas de toxicidad puede tener un gran interés, junto con la dosis y la oportunidad de la aplicación.

Razeto (1993), señala que existen suelos, que por su origen, tienen altos niveles de boro. Es el caso de aquellos derivados de sedimentos marinos o de otro material rico en este elemento, especialmente en zonas áridas. Además señala que el exceso de boro en el suelo puede ser lixiviado con abundante agua de riego.

Estudio realizado por Forestal Mininco (1999), en plantaciones de ***Pinus radiata*** D. Don con síntomas visibles de toxicidad establecidas en arenales, se determino problemas claros de toxicidad, con niveles de boro en las adúclas sobre los 1000 ppm.

## **2.8 Control de malezas.**

A través del tiempo se han dado muchas definiciones de maleza. Según Huffaker (1964); citado por Deloach *et al.*, (1989), la define como “aquella planta que crece en un lugar inapropiado”; Kogan (1992a), la cataloga como “toda planta que aun no se le ha encontrado utilidad”; Isley (1959); citado por Montaldo (1995), la considera como “una planta fuera de lugar y no deseable por el hombre”. Sin embargo, todos los conceptos se basan en su indeseabilidad en relación con una actitud humana (Espinoza, 1992).

La presencia de malezas en el ecosistema forestal, condiciona la acción de numerosos factores, algunos de ellos favorables, como la protección del suelo contra la amplitud de variaciones térmicas, control de la erosión, etc. Sin embargo,

la mayor parte de los efectos son negativos ya que compiten por los factores de producción como la luz, agua y nutrientes (Kogan, 1992). Kogan, (1994) citado por Izquierdo (1996), señala que las malezas producen diferentes formas de interferencias con las especies forestales, una en forma directa que es la competencia y otra fisiológica o química como son los procesos alelopáticos.

De las interferencias por malezas., las más gravitantes en el éxito de las plantaciones de Pinus están la competencia por agua en periodos críticos del balance hídrico; la competencia por nutrientes, en los cuales son muy eficientes las malezas, sombreado, especialmente de las malezas perennes leñosas que hacen que las plantas de Pinus, crezcan débiles frente a la acción del viento (Kogan, 1992 2b).

Para Balneaves y Clinton, (1992), citados por Izquierdo (1996), la realización de un control de malezas, aparte de reducir la competencia por varios años, esta puede persistir durante toda la rotación. Schonau *et al.*, (1981) citados por Rodríguez *et al.*, (1994), consideran al control de maleza, como un requisito prioritario para cumplir los objetivos de producción, además de considerar la respuesta de otras actividades silvícola.

El momento para controles de malezas pueden ser: preplantación o posplantación, siendo el primero el más eficiente desde el punto de vista técnico y económico.

Los sistemas de aplicación pueden ser biológicos, mecánicos, químicos con herbicida o una combinación de las anteriores.

En general, el sistema más conveniente es el control de malezas preplantación (Holmberg, 1992; Escudero, 1997). Sin embargo, la elección debe considerar una serie de aspectos, que van desde la conservación del medio ambiente hasta lo económico (Vega, 1987; citado por Carrera, 1993).

En el último tiempo el control químico ha desplazado de manera importante los métodos mecánicos, debido a que los herbicidas ofrecen un control más efectivo, oportuno y normalmente más económico. Sin embargo, los herbicidas deben considerarse como una herramienta de trabajo, y como tales, deben usarse en forma apropiada, evitando posibles problemas de fototoxicidad, que su mal uso podría ocasionar (Kogan, 1992).

Algunos resultados obtenidos mediante la aplicación de herbicidas, indican que la eliminación temporal de la competencia, constituye uno de los tratamientos más efectivos para asegurar el prendimiento y el buen desarrollo inicial de las plantas (Prado y Wrann, 1988 citado por Faesch 1995).

La eficiencia de un control de malezas por medio de herbicidas, va a depender de las características del sitio, las malezas, la forma de aplicación, la dosis aplicada y el tiempo de aplicación (Eilert, 1979; Fagg y Flim, 1983; Baker *et al.*, 1988; Wilkinson *et al.*, 1993 citado por Izquierdo, 1996).

La intensidad del control de malezas es otra variable que va depender del objetivo. Los métodos empleados pueden ser: en manchas, en bandas o una aplicación completa (Davenhill *et al.*, 1994 citado por Izquierdo, 1996).

La aplicación en manchas y banda, según algunos autores lo recomiendan para tratar malezas herbáceas y pastos, además de resultar ser en términos de costos los más económicos (Davenhill *et al.*, 1991).

### **2.8.1 Control de malezas preplantación.**

Es importante el control de malezas preplantación porque es posible eliminar todo aquel tipo de vegetación herbácea o arbustiva que pueda ser competitiva con

la especie que se está plantando. Además, es el tratamiento más simple e importante en el establecimiento de especies, especialmente en aquellas de rápido crecimiento afectando la sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro de las plantas (Schonau *et al.*, Cromer *et al.*, cit por Wrann, 1990; Infor 2002).

Los factores que inciden en el tipo de malezas existentes en un sitio son, los tipos de malezas existentes depende del tipo de uso que haya tenido el sitio previamente a la plantación, y si el suelo es de origen forestal, el material vegetal indeseable está representado, principalmente por renuevos de especies nativas, quila, zarzamora, maqui, retamillo, entre otros (Infor, 2002).

Este tipo de material determina un control diferente en forma y tipo que el utilizado para suelos de origen agrícola, en que las malezas emergentes son principalmente herbáceas.

Los tipos de control de maleza que se puede realizar son: En forma mecánica, manual o química.

- Control mecanizado: Este puede realizarse a través del despeje que se realiza con subsolado, arado, cincelado y rastraje.
- Control manual: A través de mano de obra, con herramientas manuales o máquinas livianas. Aunque el control tiene efecto directo sobre las malezas ya instaladas y de hoja visible, no impide la reaparición de éstas uno o dos meses después, ya sea producto de semillas o de retoños, pero puede ser una alternativa válida para plantaciones en pequeñas propiedades.
- Control químico: es el método más usado y se puede realizar a través de alternativas aéreas, terrestres con equipos de uso agrícola y con bombas de espalda en situaciones de mayor pendiente y superficies reducidas. La

oportunidad de aplicación depende de la época de plantación y de la germinación o aparición de malezas, dependiendo a su vez de la actividad fisiológica de estas; se realiza aproximadamente 15 días a un mes antes de ejecutarse la plantación. (Op. Cit).

Además, para prescribir el tipo de herbicida a utilizar, se debe determinar previamente el tipo de maleza a controlar. Por otro lado, es preferible utilizar herbicidas que sean altamente específicos, de bajo impacto ambiental, ya que se aplican herbicidas residuales para que el control dure en el tiempo. Es normal que se utilicen distintas mezclas de productos y dosis, dependiendo de las malezas, suelos y tipo de control que se requiera. A veces es recomendable que se agreguen surfactantes, reguladores de pH, entre otros, que contribuyen a la eficiencia, eficacia y seguridad de una aplicación.

Los herbicidas más utilizados se pueden clasificar según la forma que actúan sobre las malezas, en aquellos que actúan principalmente aplicados al follaje y en aquellos que actúan principalmente a nivel de suelo. (Op. Cit).

#### Herbicidas aplicados al follaje:

Este tipo de producto pueden ser sistémicos o de contacto. Habitualmente se eligen los herbicidas sistémicos, dado que penetran a la maleza y se movilizan ya sea a nivel de raíces, tallos y follaje.

También existen herbicidas sistémicos que a su vez pueden ser selectivos o no al cultivo y se utilizan tanto en preplantación como posplantación, siendo los más usados en forestal.

Entre los herbicidas sistémicos no selectivos, aplicados al follaje más usados, se encuentran los siguientes:

- Glifosato: usado para control de gramíneas (anuales o perennes) y una gran variedad de malezas de hoja ancha, también arbustivas; no tiene persistencia en el suelo.
- Tryclopir: usado para el control de especies leñosas como zarzamora, maqui, retamillo, ulex, y rebrotes de algunas especies arbóreas, bajo algunas condiciones pueden tener alguna persistencia en el suelo.
- Metsulfuronmetil: si bien se le considera como herbicida suelo activo por lo que puede tener persistencia en el suelo y afectar al cultivo, también tiene un importante uso como herbicida de follaje sistémico, por lo que es usado para el control de malezas de hoja ancha, anuales y perennes, también leñosas.
- Picloram: usado para el control de especies leñosas en mezcla con Triclopyr, solo en plantaciones de ***Pinus radiata*** D. Don, para mejorar el control de malezas difíciles, especialmente ulex y rebrotes con otras especies leñosas; bajo algunas condiciones puede tener alguna persistencia en el suelo. también se le usa en mezcla con Metsulfuronmentil, para control de arbustivos.
- Clopyralid y Fluroxipir: usados para el control de malezas de hoja ancha, incluso algunas leñosas, Clopyralid en dosis bajas presenta cierto grado de tolerancia para Pino.

En cuanto a los herbicidas sistémicos, selectivos aplicados al follaje destacan:

Gramicidas: solo tienen efecto de control sobre gramíneas, anuales y perennes, por lo que no tienen efectos nocivos al ser esparcidos sobre la plantación. (Op. Cit).

Herbicidas que actúan principalmente a nivel de suelo (suelo- activos):

También se les conoce como preemergentes ya que principalmente actúan inhibiendo la germinación de las semillas de numerosas malezas, tanto gramíneas como de hoja ancha, al ser absorbidos por las raíces de las semillas en la germinación, por lo que normalmente se requiere de lluvias posteriores a su aplicación.

En general tienen acción residual pudiendo permanecer con actividad en el suelo por varios meses, lo que depende del ingrediente activo y su dosis, así como el tipo de suelo y régimen de lluvias. Se debe tener la precaución de que existen herbicidas más solubles, es decir capaz de moverse en el suelo, siendo tóxicos para ***Pinus radiata***.

Los productos químicos que normalmente se aplican y recomiendan los fabricantes son:

- Glifosato: Producto no selectivo, de postemergencia, que es absorbido por el follaje, sistémico, sin residualidad y no requiere de lluvias después de aplicado. Las dosis van desde 3 a 7 lt/ha de producto comercial, dependiendo del tipo y densidad de malezas.
- Preemergente: Producto que actúa sobre gramíneas anuales (de semilla) y hoja ancha anual (de semilla), siendo absorbido por las raíces (suelo activo - residual); es sistémico, con una acción residual que varía entre 30 y 90 días. Requiere de lluvias después de aplicado, y no es necesario proteger a la planta. Las dosis de un preemergente, como por ejemplo Simazina 90 %,

fluctúan entre 2 y 3 kg/ha de producto comercial, de acuerdo al tipo de maleza y a la densidad presente.

- Surfactante: Producto adherente que se aplica con el glifosato; contribuye a que el producto penetre con mayor facilidad a la planta, ya que permite una mayor superficie de contacto. Dosis: 0,1 - 0,35 lt/ha.
- Garlon 4: También es usado para el control de especies leñosas como zarzamora, maquí, retamillo, regeneración de especies arbóreas y ulex.

Para *Pinus radiata* D. Don se puede usar Simazina, Terbutilazina, Atrazina y Hexazinona (Velpar). Los tres últimos tienen efecto de contacto y son selectivos a Pino. (Op. Cit).

### **2.8.2 Control de malezas posplantación.**

El objetivo de esta actividad, es mantener a las plantas sin competencia de maleza el máximo de tiempo posible, hasta que se establezcan y se cierre el dosel. Existen dos formas de controlar la maleza: en forma manual y química.

- Control químico: La época de aplicación depende fuertemente del momento en que se haya realizado el control de malezas preplantación, de la estación del año en que ésta se ha llevado a cabo, de la época de plantación, y además de la germinación o aparición de malezas. Lo importante es usar el producto necesario y en la oportunidad requerida de acuerdo al criterio de mantener fuera la competencia de malezas Infor, (1994). Este tipo de control se efectúa en fajas o en superficies completas, cuidando de no aplicar producto sobre las plantas.

En esta etapa se puede aplicar los mismos herbicidas que en la etapa preplantación como:

- Glifosato: producto no selectivo en su aplicación; en posplantación debe asegurarse protección a la planta como embolsado, campanas o pantallas, faldones en tractores, boquillas de gota greda, boquilla de espuma y monitorear velocidad de viento. Las dosis fluctúan entre 3 y 5 lt p.c. /ha.
- Preemergente
- Surfactante
- Graminicida: estos productos tienen efecto sobre gramíneas anuales (de semilla) y gramíneas perennes (reproducción vegetativa). Se puede aplicar Galant- Plus en dosis de 2-3 lt p.c. /ha.

Productos para Hoja ancha:

Tienen efectos sobre malezas de hoja ancha anual (de semilla) y hoja ancha perenne (reproducción vegetativa), entre los cuales se destaca Lontrel 3 A que se aplica en dosis entre 0,5 y 0,7 lt p.c. /ha En algunos casos también suele aplicarse una Hexazinona comercialmente conocido como Velpar, que también es un herbicida de suelo activo teniendo efecto sobre gramíneas anuales y perennes y sobre hoja ancha anual.

- Control Manual: Se realiza con mano de obra y con ayuda de herramientas tales como el rozón, azadón, o bien desbrozadora, especialmente para malezas leñosas como quila, retoño de especies nativas y retamillo, entre otras. Esta actividad debe ser muy controlada, ya que el uso de herramientas cortantes en las cercanías de la planta y a una cierta profundidad (5 cm), pueden dañar las raíces. Es probable que el control de maleza en forma manual sea menos efectivo que la aplicación química, sin embargo, su uso debe considerarse en superficies menores, donde exista

mano de obra disponible y, principalmente por el menor costo que puede tener, especialmente en el caso de pequeñas propiedades.

### **3. MATERIAL Y METODOS**

#### **3.1 Material**

##### **3.1.1 Ubicación geográfica del ensayo**

El estudio se realizó en el Fundo “Lo Moreno”, perteneciente a la empresa Forestal Mininco S.A., cuya superficie es de 1.268 ha, ubicado en el Valle central de la comuna de Los Angeles, Provincia de Bio Bio, VIII Región. (Figura 1.)

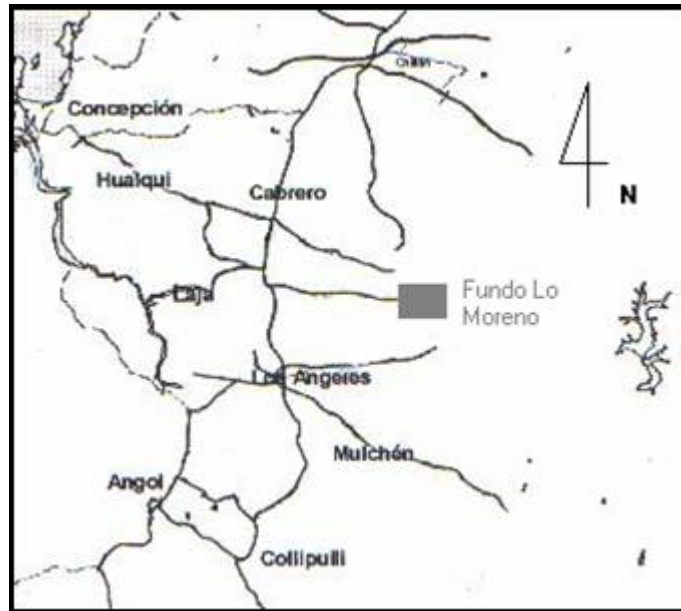


Figura 1. Mapa ilustrativo ubicación del ensayo

### 3.1.2 Antecedentes generales del área de estudio

#### 3.1.2.1 Clima:

En relación con lo señalado por Santibañez y Uribe (1993), el sector se clasifica como “templado mesotermal estenotermico mediterráneo subhmedo”.

El régimen se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de 27.1°C en el mes de enero y una mínima de 4,1°C en el mes de julio.

Presenta un periodo libre de Heladas de 213 días, con un promedio de 14 heladas por año. Registra anualmente 1345 días y 1585 horas de frío. El régimen hídrico presenta una precipitación media anual de 1226 mm, un déficit hídrico de 666 mm y un periodo seco de 5 meses en promedio.

### **3.1.2.2 Geomorfología y topografía:**

El lugar de estudio, presenta un área depositacional, no glacial, plano ligeramente ondulado de origen aluvial (Carrasco *et al.*, 1993)

### **3.1.2.3 Suelo:**

Corresponde a la serie "Arenales", cuyo material de origen son las arenas andesíticas y basálticas, la cual se caracteriza por ser muy árida en verano y poseer texturas arenosas medias a gruesas, con perfiles bastante profundos. Posee un drenaje excesivo, con una erosión ~~édica~~ ligera. Es un suelo estratificado, con estratas relativamente uniformes. En algunas áreas el suelo es mas ondulado por presencia de dunas (Carrasco *et al.*, 1993).

## **3.2. Método**

### **3.2.1 Diseño del ensayo**

El ensayo consistió en dos unidades experimentales en forma independiente, en la cual se aplicaron los mismos tratamientos, para evaluar distintas dosis y formas de aplicación ~~lógica~~ y control de malezas en distintas épocas. (otoño, primavera). Una para evaluar fertilización ~~lógica~~ de otoño, en el cual la aplicación se realizó en el mes de abril, y otra para evaluar fertilización ~~lógica~~ de primavera, cuya aplicación fue realizada en el mes de agosto, ambas en el año 2000. Por lo

tanto, el diseño experimental corresponde a uno de Bloques al azar con 3 repeticiones, con un total de 8 tratamientos (figura 2.)

a) Tratamientos:

T1: Testigo Total

T2: Con control de malezas / sin fertilización

T3: Sin control de malezas / con fertilización (30 gr. Boronato calcita) al voleo \*

T4: Con control de malezas /con fertilización (30 gr. Boronato calcita) al voleo\*

T5: Con control de malezas /con fertilización (60 gr. Boronato calcita) al voleo\*

T6: Con control de malezas /con fertilización (50 cc. Bortrac/100 lt. Agua) Foliar \*\*

T7: Con control de malezas/con fertilización (100cc. Bortrac/100 lt. Agua) Foliar \*\*

T8: Con control de malezas/con fertilización (150cc. Bortrac/100 lt. Agua) Foliar \*\*

\* Aplicación realizada en círculo alrededor de la planta 20 cm. de radio.

\*\* Aplicación realizada mojando todo el follaje de la planta buscando homogeneidad.

Primera etapa: mayo 2000

T 8	T2	T 3
T7	T 5	T 8
T 6	T1	T 2
T 5	T 3	T 7
T4	T 6	T 1
T3	T 7	T 5

T2	T 4	T 6
T 1	T 8	T 4

Segunda etapa: agosto 2000

T 8	T2	T 3
T7	T 5	T 8
T 6	T 1	T 2
T 5	T 3	T 7
T4	T 6	T 1
T3	T 7	T 5
T2	T 4	T 6
T 1	T 8	T 4

Figura 2. Detalle ensayo fertilización técnica en distintas épocas de aplicación.

### 3.2.2 Manejo del ensayo.

#### 3.2.2.1 Plantación:

Para el ensayo se utilizó una plantación de *Pinus radiata* D. Don, establecida en julio de 1998, en terreno plano, cubierto con poca vegetación y sin uso anterior. El establecimiento se realizó con espaciamiento de 2 x 5 metros con una densidad de 1000 plantas por hectárea.

#### 3.2.2.2 Preparación del suelo:

La plantación se estableció sobre un suelo subsolado y rastreado, en el cual se formó un camellón donde se establecieron las plantas

### **3.2.2.3 Control de malezas:**

Se realizó un control químico previo a la aplicación de boro en forma total en la plantación. Los productos utilizados son:

- Mezcla de Glifosfato granulado en dosis de 2,5 Kg. de producto comercial por hectárea.
- Atrazina granulada en dosis de 3 Kg de producto comercial por hectárea, y
- Surfactante siliconado en dosis de 100 cc/100 Lt de agua por hectárea.

### **3.2.3 Unidad experimental:**

Cada unidad experimental esta constituida por 56 plantas, de las cuales 30 plantas son las efectivamente medibles y el resto son eliminadas de la medición final para evitar el efecto de borde u otra variable ambiental, que pudiera afectar la toma de datos final, formando parte del área buffer. Por lo tanto la superficie de cada unidad muestral abarca 560 m<sup>2</sup> (Figura 3).

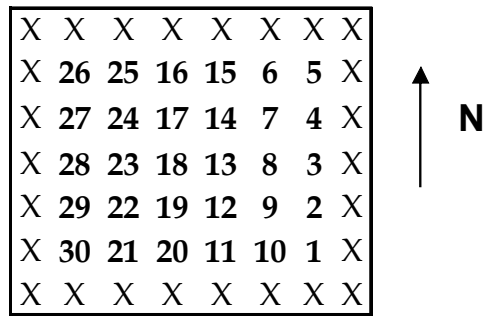


Figura 3: Distribución de las plantas dentro de la parcela.

Donde:

X: Area Buffer

Nº: Planta medible

Cuadro 1. Cuadro resumen del ensayo

	Descripción
Diseño experimental	Bloques al Azar
Especie	<b><i>Pinus radiata</i></b> D. Don
Nº total de plantas	2688
Nº Tratamientos	8
Nº Bloques	3
Nº de plantas medibles	1440

### 3.2.4 Evaluación de las variables morfológicas

- **Altura Total (HT):** Se midió a cada una de las plantas ubicadas en el área de control, a través de instrumento graduado en centímetros, desde base del suelo hasta el ápice (vara telescópica).
- **Dímetro a la Altura del Cuello (DAC):** Esta variable se midió a cada una de las plantas ubicadas en el área de control, realizado con instrumento graduado en centímetros (forópula).

### **3.2.5 Evaluación del estado nutricional**

Para poder obtener el estado nutricional de las plantas, se realizó análisis foliar durante el periodo de estudio, el cual tuvo la siguiente pauta de extracción:

- ✓ Las muestras se sacaron de los 3 bloques a cada una de las parcelas, por lo tanto el muestreo final se da de 48 muestras.
  - ✓ La muestra está conformada por más o menos 100 fascículos provenientes del tercio medio de ramillas del 2º verticilo a partir del ápice de crecimiento del año (Anexo Nº 1).
  - ✓ Las acículas debían haber terminado recién su completo desarrollo
- 
- Análisis Foliar: Se midió el estado nutricional de la plantación a través de análisis foliar tomados a cada tratamiento y por parcela, expresados en partes por millón, método de determinación colorimétrica con azometina – H.
  - Concentración Foliar: Se midió a través de análisis foliares cuantitativos tomados a cada tratamiento y por parcela en forma mensual, expresados en partes por millón, por medio del método de determinación colorimétrica con azometina-H.

### **3.2.6 Variable calculada**

- Índice Biomasa (IBIOM). La determinación de la variable IBIOM por planta, se obtuvo a partir de las variables de medición altura total (HT) y diámetro altura del cuello (DAC), como se muestra en la fórmula (1) expresada en m<sup>3</sup>.

$$\text{IBIOM} = (\text{DAC}^2 * \text{HT}) \quad (1)$$

### 3.2.7 Variables registradas de tipo climático

- Precipitaciones (pp)

Para realizar un análisis con respecto a como se relacionan las precipitaciones con la absorción del boro y el crecimiento de la planta, se registraron las precipitaciones en forma mensual, en milímetros, a través de la Estación meteorológica Trilahue.

- Temperatura (T°)

Para la realización de un análisis con respecto a como se relacionan las temperaturas con la absorción de boro y crecimiento de la planta, se registro la temperatura en forma mensual, a través de la Estación Meteorológica Trilahue, en grado Celsius.

### 3.2.8 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se definieron bases de datos a modo de poder diferenciar el efecto de la fertilización sobre la época de aplicación, control de malezas y la fuente fertilización, quedando definida de la siguiente manera:

1. Para evaluar efecto de la fertilización líquida y control de malezas aplicados en otoño y posteriormente en primavera.

T1: testigo total.

T2: Con control de malezas / sin fertilización.

T3: Sin control de malezas / con fertilización (3 g i.a. Boro/planta) Aplicación al voleo.

T4: Con control de malezas /con fertilización (3 g i.a. Boro/planta) Aplicación al voleo.

2. Para evaluar el efecto de las distintas dosis y tipo aplicación líquida aplicados en otoño y posteriormente en primavera.

T2: Con control de malezas /sin fertilización (testigo)

T4: Con control de malezas /con fertilización (3 g i.a. Boro/planta) Aplicación al voleo.

T5: Con control de malezas /con fertilización (6 g i.a. Boro/planta) aplicación al voleo.

T6: Con control de malezas /con fertilización (7,5 g i.a. Boro/planta) aplicación foliar.

T7: Con control de malezas /con fertilización (15 g i.a. Boro/planta) aplicación foliar.

T8: Con control de malezas /con fertilización (22,5 g i.a. Boro/planta) aplicación foliar.

i.a = ingrediente activo.

Una vez procesada la base de datos de las variables de medición y la variable calculada, también se procedía evaluar el efecto de los distintos tratamientos

antes mencionados para cada una de las variables medidas, mediante análisis de varianza con una probabilidad del 95% de confianza, y en el caso que se comprobó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos se considero la aplicación del Test de comparación de medias de Tukey (HDS) la cual es una prueba de alta sensibilidad<sup>1</sup>, con la finalidad de determinar cual tratamiento supera significativamente al resto.

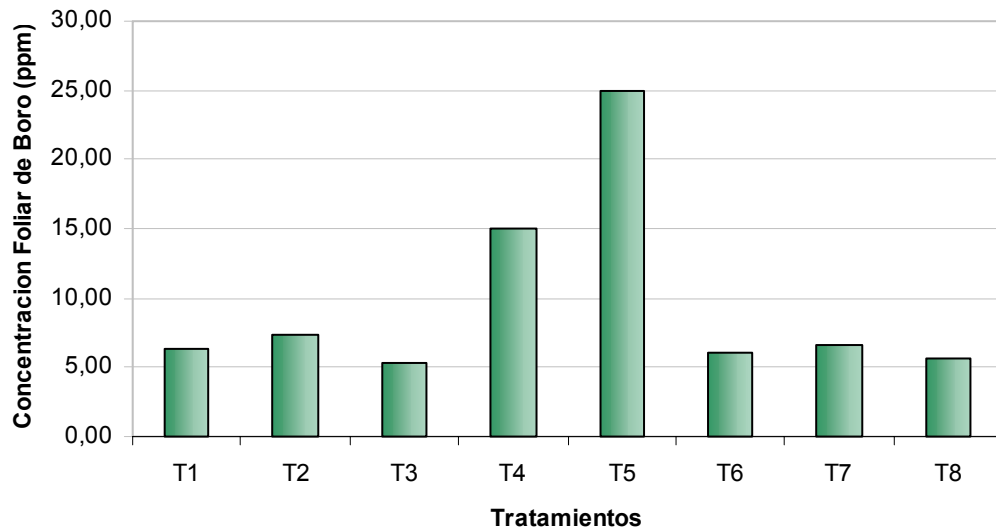
<sup>1</sup> Comunicación personal Sra. Vivianne Palma P. (2003). Ing. Agrónomo. Universidad Católica de Temuco.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1 Fertilización de Otoño**

#### **4.1.1 Efecto de distintas dosis y formas de fertilización bórica sobre la concentración de Boro en las acículas.**

En la figura 4 se muestra la concentración foliar de boro para los diferentes tratamientos, cuya extracción de muestras de acículas fue realizada en el mes de Mayo 2002.



**Figura 4.** Concentración foliar de boro (ppm) en muestras de acículas de pino para los diferentes tratamientos durante la primera etapa (Fertilización de otoño).

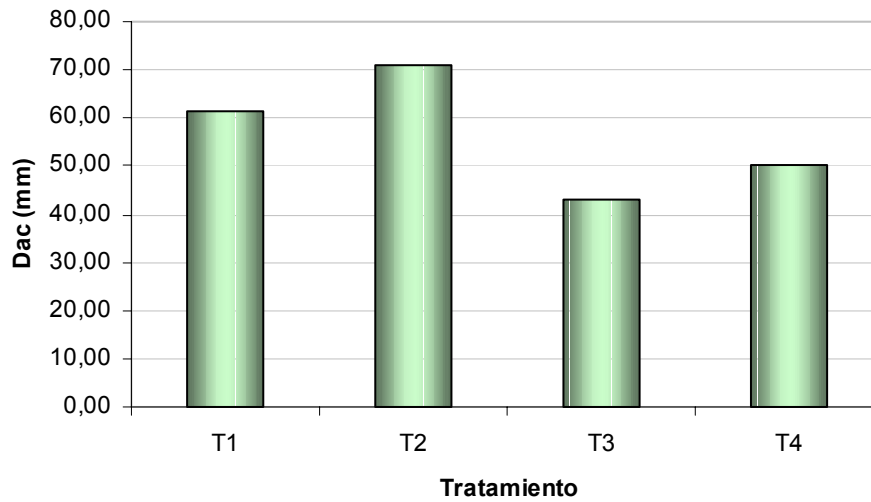
En la figura 4 se observa que, las concentraciones foliares de Boro aumentan considerablemente en los tratamientos con control de malezas y con fertilización, cuya aplicación es al voleo, siendo el tratamiento T5 (6 g de boro por planta) el que presenta mayor concentración foliar de boro, con un valor que está representado numéricamente por 25 ppm, posteriormente el tratamiento T4 (3 g de boro por planta) con un valor que en términos numéricos está representado por 15 ppm, los tratamientos que menor respuesta tuvieron a la fertilización lórica son T1, T2 T3, T6, T7 y T8, con valores de 6,33; 7,33; 5,33; 6,0; 6,67 y 5,67 ppm respectivamente.

Comparando el actual estudio, con el estudio realizado por Von Fabeck (2001), en el cual las aplicaciones de boro al suelo presentaron mayores

concentraciones de este micronutriente por planta, correspondiendo al tratamiento de 6 g de boro por planta al suelo, por otro lado las concentraciones de boro en los tratamientos aplicados al follaje decrecen, de lo que se desprende que transcurridos dos años de estudio se siguen dando las mismas condiciones.

#### **4.1.2 Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre el diámetro a la altura del cuello.**

En la figura 5 se muestra el crecimiento promedio del diámetro a la altura del cuello para los tratamientos con y sin control de malezas con fertilización y sin fertilización.



**Figura 5.** Grafica de medias de la variable DAC (mm) por tratamiento.

De acuerdo a la gráfica de la figura 5, podemos decir que al momento de la evaluación, el tratamiento T2 (con control de malezas y sin fertilización), presenta la mayor respuesta de la variable diámetro a la altura del cuello con un valor promedio de 70,7 mm, posteriormente el tratamiento T1 (tratamiento testigo) con un valor promedio de 61.1 mm. Los tratamientos con aplicación al voleo T3 y T4 presentan las menores respuestas para la variable diámetro a la altura del cuello con valores promedios de 43.1 y 50.3 mm respectivamente

En el cuadro 2 se presenta el análisis de test de comparación múltiple de los tratamientos sobre el diámetro a la altura del cuello de los árboles durante el periodo de evaluación.

**Cuadro 2.** Crecimiento del diámetro a la altura del cuello de los árboles para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
-------------	-------------

T1	61,14bc
T2	70,73c
T3	43,13a
T4	50,31ab

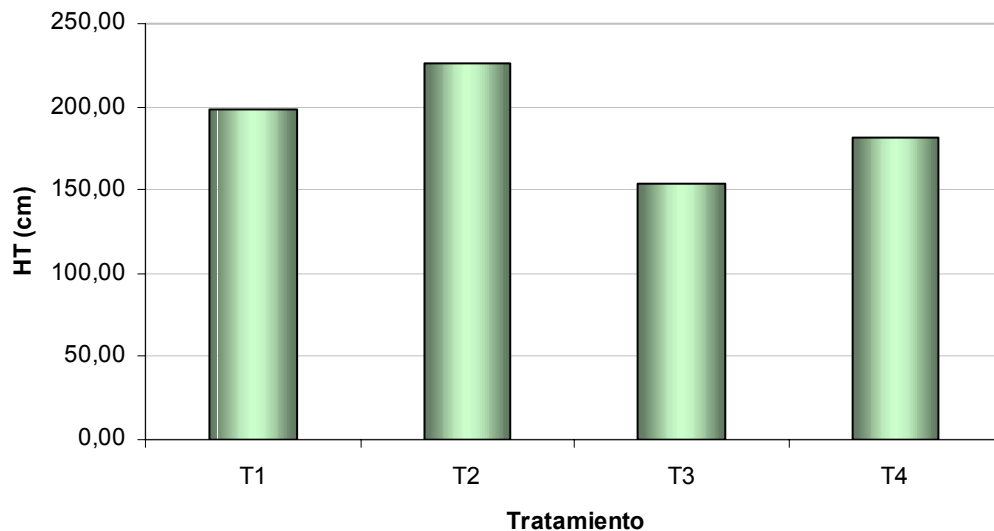
Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey (HDS, Test de comparación de medias) cuya información se resume en el anexo 3, se puede decir que existen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95%, para el nivel de interacción entre tratamientos con y sin control de malezas, con y sin fertilización sobre la variable diámetro a la altura del cuello.

Estas diferencias significativas entre los distintos tratamientos se relacionan principalmente al control de malezas ya que el tratamiento que mayor valor promedio alcanzó, para la variable diámetro a la altura del cuello fue T2, el cual presenta control de malezas sin fertilización, es decir la planta quedó liberada de competencia, quedando los nutrientes del suelo disponible exclusivamente para la planta, por otro lado los tratamientos con fertilización T3 y T4 logran los menores valores promedios para la variable diámetro a la altura del cuello, inclusive menores que el tratamiento testigo, debido principalmente a que, sin controlar malezas y fertilizando se está dando el medio ideal para la proliferación de malezas, prácticamente se está “fertilizando las malezas”.

#### **4.1.3 Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre la altura total.**

En la figura 6 se muestra el crecimiento promedio de la variable altura para los distintos tratamientos.



**Figura 6.** Gráfica de medias de la variable altura total (cm) por tratamiento.

Como se puede apreciar en la figura 6 y de acuerdo a la gráfica para cada tratamiento, podemos decir que al momento de la evaluación, el tratamiento T2 (con control de malezas y sin fertilización), presenta la mayor respuesta de la variable altura, con un valor promedio de 226.3 cm, posteriormente el tratamiento T1 (tratamiento testigo) con un valor promedio de 198.5 cm. Los tratamientos con aplicación al voleo T3 y T4 presentan las menores respuestas para la variable diámetro a la altura del cuello con valores promedios de 153.3 y 180.9 cm respectivamente

**Cuadro 3.** Crecimiento de la altura total de los árboles de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T1	198,50bc
T2	226,30c
T3	153,32a
T4	180,93ab

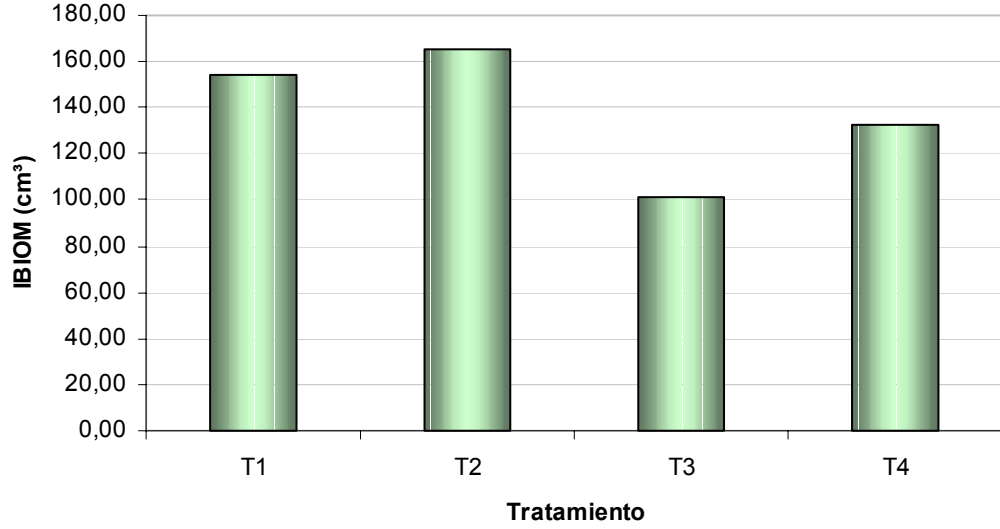
Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey (Test de comparación de medias) muestra que existen diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95%, para el nivel de interacción entre los tratamientos sobre la variable altura total. (Anexo 3).

Las diferencias estadísticamente significativas se asocian principalmente a los tratamientos a los cuales se les realizó control de malezas, el tratamiento T2 (control de malezas sin fertilización) logró las mayores respuestas para la variable altura total, es decir aparentemente bastaba controlar malezas y no fertilizar para lograr las mayores alturas promedios, por otro lado los tratamientos T3 y T4 lograron menores respuesta para la variable altura total, inclusive menores que el tratamiento testigo T1, al cual no se le realizó ni control de malezas ni fertilización, para este caso queda de manifiesto que fertilización con boro tiene un carácter preventivo y correctivo que busca la mejor formación del ápice y no tiene como objetivo primordial lograr el mayor crecimiento en altura de los individuos.

#### **4.1.4 Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre el índice de biomasa.**

En la figura 7 se muestra el índice de biomasa para los tratamientos con y sin fertilización, con y sin control de malezas.



**Figura 7.** Gráfica de medias para el indicador de biomasa por tratamiento.

Analizando la grafica de la figura 7, se desprende que el tratamiento T2 (con control de malezas y sin fertilización), presenta la mayor respuesta de la variable calculada índice de biomasa, con un valor promedio de 165.6 cm², posteriormente el tratamiento T1 (tratamiento testigo) con un valor promedio de 154.0 cm². Los tratamientos con aplicación al voleo T3 y T4 presentan las menores respuestas para la variable calculada índice de biomasa con valores promedios de 101.5 y 132.3 cm² respectivamente.

**Cuadro 4.** Rendimiento de la variable calculada índice de biomasa.

Tratamiento	Rendimiento
-------------	-------------

T1	154,04b
T2	165,60b
T3	101,58a
T4	132,33ab

Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

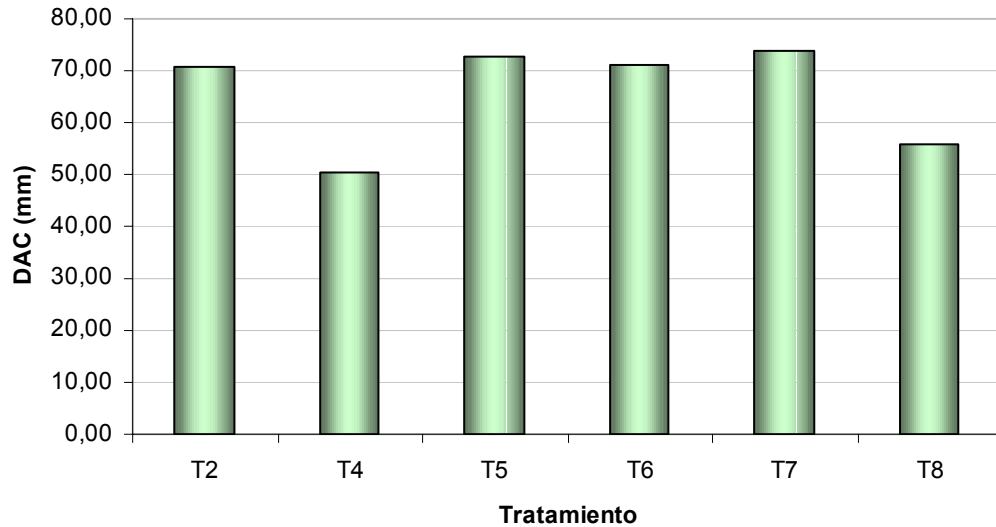
De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de Tukey (HDS, Test de comparación de medias) cuya información se resume en el anexo 3, se puede decir que existe un grupo homogéneo constituido por los tratamientos T1 y T2 los cuales no presentan diferencias significativas para la variable calculada índice de biomasa, para un nivel de significación del 95%. Analizando los distintos niveles de interacciones se deduce que existen diferencias estadísticamente significativas para los demás tratamientos.

Las diferencias significativas vienen dadas principalmente por la realización de control de malezas, en este caso el tratamiento testigo T1 ( sin control de malezas y sin fertilización) con el tratamiento T2 (control de malezas sin fertilización), no presentan diferencias en términos estadísticos, es decir para lograr el mayor aumento de la variable índice de biomasa no sería necesario controlar malezas ni fertilizar, esto se corrobora ya que los tratamientos T3 (sin control malezas con fertilización) y T4 ( con control malezas con fertilización) logran las menores respuestas para la variable calculada índice de biomasa.

Nuevamente queda de manifiesto que la fertilización con boro es una operación preventiva que tiene por objetivo primordial una buena formación del ápice de la planta.

#### 4.1.5 Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre el diámetro a la altura del cuello.

En la Figura 8 se muestra el crecimiento promedio del diámetro a la altura del cuello para los distintos tratamientos con control de malezas y con fertilización en distintas dosis y formas de aplicación. (Aplicación al voleo y foliar).



**Figura 8.** Grafica de medias de la variable DAC (mm) por tratamiento.

De acuerdo a la gráfica del DAC para cada tratamiento, se puede decir que transcurrido periodo de evaluación, el tratamiento T7 (15 g de boro por planta con aplicación foliar), obtuvo la mayor respuesta en crecimiento en diámetro a la altura de cuello, con un valor promedio de 73.6 mm posteriormente los tratamientos T2 T5 y T6 con valores promedios que están representados por 70.7; 72.5 y 71.1 mm respectivamente. Los tratamientos que menor respuesta presentaron para la variable diámetro a la altura del cuello son T4 y T8, con valores promedios que en términos numéricos quedan expresados por 50.3 y 55.8 mm respectivamente.

Analizando el estudio realizado por Von Fabeck (2001), donde el tratamiento con 6 g de boro por planta, obtuvo el mayor crecimiento en diámetro, mientras

que la aplicación foliar que obtuvo mayor crecimiento correspondió al tratamiento con 7,5 g de boro por planta, se puede decir que transcurridos dos años de evaluación se sigue dando la misma tendencia, a favor de los tratamientos con aplicación al suelo.

En el cuadro 5 se presenta el análisis de test de comparación múltiple de los tratamientos sobre el diámetro a la altura del cuello de los árboles durante el periodo de evaluación.

**Cuadro 5.** Crecimiento del diámetro a la altura total del cuello de los árboles de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T2	70,73b
T4	50,31a
T5	72,58b
T6	71,16b
T7	73,68b
T8	55,84a

Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey, cuya información se resume en el anexo 3, se puede decir que existen 2 grupos homogéneos, los cuales no presentan diferencias significativas entre tratamientos para la variable diámetro a la altura del cuello, a un nivel de confianza del 95%, el primero constituido por los tratamientos T2, T5, T6 y T7, y el segundo grupo homogéneo

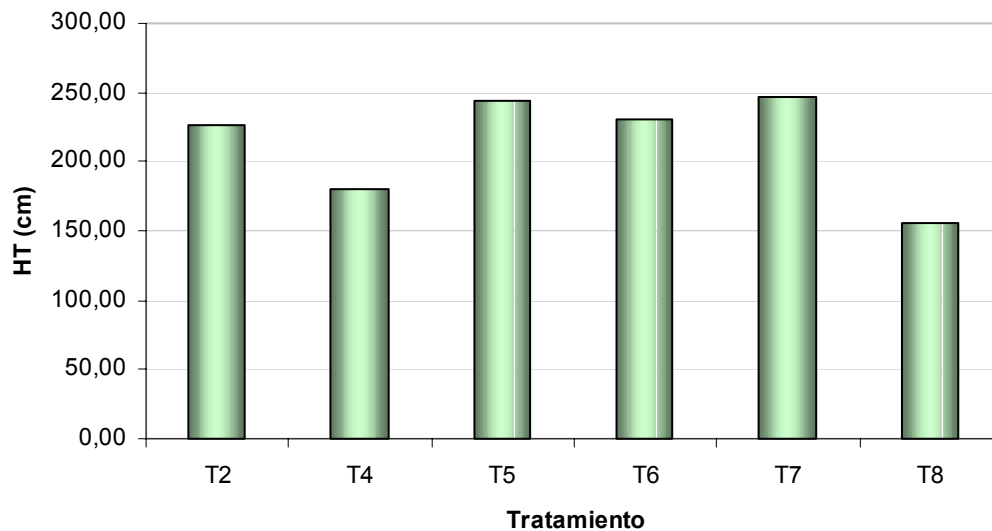
que esta constituido por los tratamientos T4 y T8, para los demás niveles de interacción existen diferencias estadísticamente significativas.

A la luz de los resultados obtenidos, podemos decir que el factor preponderante para el aumento de la variable diámetro a la altura del cuello, es el control de malezas. Los tratamientos T2, T5, T6 y T7 (con control de malezas pero con distintas dosis y forma de aplicación de boro), obtuvieron los mayores valores promedios para la variable DAC estos tratamientos no presentan diferencias significativas, es decir la fertilización con distintas dosis de boro y con distintas formas de aplicación (foliar y al voleo), no causa diferencias biológicas que puedan ser estadísticamente detectable a través de los datos obtenidos.

La situación antes mencionada puede deberse a las condiciones físico-químicas del suelo, ya que las arenas presentan una muy baja capacidad de intercambio catiónico y de retención de agua.

#### **4.1.6 Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre la altura total.**

En la Figura 9 se muestra el crecimiento promedio de la altura total de los distintos tratamientos.



**Figura 9.** Grafica de medias de la variable altura total por tratamiento.

Como se puede apreciar en la figura 9, el tratamiento que mayor respuesta tuvo al crecimiento en altura es el tratamiento T7 (con control de malezas y 15 g de boro por planta con aplicación foliar), con un valor promedio que en términos numéricos queda expresado por 246.3 cm, posteriormente los tratamientos T2 T5 y T6 con valores promedios para la variable altura de 226.3; 243.2; y 230.0 cm respectivamente. Los tratamientos que menor respuesta tuvieron al crecimiento en altura son T4 y T8 con valores que en términos numéricos quedan expresados por 180.9 y 156.26 cm respectivamente.

En el cuadro 6 se presenta el análisis de Test de comparación múltiple de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento en altura promedio de los árboles en el periodo de evaluación 2002.

**Cuadro 6.** Crecimiento de la altura total de los árboles de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T2	226,30b
T4	180,93a
T5	243,29b
T6	230,06b
T7	246,31b
T8	156,26a

Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba estadística Tukey (HSD), cuya información se resume en el Anexo 3, se puede decir que existen dos grupos homogéneos, el primero formado por los tratamientos T2, T5, T6, y T7 en el cual no existen diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95%, el segundo grupo esta formado por los tratamientos T4 y T8 los cuales tampoco presentan diferencias significativas. Para los demás niveles de interacción existen diferencias significativas.

Una vez analizada la información y a la luz de los resultados obtenidos a través de las pruebas estadísticas correspondientes, podemos decir que los mayores valores para la variable altura promedio son obtenidos en los tratamientos T2, T5, T6 y T7, donde el factor principal que detono el aumento de altura fue el control de malezas, no teniendo significación estadística la dosis ni forma de aplicación del micronutriente boro.

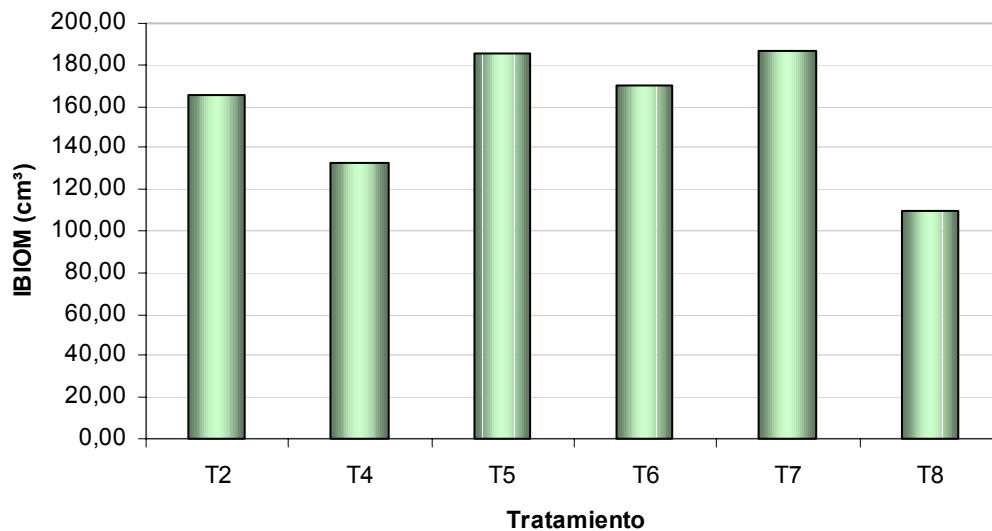
Comparando con el estudio anterior realizado por Von Fabeck (2001), la mayor respuesta en altura total se obtuvo con los tratamientos con aplicación al voleo

con 6 g de boro por planta, siendo superior a la obtenida con 3 g de boro por planta, no observándose diferencias significativas entre ambos.

En ambos estudios no se observan diferencias, dado que los tratamientos que presentaron mejor respuesta fueron los tratamientos con 6 g de boro por planta aplicados al voleo.

#### **4.1.7 Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre el índice de biomasa.**

En la figura 10 se muestra el índice de biomasa de los distintos tratamientos.



**Figura 10.** Grafica de medias para el indicador de biomasa por tratamiento.

De acuerdo a la gráfica de la figura 10, se puede apreciar que la mayor respuesta para la variable calculada índice de biomasa, es obtenida en el tratamiento T7 (control de malezas y 15 g de boro foliar) con un valor promedio que en términos numéricos esta representado por 186.4 cm<sup>2</sup>, posteriormente los tratamientos T2, T5 y T6 con valores promedios para la variable índice de biomasa de 165.5; 185.7; 170.2 cm<sup>2</sup> respectivamente. Los tratamientos que menor respuesta tuvieron al aumento de la variable calculada índice de biomasa son los tratamientos T4 y T8 obteniendo valores promedios de 132.3 y 109.8 cm<sup>2</sup>.

Comparando el estudio anterior realizado por Von Fabeck (2001), donde los tratamientos de fertilización al suelo presentaron crecimientos superiores a los tratamientos foliares, estos mayores resultados fueron obtenidos en los tratamientos con 6 g de boro por planta aplicación al voleo y la aplicación foliar con mayor crecimiento correspondió al tratamiento con 15 g de boro por planta. La situación antes mencionada se repite en el actual estudio.

En el cuadro 7, se presenta el análisis de Test de comparación múltiple de los tratamientos sobre índice de biomasa.

**Cuadro 7.** Crecimiento de la variable calculada de los árboles de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T2	165,60bc
T4	132,33ab
T5	185,76c
T6	170,23c
T7	186,49c
T8	109,87a

Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba estadística Tukey (HSD), cuya información se resume en el Anexo 3, se puede decir que existen un grupo homogéneo, constituido por los tratamientos T5, T6 y T7, que no presentan diferencias estadísticamente significativas para la variable calculada índice de biomasa, a un nivel de confianza del 95%.

Para el nivel de interacción de los demás tratamientos, existen diferencias estadísticamente significativas.

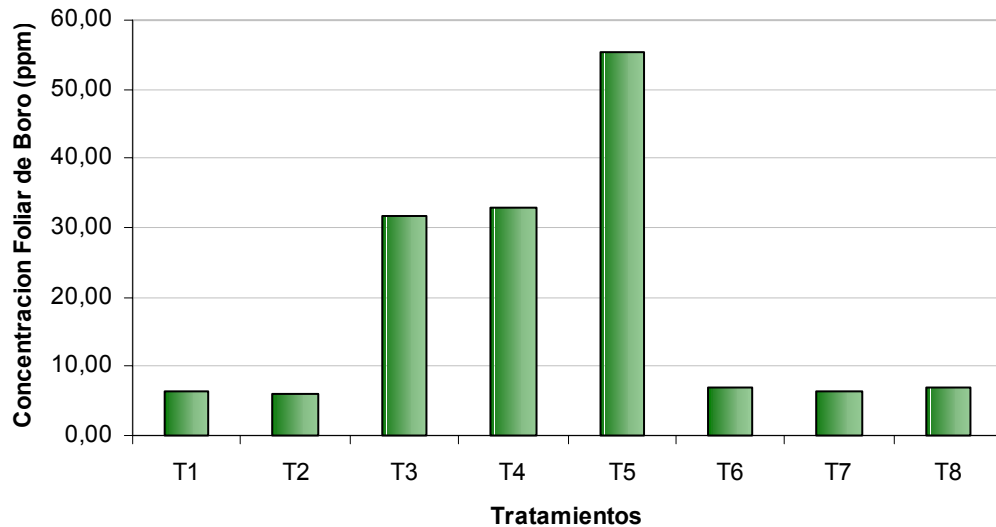
A la luz de los resultados, las mayores respuestas al aumento de la variable calculada índice de biomasa, son obtenidos en los tratamientos T5, T6 y T7 los cuales no presentan diferencias estadísticas, pareciera ser que el factor que detona el mayor aumento de la variable índice de biomasa es el control de

malezas, ya que las distintas dosis de fertilizante y método de aplicación no provocaron ninguna diferencia estadísticamente detectable.

## **4.2 Fertilización de Primavera.**

### **4.2.1 Efecto de distintas dosis y formas de aplicación bórica sobre la concentración de boro en las acículas.**

En la figura 11 se muestra la concentración foliar de boro para los diferentes tratamientos cuya aplicación fue realizada en el mes de mayo.



**Figura 11.** Concentración foliar de boro (ppm) en muestras de adúlas de pino para los diferentes tratamientos durante la segunda etapa (Fertilización de primavera).

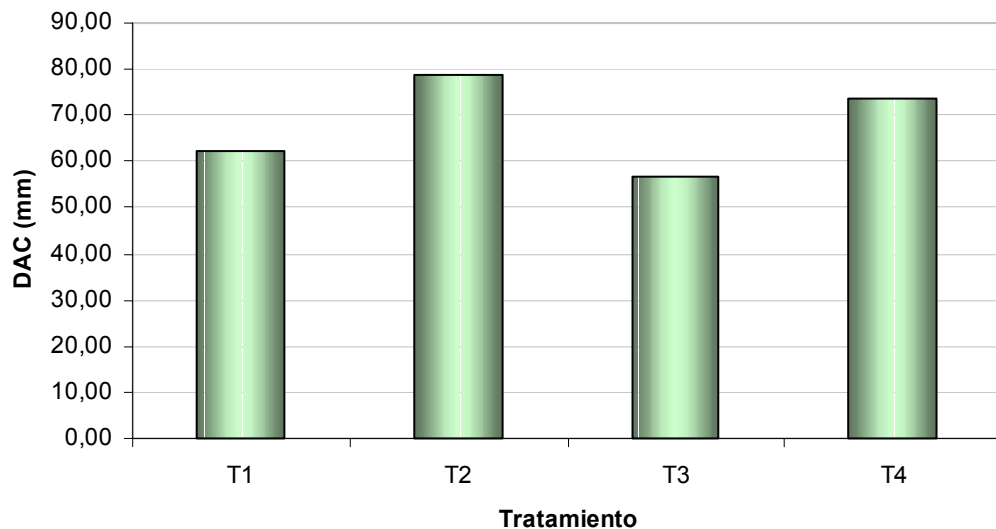
En la grafica de la figura 11 se observa que las mayores concentraciones de Boro en las adúlas de *Pinus radiata* se encuentran en los tratamientos T3,T4 y T5 con aplicación de boro al voleo, con valores que en términos numéricos están representados por 31.6; 33.0 y 55.3 ppm, respectivamente, posteriormente los tratamientos T6, T7 y T8 con aplicación de boro foliar con valores de 7.0; 6.3 y 7.0 ppm los tratamientos que menor respuesta obtuvieron fueron los tratamientos T1 y T2 con valores que en términos numéricos quedan expresados por 6.3 y 6.0 ppm (Anexo 2).

De acuerdo al estudio realizado anteriormente, los contenidos de boro en el follaje aumentan a través del tiempo, los niveles más altos de boro en la planta se

obtuvieron con las aplicaciones de boro al suelo, correspondiendo al tratamiento con 6 g de boro por planta. La menor concentración se obtuvo con el otro tratamiento al suelo, que correspondía 3 g de boro por planta. Niveles bastante menores se pudieron observar en las aplicaciones foliares, de lo que se desprende que transcurridos dos años de estudio se siguen dando las mismas condiciones.

#### **4.2.2 Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre el diámetro a la altura del cuello.**

En la figura Nº 12, se muestra el crecimiento promedio del diámetro a la altura del cuello para los tratamientos con y sin control de malezas con fertilización y sin fertilización realizados en el periodo de evaluación 2002.



**Figura 12.** Grafica de medias de la variable DAC (mm) por tratamiento.

De acuerdo a la grafica de la figura 12, podemos decir que al momento de la evaluación, el tratamiento T2 (control de malezas y sin fertilización) obtuvo la mayor respuesta en crecimiento diamétrico con 78.5 mm, posteriormente el tratamiento T4 (control de malezas y aplicación al voleo de 3 g de boro por planta) con un valor para la variable diámetro altura del cuello de 73.4 mm. Los tratamientos que menor respuesta tuvieron al crecimiento en diámetro son los tratamientos T1 y T3, con valores promedio que en términos numéricos quedan expresados por 62.3 y 56.8 mm respectivamente.

En el cuadro 8, se presenta el análisis de test de comparación múltiple de los tratamientos sobre el diámetro a la altura del cuello de los árboles durante el periodo de evaluación.

**Cuadro 8.** Crecimiento del diámetro a la altura del cuello de los árboles para los tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T1	62,36bc
T2	78,56c
T3	56,83a
T4	73,49bc

Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey (Test de comparación de medias, HDS) cuya información se resume en el anexo 3, se puede decir que existen un grupo homogéneo constituido por los tratamientos T1 y T4, los cuales no presentan diferencias estadísticamente significativas para la variable diámetro a la altura del cuello, a un nivel de confianza del 95%.

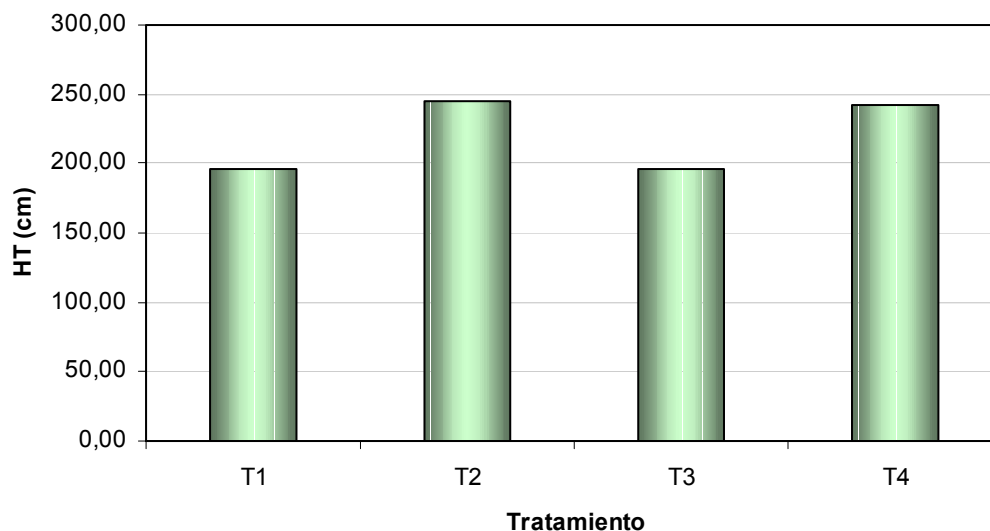
El análisis de varianza, mostó diferencias estadísticas significativas para el nivel de interacción entre los tratamientos con y sin control de malezas, con y sin fertilización entre los distintos tratamientos sobre la variable diámetro a la altura del cuello. (Anexo 3).

En vista de los resultados obtenidos, podemos destacar la importancia del control de malezas, en relación al aumento de la variable diámetro a la altura del cuello, el tratamiento que mayor aumento tuvo para esta variable es T2 (con control de malezas y sin fertilización), parece ser que para lograr las mayores repuestas del aumento del diámetro a la altura del cuello, no sería necesario realizar una fertilización con boro, la cual tiene como objetivo, más que lograr un aumento diamétrico, proveer los nutrientes para una buena formación apical.

Lo anteriormente expuesto se corrobora al analizar el grupo homologo formado por los tratamientos T1 y T4 ambos tratamientos no presentan diferencias significativas para la variable DAC, para este caso T1 es testigo absoluto, sin control de maleza y sin fertilización por otro lado T4 presenta control de malezas y fertilización (3 g de boro por planta), a pesar de la situación antes descrita, ambos tratamientos obtuvieron respuestas estadísticamente iguales, para el aumento de la variable diámetro a la altura del cuello.

#### **4.2.3 Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre la altura total.**

En la figura 13, se muestra el crecimiento promedio de la altura para los tratamientos.



**Figura 13.** Gráfica de medias de la variable altura total (cm) por tratamiento.

Analizando la grafica de la figura 12, se puede decir que el tratamiento T2 (control de malezas sin fertilización), presenta la mayor respuesta para la variable altura con un valor promedio de 245 cm, posteriormente el tratamiento T4 con un valor promedio de 242.3 cm. Los tratamientos que obtuvieron las menores respuestas al crecimiento en altura son T1 y T3, con valores promedios que en términos numéricos quedan expresados por 196.1 y 195.9 cm respectivamente.

En el cuadro 9 se presenta el análisis de test de comparación múltiple de los tratamientos sobre la altura total de los árboles durante el periodo de evaluación.

**Cuadro 9.** Crecimiento de la altura total de los árboles de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T1	196,17a
T2	245,72b

T3	195,92a
T4	242,34b

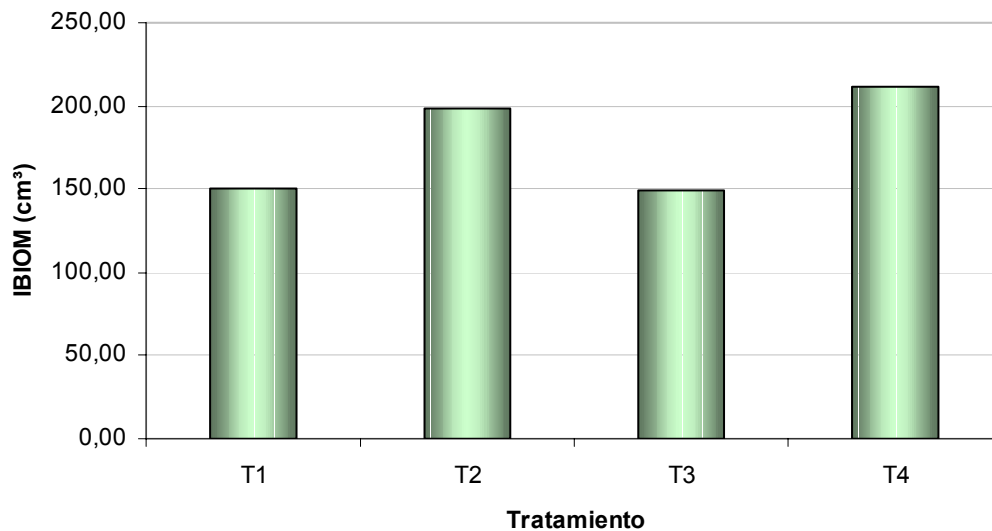
Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey (HDS), cuya información se resume en el anexo 3, se puede decir que existen 2 grupos homogéneos, que no presentan diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95%, primer grupo homogéneo esta constituido por los tratamientos T1 y T3, por otro lado el segundo grupo esta constituido por los tratamientos T2 y T4. El análisis de varianza, muestra diferencias estadísticamente significativas para el nivel de interacción entre los tratamientos con fertilización y control de malezas sobre la variable altura total. (Anexo 3).

Una vez realizados los análisis correspondientes y a la luz de los resultados, se observa que los tratamientos T2 y T4 logran las mayores respuestas de la variable altura, el control de malezas es el factor que principalmente explica el aumento de la altura, esto se corrobora al analizar el tratamiento T2 (con control de malezas sin fertilización), con el tratamiento T4 (con control de malezas con fertilización), ambos obtienen valores promedios para la variable altura que no presentan diferencias estadísticamente significativas, pareciera ser que la fertilización con boro no tiene efecto en el aumento promedio de la altura de los individuos.

#### **4.2.4 Efecto de la fertilización bórica y control de malezas sobre el índice de biomasa.**

En la figura 14 se muestra el índice de biomasa para los tratamientos con y sin fertilización, con y sin control de malezas.



**Figura 14.** Gráfica de medias para el indicador de biomasa por tratamiento.

Mediante el análisis de la figura 14, se observa un claro aumento de la variable calculada índice de biomasa en el tratamiento T4 (control de malezas y sin fertilización) con un valor promedio de 211.8 cm<sup>3</sup>, posteriormente el tratamiento T2 con un valor promedio de 198.1cm<sup>3</sup>. Los tratamientos que menor respuesta obtuvieron para la variable calculada índice de biomasa fueron T1 y T3 con valores que en términos numéricos están expresados por 150.0 y 148.8 cm<sup>3</sup>

En el cuadro 10, se presenta el análisis de test de comparación múltiple de los tratamientos para la variable calcula índice de biomasa.

**Cuadro 10.** Crecimiento de la variable calculada índice de biomasa.

Tratamiento	Rendimiento
T1	150,05a

T2	198,91b
T3	148,84a
T4	211,81b

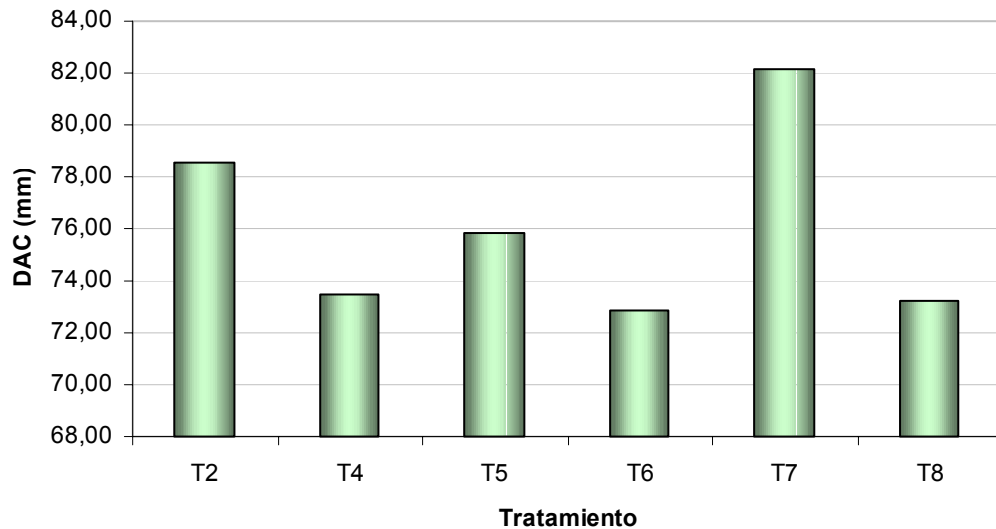
Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ )

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey (HDS), cuya información se resume en el anexo 3, se puede decir que existen 2 grupos homogéneos, los cuales no presentan diferencias estadísticamente significativas para la variable calculada índice de biomasa, el primer grupo homogéneo está constituido por T1 y T3, y el segundo grupo esta constituido por T2 y T4. El análisis de varianza, muestra diferencias estadísticamente significativas para el nivel de interacción entre los tratamientos con fertilización y control de malezas sobre la variable calculada índice biomasa.

Los análisis estadísticos denotan claramente que el factor principal en el aumento promedio de la variable calculada índice de biomasa es el control de malezas, esto queda demostrado al analizar los tratamientos T2 (con control de malezas sin fertilización y T4 (con control de malezas con fertilización), ambos obtienen las mayores respuestas en crecimiento promedio de la variable índice de biomasa, no denotando diferencias estadísticas, parece ser que solamente controlando malezas se logran los mayores aumento de la variable calculada índice de biomasa.

#### **4.2.5 Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre el diámetro a la altura del cuello.**

En la Figura 15 se muestra el crecimiento promedio del diámetro a la altura del cuello para los distintos tratamientos con control de malezas y con fertilización a distintas dosis y formas de aplicación, esto es en forma foliar y al voleo.



**Figura 15.** Grafica de medias de la variable DAC (mm) por tratamiento.

De acuerdo a la grafica de DAC para cada tratamiento, podemos decir que transcurrido periodo de evaluación, el tratamiento T7 (control de malezas y 15 g de boro foliar), obtuvo la mayor respuesta en crecimiento diamétrico, con un valor promedio de 82.1 mm, posteriormente los tratamientos T2 y T5 con valores promedios para la variable diámetro a la altura del cuello de 78.5 y 75.83 mm respectivamente, los tratamientos que menor respuesta obtuvieron al crecimiento diamétrico son los tratamientos T4, T6 y T8 con valores promedios que en términos numéricos están expresados por 73.4; 72.8 y 73.2 mm respectivamente.

En relación al estudio anterior realizado por Von Fabeck (2001), los tratamientos con aplicación de boro al voleo presentaron los mayores crecimientos en diámetros, en comparación con los tratamientos aplicados al follaje, la aplicación

realizada al suelo con el tratamiento de 3 g de boro por planta obtuvo un mayor crecimiento que el tratamiento aplicado con 6 g de boro por planta. Dentro de la aplicaciones foliares el que presentó mayores crecimiento fue el tratamiento 7,5 g de boro por planta sobre los demás tratamientos 15 y 22,5 g de boro por planta. Transcurridos dos años de evaluación se aumentaron las dosis de boro por planta esto es el tratamiento que mejor respuesta en diámetro presentó fue el tratamiento con 15 g de boro por planta aplicados al follaje, en cambio el mayor crecimiento en diámetro obtenido para aplicación al suelo se obtuvo con el tratamiento de 6 g de boro por planta.

En el cuadro 11, se presenta el análisis de test de comparación múltiple de los tratamientos sobre el diámetro a la altura del cuello de los árboles durante el periodo de evaluación.

**Cuadro 11.** Crecimiento del diámetro a la altura total del cuello de los árboles de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T2	78,56ab
T4	73,49a
T5	75,83ab
T6	72,87a
T7	82,13b
T8	73,26a

Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey, cuya información se resume en el anexo 3, se puede decir que existen 2 grupos homogéneos, los cuales no presentan diferencias estadísticamente significativas, para la variable diámetro a la altura del cuello, a un nivel de confianza del 95%. El primer grupo

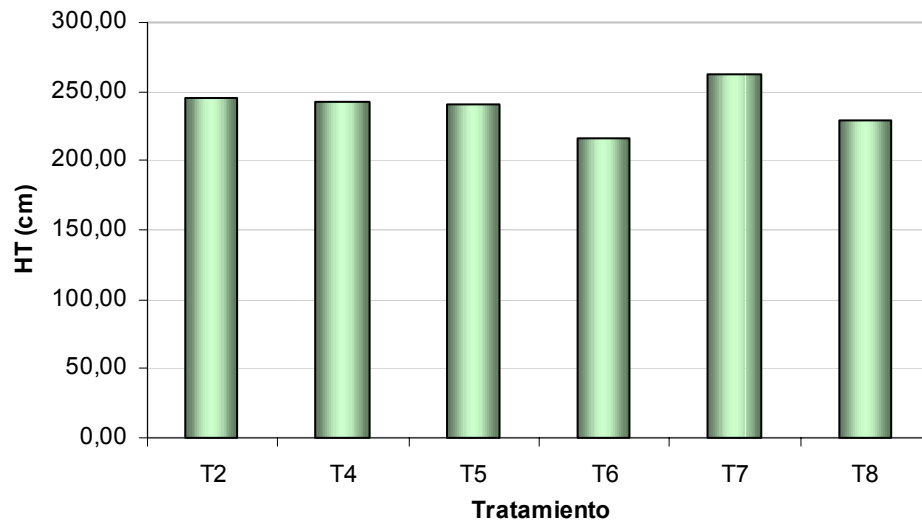
esta constituido por los tratamientos T4, T6 y T8, mientras que el segundo grupo queda conformado por los tratamientos T2 y T5. El análisis de varianza, mostró diferencias estadísticas significativas para los distintos niveles de interacción entre tratamientos, sobre la variable diámetro a la altura del cuello. (Anexo 3).

Analizando los resultados obtenidos podemos decir que el tratamiento T7, con control de malezas y fertilizado con 15 g boro por planta con aplicación foliar, logra los mayores resultados promedios en aumento de la variable diámetro a la altura del cuello, presentando diferencias estadísticas con todos los tratamientos. Para este caso, además del factor control de malezas parece ser importante el método de aplicación y dosis del fertilizante boro o la interacción de ambos.

Cabe señalar que la aplicación de boro foliar es una práctica que no se realiza operacionalmente (en terreno), debido al aumento de los costos de de la plantación, por ende este tratamiento tendría un efecto experimental ya que a pesar de muestra los mayores aumentos para la variable altura, el boro en plantaciones forestales tiene como principal objetivo lograr una buena formación del ápice de la planta y no obtener los máximos crecimientos en diámetro a la altura del cuello.

#### **4.2.6 Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre la altura total.**

En la figura 16 se muestra el crecimiento promedio de la variable altura total de los distintos tratamientos.



**Figura 16.** Grafica de medias de la variable altura total por tratamiento.

Como se puede apreciar en la grafica la figura 16, existe una mayor respuesta al crecimiento de la variable altura total en el tratamiento T7 (control de malezas y 15 g boro por planta con aplicación foliar), con un valor promedio de 262.2 cm, posteriormente los tratamientos T2, T4 y T5 con valores promedios para la variable altura total que en términos numéricos están representados por 245.7, 242.3 y 240.9 cm respectivamente. Los tratamientos que menor respuesta tuvieron al crecimiento en diámetro fueron los tratamientos T6 y T8 con valores promedios de, altura de 216.7 y 229.4 cm respectivamente.

De acuerdo al estudio realizado anteriormente por Von Fabeck (2001), la respuesta en crecimiento en altura alcanza los mayores valores en los tratamientos con 6 g de boro por planta y 3 g de boro por planta aplicadas al suelo.

Dentro de las aplicaciones foliares, los mayores crecimientos se presentaron en el tratamiento con 15 g de boro por planta. Se puede decir que transcurridos dos años de evaluación se siguen dando la misma tendencia.

En el cuadro 12 se presenta el análisis de Test de comparación múltiple de los tratamientos sobre la tasa de crecimiento en altura promedio de los árboles en el periodo de evaluación 2002.

**Cuadro 12.** Crecimiento de la altura total de los árboles de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T2	245,72ab
T4	242,34ab
T5	240,99ab
T6	216,70a
T7	262,20b
T8	229,42a

Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

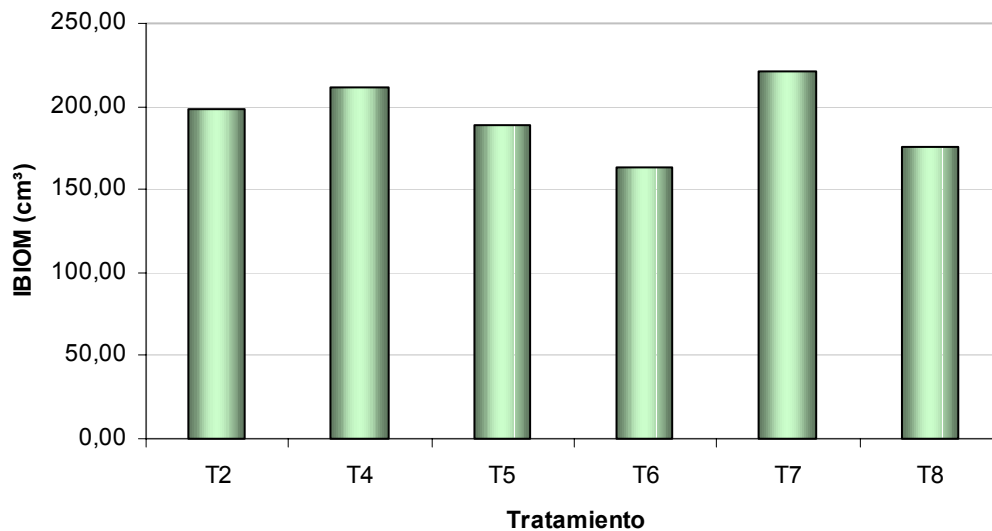
De acuerdo con los resultados de la prueba estadística Tukey (HSD), cuya información se resume en el Anexo 3, se puede decir que existen dos grupos homogéneos, donde no existen diferencias estadísticamente significativas para la variable altura, a un nivel de confianza del 95%. El primer grupo homogéneo está conformado por los tratamientos T2, T4 y T5, mientras que el segundo grupo está formado por los tratamientos T6 y T8. El análisis de varianza realizado a la variable altura total mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados al suelo y los aplicados vía foliar.

A la luz de los resultados podemos decir que el tratamiento T7, con control de malezas y fertilización con 15 g de boro por planta, aplicación foliar, logra las mayores respuestas de la variable alturas total promedio, parece ser que en este caso además del control de malezas, influye la dosis y método de aplicación

del micronutriente boro o la interacción de los factores antes mencionados. Por otro lado existen evidencias estadísticas que señalan que existen diferencias significativas entre los tratamientos con control de malezas con distintas dosis de boro al voleo y los tratamientos con control de malezas con distintas dosis aplicación foliar, favoreciendo siempre los mayores valores para la variable altura, a los tratamientos con aplicación al voleo en desmedro de los tratamientos con aplicación foliar.

#### **4.2.7 Efecto de las distintas dosis y tipo de aplicación bórica sobre el índice de biomasa.**

En la figura 17 se muestra el índice de biomasa de los distintos tratamientos



**Figura 17.** Grafica de medias para el indicador de biomasa por tratamiento.

De acuerdo a la grafica de la figura 17, se puede apreciar que la mayor respuesta de la variable calculada índice de biomasa es obtenida en el tratamiento T7 (control de malezas y 15 g boro por planta con aplicación foliar), con un valor promedio de 221.0 cm<sup>3</sup>, posteriormente los tratamientos T2, T4 y T5 con valores promedios de 198.9, 211.8 y 189.1 cm<sup>3</sup> respectivamente. Los tratamientos que menor respuesta obtuvieron al aumento de la variable índice de biomasa son los tratamientos T6 y T8, con valores promedios que en términos numéricos quedan expresados por 163.6 y 175.9 cm<sup>3</sup> para cada tratamiento.

De acuerdo al estudio anterior Von Fabeck (2001), los mayores índices de productividad se alcanzaron con las aplicaciones al suelo, es decir, con los tratamientos con 3 g de boro por planta y 6 g de boro por planta, destacando en forma leve el tratamiento con 3 g de boro por planta. Mientras tanto en las aplicaciones foliares se observaron índices inferiores, siendo los tratamientos con 22,5 g de boro por planta el que alcanzo los índices mas altos de crecimiento. Se puede decir que las aplicaciones al suelo se siguen dando la

misma tendencia, mientras que la aplicación al follaje que mejor respuesta presento es de 15 g de boro por planta.

En el cuadro 13 se presenta el análisis de Test de comparación múltiple de los tratamientos sobre índice de biomasa.

**Cuadro 13.** Crecimiento de la variable calculada de los árboles de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento
T2	198,91abc
T4	211,81bc
T5	189,13abc
T6	163,66a
T7	221,02c
T8	175,92ab

Nota: letras distintas indican que existen diferencias significativas entre ellos Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

De acuerdo con los resultados de la prueba estadística Tukey (HSD), cuya información se resume en el Anexo 3, se puede decir que existe un grupo homogéneo formado por los tratamientos T2 y T5, donde los tratamientos no presenta diferencias estadísticamente significativas para la variable índice de biomasa a un nivel de confianza del 95%. Para los demás niveles de interacción existen diferencias significativas. El análisis de varianza realizado a la variable calculada, mostó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados al suelo y los aplicados vía foliar (Anexo 3).

Una vez analizada la información obtenida a través de las pruebas estadísticas correspondientes, se puede señalar que el tratamiento T7 con control de malezas

y fertilizado con 22gr de boro aplicación foliar, obtiene la mayor respuesta de la variable calculada índice de biomasa, presentando diferencias estadísticamente significativas con todos los tratamientos, en este caso los factores causantes de estas diferencias pueden estar dados por la dosis de boro y el método de aplicación del micronutriente o bien la interacción de ambos factores. Se puede determinar que existen diferencias significativas entre los tratamientos cuya aplicación de boro fue al voleo y los tratamientos cuya aplicación fue foliar, resultando valores significativamente mayores en aquellos tratamientos cuya aplicación de boro fue al voleo, independiente a la dosis utilizada.

## **5. CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo, fertilización bórica al cabo de 3 meses de evaluación se concluye que:

- En época de otoño, controlando malezas al 100% y fertilizando con 6 g boro por planta con aplicación al voleo, se logran las mayores respuestas de crecimiento promedio de las variables morfológicas diámetro a la altura del cuello, altura total y la variable calculada índice de biomasa, en plantas de ***Pinus radiata*** D.Don.
- En época de primavera, controlando malezas al 100% y fertilizando con 15 g boro por planta con aplicación foliar, se logran las mayores respuestas de crecimiento promedio de las variables morfológicas diámetro a la altura del cuello, altura total y la variable calculada índice de biomasa, en plantas de ***Pinus radiata*** D.Don.
- En relación al control de malezas y fertilización, el tratamiento que mejor respuesta obtuvo para el crecimiento promedio de las variables diámetro a la altura del cuello, altura e índice de biomasa, es el tratamiento con control de malezas al 100% sin fertilización.
- Realizando un control de malezas al 100% y fertilizando con 6 g boro por planta, con aplicación al voleo se obtiene las mayores concentraciones del micronutriente boro en acúlas de ***Pinus radiata*** D. Don, coincidiendo con los resultados obtenidos en el crecimiento.
- Para suelos arenosos se puede recomendar la fertilización realizada en otoño con aplicación al voleo, puesto que es la mejor manera que la planta absorbe y transporta el boro, además de disminuir los costos en la aplicación del fertilizante.

## **6. RESUMEN**

El estudio se realizó en el Fundo Lo Moreno, perteneciente a la empresa Forestal Mininco S.A., en un suelo arenoso ubicado en el valle central de la comuna de Los Angeles, VIII Región, con el objetivo de mejorar la productividad de *Pinus radiata* D. Don en suelos arenosos, mediante dos formas de fertilización, una al suelo y otra al follaje con distintas dosis y épocas de aplicación (otoño y primavera) además de una evaluación con y sin control de malezas, como también presentar comparación descriptiva con estudio realizado por Von Fabeck (2001), antecedentes climáticos de la zona de estudio que corresponden al periodo de evaluación 2002 (Anexo 4).

Las ganancias de productividad se evaluaron mediante la medición de variables como diámetro a la altura del cuello (mm), altura total (cm) y el indicador de biomasa  $D^2H$  ( $cm^3$ ). Sumado a un análisis estadístico de las variables de crecimiento para las distintas alternativas y épocas de fertilización, es decir, el efecto de la fertilización líquida y control de malezas, para otoño y primavera separadamente.

Estos análisis permitieron determinar que existen diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos para la fertilización líquida y control de malezas aplicada en otoño y primavera, como también existen diferencias estadísticas significativas entre las distintas dosis y tipo de aplicación líquida, a favor de las fertilizaciones realizadas al suelo y al follaje tanto en otoño como primavera.

## 7. SUMMARY

The study one carries out in the I Found The Moreno, belonging to the Forest company Mininco CORP., in a sandy floor located in the central valley of the commune of Los Angeles, VIII Region, with the objective of improving the productivity of *Pinus radiata* D. Don in sandy floors, by means of two fertilization forms, one to the floor and another to the foliage with different dose and application times (autumn and spring) besides an evaluation with and without control of overgrowths, as well as to present descriptive comparison with study carried out by Von Fabeck (2001), climatic records of the study area that you/they correspond to the period of evaluation 2002 (I Annex 4).

The earnings of productivity were evaluated by means of the mensuration of variables as diameter to the height of the neck (mm), total height (cm) and the indicator of biomass  $D^2H$  (cm<sup>3</sup>). Added to a statistical analysis of the variables of growth for the different ones alternative and fertilization times, that is to say, the effect of the boric fertilization and control of overgrowths, for autumn and spring separately.

These analyses allowed to determine that significant statistical differences exist among the different treatments for the boric fertilization and control of overgrowths applied in autumn and spring, as well as significant statistical differences exist between the different doses and type of boric application, in favor of the realized fertilizations to the floor and the foliage so much in autumn as spring.

## **8. BIBLIOGRAFIA.**

**ALVAREZ, J. 1999.** Variación Topográfica de la Fertilidad de los Suelos del Sector Costero, VII Región. Chile Forestal 24 (271): pp. 52 - 54.

**BARTOLINI, R. 1989.** La Fertilidad de los Suelos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 140 pp.

**BENNET, C.L; WESTON; S. JUDD; M. ATTIWILL AND H. WHITEMAN. 1996.** The effects of fertilizers on early growth and foliar nutrient concentrations of three plantation eucalypts on high quality sites in Gippsland, southeastern Australia. Forest Ecology and management (89).

**BINKLEY, D. 1993.** Nutrición Forestal. Practicas de Manejo. Limusa y Grupo Noriega: México, D.C. 340p

**BONILLA, I., BOLAÑOS, L. y REDONDO, M. 1999.** Nuevas Perspectivas en el Papel Esencial del Boro. Disponible en Internet:  
<http://www.cartuja.csic.es/SEF V99/abstracts/nutrición/s.3-3-htm>.

**CABRERA, CESAR. 1981.** Evaluación silvícola de los efectos de fertilización en viveros y sistemas de plantación en *Pinus radiata* D. Don. Memoria Ing. Forestal. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias, y Forestales. 130 p. (Prof. Guía: Fernando Garrido)

**CARRASCO, P., MILLAN, J. Y PEÑA, L. 1993.** Suelos de la Cuenca del Río Bio Bio. Características y Problemas de Uso. Universidad de Concepción. 108 pp.

**CARRASCO, P. y MILLAN, J. 1995.** Características de los Suelos Arenosos de la Octava Región. En: Simposio IUFRO. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. pp 61-70.

**CEPEDA, J. M. 1991.** Química de Suelos. Editorial Trillas. Segunda Edición. México- 167 pp.

**CISNEROS, B., RODRIGUEZ, O. y ALFARO, R. 1998.** Estudio de la Respuesta a la Fertilización con Boro al Suelo y Vía Foliar en Café (*Coffea arabica*) en Tres localidades de Costa Rica. Disponible en Internet: <http://www.Infoagro.go.cr/tecnología/cafe4.html>.

**DE LAS SALAS, G. 1987.** Suelos y Ecosistemas Forestales. Con Énfasis en América Tropical. Servicio Editorial IICA. Primera Edición. Costa Rica. 447 pp.

**DONOSO, C. 1992.** Ecología Forestal. El Bosque y su Medio Ambiente. Universidad Austral de Chile. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 368pp.

**EDWARDS, A. 1997.** Características y Variabilidad de Arenales de la VIII Región plantados con *Pinus radiata* D. DON. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 102 pp.

**FORESTAL MININCO S.A.** Fertilización con boro en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Documento de divulgación Nº4.

**FUENTES, J. L. 1999.** El Suelo y los Fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 5ª Edición. Madrid. España. 352 pp.

**GERDING, V., PUENTES, O., SCHLATTER, J. E. y GONZALEZ, P. 1985.** Fertilización con Boronatrocalcita en Plantaciones Jóvenes de *Pinus radiata* D. DON en Suelos Graníticos. Revista Bosque 6 (2): 100 - 112.

**GERDING, V. RENATO, G. 1996.** Diagnostico de deficiencias nutritivas en plantaciones forestales, orientado a la aplicaci3n de fertilizantes

**GIL MARTÍNEZ, F. 1994.** Elementos de Fisiología Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 1147 pp.

**GONZALEZ, P. A. 1982.** Respuesta de las Plantaciones de *Pinus radiata* D. Don a la Fertilizaci3n con Boro, en la Provincia de Malleco. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 87 pp.

**GRAETZ, H. A. 1988.** Suelos y Fertilizaci3n. Manuales para Educaci3n Agropecuaria. Editorial Trillas. 7ª Edici3n. México. 80 pp.

**HONORATO, R. 2000.** Manual de Edafología. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Ediciones Universidad Católica de Chile.

**INFOR, 1986.** Especies Forestales Ex3ticas de Interés Econ3mico para Chile. Santiago, Chile, 168p

**INFOR, 1995.** El Sector Forestal Chileno. Boletín de Estadísticas Forestales. Corporaci3n de Fomento a la Producci3n.

**INFOR, 2000.** El Sector Forestal Chileno. Boletín de Estadísticas Forestales. Corporaci3n de Fomento a la Producci3n.

**INFOR, 2000.** Establecimiento de Plantaciones Forestales, *Pinus radiata*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*. Documento divulgaci3n Nº 17. 33p.

**INFOR, 2002.** Manejo y Mantenci3n de Plantaciones Forestales, *Pinus radiata*, *Eucalyptus sp.* Documento Divulgaci3n Nº 23. 51p.

**IZQUIERDO, H. 1996.** Control de malezas herbáceas durante el primer año de establecimiento de *Pinus Radiata* D. Don en tres sitios de la IX región. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 99p.

**KOGAN, M., 1992B.** Interferencia de las malezas en plantaciones Forestales. En: Biología de malezas, Herbicidas y Estrategias de Control en el sector Forestal, Trabajo no publicado, Editado Fundación Chile- Pontificia Universidad Católica de Chile. Concepción.

**MONTALDO, P. 1995.** Manejo Ecológico de las malezas. Editorial Universitaria. Valdivia. 156p

**MOSCOSO; A. 2000.** Apuntes de clases Silvicultura. Ingeniero Forestal. Universidad Católica de Temuco. Escuela de Cs Forestales.

**OLYKAN, S., ADAMS, J., NORDMEYER, A. y McLAREN, R. 1995.** Micronutrient and Macronutrient Uptake by *Pinus radiata*, and Soil Boron Fractions, as Affected by Added Nitrogen and Boron. New Zealand Journal of Forestry Science 25 (1): 61-72.

**PORTA, J., LOPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. 1999.** Edafología. Para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Segunda Edición. España. 849 pp.

**PRITCHETT, W. 1991.** Suelos Forestales. Propiedades, Conservación y Mejoramiento. Editorial Limusa. México, D.C. 634 pp.

**QUIJADA, M. 1998.** Fertilización en Plantaciones de *Pinus radiata* DON en Chile. Memoria de Título. Instituto Profesional Virgilio Gómez.

**RAZETO, B. 1993.** La Nutrición Mineral de los Frutales. Deficiencias y Excesos. Segunda Edición. 105 pp.

**SALISBURY, F. y ROSS, C. 1994.** Fisiología Vegetal Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 pp.

**SALONIUS, P. y BEATON, K. 1994.** Needle Loss in Black Spruce: Nutrient Concentration During Shoot Extension. New Zealand Journal of Forestry Science 24 (2/3): 183-194.

**SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J. 1993.** Atlas Agro climático de Chile VI, VII, VIII y IX Regiones. Laboratorio de Agroclimatología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Ministerio de Agricultura. Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación de Fomento a la Producción. 73 pp.

**SAÑA, J., MORE, J.C. y COHI, A. 1996.** La Gestión de la Fertilidad de los Suelos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 227 pp.

**SCHÄLCHLI, G. 1987.** Evaluación Preliminar de una Fertilización en *Pinus radiata* D. DON en los Arenales, Provincia de Bio Bio. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

**SCHLATTER, J. y GERDING, V. 1985a.** Deficiencia de Boro en Plantaciones de *Pinus radiata* D. DON en Chile. I Distribución y Origen. Revista Bosque 6(1): 24 - 31.

**SCHLATTER, J. y GERDING, V. 1985b.** Deficiencia de Boro en Plantaciones de *Pinus radiata* D. DON en Chile. II Principales Causas y Corrección. Revista Bosque 6(1): 32 - 43.

**SILVA, H. y RODRIGUEZ, J. 1995.** Fertilización de Plantaciones Frutales. Primera Edición. 519 pp.

**SOQUIMICH. 1985.** Agenda del Salitre. Editorial Universitaria S.A. Santiago. 1056 pp.

**SOSA, D. 1999.** El Boro en los Frutales del Género Prunus, Pyrus y Malus. Disponible en Internet: <http://www.members.tripod.com/intecace/articulos/boro.htm>.

**SOTOMAYOR, A., HELMKE, E Y GARCIA, E. 2002.** Manejo y Mantencion de Plantaciones Forestales. *Pinus radiata* y *Eucalyptus sp.* Documento divulgación Nº23 INFOR.

**SUAREZ, D., RODRIGUEZ, J. y PUENTES, G. 1998.** Fertilización del Pino. Informe de Resultados Segundo Año. Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. 97 pp.

**TORO, J. 1995.** Avances en Fertilización en *Pinus radiata* y *Eucalyptus* en Chile.

**ACTAS SIMPOSIO IUFRO** para el cono Sudamericano Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales. 25 – 30 Abril 1995. Imprenta universitaria. UACH. Valdivia. Chile.

**THOMPSON, L. y TROE, F. 1988.** Los Suelos y su Fertilidad. Editorial Reveré S.A. Cuarta Edición. España. 649 pp.

**TRONCOSO, G. 1993.** Calidad de Sitios Forestales en Suelos Arenosos de la VIII Región. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. En Boletín N° 10. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. pp 173 182.

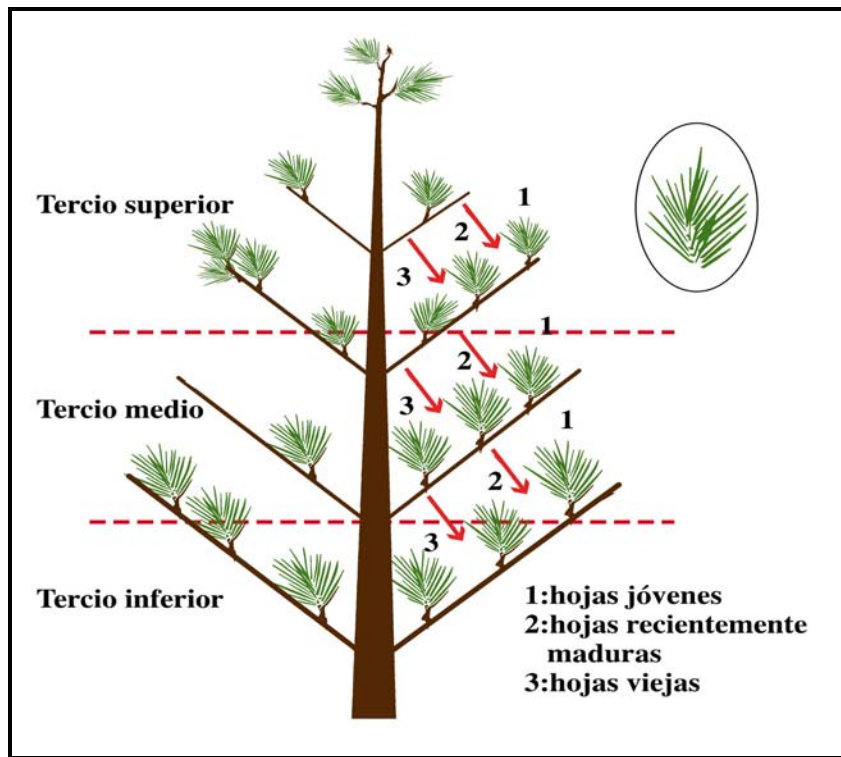
**VON FABECK, C., 2001.** Evaluación de formas y dosis de aplicaciones lóricas en plantaciones de *Pinus radiata* D.DON, de un año y medio de edad, en suelos arenosos del valle Central, de la VIII región. Memoria de Título. Universidad Católica De Temuco.

**WARNER, G. 1996.** Zinc and Boron Deficiencies Typical in Sandy Soils. Disponible en Internet: [http:// www.goodfruit.com/archive/March196/and 5.htm](http://www.goodfruit.com/archive/March196/and5.htm)

**WILD, A. 1992.** Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas según Russell. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 1045 pp.

**WILL, G. 1985.** Correcting Boron Deficiency in radiata Pine. FRI Bulletin N° 136. Rotorua. New Zealand. 4 pp.

**ANEXO N° 1**  
**MUESTREO FOLIAR.**



**Figura 1A.** Esquema extracción de muestras de adulas para análisis foliares.

**ANEXO N° 2**

**CONCENTRACION FOLIAR.**

**Cuadro 2A.** Concentraci3n foliar de Boro (ppm) en muestras de ad3culas de pino para los diferentes tratamientos durante el periodo de Oto3o (Junio 2002).

T1	6,33
T2	7,33
T3	5,33
T4	15,00
T5	25,00
T6	6,00
T7	6,67
T8	5,67

**Cuadro 2B.** Concentraci3n foliar de Boro (ppm) en muestras de ad3culas de pino para los diferentes tratamientos durante el periodo de primavera (Junio 2002).

T1	6,33
T2	6,00
T3	31,67
T4	33,00
T5	55,33
T6	7,00
T7	6,33
T8	7,00

**ANEXO N° 3**

**ANALISIS ESTADISTICO.**

**FERTILIZACION BORICA Y CONTROL DE MALEZAS (FERTILIZACION DE OTOÑO).**

**TABLA ANOVA PARA DAC POR TRATAMIENTO**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	39691, 3	3	13230, 4	15, 90	0, 0000
Within groups	296156, 0	356	831, 9		
Total (Corr.)	335848, 0	359			

**TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA DAC POR TRATAMIENTO**

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratamiento Count Mean Homogeneous Groups

T3	90	43,1333	a
T4	90	50,3111	ab
T1	90	61,1444	bc
T2	90	70,7333	c

Contrast	Difference	+/- Limits
T1 - T2	-9,58889	11,0977
T1 - T3	*18,0111	11,0977
T1 - T4	10,8333	11,0977
T2 - T3	*27,6	11,0977
T2 - T4	*20,4222	11,0977
T3 - T4	-7,17778	11,0977

\* denotes a statistically significant difference.

## TABLA ANOVA PARA ALTURA POR TRATAMIENTO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	253546, 0	3	84515, 4	7, 03	0, 0001
Within groups	4,28145E6	356	12026, 6		
Total (Corr.)	4,535E6	359			

## TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA ALTURA POR TRATAMIENTO

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratamiento Count Mean Homogeneous Groups

T3	90	153,322	a
T4	90	180,933	ab
T1	90	198,5	bc
T2	90	226,3	c

Contrast	Difference	+/- Limits
T1 - T2	-27,8	42,1955
T1 - T3	*45,1778	42,1955
T1 - T4	17,5667	42,1955
T2 - T3	*72,9778	42,1955
T2 - T4	*45,3667	42,1955
T3 - T4	-27,6111	42,1955

\* denotes a statistically significant difference.

## TABLA ANOVA IBIOM POR TRATAMIENTO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	213949, 0	3	71316, 3	7, 48	0, 0001
Within groups	3,39297E6	356	9530, 82		
Total (Corr.)	3,60692E6	359			

## TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA IBIOM PARA TRATAMIENTO

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratamiento Count Mean Homogeneous Groups

T3	90	101,578	a
T4	90	132,325	ab
T1	90	154,044	b
T2	90	165,598	b

Contrast	Difference	+/- Limits
T1 - T2	-11,554	37,563
T1 - T3	*52,4658	37,563
T1 - T4	21,7186	37,563
T2 - T3	*64,0198	37,563
T2 - T4	33,2726	37,563
T3 - T4	-30,7472	37,563

\* denotes a statistically significant difference.

**EFECTO DE LAS DISTINTAS DOSIS Y TIPO FERTILIZACION BORICA  
(FERTILIZACION DE OTOÑO).**

**TABLA ANOVA PARA DAC POR TRATAMIENTO**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	44999, 5	5	8999, 9	18, 12	0, 0000
Within groups	265168, 0	534	496, 57		
Total (Corr.)	310168, 0	539			

**TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA DAC POR TRATAMIENTO**

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratamiento Count Mean Homogeneous Groups

T4	90	50,3111	a
T8	90	55,8444	a
T2	90	70,7333	b
T6	90	71,1556	b
T5	90	72,5778	b
T7	90	73,6778	b

Contrast	Difference	+/- Limits
T2 - T4	*20,4222	9,50004
T2 - T5	-1,84444	9,50004
T2 - T6	-0,422222	9,50004
T2 - T7	-2,94444	9,50004
T2 - T8	*14,8889	9,50004
T4 - T5	*-22,2667	9,50004
T4 - T6	*-20,8444	9,50004
T4 - T7	*-23,3667	9,50004
T4 - T8	-5,53333	9,50004
T5 - T6	1,42222	9,50004
T5 - T7	-1,1	9,50004
T5 - T8	*16,7333	9,50004
T6 - T7	-2,52222	9,50004
T6 - T8	*15,3111	9,50004
T7 - T8	*17,8333	9,50004

\* denotes a statistically significant difference.

## TABLA ANOVA PARA ALTURA POR TRATAMIENTO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	606476, 0	5	121295, 0	18, 64	0, 0000
Within groups	3,47397E6	534	6505, 56		
Total (Corr.)	4,08045E6	539			

## TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA ALTURA POR TRATAMIENTO

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratamiento Count Mean Homogeneous Groups

T8	90	156,256	a
T4	90	180,933	a
T2	90	226,3	b
T6	90	230,056	b
T5	90	243,289	b
T7	90	246,311	b

Contrast	Difference	+/- Limits
T2 - T4	*45,3667	34,3857
T2 - T5	-16,9889	34,3857
T2 - T6	-3,75556	34,3857
T2 - T7	-20,0111	34,3857
T2 - T8	*70,0444	34,3857
T4 - T5	*-62,3556	34,3857
T4 - T6	*-49,1222	34,3857
T4 - T7	*-65,3778	34,3857
T4 - T8	24,6778	34,3857
T5 - T6	13,2333	34,3857
T5 - T7	-3,02222	34,3857
T5 - T8	*87,0333	34,3857
T6 - T7	-16,2556	34,3857
T6 - T8	*73,8	34,3857
T7 - T8	*90,0556	34,3857

denotes a statistically significant difference.

## TABLA ANOVA PARA IBIOM POR TRATAMIENTO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	428812, 0	5	85762, 3	13, 24	0, 0000
Within groups	3,4584E6	534	6476, 4		
Total (Corr.)	3,88721E6	539			

## TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA IBIOM POR TRATAMIENTO

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratamiento Count Mean Homogeneous Groups

T8	90	109,87	a
T4	90	132,325	ab
T2	90	165,598	bc
T6	90	170,225	c
T5	90	185,761	c
T7	90	186,493	c

Contrast	Difference	+/- Limits
T2 - T4	33,2726	34,3085
T2 - T5	-20,1633	34,3085
T2 - T6	-4,62711	34,3085
T2 - T7	-20,8959	34,3085
T2 - T8	*55,7278	34,3085
T4 - T5	*-53,4359	34,3085
T4 - T6	*-37,8997	34,3085
T4 - T7	*-54,1684	34,3085
T4 - T8	22,4552	34,3085
T5 - T6	15,5362	34,3085
T5 - T7	-0,732556	34,3085
T5 - T8	*75,8911	34,3085
T6 - T7	-16,2688	34,3085
T6 - T8	*60,3549	34,3085
T7 - T8	*76,6237	34,3085

\*denotes a statistically significant difference.

**EFFECTO FERTILIZACION BORICA Y CONTROL DE MALEZAS**  
**(FERTILIZACION DE PRIMAVERA).**

**TABLA ANOVA PARA DAC POR TRATAMIENTO**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	26815, 9	3	8938, 65	10, 53	0, 0000
Within groups	302122, 0	356	848,657		
Total (Corr.)	328938, 0	359			

**TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA DAC PARA TRATAMIENTO**

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratam Count Mean Homogeneous Groups

T3	90	56,8333	a
T1	90	62,3556	bc
T4	90	73,4889	bc
T2	90	78,5556	c

Contrast	Difference	+/- Limites
T1 - T2	*-16,2	11,2089
T1 - T3	5,52222	11,2089
T1 - T4	-11,1333	11,2089
T2 - T3	*21,7222	11,2089
T2 - T4	5,06667	11,2089
T3 - T4	*-16,6556	11,2089

\* denotes a statistically significant difference.

## TABLA ANOVA PARA HT POR TRATAMIENTO

---

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	207780, 0	3	69260, 0	6, 61	0, 0002
Within groups	3,72959E6	356	10476, 4		

---

Total (Corr.)	3,93737E6	359			
---------------	-----------	-----	--	--	--

---

## TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA HT POR TRATAMIENTO

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratam      Count      Mean      Homogeneous Groups

---

T3	90	195,922	a
T1	90	196,167	a
T4	90	242,344	b
T2	90	245,722	b

---

---

Contrast	Difference	+/- Limites
T1 - T2	*-49,5556	39,3823
T1 - T3	0,244444	39,3823
T1 - T4	*-46,1778	39,3823
T2 - T3	*49,8	39,3823
T2 - T4	3,37778	39,3823
T3 - T4	*-46, 4222	39, 3823

---

\* denotes a statistically significant difference.

### TABLA ANOVA PARA IBIOM POR TRATAMIENTO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	288898, 0	3	96299, 3	8, 86	0, 0000
Within groups	3,87058E6	356	1 0872, 4		
Total (Corr.)	4,15948E6	359			

### TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA IBIOM POR TRATAMIENTO

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratam Count Mean Homogeneous Groups

T3	90	148,837	a
T1	90	150,052	a
T2	90	198,907	b
T4	90	211,805	b

Contrast	Difference	+/- Limites
T1 - T2	*-48,8548	40,1198
T1 - T3	1,21456	40,1198
T1 - T4	*-61,753	40,1198
T2 - T3	*50,0693	40,1198
T2 - T4	-12,8982	40,1198
T3 - T4	*-62,9676	40,1198

\* denotes a statistically significant difference.

**EFECTO DISTISTAS DOSIS Y TIPO FERTILIZACION BORICA  
(FERTILIZACION DE PRIMAVERA).**

**TABLA ANOVA PARA DAC POR TRATAMIENTO**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	6104, 6	5	1220, 92	3, 08	0, 0095
Within groups	211807, 0	534	396,643		
Total (Corr.)	217912, 0	539			

**TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA DAC POR TRATAMIENTO**

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratam Count Mean Homogeneous Groups

T6	90	72,8667	a
T8	90	73,2556	a
T4	90	73,4889	a
T5	90	75,8333	ab
T2	90	78,5556	ab
T7	90	82, 1333	b

Contrast	Difference	+/- Limits
T2 - T4	5,06667	8,49053
T2 - T5	2,72222	8,49053
T2 - T6	5,68889	8,49053
T2 - T7	-3,57778	8,49053
T2 - T8	5,3	8,49053
T4 - T5	-2,34444	8,49053
T4 - T6	0,622222	8,49053
T4 - T7	*-8,64444	8,49053
T4 - T8	0,233333	8,49053
T5 - T6	2,96667	8,49053
T5 - T7	-6,3	8,49053
T5 - T8	2,57778	8,49053
T6 - T7	*-9,26667	8,49053
T6 - T8	-0,388889	8,49053
T7 - T8	*8,87778	8,49053

\* denotes a statistically significant difference.

## TABLA ANOVA PARA HT POR TRATAMIENTO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	106712, 0	5	21342, 4	3, 95	0, 0016
Within groups	2,88674E6	534	5405, 89		
Total (Corr.)	2,99346E6	539			

## TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA HT POR TRATAMIENTO

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratam Count Mean Homogeneous Groups

T6	90	216,7	a
T8	90	229,422	a
T5	90	240,989	ab
T4	90	242,344	ab
T2	90	245,722	ab
T7	90	262,2	b

Contrast	Difference	+/- Limites
T2 - T4	3,37778	31,345
T2 - T5	4,73333	31,345
T2 - T6	29,0222	31,345
T2 - T7	-16,4778	31,345
T2 - T8	16,3	31,345
T4 - T5	1,35556	31,345
T4 - T6	25,6444	31,345
T4 - T7	-19,8556	31,345
T4 - T8	12,9222	31,345
T5 - T6	24,2889	31,345
T5 - T7	-21,2111	31,345
T5 - T8	11,5667	31,345
T6 - T7	*-45,5	31,345
T6 - T8	-12,7222	31,345
T7 - T8	*32,7778	31,345

\* denotes a statistically significant difference.

## TABLA ANOVA PARA IBIOM POR TRATAMIENTO

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	210613, 0	5	42122, 5	5, 49	0, 0001
Within groups	4,09974E6	534	7677, 42		
Total (Corr.)	4,31035E6	539			

## TESTS DE RANGOS MULTIPLES PARA IBIOM POR TRATAMIENTO

Method: 95, 0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	Mean	Homogeneous Groups
--------	-------	------	--------------------

T6	90	163,663	a
T8	90	175,919	ab
T5	90	189,132	abc
T2	90	198,907	abc
T4	90	211,805	bc
T7	90	221,023	c

Contrast	Difference	+/- Limites
----------	------------	-------------

T2 - T4	-12,8982	37,3545
T2 - T5	9,77433	37,3545
T2 - T6	35,2432	37,3545
T2 - T7	-22,116	37,3545
T2 - T8	22,9878	37,3545
T4 - T5	22,6726	37,3545
T4 - T6	*48,1414	37,3545
T4 - T7	-9,21778	37,3545
T4 - T8	35,886	37,3545
T5 - T6	25,4689	37,3545
T5 - T7	-31,8903	37,3545
T5 - T8	13,2134	37,3545
T6 - T7	*-57,3592	37,3545
T6 - T8	-12,2554	37,3545
T7 - T8	*45,1038	37,3545

\* denotes a statistically significant difference.

**ANEXO N° 4**

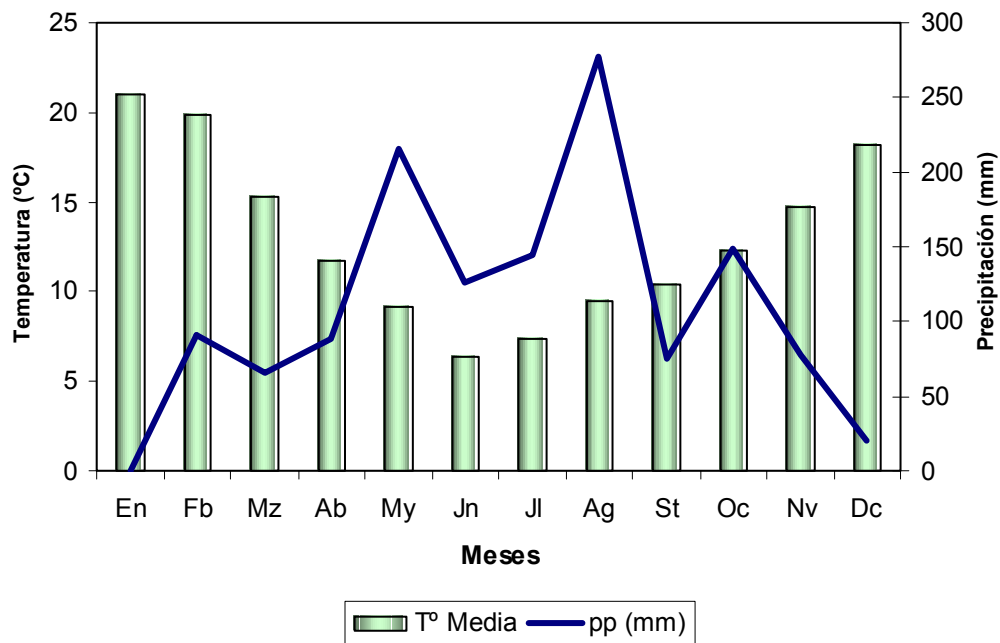
**ANTECEDENTES CLIMATICOS DE LA ZONA.**

### Antecedentes climáticos de la zona.

Corresponden al periodo de evaluación 2002 de la fertilización líquida con y sin control de malezas.

Respecto al clima de la zona de estudio, se tiene que las temperaturas máximas se registraron entre los meses de noviembre a marzo, y las mínimas se registraron entre mayo y agosto, de acuerdo a la información de los parámetros climáticos presentados en la figura 18.

En la figura 18 se presentan las precipitaciones y las temperaturas medias promedio del periodo de evaluación de los árboles 2002 obtenidas en la estación meteorológica Trilahue.



**Figura 18.** Variación de la precipitación y la temperatura media durante el año 2002 en la Estación Trilahue.

El periodo de mayores precipitaciones se da entre los meses de mayo y junio prolongándose hasta agosto con pp. de 276 mm para luego disminuir las precipitaciones en el mes de septiembre. Esto puede explicar el aumento de la absorción de boro por parte de la planta, dado que el boro se absorbe en presencia de agua y es a través de esta que se le encuentra disponible en el suelo para posteriormente ser absorbido por las raíces de las plantas de pino.

**ANEXO N° 5**

**FOTOGRAFIAS DEL ENSAYO.**



**Fotografía 1.** Testigo total (T1), fertilización de otoño.



**Fotografía 2.** Con control de malezas/ sin fertilización (T2), fertilización de otoño.



**Fotografía 3.** Sin control de malezas/ con fertilización (3 g boro/planta al voleo) (T3), fertilización de otoño.



**Fotografía 4.** Con control de malezas/ con fertilización (3 g boro/planta al voleo) (T4), fertilización de otoño.



**Fotografía 5.** Con control de malezas/ con fertilización (6 g boro/planta al voleo) (T5), fertilización de otoño.



**Fotografía 6.** Con control de malezas/ con fertilización (7,5 g boro/planta foliar) (T6), fertilización de otoño.



**Fotografía 7.** Con control de malezas/ con fertilización (15 g boro/planta foliar) (T7), fertilización de otoño.



**Fotografía 8.** Con control de malezas/ con fertilización (22,5g boro/planta foliar) (T8), fertilización de otoño.



**Fotografía 9.** Testigo total (T1), fertilización de primavera.



**Fotografía 10.** Con control de malezas/ sin fertilización (T2), fertilización de primavera.



**Fotografía 11.** Sin control de malezas/ con fertilización (3 g boro/planta al voleo) (T3), fertilización de primavera.



**Fotografía 12.** Con control de malezas/ con fertilización (3 g boro/planta al voleo) (T4), fertilización de primavera.



**Fotografía 13.** Con control de malezas/ con fertilización (6 g boro/planta al voleo) (T5), fertilización de primavera.



**Fotografía 14.** Con control de malezas/ con fertilización (7,5 g boro/planta foliar) (T6), fertilización de primavera.



**Fotografía 15.** Con control de malezas/ con fertilización (15 g boro/planta foliar) (T7), fertilización de primavera.



**Fotografía 16.** Con control de malezas/ con fertilización (22,5g boro/planta foliar) (T8), fertilización de primavera.



