



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

**EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS SILVÍCOLAS EN PLANTACIONES
DE *Pinus ponderosa* (DOUGL. EX LAWS) EN LA XI REGIÓN DE
AYSÉN**

Memoria para optar al Título

Profesional de Ingeniero Forestal

MANUEL ALEJANDRO DONOSO CARO

Prof. Guía: Sr. Juan Caldentey Pont. Ingeniero Forestal

Doctor en Recursos Silvícolas

Santiago, Chile

2008

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

**EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS SILVÍCOLAS EN PLANTACIONES
DE *Pinus ponderosa* (DOUGL. EX LAWS) EN LA XI REGIÓN DE
AYSÉN**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

MANUEL ALEJANDRO DONOSO CARO

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Dr. Juan Caldentey Pont	7,0
Prof. Consejero Dr. Gabriel Mancilla Escobar	7,0
Prof. Consejero Dr. Manuel Toral Ibáñez	6,5

*“A mis padres, hermanos, amigos y familiares queridos
que ya no están conmigo, y que siempre me apoyaron
para concretar este proyecto”*

AGRADECIMIENTOS

Este documento representa los largos años de estudio en la universidad, en los cuales he recibido la confianza y apoyo de mis familiares y amigos que fui conociendo durante este período, a los cuales, por medio del presente acápite deseo agradecer.

En primer lugar deseo agradecer el esfuerzo y apoyo incondicional de mis padres y hermanos, que sin ellos no habría concretar las expectativas de llegar a ser el profesional que hoy soy.

Además, quiero agradecer a mis grandes amigos de la universidad Evelyn Arias, Carlos Marambio y Claudio Garrido, con los que juntos compartimos estudiando, riendo, trabajando y apoyándonos cuando las cosas estaban mal.

No puedo dejar de agradecer a las personas que ya no están conmigo, que mientras estuvieron junto a mi, fueron un apoyo constante a que se concretaran mis aspiraciones a lograr ser un profesional. A mis queridas Edelmira Becerra y Erica Morales.

Un agradecimiento especial debo hacer a la gente de Forestal MININCO S.A., quienes me acogieron por dos meses en la ciudad de Coyhaique. Junto a ellos di mis primeros pasos como profesional forestal y gane la experiencia que hoy en día ha logrado dar sus frutos. A todos los miembros del Proyecto Aysén, muchas gracias por creer y confiar en mi.

También quiero agradecer especialmente al profesor Juan Caldentey por la paciencia, apoyo y guía que me ha brindado para lograr materializar el presente trabajo.

Fuera del aspecto académico, debo agradecer personalmente a mi pareja, Andrea Molina, que ha depositado en mi la confianza y apoyo incondicional en estos dos últimos años.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA ESPECIE	4
1.2 ANTECEDENTES DE PRÁCTICAS SILVÍCOLAS EN PLANTACIONES	6
1.3 OBJETIVOS	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL Y PLANTAS UTILIZADAS.....	11
2.2 SISTEMA DE EVALUACIÓN.....	12
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	13
2.3.1 Ensayos de calidad de plantas	13
2.3.2 Ensayo de forma y periodicidad de aplicación de herbicida para el control de malezas	15
2.3.3 Ensayo de fertilización.....	16
2.3.4 Ensayo de preparación del suelo	18
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
3.1 ENSAYO DE CALIDAD DE PLATAS	20
3.1.1 Evaluación del Factor de Productividad en plantas 2:0	20
3.1.2 Evaluación del Factor de Productividad en plantas 2:1	22
3.2 ENSAYO DE FORMA Y PERIODICIDAD DE APLICACIÓN DE HERBICIDA PARA EL CONTROL DE MALEZAS.....	24
3.3 ENSAYO DE FERTILIZACIÓN.....	28
3.4 ENSAYO DE PREPARACIÓN DE SUELO.....	32
4. CONCLUSIONES	40
ANEXOS	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos ecológicos del <i>Pinus ponderosa</i>	5
Cuadro 2. Tipos de técnicas en el control de malezas.....	8
Cuadro 3. Descripción de técnicas de manejo físico del suelo previo a la plantación.....	9
Cuadro 4. Detalle de los tratamientos evaluados por cada tipo de planta.....	14
Cuadro 5. Detalles de los tratamientos y subtratamientos a evaluar.....	15
Cuadro 6. Detalle de los tratamientos aplicados en el ensayo de fertilización.	17
Cuadro 7. Detalle de los tratamientos aplicados en el ensayo de preparación del suelo.	18
Cuadro 8. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Calidad de Plantas.	37
Cuadro 9. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Control de Malezas.	38
Cuadro 10. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Control de Malezas.	39
Cuadro 11. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Tratamiento de Suelo.....	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución natural de <i>P. ponderosa</i> por subespecies.....	5
Figura 2. Plano de ubicación de los ensayos en el Fundo El Bagual.....	12
Figura 3. Parcelas y tratamientos por tipo de planta para el ensayo de calidad de plantas..	14
Figura 4. Diseño de las parcelas y tratamientos para el ensayo de control de malezas.	16
Figura 5. Subdivisión de parcelas por periodicidad en la aplicación de tratamientos.	16
Figura 6. Diseño de distribución de parcelas y tratamientos en el ensayo de fertilización..	17
Figura 7. Distribución de las parcelas en los tratamientos de preparación del suelo.....	18
Figura 8. Evolución del factor de Productividad. Plantas 2:0.....	20
Figura 9. Incremento del Factor de Productividad (1999 – 2003). Plantas 2:0.	21
Figura 10. Incremento del Factor de Productividad (2003 – 2007). Plantas 2:0.	21
Figura 11. Evolución del Factor de Productividad. Plantas 2:1.....	22
Figura 12. Incremento del Factor de Productividad (1999 – 2003). Plantas 2:1.	23
Figura 13. Incremento del Factor de Productividad (2003 – 2007). Plantas 2:1.	23
Figura 14. Evolución del Factor de Productividad para el Ensayo de Control de Malezas según tratamiento.....	24
Figura 15. Evolución del Factor de Productividad para el Ensayo de Control de Malezas según periodicidad.	25
Figura 16. Incremento del Factor de Productividad para el Ensayo de Control de Malezas, período 1999 – 2003.	26
Figura 17. Incremento del Factor de Productividad para Ensayo de Control de Malezas, período 2003 – 2007.	27
Figura 18. Factor de Productividad para el Ensayo de Fertilización (año 2003).....	29
Figura 19. Factor de Productividad para Ensayo de Fertilización (año 2007).....	29
Figura 20. Diámetro a la altura del cuello para el Ensayo de Fertilización (año 2003).....	30
Figura 21. Diámetro a la altura del pecho para el Ensayo de Fertilización (año 2007).....	30
Figura 22. Altura para el Ensayo de Fertilización (año 2003).....	31
Figura 23. Altura para el Ensayo de Fertilización (año 2007).....	31
Figura 24. Factor de Productividad para el período 2003 en el ensayo de Preparación de suelo.....	33

Figura 25. Diámetro a la altura del cuello para el período 2003 en el Ensayo de Preparación de Suelo.....	33
Figura 26. Altura para el período 2003 en el Ensayo de Preparación de Suelo.....	34
Figura 27. Factor de Productividad para el período 2007 en el Ensayo de Preparación de Suelo.	34
Figura 28. Diámetro a la altura del pecho para el período 2007 en el Ensayo de Preparación de Suelo.....	35
Figura 29. Altura para el período 2007 en el Ensayo de Preparación de Suelo.....	35

RESUMEN

Con la finalidad de recuperar los suelos degradados y darle un valor productivo a estos, se ha llevado a cabo una importante cantidad de plantaciones forestales en la XI Región de Aysén. El presente trabajo da a conocer los resultados obtenidos en el análisis de las prácticas silvícolas utilizadas los primeros ocho años de establecimiento en plantaciones de *Pinus ponderosa* en el fundo “El Bagual”, ubicado en la comuna de Coyhaique, IX Región; con el fin de asegurar el establecimiento inicial y disminuir su período de rotación. Para ello se evaluó ensayos silviculturales entre los que se analizó: control de malezas, calidad inicial de la planta, fertilización y tratamiento en suelo con subsolado.

Para la evaluación de cada uno de ellos se realizó mediciones de altura, diámetro a la altura de cuello (DAC) y diámetro a la altura del pecho (DAP), para tres períodos diferentes (1999, 2003 y 2007). La variable de respuesta de cada ensayo, para cada uno de los análisis estadísticos fue el Factor de Productividad (FP).

Para el ensayo de control de malezas se obtuvo que el mejor tratamiento de aplicación de ROUNDUP® fue en forma de tasa con una superficie 1,8 m² aplicándose en los dos primeros años de la plantación. De la misma manera, para la calidad de plantas de Pino Ponderosa, se observó que, para las plantas 2:0 el tratamiento con individuos de 8 mm de diámetro inicial presentó un FP mayor que el resto de los tratamientos; por otro lado, para las plantas 2:1 el mejor tratamiento se logró con plantas que presentaban 14 mm de diámetro a la altura del cuello.

En el caso del ensayo de fertilización, se obtuvo que la mejor aplicación de dosis por planta de fertilizante de compuesto general 10 gr de N + 50 gr de P₂O₅ + 3 gr de B, fue el tratamiento al que se le adicionó 50 gr P₂O₅. Finalmente, para el ensayo de tratamiento del suelo se determinó que el tratamiento con subsolado a 40 cm de profundidad favorece el desarrollo en altura y diámetro de las plantas a diferencia del tratamiento sin subsolado.

Palabras clave: Pinus ponderosa, plantaciones, calidad de plantas, control de malezas, fertilización, tratamiento en el suelo, Patagonia..

ABSTRACT

To recover degraded ground and give them productive it has been carried out and important quantity of forest plantation in XI Region of Aysen. This work shows the results obtained in the analysis the practice silvicultural used in the first eight years to set in plantation of *Pinus ponderosa* in “El Bagual” ranch located in Coyhaique XI Region, to be sure the initial settlement and decrease its rotation period. For this was evaluated silviculture test. Such as weeds inspection, initial quality of plant, treatment and fertilization of the ground with subsoiling.

For the evaluation of each they were measured by diameter on the height of neck and diameter on the height of chest for three different periods (1999, 2003 y 2007). The answer of each test was the factor productivity (FP).

For the weeds control test, the best result was the application to ROUNDUP®. It was measured in an area of 1.8 M² mostly applied in the first two years of the plantation. In the same way for the quality of plants on Pine Ponderosa was watched for the plants 2:0 the treatment with species of 8 mm initial diameter. It showed a bigger FP than the rest the treatment; on the other hand for 2:1 plants the best treatment was obtained which plants showed 14 mm of diameter on the height of chest.

In the case of fertilization test was obtained that the best application of plants doses by plant fertilizing was compound by general 10 gr of N + 50 gr of P₂O₅ + 3 gr of B , and it was added 50 gr P₂O₅. Finally for the treatment of ground test was determinate that the treatment with subsoiling on the 40 cm deep is better for development in height and diameter on the plants in contrast to the treatment without subsoiling.

Key words: Pinus ponderosa, plantations, quality of plants, weeds control, fertilization, treatment of ground, Patagonia

1. INTRODUCCIÓN

Los más extensos e intensivos incendios de bosques registrados en Chile, se han producido en los Bosques Patagónicos, localizados en la Región de Aysén (44° a 47° S), entre los años 1936 y 1956 durante la colonización. Con el tiempo se asentaron importantes sociedades ganaderas, que ocuparon las mejores tierras estatales; lo cual produjo que la ocupación de los colonos tuviera que hacerse en sectores marginales, de escasas praderas, para lo cual debían “limpiar” sus campos (bosques) y lograr establecer praderas para sus animales.

Quintanilla (2007), destaca que el proceso de colonización en la región careció de un ordenamiento o programa, causando la pérdida de casi 3 millones de hectáreas, equivalente a un 60% del bosque nativo de la región. Los incendios también fueron provocados por la industria maderera, pues el trabajo de extracción de trozas se facilitaba mediante el fuego. Además, las quemas no controladas se efectuaron durante décadas y los incendios se propagaban, a veces, un par de meses, en épocas estivales.

Indudablemente que con los incendios: la foresta, la biodiversidad, los suelos y la fauna de los ecosistemas sufrieron profundos impactos, producto de los cuales, gran parte de estos paisajes, aún hoy en día no se recuperan.

Al día de hoy, en la XI Región hay miles de hectáreas que no poseen regeneración natural arbórea y, además, se presentan extensas superficies con troncos de grandes Coigües calcinados o podridos. Estos terrenos se encuentran expuestos a la invasión de arbustos y hierbas exóticas (como lo es la Rosa Mosqueta); al desarrollo de intensos procesos erosivos, donde los suelos han reducido considerablemente su espesor; y a una alta frecuencia de rodados y deslizamientos en las laderas de las montañas andinas, arrasando y sepultando con ellos el escaso bosque de renuevo.

Desde 1989, la empresa Forestal Mininco S.A. está realizando un programa de forestación de esos terrenos con Pino Ponderosa y Pino Oregón, especies adaptadas tanto al riguroso clima de esa zona austral como a las características actuales de esos suelos. Las operaciones de forestación han considerado la recuperación de 1.900 ha de terrenos devastados por la

erupción del Volcán Hudson, ocurrida en el año 1991 (Forestal Mininco S.A., 2007). Estos terrenos, por el hecho de haber quedado completamente cubiertos por ceniza y escoria volcánica, poseen muy baja productividad forestal, por lo que el desarrollo de estudios de silvicultura intensiva, mejorarían de forma sustancial la ganancia en volumen durante los primeros años de establecimiento de las plantaciones forestales.

1.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA ESPECIE

La especie *Pinus ponderosa* pertenece al género *Pinus* y a la familia *Pinaceae*; es un árbol de grandes dimensiones, pudiendo alcanzar en buenos sitios, alturas superiores a los 50 m y diámetros cercanos a 100 cm. Tiene fuste cilíndrico y recto, con copas pequeñas y cónicas en los árboles de mayor edad. Sus ramas son cortas y gruesas. Posee corteza de color café oscuro, gruesa y resistente al fuego. Desarrolla una raíz pivotante muy profunda, la cual lo hace resistente a sequías y a vientos fuertes. Tiene fascículos de tres acículas y de 15 a 27 cm de largo. (INFOR, 1998).

El Pino Ponderosa tiene una amplia distribución natural en Norteamérica, extendiéndose latitudinalmente desde el sur del estado de British Columbia en Canadá hasta México. Longitudinalmente se encuentra, en los EE.UU., desde la costa pacífica hasta el medio Oeste, donde conforma una línea entre los estados de Dakota del Norte y Texas, (Barroetaveña y Rajchenberg, 2003; Earle, 2007), además se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 3.000 m (Rama, s/f).

La especie crece principalmente en zonas donde las precipitaciones medias anuales oscilan entre 250 y 760 mm, soportando nevazones invernales. Se desarrolla bajo un amplio rango de temperaturas del aire y resistiendo a fluctuaciones térmicas amplias, desde un mínima absoluta de -38 °C a una máxima absoluta de 41 °C. Crece en suelos originados a partir de cenizas volcánicas, glaciares y rocas de diferentes tipos, con texturas livianas hasta arcillosas compactadas, sin embargo los mejores crecimientos se presentan en suelos

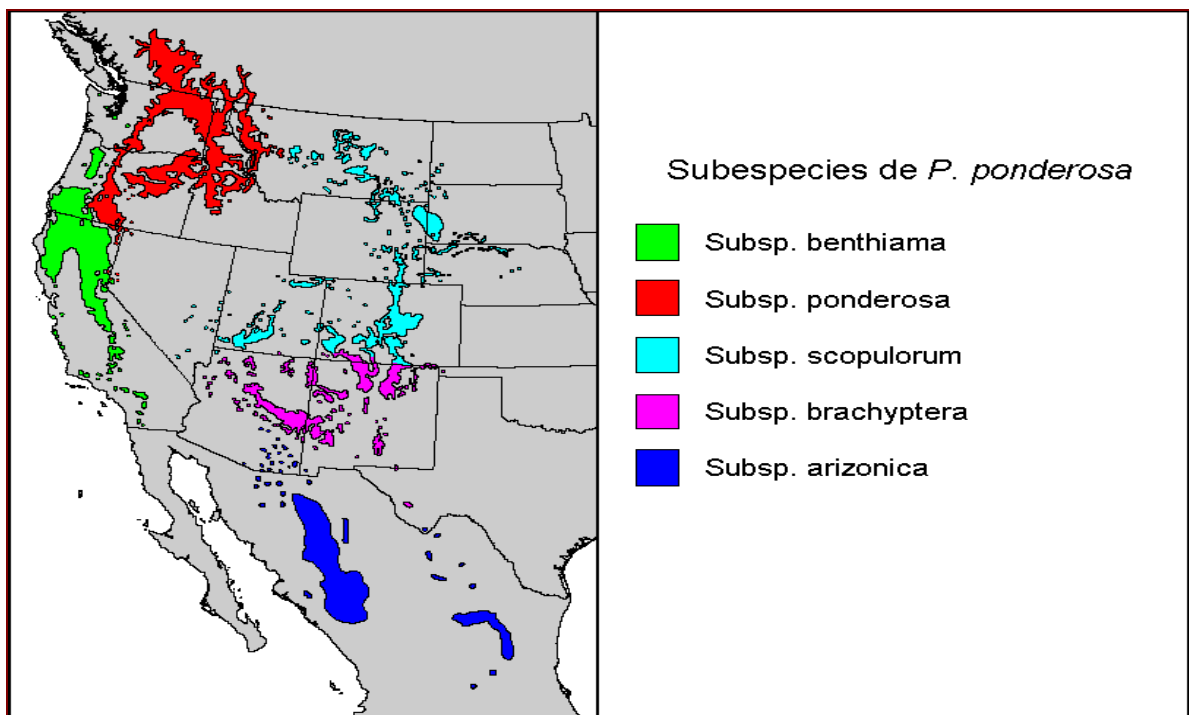
profundos, disgregados y drenados (García *et al.*, 2000). En el Cuadro 1 se presentan algunos requerimientos ambientales de la especie.

Cuadro 1. Requerimientos ecológicos del *Pinus ponderosa*.

Factor Ambiental	<i>Pinus ponderosa</i>
Pp media anual	250 a 760 mm (con influencia de pp sólida)
T° media anual del aire	5,5 a 10 °C
T° mínima absoluta del aire	-38 °C
T° máxima absoluta del aire	41 °C
Número máximo de meses secos	4
Profundidad de suelos	delgados a profundos
Drenaje de suelos	bueno a moderado
Número de heladas anuales	90
Textura del suelo	liviana a pesada

Fuente: García *et al.*, 2000

Minuciosos estudios en las zonas de origen del *P. ponderosa* han determinado la existencia de cinco taxas distintas, denominadas “razas” o “ecotipos”, morfológicamente diferentes entre si. La distribución de ellas se muestra en la Figura 1 (Earle, 2007).



Fuente: Earle, 2007.

Figura 1. Distribución natural de *P. ponderosa* por subespecies.

La madera de *Pinus ponderosa*, aunque usada para una gran variedad de fines, es ocupada principalmente para la producción industrial de maderas aserradas y elaboradas (Navarrete, 2001). Se emplea para molduras, puertas, ventanas, marcos y cajones, donde es vital la durabilidad de la pieza sujeta a movimiento. Su capacidad de tolerar arrastres, impactos y sacudidas sin astillarse la hacen preferida para marcos, postigos, biombos, columnas, escaleras e impostas. Se clasifica en el 25% superior de las maderas de fácil pegado y se emplea en todo tipo de piezas fijadas con diversos adhesivos (Softwood, 2001).

En Chile, se han establecido cerca de 22.000 ha de plantación de *P. ponderosa* distribuidas en las regiones IX, XIV, X y XI (INFOR, 2006). El objetivo inicial de estas plantaciones fue de protección y recuperación de suelos, de tal forma de aminorar los procesos erosivos que ocurrían por la rigurosidad y variabilidad climática existentes en estas regiones. Gracias a la excelente adaptabilidad a las condiciones de sitio que manifestó esta especie, reflejada en altas tasas de sobrevivencia y desarrollo, y a la existencia de un mercado como el norteamericano, que requiere un alto volumen comercial de materia prima con las características del *P. ponderosa*, se considera a ésta como un producto interesante para el país (INFOR, 1998).

1.2 ANTECEDENTES DE PRÁCTICAS SILVÍCOLAS EN PLANTACIONES

Para aumentar la productividad de las plantaciones establecidas en suelos y sitios pobres se han efectuado investigaciones silvícolas que han generado nuevas tecnologías y esquemas de manejo.

Actualmente, entre las técnicas más utilizadas para corregir deficiencias nutricionales, se destaca la fertilización mineral de las plantaciones. La necesidad de fertilizar los suelos aumenta en sitios marginales y donde se usa el método de tala rasa para cosechar plantaciones con especies de rápido crecimiento.

Los beneficios que una adecuada fertilización puede generar en las plantaciones son variados. Al entregar los nutrientes faltantes, se estimula el desarrollo de las raíces, permite a la planta una mayor ocupación del suelo y se aprovechan, en forma más eficiente, el agua y los nutrientes disponibles. Con esto, se logra una mayor supervivencia, un rápido crecimiento inicial y cierre de copas, lo cual disminuye o elimina la competencia con malezas, obteniéndose un rodal más uniforme y un mayor rendimiento al momento de la cosecha (García *et al.*, 2000).

Rose y Ketchum (2002), en un estudio realizado en diversas especies de coníferas en la costa noroeste del Pacífico de EEUU, lograron determinar que para un período de cuatro años, plantas de *P. ponderosa* sometidas a un tratamiento de fertilización (N, P, K y micronutrientes) tienen desarrollos volumétricos del tallo mayores que plantas sin ninguna aplicación de fertilizante.

Uno de los aspectos relevantes para lograr un exitoso establecimiento de una plantación forestal es la calidad inicial de la planta. Según Crespo (2004), lo que se debe considerar en la calidad de una planta es su morfología, la cual es la manifestación de la respuesta fisiológica de la planta a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del vivero. En términos generales, una planta de buena calidad debe tener un follaje saludable, brotes bien desarrollados, un sistema radicular fibroso y un buen diámetro de cuello (DAC), donde esta última variable es un buen indicador de la resistencia de la planta a fenómenos tales como viento, calor y frío; es decir, a mayor diámetro del tallo, normalmente corresponde a una mayor cantidad de raíces y una mayor aislación a la temperatura.

Otra de las prácticas silvícolas que se aplican pre y post plantación es el control de malezas. El objetivo de esta actividad, es mantener a las plantas sin competencia de cualquier otro tipo de vegetación ajena a la especie plantada el máximo de tiempo posible, hasta que estas se establezcan y se cierre el dosel (García *et al.*, 2000). Las malezas (generalmente de origen exótico), requieren de control, especialmente en la etapa temprana de la plantación, ya que dificultan el crecimiento inicial y buen desarrollo de la plantación, compitiendo agresivamente por los recursos del sitio. En el Cuadro 2 se indican los principales tipos de

técnicas de control de malezas, indicando sus ventajas y desventajas (Gayoso y Acuña, 1999).

Cuadro 2. Tipos de técnicas en el control de malezas

	Control Mecánico	Control Químico (herbicidas)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • No incorpora químicos al suelo ni aguas 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto rendimiento de faena • Mayor efectividad • Específicos para determinados grupos de malezas
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo rendimiento de faenas • Menor efectividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Incorpora químicos al suelo y al agua • Requiere de medidas de seguridad de quienes manipulan y aplican el producto

Fuente: Gayoso y Acuña, 1999.

Se han realizado numerosas investigaciones referente al control de malezas en plantaciones de producción, y en su mayoría arroja resultados significativos en cuanto a crecimiento en biomasa al minimizar el efecto de la vegetación competidora, ya sea con métodos químicos o manuales (Soto, 2006).

Pezzutti y Caldato (2004), mencionan que el control de malezas con herbicidas es realizado en plantaciones de coníferas en varios países del mundo, favoreciendo en gran medida su crecimiento. Los mismos autores destacan que, en plantaciones de *Pinus radiata* el buen control de malezas es esencial para garantizar una alta sobrevivencia inicial y un crecimiento uniforme de las plantas, donde los resultados a los 11 años de edad muestran diferencias del 50% de crecimiento en volumen entre árboles que crecieron con control de malezas y los que crecieron sin control.

El tiempo durante el cual se debe mantener a las plantaciones libres de interferencias por parte de las malezas, así como la superficie a controlar para lograrlo, es de fundamental importancia para las empresas forestales desde el punto de visto económico y ambiental (Pezzutti y Caldato, 2004).

Se ha logrado establecer que la acción conjunta entre el control de malezas, la fertilización y el riego provoca un mayor crecimiento inicial y en un mejor desarrollo futuro de las plantaciones. Estas técnicas han permitido incrementar los niveles de producción de las plantaciones forestales de rápido crecimiento, haciéndolas aún más interesantes desde el punto de vista económico (Mora, 1996; Powers y Reynolds, 1999).

Respecto al tratamiento del suelo, Gayoso y Acuña (1999) destacan que el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo es crucial en la preparación del sitio para una plantación forestal, donde:

- Mejora la capacidad de agua aprovechable del suelo.
- Contribuye a superar la compactación generada por anteriores prácticas de manejo.
- Favorece considerablemente el crecimiento inicial de la plantación

Para obtener mejores resultados y prevenir procesos erosivos, las labores de cultivo físico del suelo deben realizarse cuando éste tenga bajo contenido de humedad. Las principales técnicas de manejo físico del suelo se describen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de técnicas de manejo físico del suelo previo a la plantación.

Técnica de manejo físico del suelo	Descripción de la técnica
En taza o encasillado	<ul style="list-style-type: none"> • Por ser tratamiento discontinuo, previene la erosión. • Se modifica sólo el área aledaña a la planta.
Confección de surco	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción poco profunda del suelo. • Mayor rendimiento. • Necesidad de labores siguiendo curva de nivel (en caso contrario existe posibilidad de erosión). • Puede invertir los horizontes del perfil
Subsolado	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicable sólo en suelos profundos (> 1 m). • Remoción muy profunda del suelo (50 a 60 cm, favoreciendo la infiltración y mejora drenaje interno). • Mayor necesidad de labores siguiendo curva de nivel (caso contrario propende a la erosión). • Generalmente no invierte los horizontes del perfil.

Fuente: Gayoso y Acuña, 1999.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar qué prácticas silvícolas en plantaciones de *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws), en la XI Región, son las más adecuadas para obtener un mayor rendimiento volumétrico en los primeros años de crecimiento.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto del DAC inicial en el desarrollo de las plantas de *P. ponderosa*, además de comparar el desarrollo de plantas 2:0 y 2:1.
- Determinar las mejores formas y periodicidad en la aplicación del herbicida ROUNDUP® en el control de malezas.
- Determinar las dosis del fertilizante (10 N + 50 P₂O₅ + 3 B), que produzcan las mayores tasas de crecimiento.
- Evaluar el efecto de tratamientos en la preparación del suelo en el desarrollo en las plantas de *P. ponderosa*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

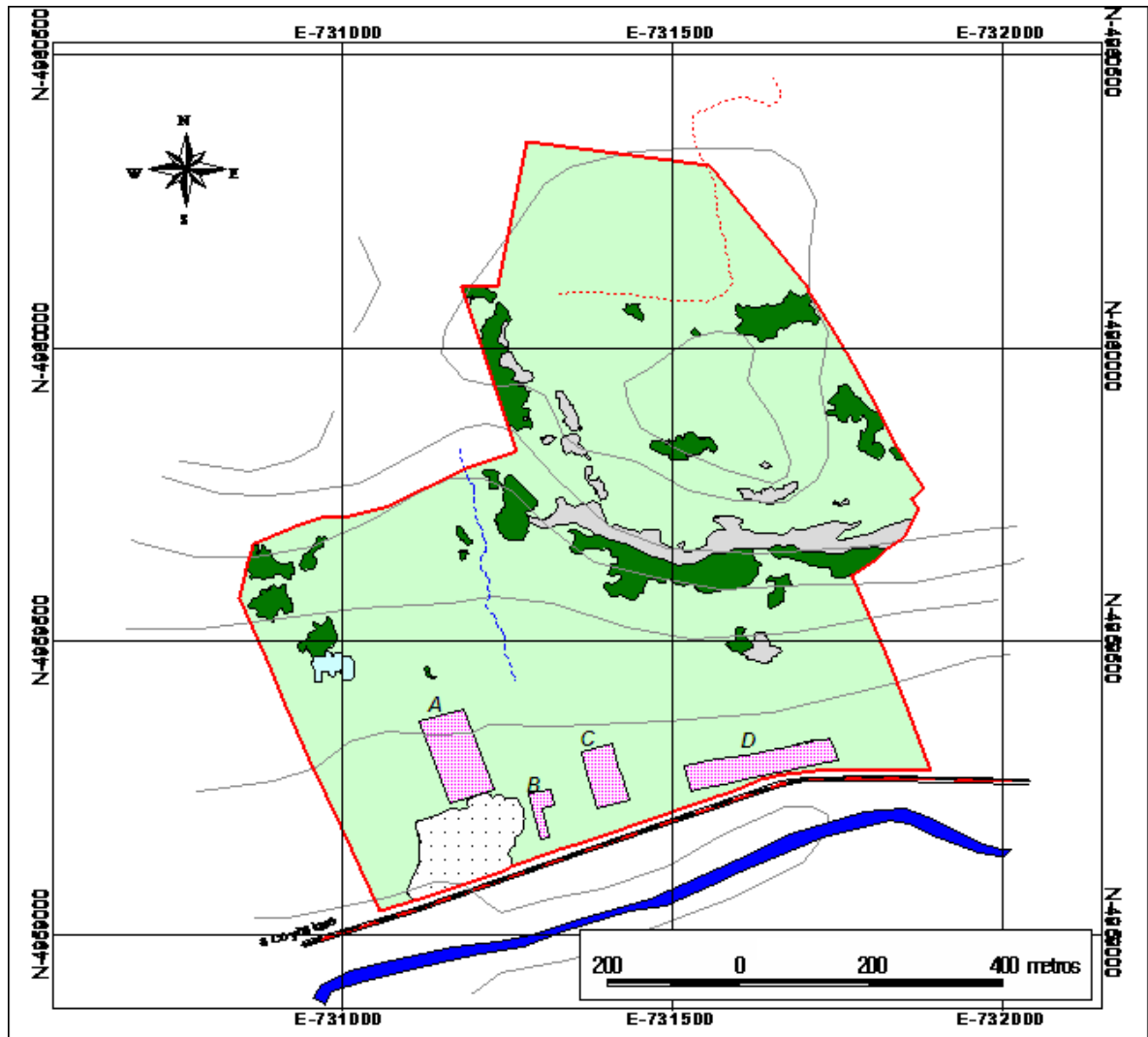
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL Y PLANTAS UTILIZADAS

- Ubicación: Fundo El Bagual, Comuna de Coyhaique, XI Región.
- Clima: Transición entre templado constantemente húmedo y templado constantemente húmedo con degeneración estepárica.¹
- Especie: *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws).
- Procedencia de plantas: Vivero Mañihuales, Forestal Mininco S.A.
- Establecimiento de los Ensayos: Primavera 1999, junto con una plantación de 84 ha..
- Densidad de plantación: 1.250 plantas/ha.
- Procedencia de las semillas: Sur del Estado de Washington, EE.UU.
- Tipo de planta: planta de tres años (tipo 3:0, a excepción del ensayo de calidad de plantas).
- Silvicultura: Incluye preparación de suelo, control de malezas y fertilización.

En la Figura 2, se detalla la ubicación del fundo y los ensayos dentro de este, donde las áreas demarcadas con letras indican la ubicación de cada ensayo evaluado:

- A : Ensayo de forma y periodicidad de aplicación de herbicida para el control de malezas
- B : Ensayo de calidad de plantas
- C : Ensayo de preparación de suelo
- D : Ensayo de fertilización

¹ Comunicación personal. Juan Caldentey P. Dr. Ing. Forestal. Departamento de Silvicultura, Universidad de Chile.



Fuente: Forestal MININCO S.A., 2007.

Figura 2. Plano de ubicación de los ensayos en el Fundo El Bagual.

2.2 SISTEMA DE EVALUACIÓN

- Variables de Medición: diámetro a la altura del cuello (DAC), diámetro a la altura del pecho (DAP) y Altura (h).
- Variables de Respuesta: Factor de Productividad ($FP = d^2 \cdot h$, donde d = diámetro y h = altura).

Para la comparación temporal de las respuestas de los ensayos en sus diferentes tratamientos, se analizaron las mediciones realizadas en los años 1999, 2003 y 2007.

Para las mediciones que se efectuaron en el año 2007, la variable d (diámetro) del factor de productividad se calculó con el DAP, a diferencia de las mediciones realizadas en los años 1999 y 2003, donde se evaluó con el DAC, minimizando el sesgo de la variable de respuesta.

En numerosos estudios que se han realizado en Chile y Argentina referente a plantaciones jóvenes de coníferas, se ha utilizado como variable de respuesta el Factor o Índice de Productividad, como en plantaciones de *Pinus radiata* (Toral *et al*, 2005; Palma *et al*, 1998), *Pinus ponderosa* (Letourneau y Andenmatten, 2002) y *Araucaria angustifolia* (Martiarena, 2002); esto debido a que, para edades tan tempranas una función de volumen entrega valores que no se ajustan a la realidad de las plantas.

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cada objetivo específico condicionó el diseño experimental y el posterior análisis estadístico de los resultados, tal como se explica continuación:

2.3.1 Ensayos de calidad de plantas

A través de este ensayo se determinó cuál era el diámetro de cuello óptimo que el vivero debía despachar a terreno, para así obtener un mayor volumen del tallo en plantas de *P. ponderosa* en los primeros años de crecimiento.

El diseño experimental correspondió a bloques completamente al azar con tres repeticiones, con parcelas lineales de nueve plantas cada una, sin bordes. Se analizó de forma independiente los ensayos realizados con plantas 2:0 y 2:1.

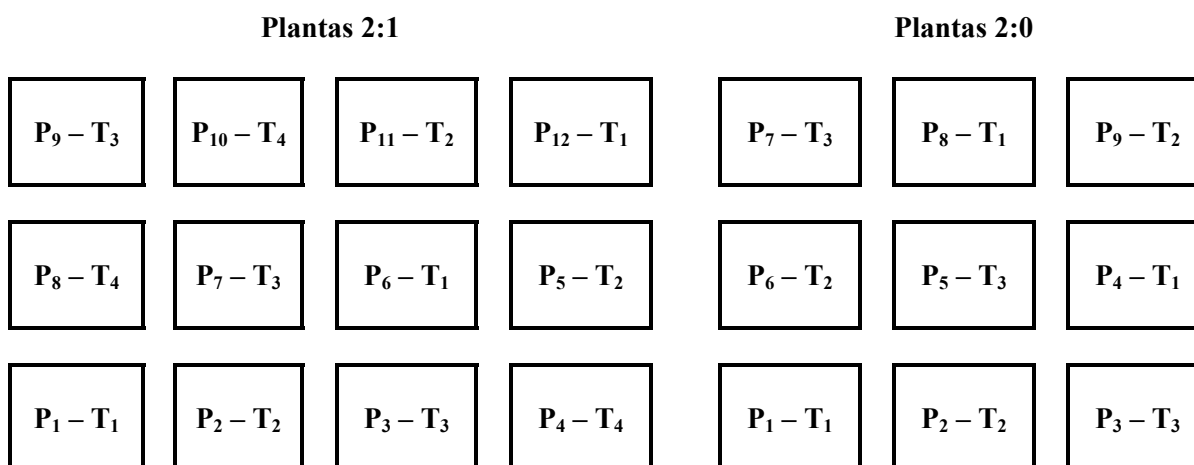
La descripción de los tratamientos que se evaluaron para los dos tipos de plantas se entregan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Detalle de los tratamientos evaluados por cada tipo de planta.

Plantas 2:0	Plantas 2:1
T ₁ : 4 mm de diámetro de cuello inicial	T ₁ : 8 mm de diámetro de cuello inicial.
T ₂ : 6 mm de diámetro de cuello inicial	T ₂ : 10 mm de diámetro de cuello inicial.
T ₃ : 8 mm de diámetro de cuello inicial	T ₃ : 12 mm de diámetro de cuello inicial.
	T ₄ : 14 mm de diámetro de cuello inicial.

Los diámetros de cuello inicial indicados para cada tratamiento corresponden a un valor promedio del cual, cada planta se mantiene dentro de un rango no superior a los 0,5 mm.

La distribución de las parcelas y tratamientos por tipo de planta dentro del ensayo, se muestra en la Figura 3.



* P_i - T_j: Parcela *i* bajo el tratamiento de calidad de planta *j*.

Figura 3. Parcelas y tratamientos por tipo de planta para el ensayo de calidad de plantas.

Se realizó un análisis de varianza basado en el modelo estadístico unifactorial, en bloques completamente al azar. Para la comparación múltiple de promedios se utilizó Pruebas de Duncan, ajustadas al 5% de significancia ($\alpha < 0,05$).

2.3.2 Ensayo de forma y periodicidad de aplicación de herbicida para el control de malezas

El diseño experimental correspondió a parcelas divididas en bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las parcelas fueron cuadradas, con 108 plantas (12 individuos de frente x 9 de fondo). Los tratamientos consistieron a las formas de aplicación y los subtratamientos a la periodicidad, tal como se muestra en el Cuadro 5. En cada sub parcela se consideraron 3 hileras de 12 plantas cada una.

Cuadro 5. Detalles de los tratamientos y subtratamientos a evaluar.

Tratamientos (Intensidad) :	T ₁ : Testigo	T ₃ : Banda 2 m
	T ₂ : Superficie Total	T ₄ : Taza 1,8 m ²
Sub tratamientos (Periodicidad) :	Año 0 Año 0+1 Año 0+1+2	

El herbicida que se utilizó para el ensayo fue ROUNDUP® sólido, con una dosis de 3 kg/ha de ingrediente activo. Este fue diluido en 400 l de agua para una hectárea de aplicación.

Esquemas del diseño total del ensayo y específicamente por cada parcela se presentan en las Figuras 4 y 5.

P₁₂ - T₃	P₅ - T₄	P₄ - T₁
P₁₁ - T₄	P₆ - T₁	P₃ - T₂
P₁₀ - T₁	P₇ - T₂	P₂ - T₃
P₉ - T₂	P₈ - T₃	P₁ - T₄

* P_i - T_j : Parcela *i* bajo el tratamiento de control de malezas *j*.

Figura 4. Diseño de las parcelas y tratamientos para el ensayo de control de malezas.

97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	3 aplicaciones
96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	3 aplicaciones
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	3 aplicaciones
72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	2 aplicaciones
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	2 aplicaciones
48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	2 aplicaciones
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	1 aplicación
24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	1 aplicación
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1 aplicación

Figura 5. Subdivisión de parcelas por periodicidad en la aplicación de tratamientos.

Los resultados fueron analizados mediante el modelo estadístico bifactorial, con efecto jerárquico en parcelas divididas y en bloques completamente al azar. Para la comparación múltiple de promedios se utilizaron Pruebas de Duncan, al 5% de significancia ($\alpha < 0,05$).

2.3.3 Ensayo de fertilización

La carencia de nutrientes en suelos de aptitud preferentemente forestal es común en plantaciones forestales. Está demostrado que una fertilización adecuada mejora los crecimientos en los primeros años de los individuos. Por medio de este ensayo se establecieron las concentraciones de fertilizante que eran necesarias para mejorar el rendimiento en contraste a la no aplicación de fertilizante.

El fertilizante que se utilizó fue una mezcla hecha a pedido, compuesta de 10 g (N) + 50 g (P₂O₅) + 3 g (B). A esta Fórmula General Completa (FGC) se le adicionó, según el tratamiento en el ensayo, 25, 50 ó 100 g de P₂O₅, ó 3 g de B. Se aplicó el ingrediente activo en estado sólido (granulado), utilizando vasos calibrados para las dosis respectivas por planta.

El diseño experimental consideró bloques completamente al azar, con parcelas de 49 plantas (7 x 7 individuos) totales. Sólo se midieron las 25 plantas centrales, para eliminar efectos de bordes.

La descripción de los tratamientos se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Detalle de los tratamientos aplicados en el ensayo de fertilización.

T ₁ :	Testigo sin fertilización	T ₄ :	FGC + 100 gr P ₂ O ₅
T ₂ :	FGC + 25 gr P ₂ O ₅	T ₅ :	FGC + 3 gr BORO
T ₃ :	FGC + 50 gr P ₂ O ₅	T ₆ :	FGC

* FGC : 10 gr (N) + 50 gr (P₂O₅) + 3 gr (B)

El diseño experimental del ensayo se presenta en la **Figura 6**.

B₂	P₁₂-T₃	P₁₁-T₅	P₁₀-T₁	P₉-T₆	P₈-T₂	P₇-T₄	B₄	P₂₄-T₄	P₂₃-T₁	P₂₂-T₂	P₂₁-T₅	P₂₀-T₆	P₁₉-T₃
B₁	P₁-T₁	P₂-T₂	P₃-T₃	P₄-T₄	P₅-T₅	P₆-T₆	B₃	P₁₃-T₂	P₁₄-T₆	P₁₅-T₅	P₁₆-T₃	P₁₇-T₄	P₁₈-T₁

* P_i - T_j : Parcela *i* bajo el tratamiento de fertilización *j*.

** B_i : Bloque experimental *i* del ensayo de fertilización.

Figura 6. Diseño de distribución de parcelas y tratamientos en el ensayo de fertilización.

El análisis de varianza se realizó mediante el modelo estadístico unifactorial y en bloques completamente al azar. Para la comparación múltiple de promedios se empleó Pruebas de Duncan, ajustadas al 5% de significancia ($\alpha < 0,05$).

2.3.4 Ensayo de preparación del suelo

Con el fin de lograr mayores incrementos en el crecimiento inicial y mejorar el establecimiento de las plantas en terreno, se ensayó un subsolado realizado con un tractor agrícola y un router de 60 cm, con el objeto de lograr mejorar el desarrollo radicular.

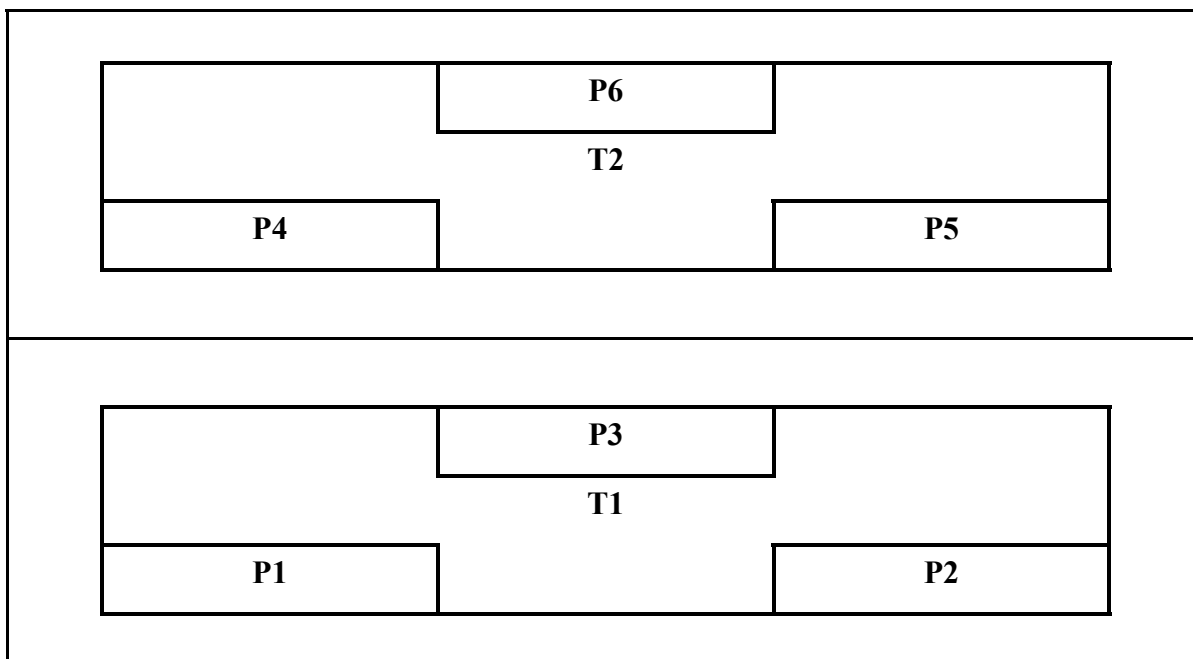
El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorios, donde cada repetición constó de 30 plantas, con borde de 1 hilera.

La descripción de cada uno de los tratamientos se describe en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Detalle de los tratamientos aplicados en el ensayo de preparación del suelo.

T ₁ :	Con Subsulado Agrícola a 40 cm de profundidad.
T ₂ :	Sin Subsulado Agrícola.

El diseño experimental del ensayo se presenta en la Figura 7.



* P_i : Parcela *i* del ensayo de tratamiento de suelo.

** T_j : Tratamiento *j* del ensayo de tratamiento de suelo.

Figura 7. Distribución de las parcelas en los tratamientos de preparación del suelo.

En el análisis estadístico de los resultados se utilizó la Prueba t de student, al 5% de significancia ($\alpha < 0,05$).

En general, para todos los ensayos evaluados, los resultados son expresados a través de gráficos comparativos entre los tres períodos de medición para cada ensayo, indicando en gráficos separados los volúmenes promedio, altura, DAC y DAP obtenidos para cada período, por tratamiento. Además, se indicó en cada gráfico dentro de la media la desviación estándar para cada uno de los tratamientos. Para indicar las diferencias significativas entre tratamientos estas fueron señaladas en grupos estadísticos simbolizados con letras, por lo tanto, letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ENSAYO DE CALIDAD DE PLATAS

3.1.1 Evaluación del Factor de Productividad en plantas 2:0

Al visualizar la evolución de las plantas 2:0 se denota un crecimiento sin diferencias significativas en el primer año de evaluación (1999), a pesar de las diferencias de diámetros entre tratamientos (Figura 8). En la segunda evaluación del ensayo (2003), ya comienza a presentarse una clara diferencia entre tratamientos, donde las plantas con diámetro medio de 8 mm (T₃) se encuentran en un grupo estadístico superior a los tratamientos restantes. Finalmente, en las mediciones realizadas en el año 2007, las plantas de 6 y 8 mm (T₂ y T₃ respectivamente), comienzan a presentar un desarrollo estadísticamente similar, a diferencia del tratamiento con plantas de 4 mm de diámetro (T₁).

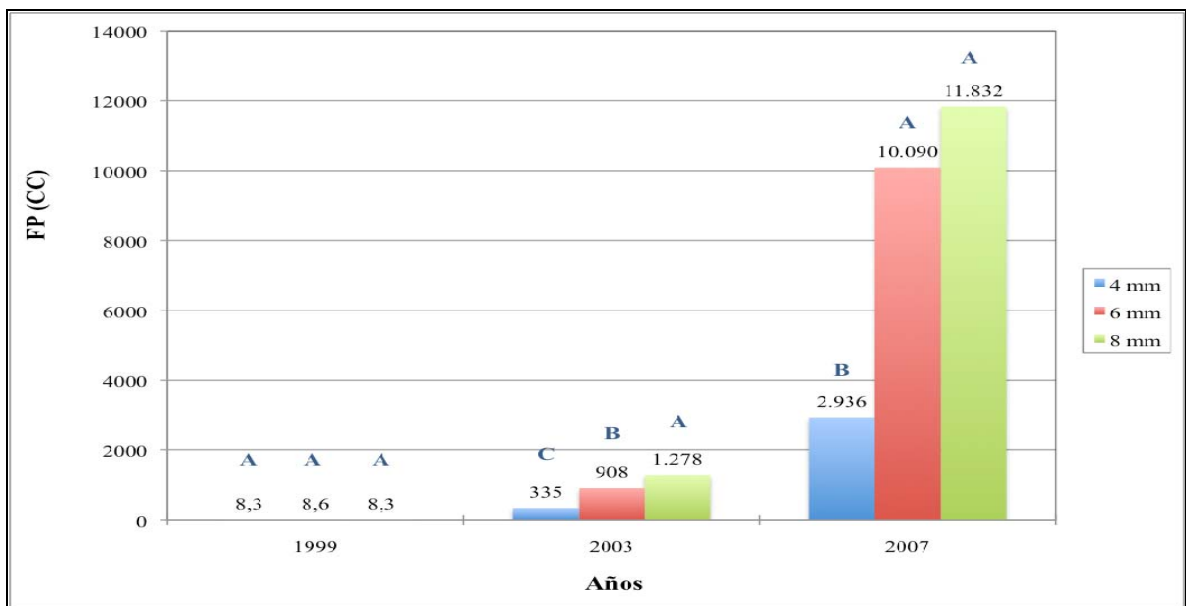


Figura 8. Evolución del factor de Productividad. Plantas 2:0.

El Incremento de Factor de Productividad observado para el período 1999-2003 denota claras diferencias entre los tres tratamientos, que se observan en la Figura 9.

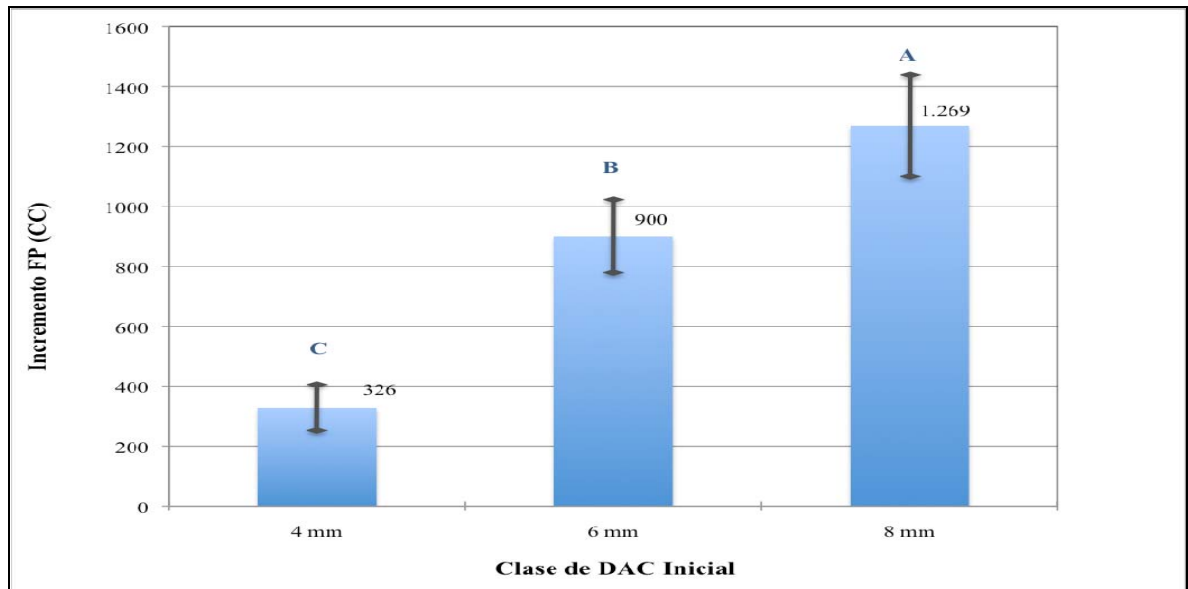


Figura 9. Incremento del Factor de Productividad (1999 – 2003). Plantas 2:0.

Durante el período 2003 – 2007, el Incremento del Factor de Productividad entre las plantas de 6 mm y 8 mm no presenta diferencias significativas, a diferencia de las plantas de 4 mm donde su media está muy por debajo de las otras clases de diámetro inicial (ver Figura 10).

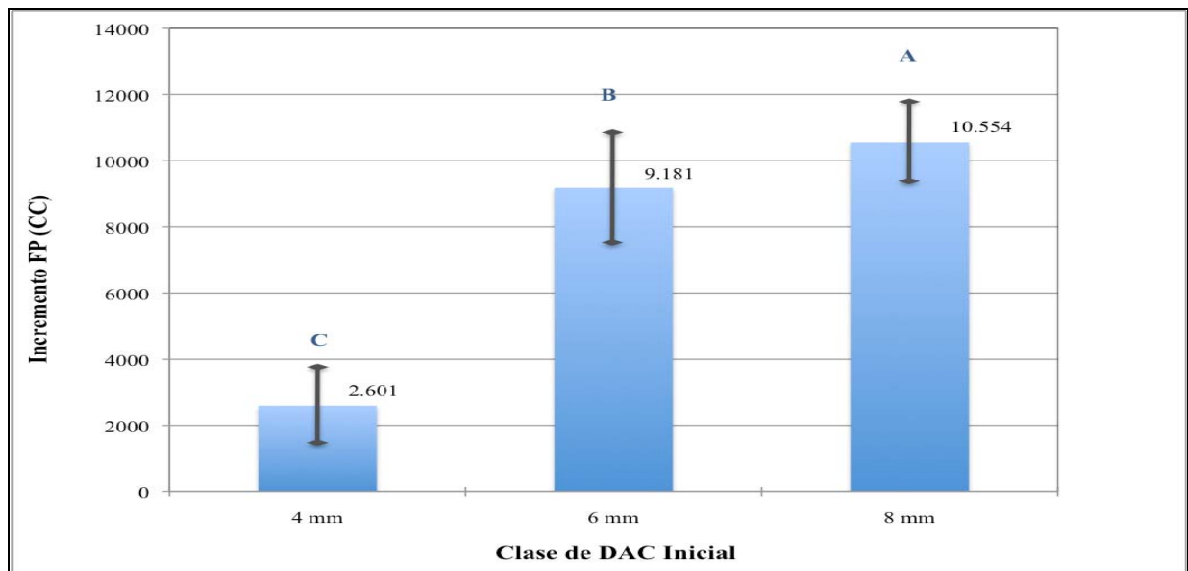


Figura 10. Incremento del Factor de Productividad (2003 – 2007). Plantas 2:0.

3.1.2 Evaluación del Factor de Productividad en plantas 2:1

La Figura 11 gráfica las diferencias entre los tratamientos para las plantas 2:1, donde se presentan diferencias estadísticas que se mantienen siguiendo una misma tendencia a través del tiempo. En el año 2003, el mejor tratamiento es la clase de diámetro inicial 14 mm. Las clases 10 y 12 mm son algo inferiores y no presentan diferencias estadísticas entre ellas. El tratamiento que presenta resultados más bajos es la clase de diámetro 8 mm.

Una tendencia similar se manifiesta en el año 2007, donde nuevamente el mejor tratamiento corresponde a la clase de diámetro inicial de 14 mm, a pesar de que se encuentren en un mismo grupo estadístico con las clases de 10 y 12 mm.

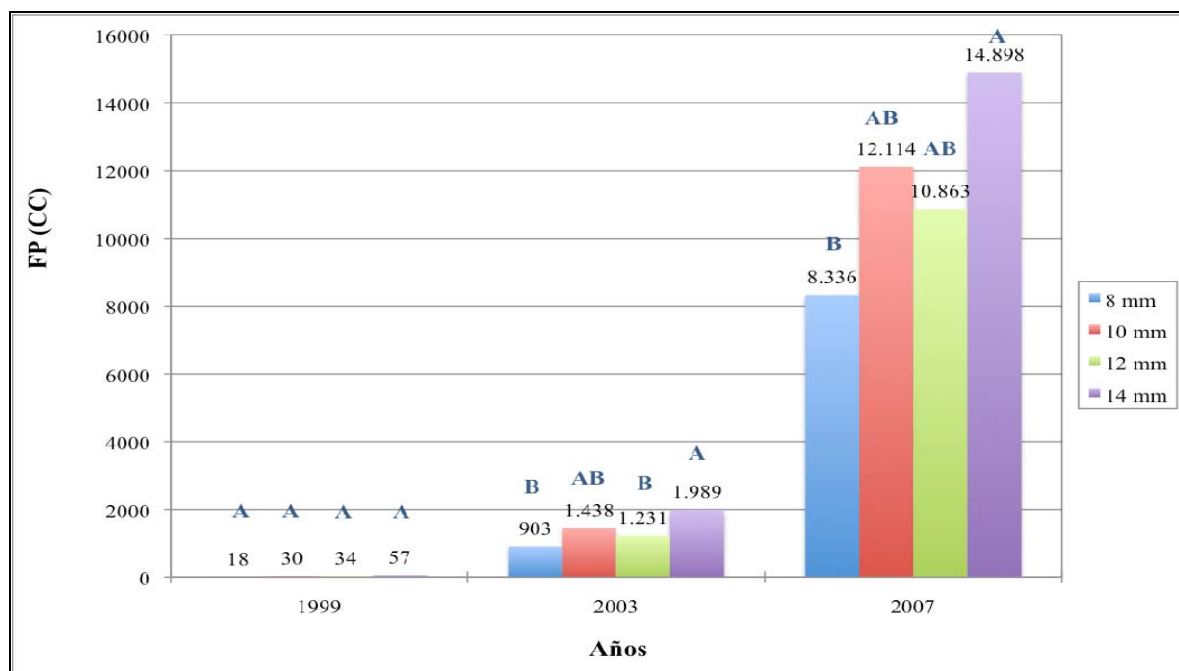


Figura 11. Evolución del Factor de Productividad. Plantas 2:1.

La situación anterior vuelve a reiterarse al analizar el incremento del Factor de Productividad, tanto para el período de crecimiento 1999 – 2003 (ver Figura 12), como para el 2003 – 2007 (Figura 13).

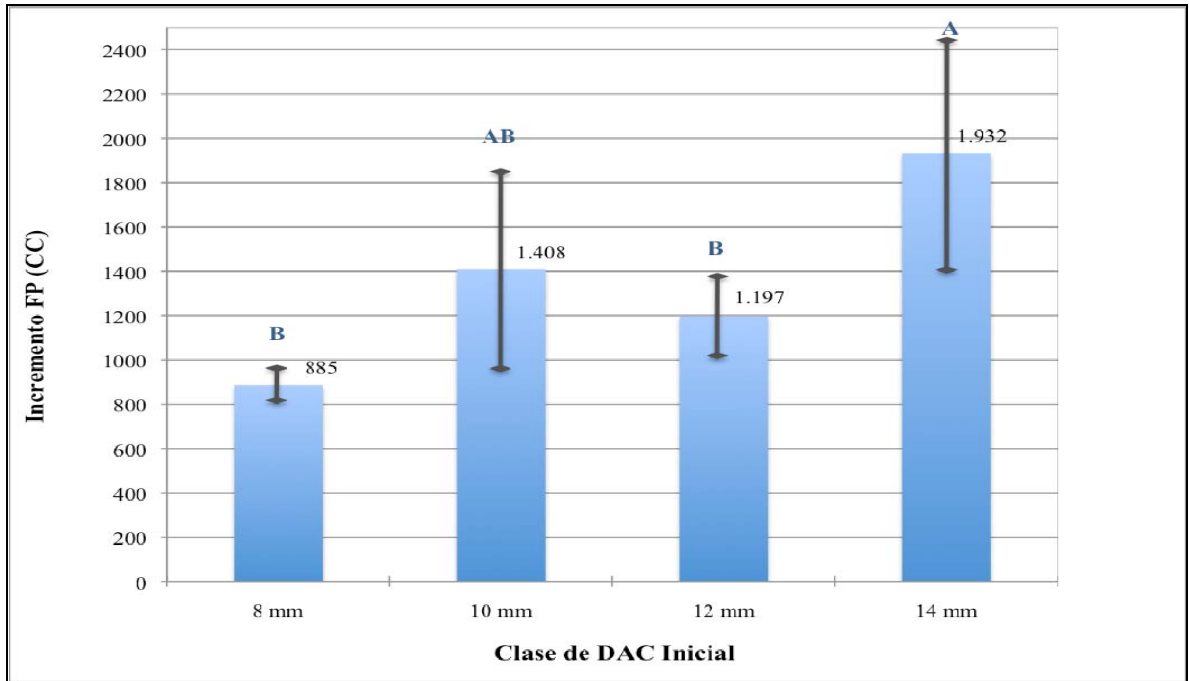


Figura 12. Incremento del Factor de Productividad (1999 – 2003). Plantas 2:1.

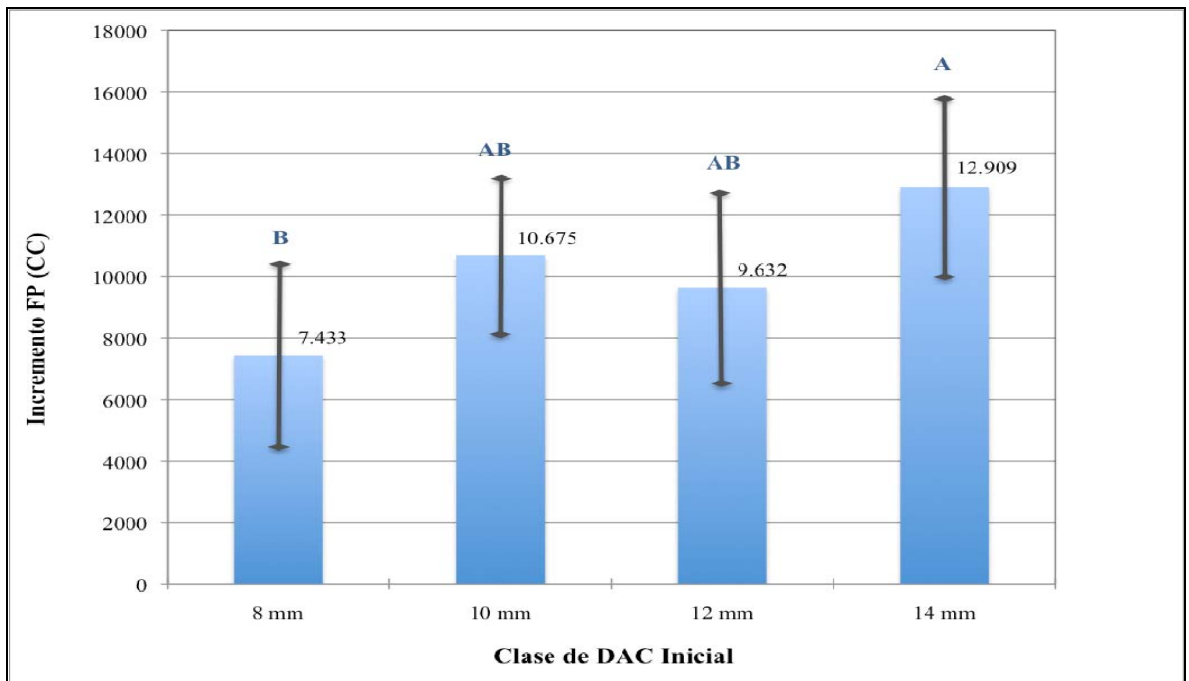


Figura 13. Incremento del Factor de Productividad (2003 – 2007). Plantas 2:1.

Según Crespo (2004), en plantas 2:1 de *P. Oregon*, la calidad de estas se encuentra estrechamente relacionada con el DAC y la altura inicial. Dentro de los 14 tratamientos que

evaluó (que van desde los 4 hasta los 17 mm), determinó que de acuerdo al análisis estadístico, las clases de DAC que entregan los mejores resultados en cuando a volumen producido son las que se encuentran en el rango de 8 a 15 mm.

3.2 ENSAYO DE FORMA Y PERIODICIDAD DE APLICACIÓN DE HERBICIDA PARA EL CONTROL DE MALEZAS

Al analizar lo que ocurre con el Factor de Productividad (ver Figuras 14 y 15) respecto a la intensidad y periodicidad del control de malezas, es posible constatar que realizar control de malezas en plantaciones de *Pinus ponderosa* en Coyhaique, se traduce en mayores crecimientos al año siguiente, que alcanza montos cinco veces mayores.

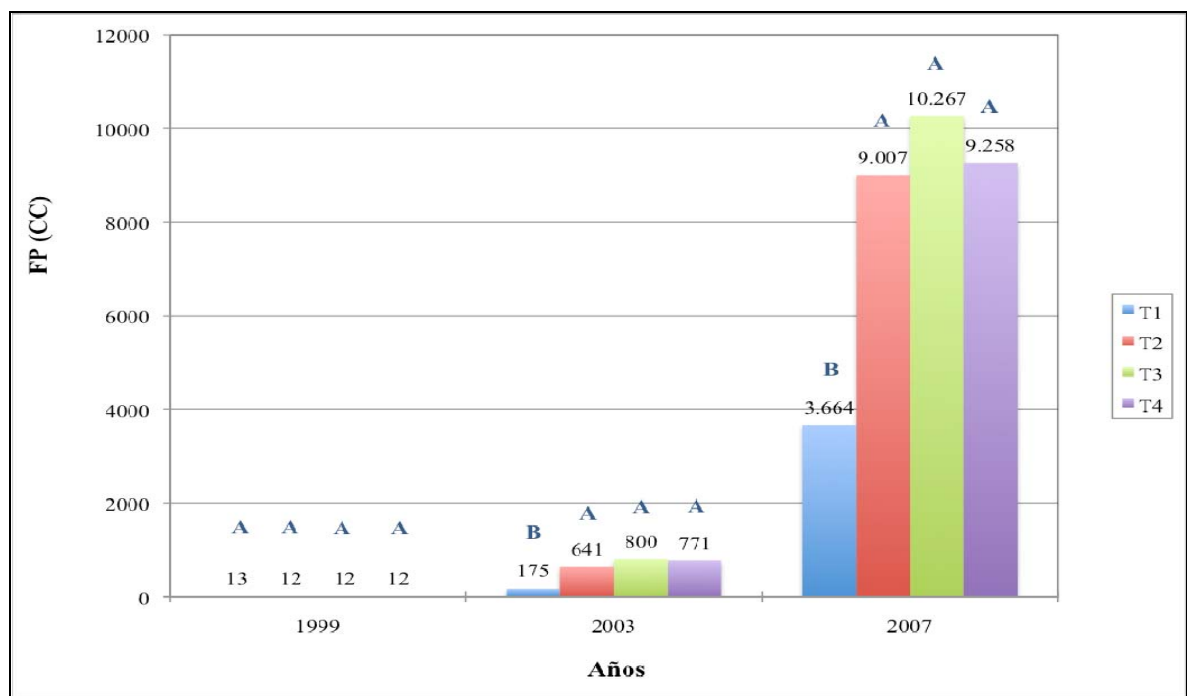


Figura 14. Evolución del Factor de Productividad para el Ensayo de Control de Malezas según tratamiento

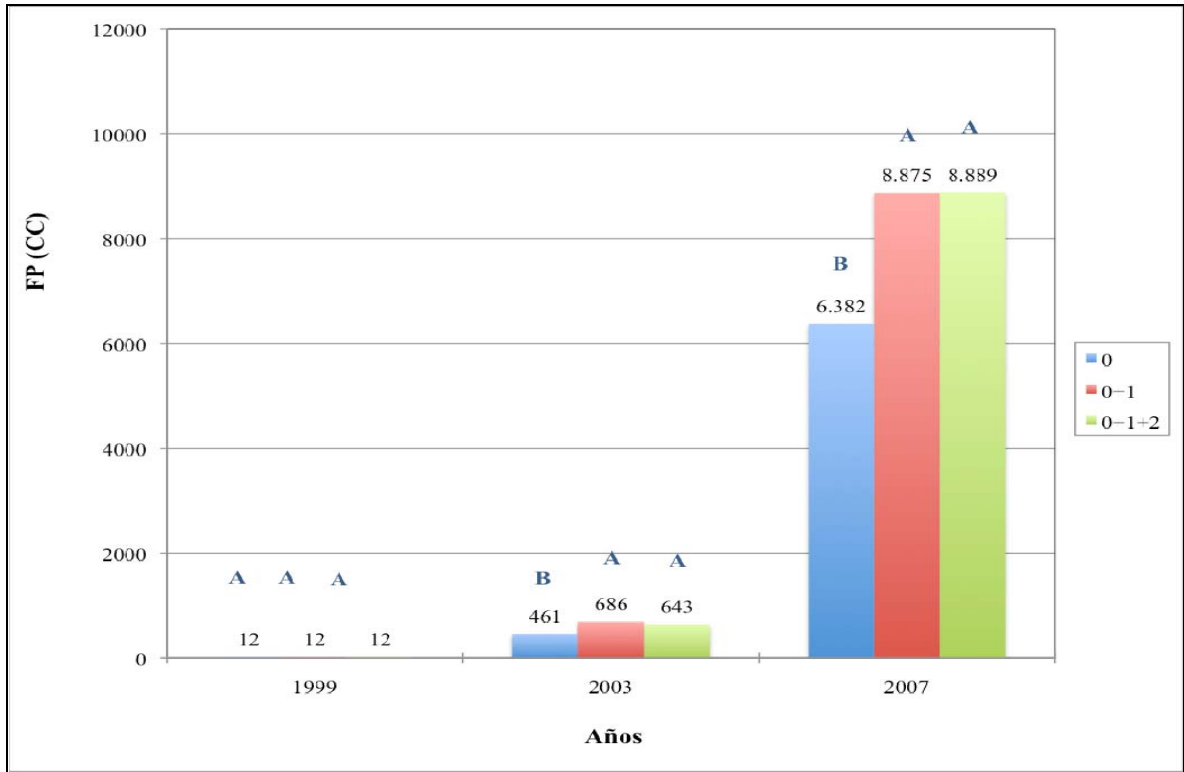


Figura 15. Evolución del Factor de Productividad para el Ensayo de Control de Malezas según periodicidad.

La situación anterior vuelve a reiterarse el año 2003 y posteriormente en el año 2007, donde se observa que los tratamientos con control de malezas son superiores y similares estadísticamente entre ellos. Lo anterior es válido además para las variables de medición, DAC, DAP y Altura, cuando se evalúan en forma independiente.

Al estudiar el Incremento del Factor de Productividad (1999-2003) en la Figura 16, ocurre una situación similar, en cuanto a que: los tratamientos de Superficie Total (T_2), Bandas de 2 m (T_3) y Tazas de 1,8 m² (T_4) son significativamente superiores al Testigo sin Control (T_1) y no presentan diferencias estadísticas entre sí. Esto vuelve a reiterarse al analizar el DAC y la Altura en forma aislada.

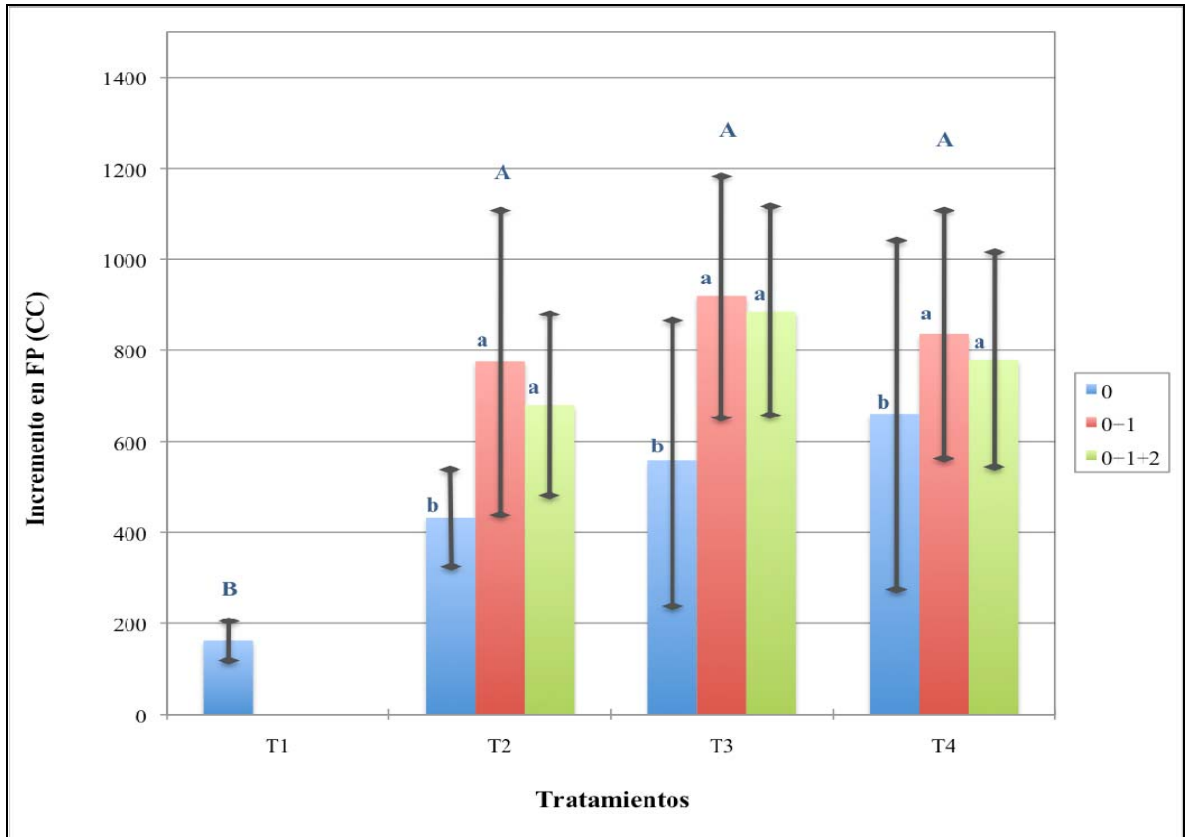


Figura 16. Incremento del Factor de Productividad para el Ensayo de Control de Malezas, período 1999 – 2003.

El mismo comportamiento se observa en el Incremento del Factor de productividad durante el período 2003 – 2007, como lo muestra la Figura 17, donde las diferencias entre los tratamientos (T₂, T₃ y T₄) y el testigo (T₁) son notorias, continuando los tratamientos sin presentar diferencias significativas entre sus medias, comportándose de igual forma para el DAP y la Altura.

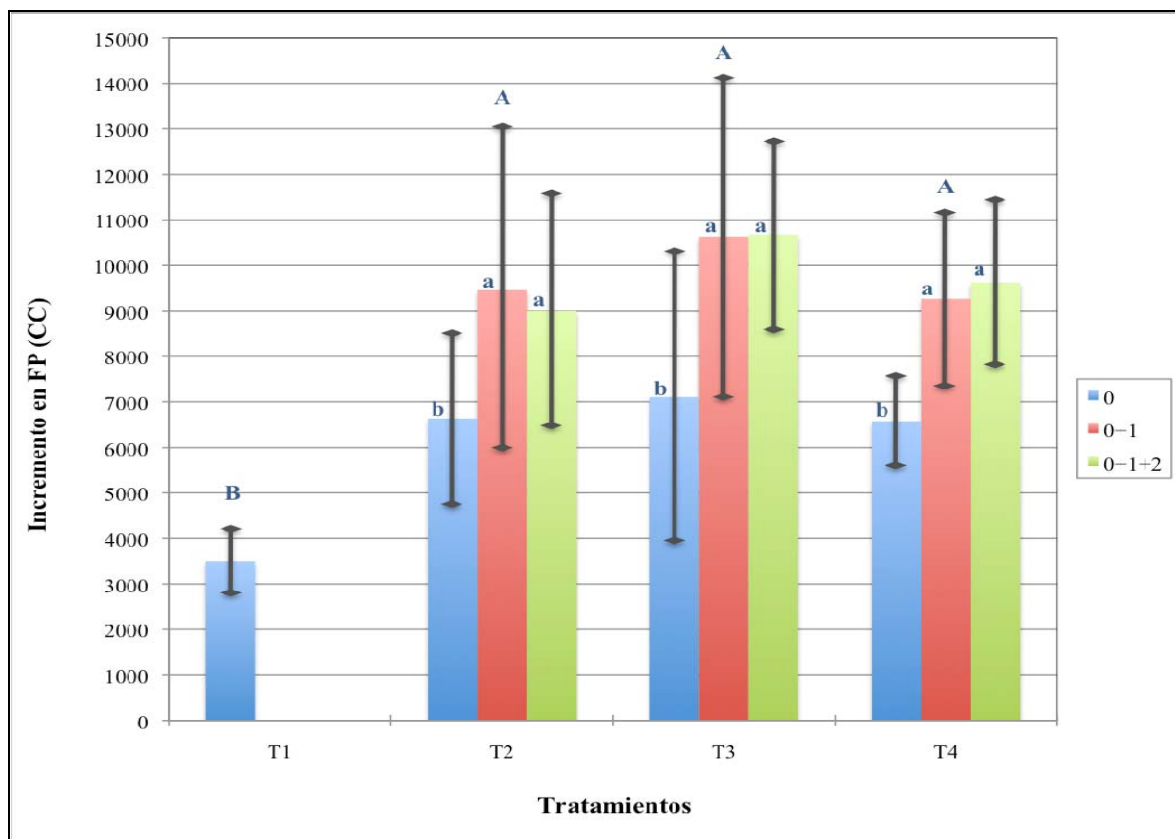


Figura 17. Incremento del Factor de Productividad para Ensayo de Control de Malezas, período 2003 – 2007.

En EEUU, Rose y Ketchum (2002) efectuaron un estudio de control de malezas en plantaciones de *P. ponderosa* de cuatro años aplicando herbicidas alrededor de los árboles, en distintas superficies de aplicación (1,5 m² y 3,3 m²). Concluyeron que a medida que aumentaban la superficie desmalezada en relación al control, el volumen promedio de los tallos aumentaba de 45 a 190 cm³.

Un caso más cercano a nuestra realidad es el estudio realizado por Davel *et al.* (2006), donde en plantaciones de *P. ponderosa*, en la Patagonia Argentina, efectuaron ensayos de control de malezas. Utilizaron plantas 1:1 y 2:1, una dosis de herbicida y un tratamiento testigo. Como resultado principal observaron que, para ambos tipos de plantas, se obtenían aumentos importantes en prendimiento y crecimiento inicial con la eliminación de la competencia de malezas. Además determinaron que las diferencias de crecimiento por la eliminación de las malezas ocurren principalmente a partir del segundo año y sobre todo al

sexto año después de haberse aplicado el herbicida.

Dentro del estudio realizado por Pezzutti y Caldato (2004) en control de malezas sobre plantaciones en tres especies de pino aplicando herbicida en tres periodos distintos (0, 0+1, 0+1+2) y en intensidades distintas (control total y en banda), concluyeron que de los resultados obtenidos, independiente de la intensidad y el período de aplicación los volúmenes obtenidos para cada tratamiento no presentan diferencias estadísticamente significativas, en contraste a los valores obtenidos para el tratamiento control que obtuvo valores inferiores a los otros tratamientos.

En Chile, Alvarez *et al* (2004), efectuó el mismo ensayo con *P. radiata* en cinco sitios distintos de la VIII Región, con los mismos tratamientos y la misma periodicidad de aplicación de herbicida. Los resultados en volumen obtenidos por el autor, señalan que los mejores tratamientos se obtuvieron al aplicar un control al total de la superficie y en bandas de 2 m de ancho, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en el presente estudio.

3.3 ENSAYO DE FERTILIZACIÓN

Al analizar la variable de respuesta, Factor de Productividad para el año 2003 (Figura 18), es posible apreciar que los Tratamientos T₂ (FGC + 25 P₂O₅), T₃ (FGC + 50 P₂O₅) y T₄ (FGC + 100 P₂O₅) pertenecen a un mismo grupo estadístico, significativamente superior, lo cual vuelve a reiterarse al analizar el mismo factor en el año 2007, como se observa en la Figura 19.

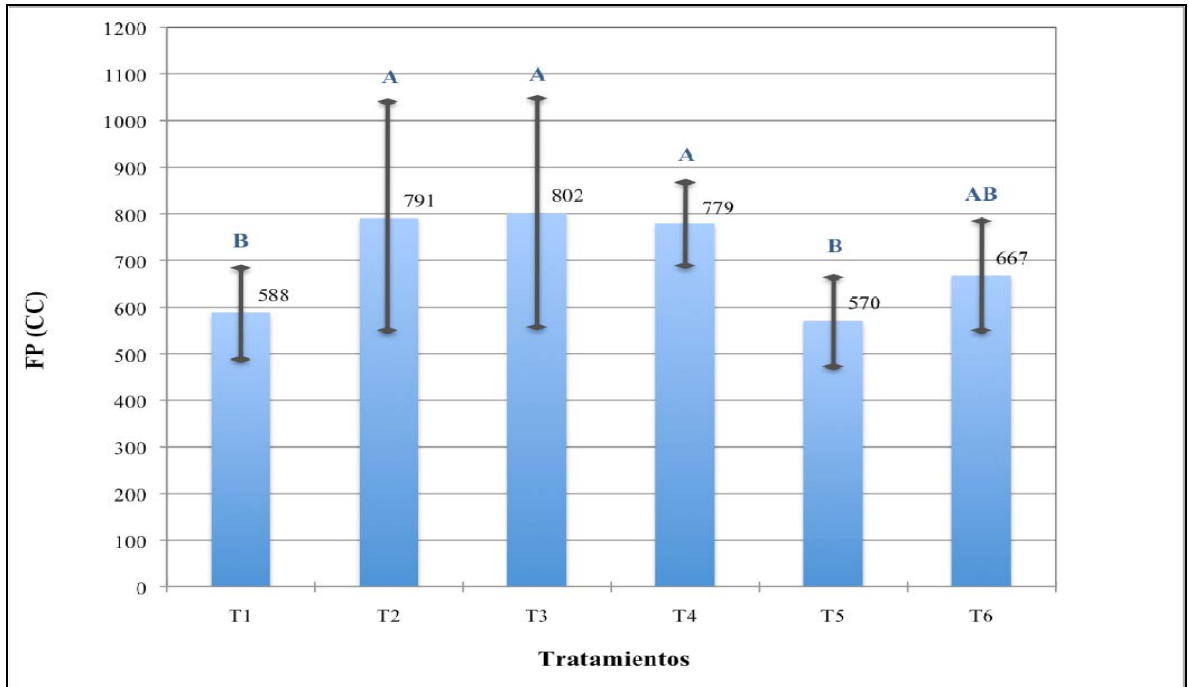


Figura 18. Factor de Productividad para el Ensayo de Fertilización (año 2003).

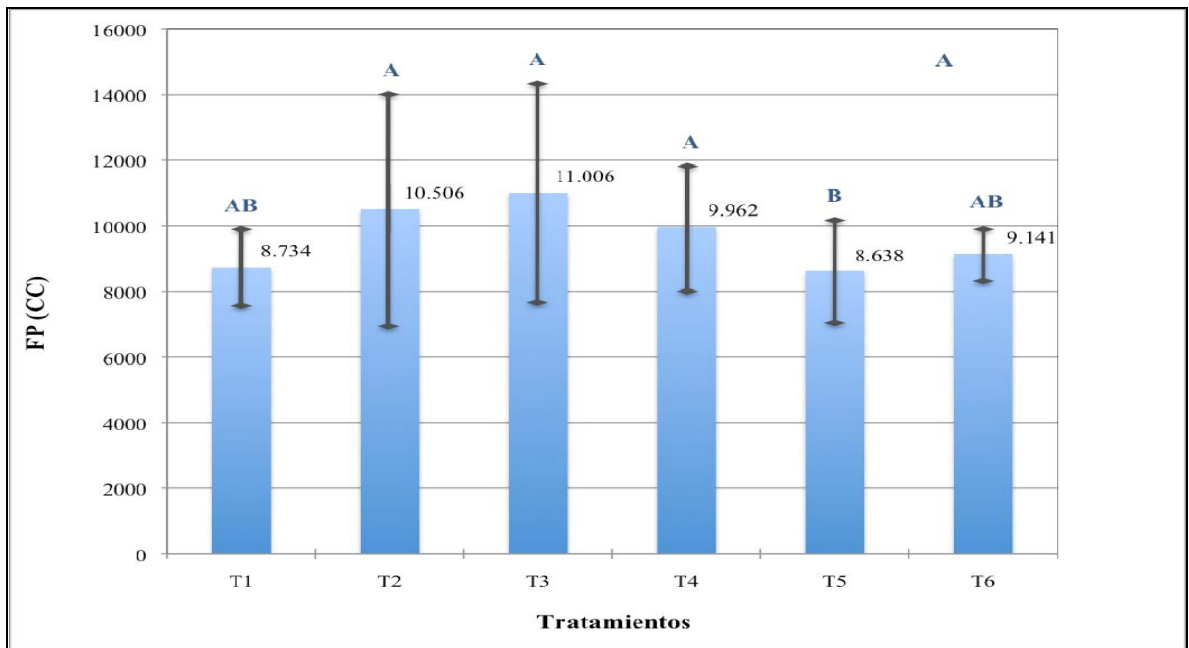


Figura 19. Factor de Productividad para Ensayo de Fertilización (año 2007).

El DAC muestra claras diferencias en sus promedios del año 2003, siendo superiores las de los tratamientos T₂, T₃ y T₄, aunque para el año 2007, la variable DAP presenta una variabilidad muy baja (ver Figuras 20 y 21).

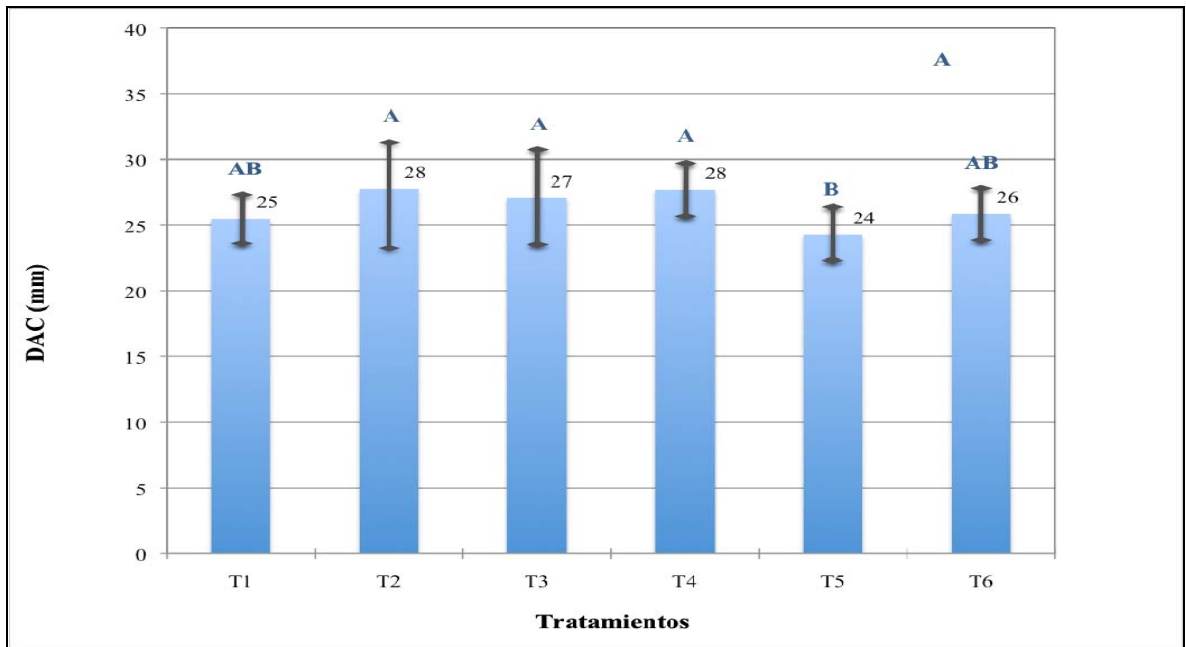


Figura 20. Diámetro a la altura del cuello para el Ensayo de Fertilización (año 2003).

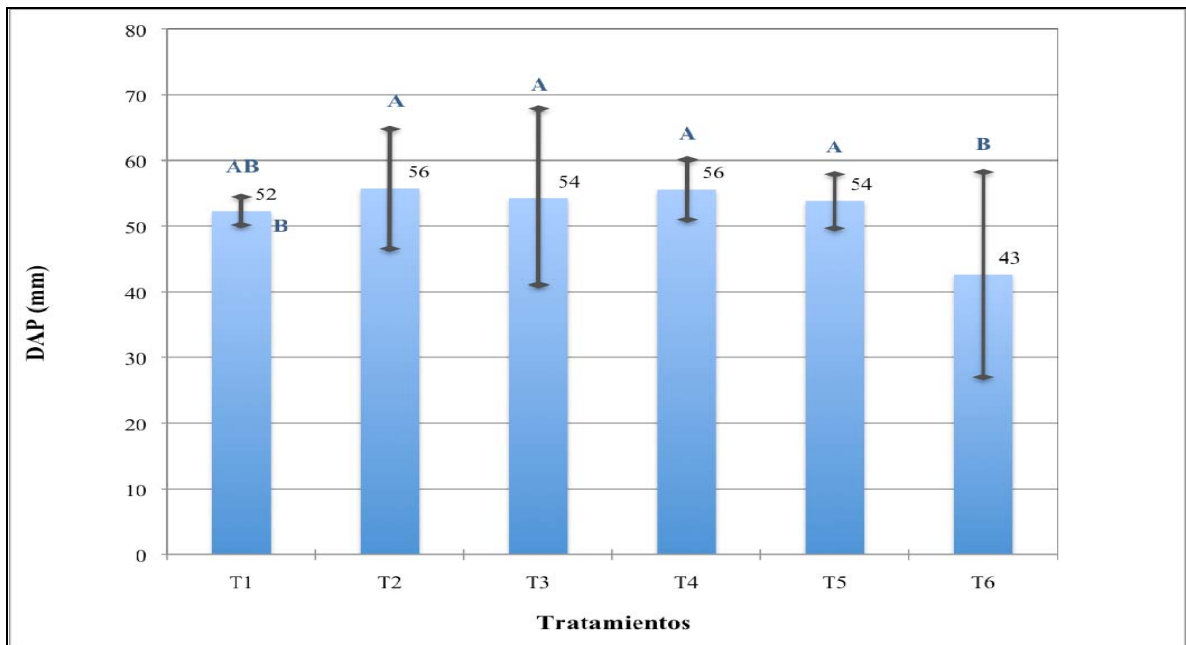


Figura 21. Diámetro a la altura del pecho para el Ensayo de Fertilización (año 2007).

Al evaluar en forma independiente la variable Altura para el año 2003 (ver Figura 22), las diferencias de los tratamientos T2, T3 y T4 son estadísticamente superiores al resto, situación que desaparece en el año 2007 (ver Figura 23) donde las alturas promedio no presentan diferencias significativas.

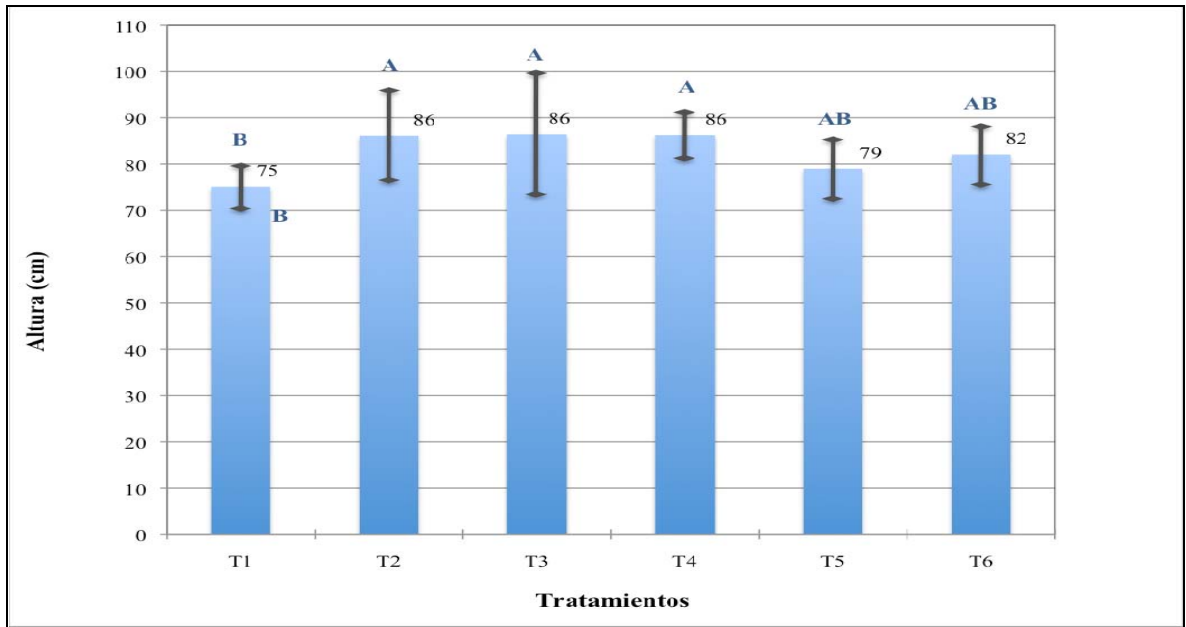


Figura 22. Altura para el Ensayo de Fertilización (año 2003).

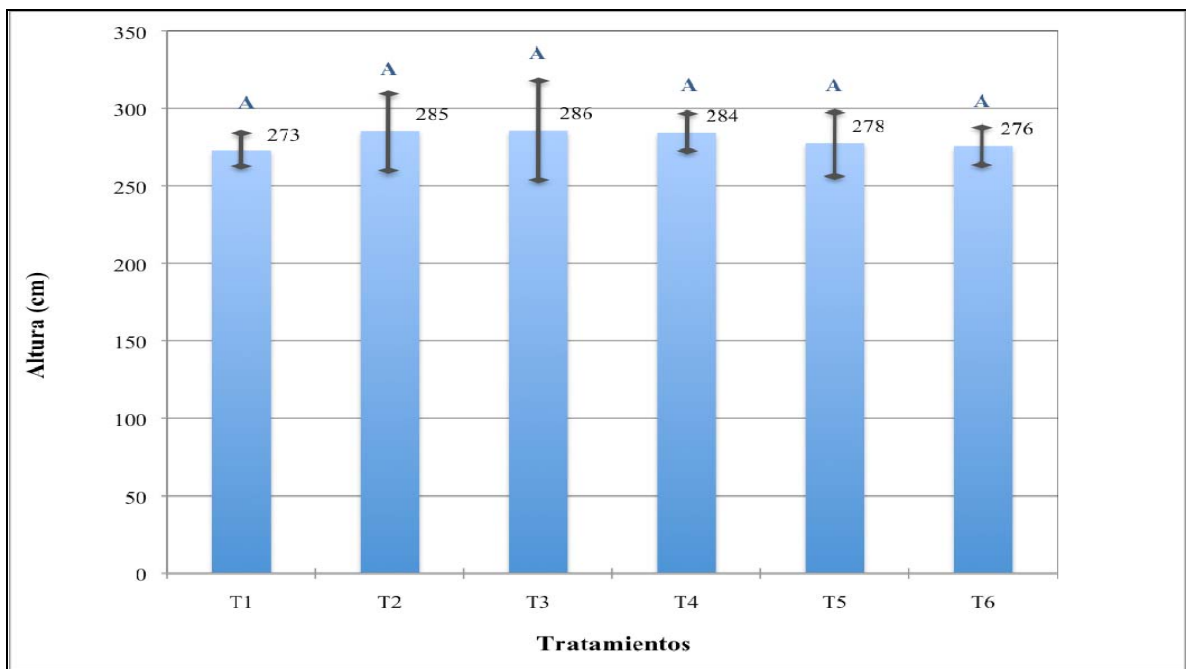


Figura 23. Altura para el Ensayo de Fertilización (año 2007).

Por consiguiente es posible destacar que, al año 2007, la fertilización con fósforo incrementa el desarrollo inicial de *Pinus ponderosa* en el sitio evaluado. Por otra parte, el agregar boro no se traduce en incrementos en las variables de respuesta, al menos para este sitio.

En la región forestal de la costa Este del Río Uruguay, Argentina; Gaitán *et al* (2004) desarrollaron ensayos de fertilización en plantaciones de *Eucalyptus grandis*, establecidos sobre suelos con buen contenido de materia orgánica y pobremente provistos de fósforo. La respuesta inicial a la fertilización con fósforo y nitrógeno es significativa, demostrando que al avanzar la edad de la plantación las diferencias se hicieron mayores en términos absolutos, pero menores en términos relativos a la producción total y el análisis estadístico determina que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al cumplirse el período de rotación, aunque es importante destacar que el mejor tratamiento produjo un volumen en m³ de 10,7% más que el testigo.

Alvarado *et al* (2006), establecieron que en suelos de baja fertilidad en Turrialba, Costa Rica, al aplicar una fórmula 14 N – 14 P – 14 K en cada planta, lograron incrementos en el crecimiento promedio en altura. De manera similar, el autor destaca que en suelos ácidos, infértiles y bien drenados, con aplicación de herbicidas para el control de malezas y una aplicación de fertilizante de fórmula 12 N – 14 P – 12 K posterior a la plantación, triplico el volumen e incremento la altura de las plantas en comparación a con parcelas que no recibieron fertilizante.

3.4 ENSAYO DE PREPARACIÓN DE SUELO

La Prueba *t* de Student arrojó significancias menores a 0,05 ($\alpha < 0,05$) en las tres variables analizadas para el año 2003: FP, DAC y Altura, con valores de 0,0360; 0,0329 y 0,0362, respectivamente, lo cual indica que en los tres casos se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre T₁ (Preparación de Suelo con Subsulado Agrícola) y T₂ (Preparación de Suelo Sin Subsulado Agrícola), como se muestra en las Figuras 24, 25 y 26.

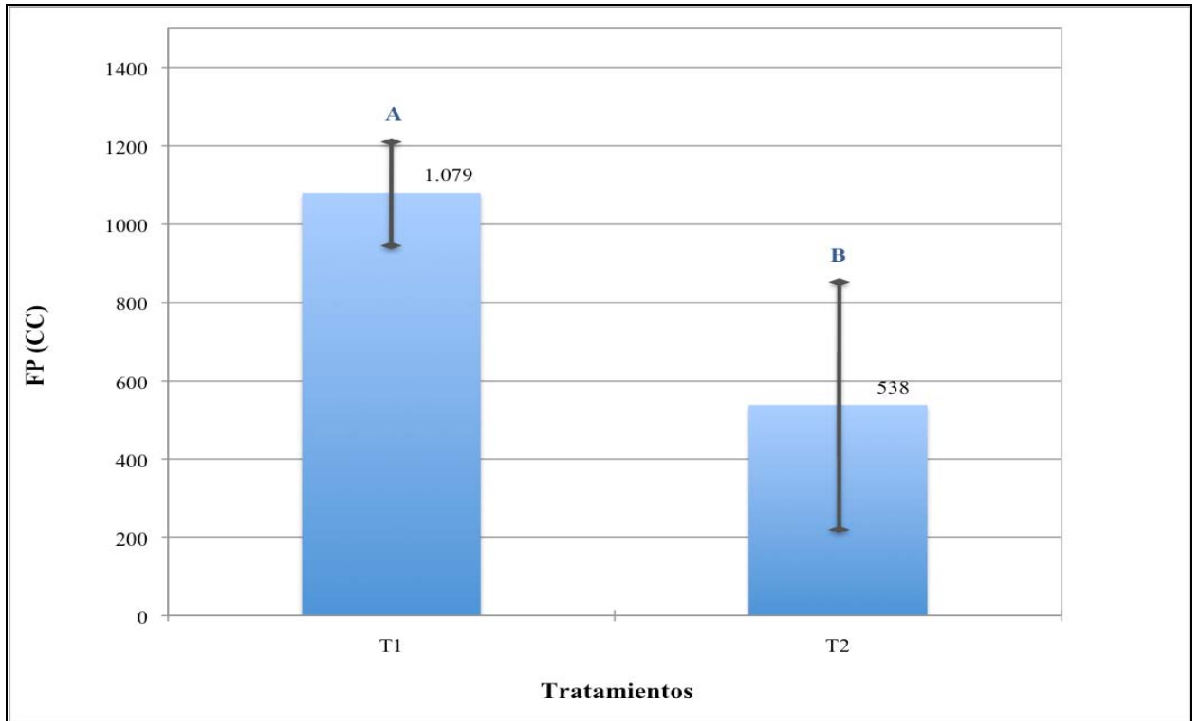


Figura 24. Factor de Productividad para el período 2003 en el ensayo de Preparación de suelo.

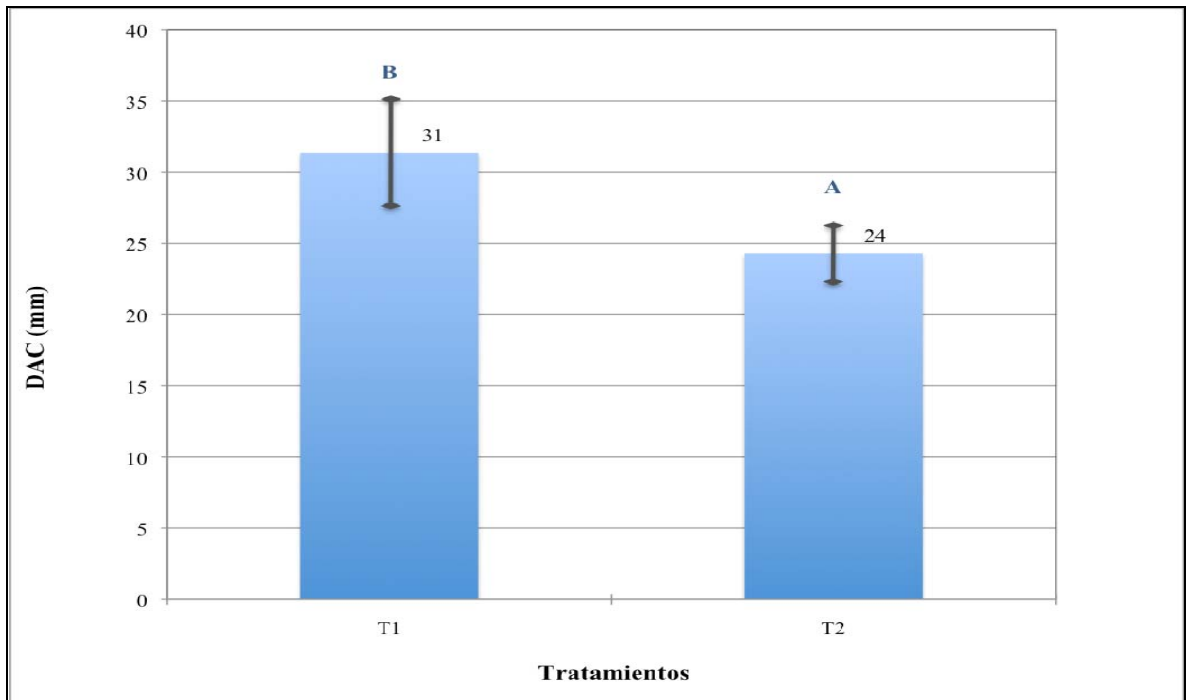


Figura 25. Diámetro a la altura del cuello para el período 2003 en el Ensayo de Preparación de Suelo

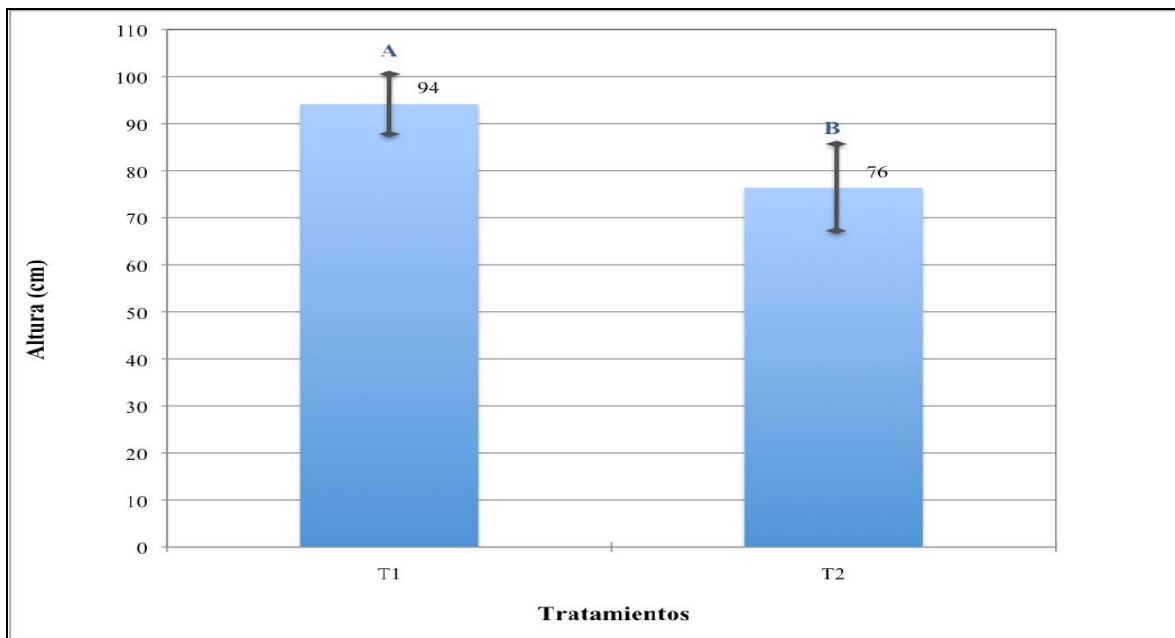


Figura 26. Altura para el período 2003 en el Ensayo de Preparación de Suelo.

De igual forma, para el año 2007 las diferencias son estadísticamente significativas en el Factor de Productividad y el DAP, con valores inferiores de 0,0123 y 0,0268 respectivamente (ver Figuras 27 y 28).

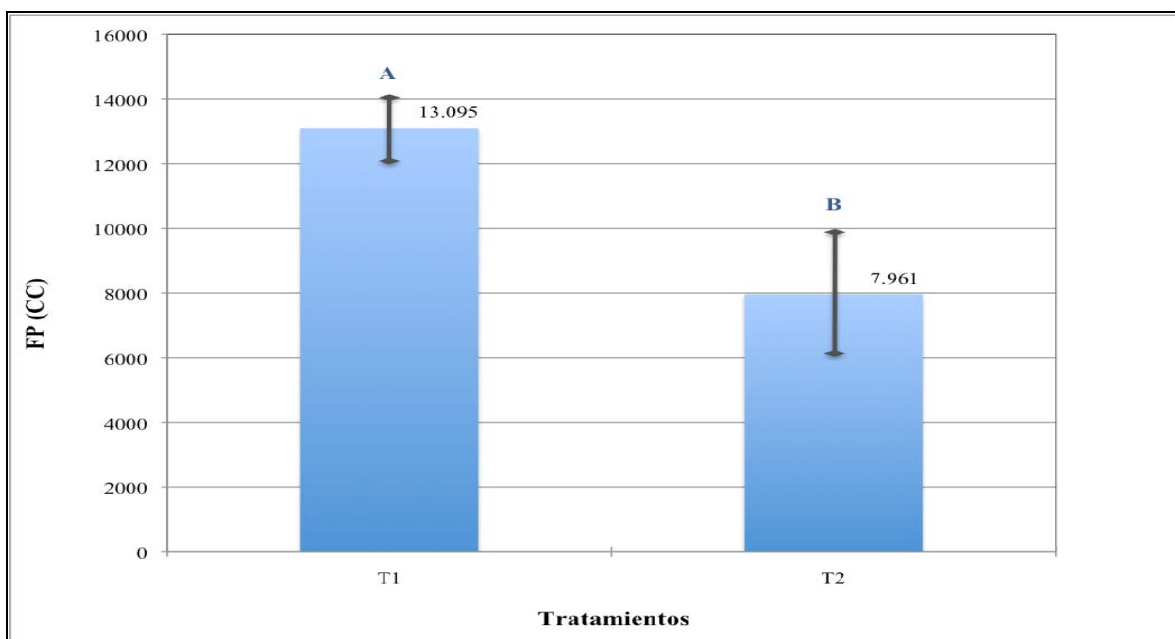


Figura 27. Factor de Productividad para el período 2007 en el Ensayo de Preparación de Suelo.

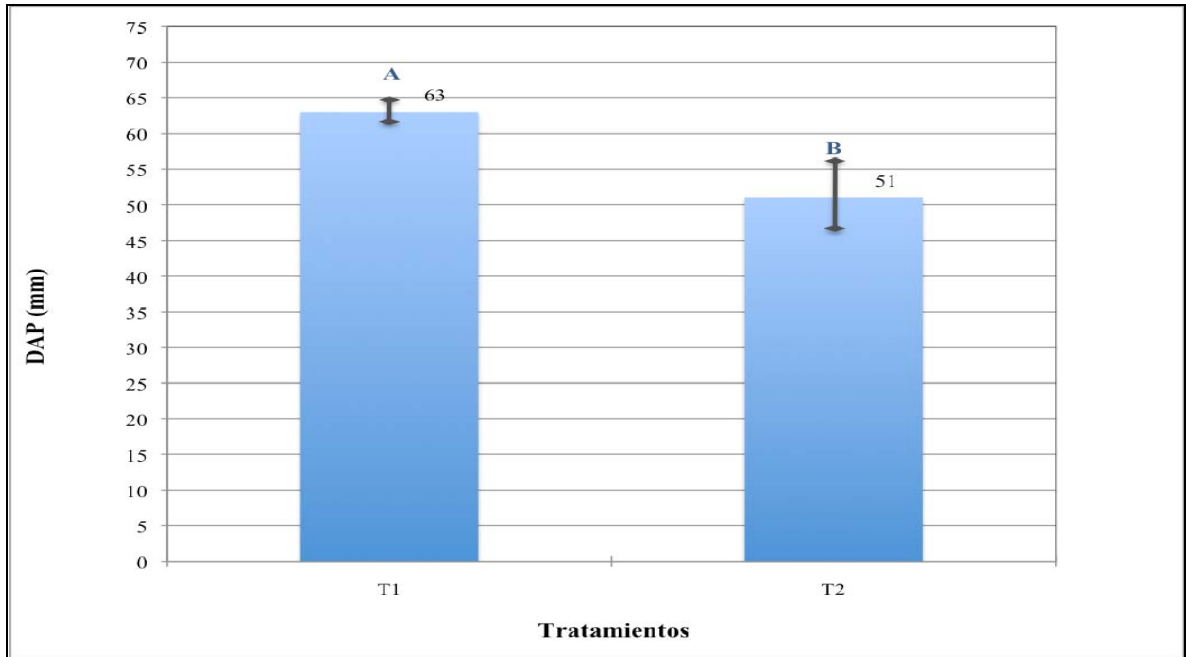


Figura 28. Diámetro a la altura del pecho para el período 2007 en el Ensayo de Preparación de Suelo.

En contraste con las otras variables, la Altura para el año 2007 no presenta diferencia estadística entre tratamientos, con un valor de prueba de 0,0768 (ver Figura 29).

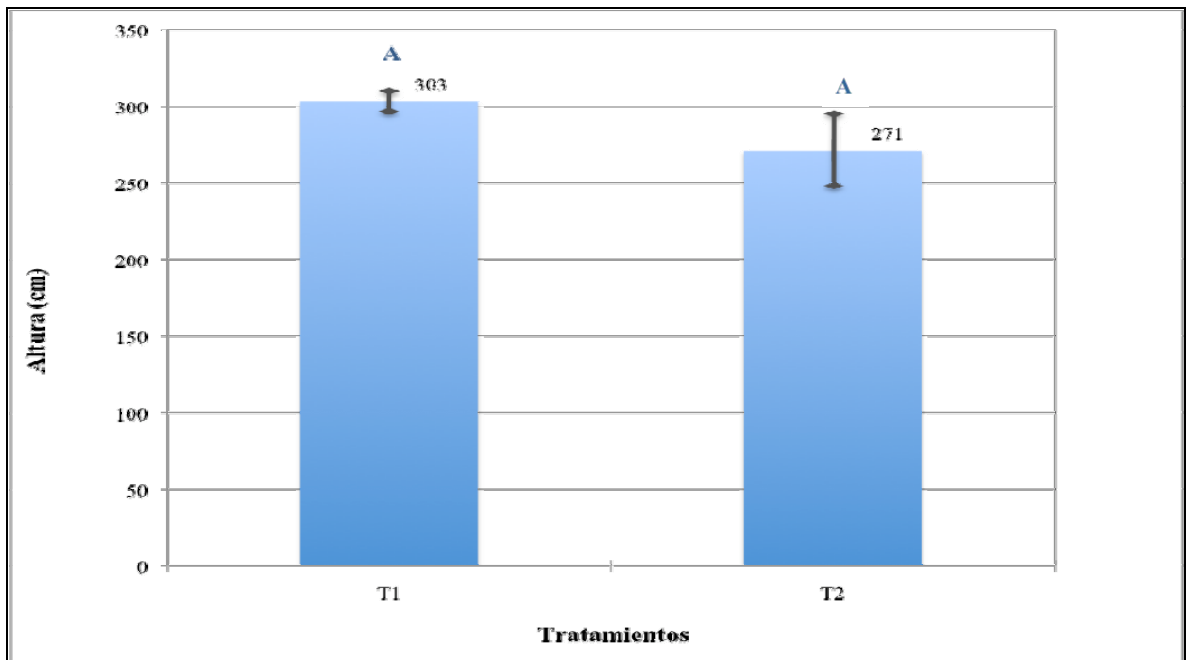


Figura 29. Altura para el período 2007 en el Ensayo de Preparación de Suelo.

Soto (2006), indica que aplicación de técnicas de subsolado en terrenos de alta compactación y baja productividad han logrado mejorar las tasas de establecimiento y de productividad de plantaciones de pino, debido a que estas técnicas:

- Mejoran el régimen de agua del suelo al evitar el escurrimiento superficial favoreciendo la infiltración.
- Favorecen la aireación del suelo y disminuye el impedimento físico para el desarrollo de las raíces.
- Permiten un control parcial de malezas.
- Facilitan la faena de plantación al encontrarse removido el suelo previamente, evitando que las plantas queden con raíces compactadas.

En un estudio, Soto (2006) evaluó la aplicación de técnicas silvícolas en plantaciones de *Pinus radiata* sobre suelos arenosos en la VIII Región. El autor menciona que los tratamientos que combinan subsolado, control de malezas y fertilización, son las que entregan los mejores resultados de establecimiento y proyección de volumen. Además destaca que la aplicación por separado de estas actividades no asegura por sí sola la sobrevivencia inicial de las plantaciones.

Por otra parte, García *et al.* (2000) destacan que la fertilización es una práctica que necesariamente debe ser acompañada de una buena preparación del suelo y un adecuado control de malezas, de esta manera se podrán asegurar los máximos beneficios de la fertilización. Si alguna de estas actividades no se efectúa, seguramente la fertilización no tendrá el efecto esperado.

En Nueva Zelanda, Mason (2004) logró determinar que en plantaciones de *P. radiata*, donde se efectuaron ensayos de subsolado, estableció que el realizar esta tarea previa a la plantación mejoró la sobrevivencia de las plantas y disminuyó la probabilidad de caída de plantas por efecto del viento.

La combinación de técnicas de subsolado y fertilización en plantaciones forestales de *Pinus taeda*, han demostrado que es posible obtener desarrollos volumétricos significativamente mayores en contraste a la aplicación individual de cada uno de ellos, tal como lo demostraron en su nota técnica Ibáñez *et al* (2004). En ella los autores realizaron prácticas de subsolado y fertilización con fósforo, logrando los mejores resultados en la aplicación conjunta de ambas técnicas siendo contrastadas con el tratamiento testigo.

A modo de resumen en los Cuadros 8, 9, 10, 11 y 12; entregan las estadísticas obtenidas (principalmente la media y la desviación estándar) para cada uno de los ensayos y sus respectivos tratamientos.

Debido a la homogeneidad de las plantas al momento de la plantación, se asume despreciable la desviación estándar para los datos presentados del año 1999 para todos los ensayos.

Cuadro 8. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Calidad de Plantas.

Ensayo	Año	Tratamiento	Media	Desviación Estándar
Calidad de Plantas (2:0)	1999	T1 (4 mm)	8,3	-
		T2 (6 mm)	8,6	-
		T3 (8 mm)	8,3	-
	2003	T1 (4 mm)	335,0	75,0
		T2 (6 mm)	909,0	121,8
		T3 (8 mm)	1.278,0	166,5
	2007	T1 (4 mm)	2.936,0	1.192,0
		T2 (6 mm)	10.090,0	1.725,7
		T3 (8 mm)	11.832,0	1.220,4

Cuadro 9. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Calidad de Plantas.

Ensayo	Año	Tratamiento	Media	Desviación Estándar
Calidad de Plantas (2:1)	1999	T1 (8 mm)	18,0	-
		T2 (10 mm)	30,0	-
		T3 (12 mm)	34,0	-
		T4 (14 mm)	57,0	-
	2003	T1 (8 mm)	903,0	72,9
		T2 (10 mm)	1.438,0	454,6
		T3 (12 mm)	1.231,0	184,1
		T4 (14 mm)	1.989,0	520,0
	2007	T1 (8 mm)	8.336,0	3.063,1
		T2 (10 mm)	12.114,0	3.019,9
		T3 (12 mm)	10.863,0	3.212,5
		T4 (14 mm)	14.898,0	3.467,8

Cuadro 10. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Control de Malezas.

Ensayo	Año	Tratamiento	Media	Desviación Estándar
Control de Malezas	1999	T1 (Testigo)	13,0	-
		T2 (Sup. Total)	12,0	-
		T3 (Banda 2 m)	12,0	-
		T4 (Taza 1 m)	12,0	-
		0	12,0	-
		0+1	12,0	-
		0+1+2	12,0	-
	2003	T1 (Testigo)	174,9	42,0
		T2 (Sup. Total)	641,3	253,7
		T3 (Banda 2 m)	799,9	290,5
		T4 (Taza 1 m)	770,7	273,8
		0	460,7	295,6
		0+1	686,2	380,6
		0+1+2	643,2	326,0
	2007	T1 (Testigo)	3.663,9	740,0
		T2 (Sup. Total)	9.006,6	2.938,3
		T3 (Banda 2 m)	10.267,1	2.979,2
		T4 (Taza 1 m)	9.258,5	2.229,4
		0	6.382,9	2.520,8
		0+1	8.874,9	3.853,4
		0+1+2	8.889,4	3.564,7

Cuadro 11. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Control de Malezas.

Ensayo	Año	Tratamiento	Media	Desviación Estándar
Fertilización	2003	T1 (Testigo sin fertilización)	588,2	98,2
		T2 (FGC + 25 gr P ₂ O ₅)	791,0	248,9
		T3 (FGC + 50 gr P ₂ O ₅)	801,8	244,0
		T4 (FGC + 100 gr P ₂ O ₅)	779,2	90,0
		T5 (FGC + 3gr Boro)	570,4	94,3
		T6 (FGC)	667,5	119,4
	2007	T1 (Testigo sin fertilización)	8.734,0	1.144,6
		T2 (FGC + 25 gr P ₂ O ₅)	10.505,8	3.530,6
		T3 (FGC + 50 gr P ₂ O ₅)	11.006,1	3.302,4
		T4 (FGC + 100 gr P ₂ O ₅)	9.961,6	1.898,9
		T5 (FGC + 3gr Boro)	8.637,8	1.530,3
		T6 (FGC)	9.140,7	749,5

Cuadro 12. Resumen de resultados obtenidos para el Ensayo de Tratamiento de Suelo.

Ensayo	Año	Tratamiento	Media	Desviación Estándar
Tratamiento de Suelo	2003	T1 (Con Subsulado)	1.079,2	316,8
		T2 (Sin Subsulado)	537,6	133,6
	2007	T1 (Con Subsulado)	13.094,9	975,1
		T2 (Sin Subsulado)	7.961,3	1.878,1

4. CONCLUSIONES

De la totalidad de los ensayos realizados, al comparar cada uno de ellos con el tratamiento control respectivo, presentan incrementos considerables en el Factor de Productividad, situándose en grupos estadísticos superiores al control.

Al incrementar el diámetro de cuello inicial en *Pinus ponderosa*, da como resultado mayores tasas de crecimientos iniciales, lo cual es válido para las plantas 2:0 y 2:1, reflejándose esta respuesta principalmente en el Incremento del Factor de Productividad. Este factor es significativamente superior en plantas 2:0 de diámetro 8 mm en contraste con los otros tratamientos. En las plantas 2:1, la mejor respuesta la dan las plantas de diámetro de 14 mm. y en un segundo lugar se encuentran las de 12 y 10 mm, donde estas últimas no demuestran diferencias estadísticamente significativas.

Al efectuar controles de malezas en plantaciones de *Pinus ponderosa* en Coyhaique, se obtienen mayores crecimientos iniciales. Los controles de malezas efectuados por dos años muestran un crecimiento significativamente superior a los efectuados solo el primer año. La intensidad de control más recomendable desde un punto de vista técnico-económico es aplicar en tazas de 1,8 m² los dos primeros años.

En el Ensayo de Fertilización, al analizar como variable de respuesta el Factor de Productividad, se aprecia que los tratamientos que arrojan los mejores resultados es FGC + 25 P₂O₅. Además, se observó que para este tipo de suelos, la aplicación adicional de Boro no evidencia un mayor crecimiento inicial en las plantas, lo que permite suponer que estos suelos no presentan déficit del micronutriente.

Por otro lado, los resultados del presente trabajo han manifestado la importancia de considerar dentro de las alternativas silviculturales en este tipo de plantaciones la preparación de suelo, ya que, la aplicación de esta ha demostrado que existen diferencias estadísticas significativas entre la preparación con subsolado agrícola a 40 cm y sin preparación de suelos.

El conjunto de aplicaciones silvícolas que han sido evaluadas dentro han demostrado que es posible mejorar el establecimiento inicial y desarrollo de las plantas, cumpliendo con el objetivo de conservación de suelos estableciendo vegetación arbórea sobre ellos y, además, las plantaciones forestales con especies exóticas como el Pino Ponderosa, presentan un gran potencial de desarrollo económico para la XI Región de Aysén, en la medida que se mejore el manejo silvícola en los primeros años de establecimiento de las plantaciones.

De todos los resultados, se destacan los obtenidos del Ensayo de Calidad de Planta, donde se logró un FP de 14.898 cc para plantas 2:1, siendo el mayor volumen logrado hasta el año 2007. De la discusión bibliográfica es posible concluir que, si estas plantas fueran sometidas al resto de técnicas evaluadas se podrían esperar resultados muy superiores, los que permitirían mejorar la calidad de los productos a obtener y, sobre todo, la probabilidad de reducir el periodo de rotación de las plantaciones.

Al evaluar la conveniencia de la implementación de una silvicultura intensiva, la productividad final del rodal no es el único parámetro a tener en cuenta, ya que existen otros factores sobre los cuales estas prácticas pueden tener incidencia, como el asegurar el establecimiento de la plantación al acelerar el desarrollo inicial de las plantas y acortar el período de mayor riesgo comprendido entre la plantación hasta el cierre de copas de los árboles, donde gran parte de las plantaciones forestales son sensibles a la competencia con otras plantas, al daño por plagas (principalmente insectos y lagomorfos) y a la falta de nutrientes en el horizonte superficial del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVARADO A., RAIGOSA J. y OVIEDO J. 2006. Nutrición y fertilización del Pino Caribeño (*Pinus caribea*). Revista Informaciones Agronómicas, Instituto de la Potasa y el Fósforo (62): 8 – 12.
- ALVAREZ J., VENEGAS R. y PEREZ C. 2004. Impacto de la duración y geometría del control de malezas en la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en cinco ecosistemas del sur de Chile. Revista Bosque 25(2): 57-67.
- BARROETA VEÑA C. y RAJCHENBERG M. 2003. Las micorrizas y la producción de plántulas de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. en la Patagonia, Argentina. Revista Bosque 1(24): 17-33.
- CRESPO H. 2004. Índice de calidad de la planta, basado en el DAC y la altura total de las plantas para Pino Oregon (*Pseudotsuga menziessi*) en la XI región. Trabajo Ingeniero en Gestión Forestal. Área de explotación y transformación de recursos naturales, INACAP. 32 p.
- DAVEL M., TEJERA L., HONORATO M. y SEPÚLVEDA E. 2006. Efecto del control de malezas sobre el prendimiento y crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus ponderosa* en la Patagonia Argentina. Revista Bosque 1(27): 16-22
- EARLE C. 2007. *Pinus ponderosa* Douglas ex Lawson et C. Lawson 1836. The Gymnosperm Database. Seattle, USA. (en línea) Disponible en <http://www.conifers.org/pi/pin/ponderosa.htm>. Fecha de consulta (28 de agosto de 2007).
- FORESTAL MININCO S.A. 2007. Proyecto Coyhaique, una reserva para el futuro. Forestal Mininco S.A. (en línea) Disponible en <http://www.mininco.cl/icorporativa/proyectoCoyhaique.htm>. Fecha de consulta (23 de julio de 2007).

- GAITAN J., LAROCCA F. y DALLA F. 2004. Fertilización de *Eucalyptus grandis*: Dinámica de la respuesta durante la rotación comercial. Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. Entre Ríos, Paraná. 10 p.
- GARCÍA E., SOTOMAYOR A., SILVA S. y VALDEBENITO G. 2000. Establecimiento de Plantaciones Forestales. *Pinus radiata*, *Pinus ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii*. INFOR – FDI. 35 p.
- GAYOSO J. y ACUÑA M. 1999. Guía de campo, “Mejores prácticas de Manejo Forestal”. Universidad austral de Chile, Valdivia, Chile. 117 p.
- IBAÑEZ C., NUÑEZ P., PEZZUTTI R. y RODRIGUEZ F. 2004. Efectos de la roturación del suelo y fertilización con fósforo en el crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus taeda*, en suelos rojos de l Noreste de la Provincia de Corrientes, Argentina. Revista Bosque 25(2): 69 – 76.
- INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1998. Caracterización de *Pinus ponderosa*. Unidad de tecnologías e industrias de la madera. INFOR. Concepción, Chile. Informe interno. 33 p.
- INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 2006. Superficie de plantaciones forestales, IV a XI regiones, actualización a diciembre de 2005. INFOR. Concepción, Chile. Informe interno. 39 p. (en línea) Disponible en http://www.infor.cl/centro_documentacion/documentos_digitales/plantacionesforest_2006.pdf. Fecha de consulta (5 de diciembre de 2007).
- LETOURNEAU F. y ANDENMATTEN E. 2002. Establecimiento y crecimiento inicial de Pino Ponderosa en la zona subhúmeda a seca de los Andes Patagónicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, INTA. Bariloche, Argentina. 39 p.

- MARTIARENA et al. 2002. Fertilización y crecimiento de *Araucaria angustifolia* en misiones, ARGENTINA. Novenas Jornadas Técnicas Forestales. INTA-FCF-MEYRNRYT. El Dorado, Misiones, Argentina. 6 p.
- MASON E. 2004. Efectos del cultivo del suelo, fertilización, diámetro inicial y manipulación de plantas en el desarrollo de *Pinus radiata* D. Don cercano a la madurez en suelos arenosos en Kaingaroa en el centro de la Isla Norte de Nueva Zelanda. *Revista Bosque* 25(2):43-55.
- MORA C. 1996. Efecto del control de malezas y fertilización en plantaciones de Pino radiada (*Pinus radiata* D. Don) de cuatro años establecidas en Valdivia, X Región. Memoria Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 129 p.
- NAVARRETE R. 2001. Caracterización tecnológica de *Pinus ponderosa* Dougl. crecido en la XI Región, Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 51 p.
- PALMA C. et al. 1998. Uso de corteza del pino (*Pinus radiata*) como soporte de liberación controlada del herbicida Hexazinona en plantaciones de pino. *Revista Agricultura Técnica* 58(4): 268-275.
- PEZZUTTI, R. y CALDATO, S. 2004. Efecto del control de malezas en el crecimiento de plantaciones de *Pinus taeda*, *Pinus elliotti* var. *elliotti* y *Pinus elliotti* var. *elliotti* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Revista Bosque* 25(2): 78 – 87.
- POWERS R. y REYNOLDS P. 1999. Ten-year responses of ponderosa pine plantations to repeated vegetation and nutrient control along an environmental gradient. *Canadian Journal of Forest Research* 29(7): 1027–1038.
- QUINTANILLA V. 2007. Efectos actuales de las perturbaciones en los ecosistemas forestales de la Patagonia, a causa de grandes incendios de medio siglo atrás.

Proyecto FONDECYT N° 1060115, Departamento de Ingeniería Geográfica, Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile. Informe Interno. 14 p.

RAMA. s/f. *Pinus ponderosa*. Proyecto Forestal RAMA, San Luis, Argentina. (en línea) Disponible en http://www.rama.com.arama_newweb/paginas/pinoponderosa.html. Fecha de consulta (21 de julio de 2007).

ROSE R. y KETCHUM S. 2002. Interaction of vegetation control and fertilization on conifer species across the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 136 – 172.

SOFTWOOD. 2001. Pino Ponderosa – Características y usos óptimos. Softwood Export Council, Oregon, EEUU. (en línea) Disponible en http://www.softwood.org/PPWeb/SP/PPine_Char.htm. Fecha de consulta (21 de julio de 2007).

SOTO Y. 2006. Evaluación de un ensayo de silvicultura intensiva en plantaciones de Pino Insigne (*Pinus radiata* D. Don) en un suelo arenoso de la VIII Región. Memoria Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 77p.

TORAL M, FRATTI A. y GONZALEZ L. 2005. Crecimiento estacional y rentabilidad de plantaciones forestales comerciales de Pino Radiata en suelos de trumao según método de establecimiento. *Revista Bosque* 26(1): 43-54.

ANEXOS

Anexo 1. Estadística obtenida para el año 2003 para el ensayo de calidad de plantas 2:0.

	T ₁ (4 mm)		T ₂ (6 mm)		T ₃ (8 mm)	
Repetición 1	P ₁	387,2	P ₂	1.049,1	P ₃	1.455,0
Repetición 2	P ₄	248,7	P ₆	843,4	P ₅	1.124,6
Repetición 3	P ₈	367,9	P ₉	833,4	P ₇	1.253,3
\bar{Y}_i	334,6		908,6		1.277,6	
ΣY_{ij}	1.003,7		2.725,9		3.832,8	

Análisis de Varianza				$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla
Tr	2	1.354.999,4	677.499,7	42,2	5,1
Err	6	96.395,4	16.065,9	HAY diferencia significativa entre las medias	
Total	8	1.451.394,8	-		

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁ (4 mm)	334,6	3
T ₂ (6 mm)	908,6	2
T ₃ (8 mm)	1.277,6	1

$$S_v = 73,18$$

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,6)$	3,46	253,20
$r_{0,05}(3,6)$	3,58	261,98

	Tratamiento	T ₁ (4 mm)	T ₂ (6 mm)	T ₃ (8 mm)
Tratamiento	Promedio	334,6	908,6	1.277,6
T ₃ (8 mm)	1.277,6	943,0	369,0	-
T ₂ (6 mm)	908,6	574,1	-	-
T ₁ (4 mm)	334,6	-	-	-

Dif. Trat.	Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnóstico	
T ₃ (8 mm)	T ₁ (4 mm)	943,0	253,20	Medias difieren entre si
T ₂ (6 mm)	T ₁ (4 mm)	574,1	261,98	Medias difieren entre si
T ₃ (8 mm)	T ₂ (6 mm)	369,0	253,20	Medias difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A	Grupo B	Grupo C
T ₁ (4 mm)	334,6	*		
T ₂ (6 mm)	908,6		*	
T ₃ (8 mm)	1.277,6			*

Anexo 2. Estadística obtenida para el año 2003 para el ensayo de calidad de plantas 2:1.

	T ₁ (8 mm)		T ₂ (10 mm)		T ₃ (12 mm)		T ₄ (14 mm)	
Repetición 1	P ₁	855,3	P ₂	1.955,6	P ₃	1.057,0	P ₄	2.426,9
Repetición 2	P ₆	867,1	P ₅	1.257,9	P ₇	1.423,9	P ₈	2.126,7
Repetición 3	P ₁₂	987,0	P ₁₁	1.101,8	P ₉	1.212,8	P ₁₀	1.414,5
\bar{Y}_i	903,1		1.438,4		1.231,2		1.989,4	
ΣY_{ij}	2.709,4		4.315,3		3.693,7		5.968,1	

Análisis de Varianza				$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla
Tr	3	1.871.485,9	623.828,6	4,8	4,1
Err	8	1.032.497,1	129.062,1	HAY diferencia significativa entre las medias	
Total	11	2.903.983,0			

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁ (8 mm)	903,1	4
T ₂ (10 mm)	1.438,4	2
T ₃ (12 mm)	1.231,2	3
T ₄ (14 mm)	1.989,4	1

$$S_v = 207,41$$

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,8)$	3,26	676,17
$r_{0,05}(3,8)$	3,39	703,13
$r_{0,05}(4,8)$	3,47	719,73

	Tratamiento	T ₁ (8 mm)	T ₃ (12 mm)	T ₂ (10 mm)	T ₄ (14 mm)
Tratamiento	Promedio	903,1	1.231,2	1.438,4	1.989,4
T ₄ (14 mm)	1.989,4	1.086,2	758,1	550,9	-
T ₂ (10 mm)	1.438,4	535,3	207,2	-	-
T ₃ (12 mm)	1.231,2	328,1	-	-	-
T ₁ (8 mm)	903,1	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnostico
T ₄ (14 mm)	T ₁ (8 mm)	1.086,2	676,17	Medias difieren entre si
T ₂ (10 mm)	T ₁ (8 mm)	535,3	703,13	Medias no difieren entre si
T ₃ (12 mm)	T ₁ (8 mm)	328,1	719,73	Medias no difieren entre si
T ₄ (14 mm)	T ₃ (12 mm)	758,1	676,17	Medias difieren entre si
T ₂ (10 mm)	T ₃ (12 mm)	207,2	703,13	Medias no difieren entre si
T ₄ (14 mm)	T ₂ (10 mm)	550,9	676,17	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A	Grupo B
T ₁ (8 mm)	903,1	*	
T ₂ (10 mm)	1.438,4	*	*
T ₃ (12 mm)	1.231,2	*	
T ₄ (14 mm)	1.989,4		*

Anexo 3. Estadística obtenida para el año 2007 para el ensayo de calidad de plantas 2:0.

	T ₁ (4 mm)		T ₂ (6 mm)		T ₃ (8 mm)	
Repetición 1	P ₁	4.212,7	P ₂	11.473,6	P ₃	11.849,8
Repetición 2	P ₄	1.852,3	P ₆	8.156,2	P ₅	10.602,9
Repetición 3	P ₈	2.743,1	P ₉	10.639,4	P ₇	13.043,4
\bar{Y}_i	2.936,0		10.089,7		11.832,0	
ΣY_{ij}	8.808,1		30.269,2		35.496,1	

Análisis de Varianza				$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razon F	F Tabla
Tr	2	133.349.291,8	66.674.645,9	34,0	5,1
Err	6	11.775.843,9	1.962.640,6	HAY diferencia significativa entre las medias	
Total	8	145.125.135,6	-		

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₃ (8 mm)	2.936,0	3
T ₂ (6 mm)	10.089,7	2
T ₁ (4 mm)	11.832,0	1

$$S_y = 808,83$$

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,6)$	3,46	2798,57
$r_{0,05}(3,6)$	3,58	2895,63

	Tratamiento	T ₁ (4 mm)	T ₂ (6 mm)	T ₃ (8 mm)
Tratamiento	Promedio	2.936,0	10.089,7	11.832,0
T ₃ (8 mm)	11.832,0	8.896,0	1.742,3	-
T ₂ (6 mm)	10.089,7	7.153,7	-	-
T ₁ (4 mm)	2.936,0	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnóstico
T ₃ (8 mm)	T ₁ (4 mm)	8.896,0	2.798,57	Medias difieren entre si
T ₂ (6 mm)	T ₁ (4 mm)	7.153,7	2.895,63	Medias difieren entre si
T ₃ (8 mm)	T ₂ (6 mm)	1.742,3	2.798,57	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo a	Grupo b
T ₁ (4 mm)	2.936,0	*	
T ₂ (6 mm)	10.089,7		*
T ₃ (8 mm)	11.832,0		*

Anexo 4. Estadística obtenida para el año 2007 para el ensayo de calidad de plantas 2:1.

	T ₁ (8 mm)		T ₂ (10 mm)		T ₃ (12 mm)		T ₄ (14 mm)	
Repetición 1	P ₁	5.276,3	P ₂	15.510,3	P ₃	7.403,8	P ₄	18.607,9
Repetición 2	P ₆	8.330,6	P ₅	11.099,3	P ₇	11.434,0	P ₈	14.349,0
Repetición 3	P ₁₂	11.402,4	P ₁₁	9.731,7	P ₉	13.752,3	P ₁₀	11.737,8
\bar{Y}_i	8.336,4		12.113,7		10.863,4		14.898,2	
$\sum Y_{ij}$	25.009,3		36.341,2		32.590,1		44.694,7	

Análisis de Varianza					$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla	
Tr	3	66.980.667,6	22.326.889,2	2,2	4,1	
Err	8	81.695.610,4	10.211.951,3	NO HAY diferencia significativa entre las medias		
Total	11	148.676.278,0				

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁ (8 mm)	8.336,4	4
T ₂ (10 mm)	12.113,7	2
T ₃ (12 mm)	10.863,4	3
T ₄ (14 mm)	14.898,2	1

$$S_{\bar{y}} = 1844,99$$

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,8)$	3,26	6.014,66
$r_{0,05}(3,8)$	3,39	6.254,51
$r_{0,05}(4,8)$	3,47	6.402,11

	Tratamiento	T ₁ (8 mm)	T ₃ (12 mm)	T ₂ (10 mm)	T ₄ (14 mm)
Tratamiento	Promedio	8.336,4	10.863,4	12.113,7	14.898,2
T ₄ (14 mm)	14.898,2	6.561,8	4.034,9	2.784,5	-
T ₂ (10 mm)	12.113,7	3.777,3	1.250,4	-	-
T ₃ (12 mm)	10.863,4	2.526,9	-	-	-
T ₁ (8 mm)	8.336,4	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnóstico
T ₄ (14 mm)	T ₁ (8 mm)	6.561,8	6014,66	Medias difieren entre si
T ₂ (10 mm)	T ₁ (8 mm)	3.777,3	6254,51	Medias no difieren entre si
T ₃ (12 mm)	T ₁ (8 mm)	2.526,9	6402,11	Medias no difieren entre si
T ₄ (14 mm)	T ₃ (12 mm)	4.034,9	6014,66	Medias no difieren entre si
T ₂ (10 mm)	T ₃ (12 mm)	1.250,4	6254,51	Medias no difieren entre si
T ₄ (14 mm)	T ₂ (10 mm)	2.784,5	6014,66	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A	Grupo B
T ₁ (8 mm)	8.336,4	*	
T ₂ (10 mm)	12.113,7	*	*
T ₃ (12 mm)	10.863,4	*	*
T ₄ (14 mm)	14.898,2		*

Anexo 5. Estadística obtenida para el año 2003 para el ensayo de control de malezas.

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		Y _i	T _i
1 Aplic	P ₄	103,3	P ₃	330,2	P ₂	848,5	P ₁	1.112,5	460,7	5.528,2
	P ₆	165,0	P ₇	468,8	P ₈	622,8	P ₅	498,7		
	P ₁₀	199,3	P ₉	533,1	P ₁₂	238,5	P ₁₁	407,5		
2 Aplic	P ₄	142,5	P ₃	410,6	P ₂	1.157,3	P ₁	1.125,5	686,2	8.234,3
	P ₆	147,8	P ₇	890,8	P ₈	1.001,3	P ₅	836,6		
	P ₁₀	240,3	P ₉	1.061,9	P ₁₂	636,5	P ₁₁	583,1		
3 Aplic	P ₄	167,6	P ₃	476,1	P ₂	1.102,1	P ₁	1.045,6	643,2	7.718,5
	P ₆	188,4	P ₇	742,7	P ₈	937,4	P ₅	583,5		
	P ₁₀	219,7	P ₉	857,7	P ₁₂	654,5	P ₁₁	743,2		
Y_j	174,9		641,3		799,9		770,7		596,7	-
T_j	1.574,0		5.771,8		7.199,0		6.936,2		-	21.481,1

	T _{ij}			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1 Aplic	467,6	1.332,0	1.709,8	2.018,7
2 Aplic	530,7	2.363,3	2.795,1	2.545,2
3 Aplic	575,7	2.076,5	2.694,0	2.372,3

	Y _{ij}			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1 Aplic	155,9	444,0	569,9	672,9
2 Aplic	176,9	787,8	931,7	848,4
3 Aplic	191,9	692,2	898,0	790,8

Análisis de Varianza						α = 0,05
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla	Observación
Tr	11	2.741.737,5	-	-	-	NO HAY diferencia significativa entre las medias de A
A	2	344.069,7	172.034,8	3,12	3,40	
B	3	2.263.250,2	754.416,7	13,66	3,01	HAY diferencia significativa entre las medias de B
AB	6	134.417,6	22.402,9	0,41	2,51	
Err	24	1.325.436,8	55.226,5			NO HAY diferencia significativa entre las medias de A y B
Total	35	4.067.174,3	-			

Contraste de medias de A (Test de Duncan)

Tratamiento	Promedio	Orden
1 Aplic	460,7	3
2 Aplic	686,2	1
3 Aplic	643,2	2

S _v =	135,7
------------------	-------

r _α (p,f)	Valor Tabla	R _α (p,f)
r _{0,05} (2,24)	1,9	255,6
r _{0,05} (3,24)	2,1	285,5

Tratamiento	Tratamiento Promedio	1 Aplic	3 Aplic	2 Aplic
2 Aplic	686,2	225,5	43,0	-
3 Aplic	643,2	182,5	-	-
1 Aplic	460,7	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnóstico
2 Aplic	1 Aplic	225,5	255,6	Medias no difieren entre si
3 Aplic	1 Aplic	182,5	285,5	Medias no difieren entre si
1 Aplic	3 Aplic	43,0	255,6	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A
1 Aplic	460,7	*
2 Aplic	686,2	*
3 Aplic	643,2	*

Contraste de medias de B (Test de Duncan)

Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁	174,9	4
T ₂	641,3	3
T ₃	799,9	1
T ₄	770,7	2

$$S_{\bar{y}} = 135,68$$

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,24)$	1,88	255,56
$r_{0,05}(3,24)$	2,10	285,51
$r_{0,05}(4,24)$	2,25	304,76

	Tratamiento	T ₁	T ₂	T ₄	T ₃
Tratamiento	Promedio	174,9	641,3	770,7	799,9
T ₃	799,9	625,0	158,6	29,2	-
T ₄	770,7	595,8	129,4	-	-
T ₂	641,3	466,4	-	-	-
T ₁	174,9	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnóstico
T ₃	T ₁	625,0	255,56	Medias difieren entre si
T ₄	T ₁	595,8	285,51	Medias difieren entre si
T ₂	T ₁	466,4	304,76	Medias difieren entre si
T ₃	T ₂	158,6	255,56	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₂	129,4	285,51	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₄	29,2	255,56	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A	Grupo B
T ₁	174,9	*	
T ₂	641,3		*
T ₃	799,9		*
T ₄	770,7		*

Anexo 6. Estadística obtenida para el año 2007 para el ensayo de control de malezas.

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		Y _i	T _i
1 Aplic	P ₄	2.692,3	P ₃	4.797,3	P ₂	10.933,4	P ₁	8.830,5	6.383,0	76.595,5
	P ₆	3.849,3	P ₇	8.270,6	P ₈	8.048,8	P ₅	6.701,8		
	P ₁₀	4.043,4	P ₉	8.174,0	P ₁₂	4.038,7	P ₁₁	6.215,2		
2 Aplic	P ₄	2.960,9	P ₃	5.837,6	P ₂	13.067,1	P ₁	11.703,2	8.874,9	106.498,3
	P ₆	2.859,6	P ₇	12.126,2	P ₈	11.998,1	P ₅	10.979,9		
	P ₁₀	4.943,5	P ₉	12.762,6	P ₁₂	9.611,5	P ₁₁	7.648,0		
3 Aplic	P ₄	3.693,2	P ₃	6.857,6	P ₂	13.149,5	P ₁	12.672,7	8.889,4	106.672,4
	P ₆	3.581,8	P ₇	9.953,7	P ₈	12.615,6	P ₅	8.745,7		
	P ₁₀	4.351,2	P ₉	12.280,2	P ₁₂	8.941,4	P ₁₁	9.829,7		
Y _j	3.663,9		9.006,6		10.267,1		9.258,5		8.049,1	
T _j	32.975,2		81.059,8		92.404,2		83.326,9			289.766,1

	T _{ij}			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1 Aplic	10.585,0	21.241,9	23.020,9	21.747,6
2 Aplic	10.764,0	30.726,4	34.676,8	30.331,1
3 Aplic	11.626,2	29.091,5	34.706,5	31.248,1

	Y _{ij}			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1 Aplic	3.528,3	7.080,6	7.673,6	7.249,2
2 Aplic	3.588,0	10.242,1	11.558,9	10.110,4
3 Aplic	3.875,4	9.697,2	11.568,8	10.416,0

Análisis de Varianza						α = 0,05
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla	Observación
Tr	11	304.684.204,2	-	-	-	HAY diferencia significativa entre las medias de A
A	2	49.967.443,0	24.983.721,5	5,07	3,40	
B	3	238.762.675,5	79.587.558,5	16,15	3,01	HAY diferencia significativa entre las medias de B
AB	6	15.954.085,7	2.659.014,3	0,54	2,51	
Err	24	118.292.267,4	4.928.844,5			NO HAY diferencia significativa entre las medias de A y B
Total	35	422.976.471,6	-			

Contraste de medias de A (Test de Duncan)

Tratamiento	Promedio	Orden
1 Aplic	6.383,0	3
2 Aplic	8.874,9	2
3 Aplic	8.889,4	1

$$S_v = 1.281,8$$

r _{α(p,f)}	Valor Tabla	R _{α(p,f)}
r _{0,05(2,24)}	1,9	2.414,3
r _{0,05(3,24)}	2,1	2.697,2

	Tratamiento	1 Aplic	2 Aplic	3 Aplic
Tratamiento	Promedio	6.383,0	8.874,9	8.889,4
3 Aplic	8.889,4	2.506,4	14,5	-
2 Aplic	8.874,9	2.491,9	-	-
1 Aplic	6.383,0	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnóstico
3 Aplic	1 Aplic	2.506,4	2.414,3	Medias difieren entre si
2 Aplic	1 Aplic	2.491,9	2.697,2	Medias no difieren entre si
3 Aplic	2 Aplic	14,5	2.414,3	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo a	Grupo b
1 Aplic	6.383,0	*	
2 Aplic	8.874,9	*	*
3 Aplic	8.889,4		*

Contraste de medias de B (Test de Duncan)

Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁	3.663,9	4
T ₂	9.006,6	3
T ₃	10.267,1	1
T ₄	9.258,5	2

$S_v =$	1281,78
---------	---------

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,24)$	1,88	2414,36
$r_{0,05}(3,24)$	2,10	2697,23
$r_{0,05}(4,24)$	2,25	2879,09

	Tratamiento	T ₁	T ₂	T ₄	T ₃
Tratamiento	Promedio	3.663,9	9.006,6	9.258,5	10.267,1
T ₃	10.267,1	6.603,2	1.260,5	1.008,6	-
T ₄	9.258,5	5.594,6	251,9	-	-
T ₂	9.006,6	5.342,7	-	-	-
T ₁	3.663,9	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnostico
T ₃	T ₁	6.603,2	2414,35	Medias difieren entre si
T ₄	T ₁	5.594,6	2697,23	Medias difieren entre si
T ₂	T ₁	5.342,7	2879,09	Medias difieren entre si
T ₃	T ₂	1.260,5	2414,35	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₂	251,9	2697,23	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₄	1.008,6	2414,35	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo a	Grupo b
T ₁	3.663,9	*	
T ₂	9.006,6		*
T ₃	10.267,1		*
T ₄	9.258,5		*

Anexo 7. Estadística obtenida para el año 2003 para la variable Factor de Productividad (FP) del ensayo de control de fertilización.

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆		$\bar{Y}_{.j}$	$\sum Y_{.j}$
Bl₁	P ₁	493,6	P ₂	1.120,0	P ₃	941,3	P ₄	906,8	P ₅	674,6	P ₆	715,9	808,7	4.852,2
Bl₂	P ₁₀	515,9	P ₈	517,9	P ₁₂	451,2	P ₇	737,3	P ₁₁	465,7	P ₉	554,6	540,4	3.242,7
Bl₃	P ₁₈	651,2	P ₁₃	789,7	P ₁₆	991,0	P ₁₇	700,2	P ₁₅	619,9	P ₁₄	812,8	760,8	4.564,7
Bl₄	P ₂₃	692,1	P ₂₂	736,3	P ₁₉	823,5	P ₂₄	772,4	P ₂₁	521,3	P ₂₀	586,6	688,7	4.132,2
$\bar{Y}_{.i}$	588,2		791,0		801,7		779,2		570,4		667,5		-	-
$\sum Y_{.i}$	2.352,8		3.163,8		3.207,0		3.116,7		2.281,5		2.670,0		-	-

Análisis de Varianza				$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla
Tr	5	221.025,1	44.205,0	2,76	2,90
Bl	3	246.570,8	82.190,3		
Err	15	240.537,3	16.035,8	NO HAY diferencia significativa entre las medias	
Total	23	708.133,2			

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁	588,2	5
T ₂	791,0	2
T ₃	801,7	1
T ₄	779,2	3
T ₅	570,4	6
T ₆	667,5	4

Sy=	63,31630786
-----	-------------

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,15)$	3,01	190,58
$r_{0,05}(3,15)$	3,16	200,08
$r_{0,05}(4,15)$	3,28	207,68
$r_{0,05}(5,15)$	3,3	208,94
$r_{0,05}(6,15)$	3,35	212,11

Tratamiento	Promedio	T ₅	T ₁	T ₆	T ₄	T ₂	T ₃
T ₃	801,7	231,4	213,6	134,3	22,6	10,8	-
T ₂	791,0	220,6	202,8	123,5	11,8	-	-
T ₄	779,2	208,8	191,0	111,7	-	-	-
T ₆	667,5	97,1	79,3	-	-	-	-
T ₁	588,2	17,8	-	-	-	-	-
T ₅	570,4	-	-	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_a(p,f)$	Diagnóstico
T ₃	T ₅	231,4	190,58	Medias difieren entre si
T ₂	T ₅	220,6	200,08	Medias difieren entre si
T ₄	T ₅	208,8	207,68	Medias difieren entre si
T ₆	T ₅	97,1	208,94	Medias no difieren entre si
T ₁	T ₅	17,8	212,11	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₁	213,6	190,58	Medias difieren entre si
T ₂	T ₁	202,8	200,08	Medias difieren entre si
T ₄	T ₁	191,0	207,68	Medias no difieren entre si
T ₆	T ₁	79,3	208,94	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₆	134,3	190,58	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₆	123,5	200,08	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₆	111,7	207,68	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₄	22,6	190,58	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₄	11,8	200,08	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₂	10,8	190,58	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A	Grupo B
T ₁	588,2		*
T ₂	791,0	*	
T ₃	801,7	*	
T ₄	779,2	*	*
T ₅	570,4		
T ₆	667,5		*

Anexo 8. Estadística obtenida para el año 2007 para la variable Factor de Productividad (FP) del ensayo de control de fertilización.

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆		\bar{Y}_j	$\sum Y_i$
Bl ₁	P ₁	7.559,1	P ₂	14.914,3	P ₃	12.899,3	P ₄	11.812,9	P ₅	10.820,3	P ₆	8.095,7	11.016,9	66.101,6
Bl ₂	P ₁₀	9.852,9	P ₈	6.890,2	P ₁₂	6.061,7	P ₇	9.037,1	P ₁₁	7.490,6	P ₉	9.167,4	8.083,3	48.499,8
Bl ₃	P ₁₈	7.956,8	P ₁₃	8.597,2	P ₁₆	12.657,9	P ₁₇	7.751,0	P ₁₅	8.573,0	P ₁₄	9.457,6	9.165,6	54.993,5
Bl ₄	P ₂₃	9.567,0	P ₂₂	11.621,6	P ₁₉	12.405,6	P ₂₄	11.245,5	P ₂₁	7.667,4	P ₂₀	9.842,2	10.391,5	62.349,2
\bar{Y}_i	8.733,9		10.505,8		11.006,1		9.961,6		8.637,8		9.140,7		-	-
$\sum Y_i$	34.935,8		42.023,3		44.024,5		39.846,5		34.551,2		36.562,9		-	-

Análisis de Varianza				$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla
Tr	5	19.161.731,0	3.832.346,2	0,91	2,90
Bl	3	30.640.504,1	10.213.501,4		
Err	15	62.931.640,9	4.195.442,7		
Total	23	112.733.876,0		NO HAY diferencia significativa entre las medias	

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁	8.733,9	5
T ₂	10.505,8	2
T ₃	11.006,1	1
T ₄	9.961,6	3
T ₅	8.637,8	6
T ₆	9.140,7	4

$$S_v = 1024,14$$

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,15)$	3,01	3082,66
$r_{0,05}(3,15)$	3,16	3236,28
$r_{0,05}(4,15)$	3,28	3359,18
$r_{0,05}(5,15)$	3,3	3379,66
$r_{0,05}(6,15)$	3,35	3430,87

	Tratamiento	T ₅	T ₁	T ₆	T ₄	T ₂	T ₃
Tratamiento	Promedio	8.637,8	8.733,9	9.140,7	9.961,6	10.505,8	11.006,1
T ₃	11.006,1	2.368,3	2.272,2	1.865,4	1.044,5	500,3	-
T ₂	10.505,8	1.868,0	1.771,9	1.365,1	544,2	-	-
T ₄	9.961,6	1.323,8	1.227,7	820,9	-	-	-
T ₆	9.140,7	502,9	406,8	-	-	-	-
T ₁	8.733,9	96,1	-	-	-	-	-
T ₅	8.637,8	-	-	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_{\alpha}(p,f)$	Diagnóstico
T ₃	T ₅	2.368,3	3.082,7	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₅	1.868,0	3.236,3	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₅	1.323,8	3.359,2	Medias no difieren entre si
T ₆	T ₅	502,9	3.379,7	Medias no difieren entre si
T ₁	T ₅	96,1	3.430,9	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₁	2.272,2	3.082,7	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₁	1.771,9	3.236,3	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₁	1.227,7	3.359,2	Medias no difieren entre si
T ₆	T ₁	406,8	3.379,7	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₆	1.865,4	3.082,7	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₆	1.365,1	3.236,3	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₆	820,9	3.359,2	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₄	1.044,5	3.082,7	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₄	544,2	3.236,3	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₂	500,3	3.082,7	Medias no difieren entre si

Anexo 9. Estadística obtenida para el año 2003 para la variable diámetro a la altura del cuello (DAC) del ensayo de control de fertilización.

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆		$\bar{Y}_{.j}$	$\sum Y_{.j}$
Bl₁	P ₁	24,6	P ₂	32,8	P ₃	28,6	P ₄	30,3	P ₅	26,6	P ₆	26,9	28,3	169,8
Bl₂	P ₁₀	23,4	P ₈	23,3	P ₁₂	22,3	P ₇	27,9	P ₁₁	21,9	P ₉	24,0	23,8	142,8
Bl₃	P ₁₈	26,9	P ₁₃	28,3	P ₁₆	30,6	P ₁₇	25,8	P ₁₅	25,3	P ₁₄	28,2	27,5	165,1
Bl₄	P ₂₃	27,0	P ₂₂	26,7	P ₁₉	26,8	P ₂₄	26,8	P ₂₁	23,4	P ₂₀	24,4	25,8	155,1
$\bar{Y}_{.i}$	25,5		27,8		27,1		27,7		24,3		25,9		-	-
$\sum Y_{.i}$	101,9		111,1		108,2		110,8		97,2		103,5		-	-

Análisis de Varianza				$\alpha =$	0,05
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	
Tr	5	38,1	7,6	1,97	2,90
Bl	3	71,7	23,9		
Err	15	58,0	3,9		
Total	23	167,7		NO HAY diferencia significativa entre las medias	

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁	25,5	5
T ₂	27,8	1
T ₃	27,1	3
T ₄	27,7	2
T ₅	24,3	6
T ₆	25,9	4

$$S_v = 0,98$$

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,15)$	3,01	2,959394421
$r_{0,05}(3,15)$	3,16	3,106872548
$r_{0,05}(4,15)$	3,28	3,22485505
$r_{0,05}(5,15)$	3,30	3,244518801
$r_{0,05}(6,15)$	3,35	3,293678176

Tratamiento	Promedio	T ₅	T ₁	T ₆	T ₃	T ₄	T ₂
T ₂	27,8	3,5	2,3	1,9	0,7	0,1	-
T ₄	27,7	3,4	2,2	1,8	0,6	-	-
T ₃	27,1	2,8	1,6	1,2	-	-	-
T ₆	25,9	1,6	0,4	-	-	-	-
T ₁	25,5	1,2	-	-	-	-	-
T ₅	24,3	-	-	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	R _a (p,f)	Diagnostico
T ₂	T ₅	3,5	2,96	Medias difieren entre si
T ₄	T ₅	3,4	3,11	Medias difieren entre si
T ₃	T ₅	2,8	3,22	Medias no difieren entre si
T ₆	T ₅	1,6	3,24	Medias no difieren entre si
T ₁	T ₅	1,2	3,29	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₁	2,3	2,96	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₁	2,2	3,11	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₁	1,6	3,22	Medias no difieren entre si
T ₆	T ₁	0,4	3,24	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₆	1,9	2,96	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₆	1,8	3,11	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₆	1,2	3,22	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₃	0,7	2,96	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₃	0,6	3,11	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₄	0,1	2,96	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A	Grupo B
T ₁	25,5	*	*
T ₂	27,8	*	
T ₃	27,1	*	
T ₄	27,7	*	
T ₅	24,3		*
T ₆	25,9	*	*

Anexo 10. Estadística obtenida para el año 2007 para la variable Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) del ensayo de control de fertilización.

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆		\bar{Y}_j	$\sum Y_i$
Bl ₁	P ₁	50,4	P ₂	67,2	P ₃	62,1	P ₄	59,4	P ₅	57,4	P ₆	51,8	58,1	348,3
Bl ₂	P ₁₀	54,4	P ₈	45,6	P ₁₂	34,0	P ₇	55,4	P ₁₁	48,9	P ₉	20,0	43,1	258,4
Bl ₃	P ₁₈	50,8	P ₁₃	52,5	P ₁₆	61,6	P ₁₇	49,3	P ₁₅	52,0	P ₁₄	53,6	53,3	319,9
Bl ₄	P ₂₃	53,7	P ₂₂	57,8	P ₁₉	59,3	P ₂₄	58,3	P ₂₁	57,0	P ₂₀	45,0	55,2	331,3
\bar{Y}_i	52,4		55,8		54,3		55,6		53,8		42,6		-	-
$\sum Y_i$	209,4		223,2		217,1		222,4		215,3		170,4		-	-

Análisis de Varianza				$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla
Tr	5	493,7	98,7	1,68	2,90
Bl	3	766,6	255,5		
Err	15	881,4	58,8	NO HAY diferencia significativa entre las medias	
Total	23	2.141,6	-		

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁	52,4	5
T ₂	55,8	1
T ₃	54,3	3
T ₄	55,6	2
T ₅	53,8	4
T ₆	42,6	6

S _v =	3,83
------------------	------

r _α (p,f)	Valor Tabla	R _α (p,f)
r _{0,05} (2,15)	3,01	11,54
r _{0,05} (3,15)	3,16	12,11
r _{0,05} (4,15)	3,28	12,57
r _{0,05} (5,15)	3,3	12,65
r _{0,05} (6,15)	3,35	12,84

	Tratamiento	T ₆	T ₁	T ₅	T ₃	T ₄	T ₂
Tratamiento	Promedio	42,6	52,4	53,8	54,3	55,6	55,8
T ₂	55,8	13,2	3,4	2,0	1,5	0,2	-
T ₄	55,6	13,0	3,3	1,8	1,3	-	-
T ₃	54,3	11,7	1,9	0,5	-	-	-
T ₅	53,8	11,2	1,5	-	-	-	-
T ₁	52,4	9,8	-	-	-	-	-
T ₆	42,6	-	-	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	R _α (p,f)	Diagnostico
T ₂	T ₆	13,2	11,54	Medias difieren entre si
T ₄	T ₆	13,0	12,11	Medias difieren entre si
T ₃	T ₆	11,7	12,57	Medias no difieren entre si
T ₅	T ₆	11,2	12,65	Medias no difieren entre si
T ₁	T ₆	9,8	12,84	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₁	3,4	11,54	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₁	3,3	12,11	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₁	1,9	12,57	Medias no difieren entre si
T ₅	T ₁	1,5	12,65	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₅	2,0	11,54	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₅	1,8	12,11	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₅	0,5	12,57	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₃	1,5	11,54	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₃	1,3	12,11	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₄	0,2	11,54	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A	Grupo B
T ₁	52,4	*	*
T ₂	55,8	*	
T ₃	54,3	*	
T ₄	55,6	*	
T ₅	53,8		*
T ₆	42,6	*	*

Anexo 11. Estadística obtenida para el año 2003 para la variable Altura del ensayo de control de fertilización.

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆		$\bar{Y}_{.j}$	$\sum Y_{.j}$
Bl₁	P ₁	70,9	P ₂	95,9	P ₃	92,0	P ₄	91,1	P ₅	85,1	P ₆	85,5	86,7	520,5
Bl₂	P ₁₀	72,3	P ₈	72,7	P ₁₂	67,4	P ₇	87,9	P ₁₁	72,3	P ₉	75,7	74,7	448,3
Bl₃	P ₁₈	76,3	P ₁₃	89,0	P ₁₆	97,4	P ₁₇	80,1	P ₁₅	83,6	P ₁₄	88,6	85,8	515,0
Bl₄	P ₂₃	80,8	P ₂₂	86,8	P ₁₉	88,8	P ₂₄	85,8	P ₂₁	74,9	P ₂₀	78,3	82,5	495,3
$\bar{Y}_{i.}$	75,1		86,1		86,4		86,2		79,0		82,0		-	-
$\sum Y_{i.}$	300,3		344,4		345,6		344,8		315,9		328,1		-	-

Análisis de Varianza				$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla
Tr	5	439,4	87,9	2,13	2,90
Bl	3	539,1	179,7		
Err	15	618,4	41,2	NO HAY diferencia significativa entre las medias	
Total	23	1.596,8			

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁	75,1	6
T ₂	86,1	3
T ₃	86,4	1
T ₄	86,2	2
T ₅	79,0	5
T ₆	82,0	4

$$S_v = 3,21$$

$r_{\alpha}(p,f)$	Valor Tabla	$R_{\alpha}(p,f)$
$r_{0,05}(2,15)$	3,01	9,663067882
$r_{0,05}(3,15)$	3,16	10,14461612
$r_{0,05}(4,15)$	3,28	10,5298547
$r_{0,05}(5,15)$	3,3	10,59406113
$r_{0,05}(6,15)$	3,35	10,75457721

Tratamiento	Promedio	T ₁	T ₅	T ₆	T ₂	T ₄	T ₃
T ₃	86,4	11,3	7,4	4,4	0,3	0,2	-
T ₄	86,2	11,1	7,2	4,2	0,1	-	-
T ₂	86,1	11,0	7,1	4,1	-	-	-
T ₆	82,0	7,0	3,1	-	-	-	-
T ₅	79,0	3,9	-	-	-	-	-
T ₁	75,1	-	-	-	-	-	-

Dif. Trat.		Dif. Medias	$R_a(p,f)$	Diagnóstico
T ₃	T ₁	11,3	9,66	Medias difieren entre si
T ₄	T ₁	11,1	10,14	Medias difieren entre si
T ₂	T ₁	11,0	10,53	Medias difieren entre si
T ₆	T ₁	7,0	10,59	Medias no difieren entre si
T ₅	T ₁	3,9	10,75	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₅	7,4	9,66	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₅	7,2	10,14	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₅	7,1	10,53	Medias no difieren entre si
T ₆	T ₅	3,1	10,59	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₆	4,4	9,66	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₆	4,2	10,14	Medias no difieren entre si
T ₂	T ₆	4,1	10,53	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₂	0,3	9,66	Medias no difieren entre si
T ₄	T ₂	0,1	10,14	Medias no difieren entre si
T ₃	T ₄	0,2	9,66	Medias no difieren entre si

Tratamiento	Promedio	Grupo A	Grupo B
T ₁	75,1		*
T ₂	86,1	*	
T ₃	86,4	*	
T ₄	86,2	*	
T ₅	79,0	*	*
T ₆	82,0	*	*

Anexo 12. Estadística obtenida para el año 2007 para la variable Altura del ensayo de control de fertilización.

	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄		T ₅		T ₆		$\bar{Y}_{.j}$	$\sum Y_{.j}$
Bl ₁	P ₁	263,7	P ₂	315,3	P ₃	302,4	P ₄	299,8	P ₅	301,3	P ₆	263,4	291,0	1.745,9
Bl ₂	P ₁₀	270,4	P ₈	256,5	P ₁₂	240,7	P ₇	286,2	P ₁₁	270,4	P ₉	274,4	266,5	1.598,7
Bl ₃	P ₁₈	271,2	P ₁₃	280,2	P ₁₆	311,8	P ₁₇	270,8	P ₁₅	285,5	P ₁₄	292,0	285,3	1.711,6
Bl ₄	P ₂₃	287,4	P ₂₂	289,7	P ₁₉	287,8	P ₂₄	280,3	P ₂₁	253,5	P ₂₀	273,0	278,6	1.671,7
$\bar{Y}_{.i}$	273,2		285,4		285,7		284,3		277,7		275,7			
$\sum Y_{.i}$	1.092,7		1.141,8		1.142,7		1.137,0		1.110,8		1.102,9			

Análisis de Varianza				$\alpha = 0,05$	
F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Razón F	F Tabla
Tr	5	597,8	119,6	0,35	2,90
Bl	3	2.000,5	666,8		
Err	15	5.190,4	346,0		
Total	23	7.788,6		NO HAY diferencia significativa entre las medias	

Contraste de medias (Test de Duncan)		
Tratamiento	Promedio	Orden
T ₁	273,2	6
T ₂	285,4	2
T ₃	285,7	1
T ₄	284,3	3
T ₅	277,7	4
T ₆	275,7	5

$$S_v = 9,30$$

r _α (p,f)	Valor Tabla	R _α (p,f)
r _{0,05} (2,15)	3,01	27,00
r _{0,05} (3,15)	3,16	29,39
r _{0,05} (4,15)	3,28	30,51
r _{0,05} (5,15)	3,3	30,69
r _{0,05} (6,15)	3,35	31,16

Tratamiento	Promedio	T ₁	T ₆	T ₅	T ₄	T ₂	T ₃
T ₃	285,7	12,5	10,0	8,0	1,4	0,2	-
T ₂	285,4	12,3	9,7	7,7	1,2	-	-
T ₄	284,3	11,1	8,5	6,6	-	-	-
T ₅	277,7	4,5	2,0	-	-	-	-
T ₆	275,7	2,5	-	-	-	-	-
T ₁	273,2	-	-	-	-	-	-

Dif. Trat.	Dif. Medias	R _α (p,f)	Diagnostico
T ₃ T ₁	12,5	28,00	Medias no difieren entre si
T ₂ T ₁	12,3	29,39	Medias no difieren entre si
T ₄ T ₁	11,1	30,51	Medias no difieren entre si
T ₅ T ₁	4,5	30,69	Medias no difieren entre si
T ₆ T ₁	2,5	31,16	Medias no difieren entre si
T ₃ T ₆	10,0	28,00	Medias no difieren entre si
T ₂ T ₆	9,7	29,39	Medias no difieren entre si
T ₄ T ₆	8,5	30,51	Medias no difieren entre si
T ₅ T ₆	2,0	30,69	Medias no difieren entre si
T ₃ T ₅	8,0	28,00	Medias no difieren entre si
T ₂ T ₅	7,7	29,39	Medias no difieren entre si
T ₄ T ₅	6,6	30,51	Medias no difieren entre si
T ₃ T ₄	1,4	28,00	Medias no difieren entre si
T ₂ T ₄	1,2	29,39	Medias no difieren entre si
T ₃ T ₂	0,2	28,00	Medias no difieren entre si

Anexo 13. Estadística obtenida para el año 2003 para la variable Factor de Productividad (FP) del ensayo de preparación del suelo.

Estadígrafos	Con subsolado	Sin subsolado
Media	1.079,209	537,588
Varianza	100.337,924	17.852,873
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	2,729	
P(T<=t) una cola	0,036	
Valor crítico de t (una cola)	2,353	
P(T<=t) dos colas	0,072	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182	
Diagnóstico	Hay diferencia entre tratamientos	

Anexo 14. Estadística obtenida para el año 2007 para la variable Factor de Productividad (FP) del ensayo de preparación del suelo.

Estadígrafos	Con subsolado	Sin subsolado
Media	13.094,878	7.961,289
Varianza	950.825,902	3.527.434,917
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	4,202	
P(T<=t) una cola	0,012	
Valor crítico de t (una cola)	2,353	
P(T<=t) dos colas	0,025	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182	
Diagnóstico	Hay diferencia entre tratamientos	

Anexo 15. Estadística obtenida para el año 2003 para la variable diámetro a la altura del cuello (DAC) del ensayo de preparación del suelo.

Estadígrafos	Con subsolado	Sin subsolado
Media	31,363	24,283
Varianza	14,906	3,784
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	2,837	
P(T<=t) una cola	0,033	
Valor crítico de t (una cola)	2,353	
P(T<=t) dos colas	0,065	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182	
Diagnóstico	Hay diferencia entre tratamientos	

Anexo 16. Estadística obtenida para el año 2007 para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP) del ensayo de preparación del suelo.

Estadígrafos	Con subsolado	Sin subsolado
Media	63,033	51,021
Varianza	2,004	23,253
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	4,140	
P(T<=t) una cola	0,027	
Valor crítico de t (una cola)	2,920	
P(T<=t) dos colas	0,054	
Valor crítico de t (dos colas)	4,303	
Diagnóstico	Hay diferencia entre tratamientos	

Anexo 15. Estadística obtenida para el año 2003 para la variable altura del ensayo de preparación del suelo.

Estadígrafos	Con subsolado	Sin subsolado
Media	94,155	76,375
Varianza	39,383	88,681
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	2,721	
P(T<=t) una cola	0,036	
Valor crítico de t (una cola)	2,353	
P(T<=t) dos colas	0,072	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182	
Diagnóstico	Hay diferencia entre tratamientos	

Anexo 16. Estadística obtenida para el año 2007 para la variable altura del ensayo de preparación del suelo.

Estadígrafos	Con subsolado	Sin subsolado
Media	302,984	271,194
Varianza	50,320	549,789
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	2,248	
P(T<=t) una cola	0,077	
Valor crítico de t (una cola)	2,920	
P(T<=t) dos colas	0,154	
Valor crítico de t (dos colas)	4,303	
Diagnóstico	No hay diferencia entre tratamientos	