



**Universidad Austral de Chile**

Facultad de Ciencias Forestales

**Evaluación de dos modelos silvopastorales  
efectuados con dos tratamientos de preparación  
de sitio y dos tipos de plantas de *Pinus radiata*  
en el predio Huape Tres Esteros**

Patrocinante: Dr. Rubén Peñaloza W.

Trabajo de Titulación presentado  
como parte de los requisitos para optar  
al Título de **Ingeniero Forestal**

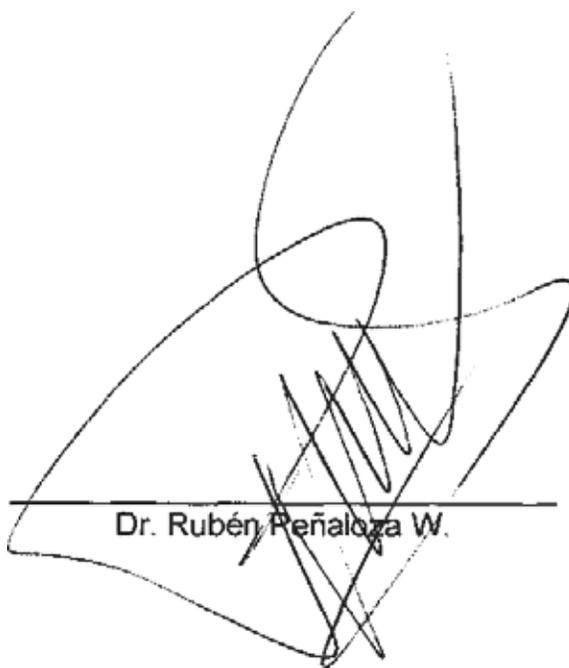
**MAURICIO GERARDO VERGARA BOLLMANN**

VALDIVIA  
2005

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Dr. Rubén Peñaloza W.	6.9
Informante:	Sra. Rosa Alzamora M.	6.4
Informante:	Sr. Felipe Leiva M.	6.3

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.



Dr. Rubén Peñaloza W.

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Preparación de sitio	3
2.1.1 Preparación del suelo	3
2.1.2 Control de malezas	5
2.1.3 Fertilización	8
2.2 Propagación vegetativa	9
2.2.1 Ventajas de la propagación vegetativa	10
2.2.2 Producción de estacas de <i>Pinus radiata</i>	10
2.2.3 Diferencias y similitudes entre plantas de "cuttings" y semillas	11
2.2.4 Resumen de las diferencias morfológicas entre plantas de semillas y "cuttings"	11
3. DISEÑO DE INVESTIGACION	12
3.1 Área de estudio	12
3.1.1 Ubicación geográfica	12
3.1.2 Clima	12
3.1.3 Topografía y suelo	13
3.2 Establecimiento del estudio	13
3.3 Preparación de sitio "Rodal 1"	14
3.3.1 Preparación de suelo	14
3.3.2 Herbicida pre-plantación	14
3.3.3 Plantación	15
3.3.4 Herbicida post-plantación	15
3.3.5 Fertilización	15
3.3.6 Tutores	15
3.3.7 Manejo	15
3.4 Preparación de sitio "Rodal 2"	15
3.4.1 Preparación de suelo	15
3.4.2 Herbicida pre-plantación	15
3.4.3 Siembra de pasto	16
3.4.4 Plantación	16
3.4.5 Fertilización	16
3.4.6 Tutores	16
3.4.7 Manejo	16
3.5 Reconocimiento preliminar	16

3.6	Unidades de muestreo	17
3.7	VARIABLES A MEDIR	17
3.8	Análisis estadístico	18
3.8.1	Análisis descriptivo	19
3.8.2	Análisis inferencial	19
3.9	Cálculo de volumen	20
4.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	21
4.1	Resultados modelo 1 "con camellón" y modelo2 "sin camellón", utilizando modelo estadístico (1)	21
4.1.1	Variable: altura	21
4.1.2	Variable: Dap	25
4.2	Resultados modelo 1 aplicando análisis estadístico (2)	26
4.2.1	VARIABLES ALTURA	26
4.2.2	Variable: Dap	27
4.3	Resultados modelo 2 aplicando el análisis estadístico (2)	30
4.3.1	Variable altura	30
4.3.2	Variable. Dap	31
4.4	Determinación de forma de los modelos	32
4.4.1	Forma "modelo 1"	32
4.4.2	Forma "modelo 2 "	34
4.5	Determinación de volumen de los modelos	35
4.5.1	Volumen modelo 1 y 2	35
5.	CONCLUSIONES	36
6.	BIBLIOGRAFÍA	37

## ANEXOS

### Abstract

1 Análisis estadístico modelo 1 y 2.

- 2 Mapa descriptivo de los modelos analizándose variables: Dap, HT, sanidad, forma.
- 3 Descripción de los modelos incluyendo variables como: N° árbol, Dap, HT, sanidad, forma, volumen.

## RESUMEN EJECUTIVO

En el predio Huape Tres Esteros, perteneciente a la UACH, localizado a 15 Km de la salida norte de Valdivia, X Región, se realizó un estudio de dos modelos silvopastorales en plantaciones de *Pinus radiata*.

El estudio se centró en evaluar el efecto de dos modelos silvopastorales con distinta preparación de suelo y tipos de plantas en plantaciones de *Pinus radiata*. Para ello se utilizó un diseño de investigación experimental factorial de 2 x 2, donde el factor uno correspondió a plantas de semillas y el factor dos a *cutting*.

El establecimiento de los modelos se realizó en el año 1995, en la época de Septiembre-Octubre. En el primero se efectuó una preparación de suelo en forma de camellón, estableciéndose plantas de *Pinus radiata*, propagadas por semillas y vegetativamente distribuidas en los cuatro cuadrantes, además se aplicó una dosis de fertilizantes previamente analizada. El segundo correspondió a una preparación de suelo con siembra de tres tipos de gramíneas, estableciéndose plantas de semillas y *cutting* de *Pinus radiata* distribuidas en los cuatro cuadrantes, finalmente se aplicó fertilizantes en la misma dosis que el primero.

El material utilizado, se obtuvo del vivero Los Castaños de Forestal Valdivia S.A, en donde se eligieron las mejores cinco familias de *Pinus radiata*, que posteriormente fueron propagadas obteniéndose plantas de semillas y *cutting*.

Los objetivos específicos, fueron determinar si existe diferencia de crecimiento entre los dos tipos de plantas (semilla, *cutting*), sometidos a igual preparación de suelo. Determinar el efecto de la preparación de suelo en el crecimiento de las plantaciones. Identificar factores bióticos y abióticos que afectan el desarrollo de la plantación. Determinar el mejor modelo silvopastoral, reflejado en el mayor crecimiento de la plantación.

La obtención de los resultados se basó principalmente en las mediciones de altura y diámetro de los árboles.

Los resultados más importantes fueron: el modelo 1 (con camellón), obtuvo los mayores crecimientos tanto en altura como en diámetro, para este modelo el tipo de planta que presentó un mayor incremento fue las plantas de semillas, lo que demostró que para este tipo de preparación de suelo las plantas de semillas por presentar un sistema radicular de forma pivotante fueron las más beneficiadas.

En el modelo 2, las plantas que presentaron un mayor crecimiento correspondió a las de *cutting*, debido al tipo de preparación de suelo, ya que este modelo con establecimiento de gramíneas, las plantas de *cutting* presentan un sistema radicular fibroso y compacto en donde captaron una mayor cantidad de los recursos disponibles en el suelo a nivel superficial.

Los factores bióticos, *Dothistroma septospora* y *Rhyacionia buofiana*, afectaron la tasa de crecimiento además de la forma, no encontrándose algún tipo de correlación en la diferencia de propagación.

El factor abiótico (viento), afecto en el porcentaje de mortalidad y también en la forma.

Se demostró que la topografía es un factor que hay que considerar en la evaluación de cualquier tipo de rodal, ya que se puede presentar una condición de micro sitio, lo que afecta estrechamente la tasa de crecimiento de la plantación

El mejor modelo silvopastoral correspondió al modelo 1, presentando un mayor volumen que el 2, pero en definitiva los dos modelos presentaron un buen volumen de acuerdo a su edad, lo que respalda que con una previa mejora genética y preparación del sitio se puede obtener una mayor ganancia volumétrica en comparación a una no mejorada.

Palabras claves: *Pinus radiata*, , modelo silvopastoral, semillas, cortando, crecimiento.

## 1. INTRODUCCIÓN

La plantación de una especie, en cualquier sitio, debe desarrollar su máximo potencial de crecimiento desde el momento de su establecimiento. Esta afirmación no siempre se va a cumplir, dado que las condiciones no necesariamente son las mismas y menos aún favorables a los requerimientos particulares de la especie o del individuo.

Es así, que aquellos factores que condicionan el establecimiento en un lugar determinado, están actuando de forma distinta dependiendo del sitio. Por lo tanto si es posible identificar dichos factores, reconociendo su estado inicial y óptimo, se podría eventualmente modificar las condiciones del medio para lograr los objetivos deseados (Daniel *et al*, 1982).

Al identificar los factores que inciden en el desarrollo de la plantación, es posible obtener una gran productividad, ya que éstos están unidos estrechamente a la calidad de los sitios, en donde puede ser incrementada notoriamente por medio de una adecuada preparación de los terrenos. La preparación del sitio tiene por objetivo crear un ambiente apropiado para que las plantas se desarrollen lo mejor posible en el sitio, experimenten un menor *stress* inicial y, de esta forma, puedan desarrollar tasas elevadas de crecimiento y sobrevivencia. Esta actividad no se restringe sólo al momento de la plantación, sino que en algunos casos puede extenderse por un período mayor de tiempo hasta que las plantas superen la fase de establecimiento definitivo.

Para lograr este objetivo se emplean distintas técnicas silvícolas, entre las cuales se cuentan el manejo de la vegetación competidora, elección de especie, preparación de suelo, técnica de establecimiento, fertilización, manejo silvicultural y control de plagas y enfermedades. Estas actividades que implican un alto costo, han sido ampliamente respaldadas por resultados que demuestran la importancia que poseen en el establecimiento de la plantación y en el desarrollo futuro de ellas. Sin embargo para poder implementar un plan adecuado de control de malezas, preparación de suelo y fertilización, que se justifique económicamente y que sea específico a las características del sitio, es necesario conocer y evaluar los mecanismos a través de los cuales la vegetación competidora, factores edáficos y elección del tipo de especie, influyen en el crecimiento de las plantas.

La actividad en nuestro país, relacionada con este tipo de investigación, ha experimentado un crecimiento y desarrollo importante en el último tiempo. No obstante, la información con que se cuenta sólo cubre ciertos aspectos de la dinámica envuelta en los problemas de competencia en las plantaciones forestales. Por este motivo el Instituto de Silvicultura de la Universidad Austral de Chile, en conjunto con el Centro Experimental Forestal de la UACH, plantearon la necesidad de estudiar y cuantificar el efecto de dos modelos silviculturales, en plantaciones de *Pinus radiata*. Esto se tradujo en el desarrollo de este trabajo de titulación, cuyo objetivo general es la evaluación del efecto de dos modelos silvopastorales con distinta preparación de suelo y tipos de plantas en plantaciones de *Pinus radiata*.

Se considera posible alcanzar este objetivo general, dando satisfacción a los siguientes objetivos específicos:

- Determinar si existe diferencia de crecimiento entre los dos tipos de plantas (*cutting*, semilla), sometidos a iguales preparaciones de suelo.
- Determinar el efecto de la preparación de suelo en el crecimiento de las plantaciones.
- Determinar el mejor modelo silvopastoral, reflejado en el mayor crecimiento de la plantación.
- Identificar factores bióticos y abióticos que afectan el desarrollo de la plantación.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Preparación del sitio

Diversos investigadores definen el sitio como la combinación de los factores climáticos, edáficos y biológicos en un área determinada, que establece condiciones homogéneas para el desarrollo vegetal (Schlatter 1998). Esta capacidad del área corresponde a la productividad forestal (Donoso, 1981). El hecho de que esta capacidad sea muy variable, según diferentes combinaciones de los factores ambientales, hace que los sitios sean muy diferentes en cuanto al potencial de crecimiento de la vegetación.

El objetivo de la preparación del sitio es mantener o mejorar su productividad considerando los criterios de conservación en el uso del suelo. Esto significa mejores condiciones de suelo, mejorando los factores limitantes del suelo y concentrando los recursos disponibles a favor de la plantación.

La preparación del sitio para la plantación es un factor de gran importancia, ya que de ella depende, en gran medida la supervivencia de la plantación, su crecimiento inicial y la futura densidad y homogeneidad del rodal (Prado y Barros, 1989).

Como preparación del sitio se pueden considerar los procesos de habilitación del terreno o limpia, preparación o tratamiento del suelo y control de la competencia herbácea. Las prácticas de preparación del sitio no deben originar procesos erosivos ni alterar de manera indeseada las propiedades y funciones del suelo, tanto dentro como fuera del área a tratar (Prado y Barros, 1989).

El crecimiento vegetal está determinado por factores del medio que son directamente utilizados por las plantas, como luz, agua, nutrientes y algunos gases necesarios para el metabolismo. Por otro lado existen factores ambientales externos que condicionan la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas, como la temperatura, aireación y compactación de los suelos (Radosevich y Osteryoung, 1987).

La calidad de sitio de un área puede ser mejorada mediante tratamientos culturales, como drenaje de suelos húmedos, tratamientos que permiten aumentar la profundidad efectiva del suelo, riego, empleo de fertilizantes, tratamientos de corta y control del sotobosque, entre otros (Donoso, 1981).

#### 2.1.1 Preparación de suelo

La preparación del suelo consiste esencialmente en soltar y remover el suelo para incrementar el volumen de poros y mejorar su estructura. Un adecuado tratamiento al suelo siempre tendrá un efecto positivo en la plantación, ya que favorece el desarrollo radicular de las plantas, facilita la infiltración de agua en el suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y disminuye la competencia de la vegetación existente en el lugar de plantación (Prado y Barros, 1989).

Los principales objetivos de la preparación del suelo son proveer las condiciones óptimas para un desarrollo vigoroso de las raíces de las plantas, facilitar la penetración del agua y la capacidad de retención de la humedad del suelo, incrementar la fertilidad natural por efecto de la mineralización de la materia orgánica incorporada y reducir el efecto de las heladas.

MacLaren (1993) indica que una buena preparación del suelo es primordial para el éxito de una plantación, tanto para forestación como reforestación. Factores como la topografía, condiciones del suelo, vegetación presente, superficie a ser tratada y disponibilidad financiera determinarán el tipo de preparación del suelo a efectuar. Los tipos de preparación de suelo más frecuentes en Nueva Zelanda son los mecánicos, manuales, químicos y las quemadas controladas.

Una de las opciones de preparación de suelo es el subsolado el que Durán (1995) define como la acción de romper el suelo en profundidad con el objetivo de facilitar el libre desarrollo radicular, rompiendo capas de suelo de alta densidad, fracturando capas de concreciones y piedras. Por otro lado el rastraje tiene por objetivo romper los terrones formados por el paso del subsolador y eliminar las bolsas de aire ocasionando por la fractura del suelo.

El subsolado lineal se describe como una preparación mecanizada y lineal por la rotura y quebrantamiento en líneas equidistantes de los horizontes inferiores del suelo, sin alterar su disposición, con el fin de proporcionar profundidad amplia a las raíces de las plantas a introducir, para su rápido desarrollo (Molina *et al*, 1989).

Este sistema se emplea en suelos rocosos, compactados o con estratos duros (Harpan) donde generalmente está restringido el crecimiento radicular, la infiltración del agua y la penetración de raíces horizontales más profundas.

El subsolador lo conforman cuatro o cinco dientes, cada uno de 75-150 Kg aproximadamente, se necesita un tractor (90-170 Hp) el cual puede ser de ruedas u oruga. El trabajo se realiza prácticamente en los horizontes inferiores, a una profundidad entre los 0,5 y 0,9 m. Si el roturador encuentra un obstáculo, lo rompe, y si éste es irrompible, lo saca, esto tiene relación con la potencia del tractor.

En general se recomienda trabajar con suelos secos, para obtener mejores resultados. Con pendientes menores del 30%, se sugiere trabajar en curvas de nivel; si el declive es mayor, se debe trabajar de arriba hacia abajo, agregando rellenos en forma intermitente para disminuir el riesgo de erosión, produciendo una gran retención de escorrentía (Soto, 1982). Este tratamiento no logra un buen control de malezas, por lo que éste debe lograrse mediante otra vía (San Martín, 1992).

Rarere (1995) señala que una de las técnicas de preparación de suelo mecánica con mayor éxito en Nueva Zelanda es el subsolado con formación de un camellón (*ripping-mounding*), el cual rompe concreciones y disminuye la compactación del suelo, facilitando la penetración en profundidad de las raíces. Además, esta técnica

disminuye los costos de plantación, aumenta el crecimiento de los arboles y mejora el acceso a la plantación.

Fernández *et al* (1998) en un estudio para evaluar la respuesta de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* ante la aplicación de diversas prácticas de establecimiento en suelos rojos y suelos de drenaje deficiente en el noreste de Argentina, compararon la preparación de suelo mediante rastra *versus* la construcción de camellones. A los seis meses se observó los mayores crecimientos en altura, diámetro a nivel del cuello e índice de productividad, para el tratamiento que consideró el sistema de camellones para ambas especies. En relación con la sobrevivencia no se registró diferencias estadísticas para ambos tipos de preparación de suelo.

Hunt (1995) señala que la preparación mecánica de suelo ha reemplazado paulatinamente a las quemas controladas en Canadá. Durante la temporada 1993-1994, el 60% de la superficie total plantada tuvo preparación mecánica y solo un 25% registró quemas. Los otros tipos de preparación de suelo constituyen el 15% en esa temporada.

### 2.1.2 Control de malezas

No se puede clasificar a una especie como benéfica o nociva, sino en el contexto o perspectiva de quien toma decisiones. Al hablar de una mala hierba o maleza se emite una opinión que está condicionada a las circunstancias. Una maleza, puede en determinadas condiciones, tener importancia económica, mientras que en otra ser perjudicial. Por lo anterior, el término maleza no es un concepto rígido, ya que se llegará a estimar como maleza a toda planta que crece en un lugar donde el hombre no desea que lo haga (Kogan, 1992).

En general se considera maleza a toda planta que crece en un terreno donde el hombre no quiere que lo haga; es decir, “toda planta que crece fuera de lugar”. Existe otras definiciones de maleza, aunque todas coinciden en su indeseabilidad; sin embargo, existe consenso en que una planta es considerada maleza según el contexto en que se encuentra y los objetivos de la personas involucradas en el manejo del cultivo (Walstad y Kuch, 1987).

La interacción negativa entre malezas y el cultivo se denomina competencia. Según Donoso (1981), competencia corresponde a la interacción entre dos individuos que se produce cuando uno de los factores o recursos del medio ambiente (temperatura, luz, agua, etc) se hace escaso para ambos. La competencia tiene un efecto mutuo, recíproco y perjudicial, dependiendo básicamente de la forma y hábito de vida, además del tipo y grado del competidor.

La vegetación competitiva puede ser controlada utilizando uno o más métodos individuales o una combinación de éstos: control con equipos mecánicos utilizando máquinas desbrozadoras o tractores equipados con discos chipeadores (“*rolling chopper*”, “*disk trencher*”); a través de quemas prescritas; por medio de un control biológico (parásitos, depredadores y patógenos); utilizando productos químicos

(herbicidas) o cortas manuales, rastrajes y cultivos especiales (Campos,1982 Walstad *et al.*, 1987; Alvarez, 1988).

Existen métodos indirectos y directos de control de malezas. La preparación del suelo es un método indirecto, ya que el cultivo del suelo superficial implica la destrucción total o parcial de la vegetación competidora (Celhay, 1988). Entre los métodos directos, se distingue el control mecánico y el control químico; éste último realizado con compuestos químicos de naturaleza fitotóxica denominados herbicidas y cuya aplicación se efectúa con equipos manuales (bombas de espaldas, por ejemplo), mecanizados (bombas de espalda, tractores, *skidders*) o por vía aérea (aviones, helicópteros).

Muchos de los problemas provocados por las malezas pueden ser minimizados o prevenidos en determinadas ocasiones a través de técnicas culturales destinadas a incrementar las ventajas competitivas de las plantas forestales. Se ha demostrado que una buena preparación de los terrenos, seguido por una plantación y control de malezas dentro de los períodos biológicos adecuados, puede reducir o eliminar la necesidad de realizar controles de malezas posteriores (Lanini y Radosevich, 1986)

La selección de los métodos de control depende de (1) el objetivo del tratamiento; (2) las especies, tamaño, posición relativa y densidad del rodal; (3) la composición y estructura del sotobosque; (4) las características de ciertos factores físicos como el terreno, exposición, tipo de suelo, erodabilidad, superficie a tratar y accesibilidad; (5) las condiciones climáticas; (6) la disponibilidad de equipos y mano de obra; (7) los recursos financieros; (8) aspectos externos, como regulaciones de tipo gubernamental. Por este motivo, cualquier prescripción entregada para manejar la competencia debe ser específica al sitio y no debe ser generalizada a grandes extensiones; de lo contrario los costos pueden resultar excesivos, con una reducción en la eficiencia de los tratamientos y con el riesgo de provocar un fuerte impacto ambiental (Stewart, 1987; Kogan y Figueroa, 1996).

En cuanto a la aplicación de herbicidas, es importante llegar con dosis letal a los puntos de crecimiento, que en las gramíneas se ubican bajo el nivel del suelo y en las malezas de hoja ancha están superficiales; en las leñosas, pueden estar a nivel de tocón. El ingreso de herbicida a la planta depende de factores como tamaño y forma de la hoja, superficie y textura de ésta, la especie involucrada y el hábito de crecimiento (Ortega, 1997)

Kogan (1998) indica que los herbicidas aplicados al follaje se dividen según su forma de actuar en herbicidas de contacto y sistémicos. Un herbicida de contacto es aquel que afecta sólo a las partes de las plantas que han sido cubiertas por la aspersión. Por otro lado un herbicida es sistémico, si luego de aplicado penetra a la planta y es movilizado para ejercer su efecto lejos del sitio de aplicación, actuando en las raíces y puntos de crecimiento aéreos. El autor además caracteriza herbicidas con otras formas de acción que actúan a nivel del suelo, ejerciendo su efecto al entrar directamente en contacto con las raíces, o aquellos que se pueden mover desde las raíces a otras partes de la maleza, luego de ser absorbidos desde el suelo.

Kogan y Figueroa (1996) destacan el efecto del control químico de malezas en plantaciones de *Pinus radiata*, como de gran importancia para el establecimiento debido a la agresividad y competitividad de éstas. Estos autores señalan que resulta muy efectiva la aplicación de un control Químico pre-plantación, pudiendo utilizar glifosatos aplicados sobre el follaje de malezas leñosas como, retamillo (*Teline monspesularum*) y espinillo (*Ulex europeaeus*), entre otras. Además, cuando existe presencia de otras malezas como zarzamora (*Rubus ulmifolius*), se debe reforzar la acción de glifosatos con otros herbicidas como Triclopir (Garlón) y Picloram (Tordón).

MacLaren (1993) señala que los herbicidas más utilizados en plantaciones de *Pinus radiata* pre y post-plantación son: glifosato (Roundup®), triclopir (Garlón®), atriazina (Atriazina®), simazina (Simazina®) y hexaxinona (Velpar®). La selección del producto a utilizar depende básicamente de la composición de las malezas (especies y densidad) y del estado de desarrollo de la vegetación a ser tratada, así como del objetivo del tratamiento, es decir si corresponde a un control parcial (disecación de corto plazo) o total, que implica la muerte de las especies competidoras, todo dentro de un marco económico razonable (Kogan y Figueroa, 1996).

Los principales factores que afectan el control químico de malezas son: El estado de desarrollo o crecimiento de las malezas, la dosis y aplicación de herbicidas, factores climáticos y edáficos (Ortega, 1997).

Kogan (1992), señala que en el último tiempo el control químico ha desplazado de manera importante a los métodos mecánicos de control de malezas en los países de agricultura intensiva y altamente tecnificada.

Álvarez (1995), destaca que sólo un control de malezas efectivo permitirá que se manifiesten los incrementos potenciales esperados como consecuencia de los programas de mejoramiento genético y fertilización. El mismo autor señala que fertilizaciones sin control de malezas generan respuestas inferiores a los testigos sin fertilizar.

El control de malezas es la actividad silvícola de establecimiento de más relevancia en el crecimiento de *Pinus radiata* en Chile, Australia y Nueva Zelanda. Esta condición se asocia principalmente con el aporte en la disponibilidad de agua para la plantación (Kogan, 1992).

MacLaren (1993), señala que un adecuado control de malezas es primordial para asegurar una alta sobrevivencia de plantas y un crecimiento uniforme.

Davenhill (1995), destaca que en Nueva Zelanda la competencia de malezas es considerada el factor más importante en el establecimiento de una plantación. El mismo autor señala que es usual y necesario realizar un control pre-plantación en lugares con malezas agresivas, para favorecer el desarrollo de la plantación.

Una aplicación de Velpar en el establecimiento en dosis de 2 Kg de ingrediente activo (I.A.)/ha para suelos livianos o 3,6 Kg de I.A./ha para suelos pesados, mejoran el crecimiento en diámetro y altura sobre el segundo año post-aplicación (Balneaves, 1982).

### 2.1.3 Fertilización

La fertilización es una de las técnicas empleadas para mejorar la productividad de un sitio, dado que tiene por objeto aportar al suelo los nutrientes requeridos por la planta, en la cantidad, proporción, forma química y en la zona precisa para evitar desequilibrios nutricionales que alteren el metabolismo de la planta y así lograr un crecimiento adecuado de ella (Toro, 1998).

La fertilización tiene por objetivo proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para un rápido crecimiento inicial, entregándole a cada individuo los elementos requeridos. Los beneficios se reflejan en una alta supervivencia y uniformidad de la plantación (Holmberg, 1992). Esta práctica silvícola es relevante durante la primera fase de crecimiento de las plantas, que se desarrolla entre su instalación y el cierre de copas, pues en este periodo la absorción de nutrientes es máxima y se obtiene de las reservas del suelo (Toro, 1992).

La fertilización es una de las técnicas silvícolas introducidas en el manejo forestal que puede contribuir en gran medida a mantener o mejorar la productividad de muchos sitios, siendo posible aumentar la calidad y volumen de producción en plantaciones forestales y además, acortar la edad de rotación. Cuando la fertilización se emplea al establecimiento de las plantaciones, puede contribuir al aumento del crecimiento de las plantas y a su vitalidad, permitiendo que enfrenten de mejor forma la competencia con malezas y las sobrepasen en un corto periodo de tiempo.

El máximo beneficio de la fertilización sólo se obtiene al aplicar correctamente las demás técnicas de establecimiento; así, una buena preparación del suelo y el adecuado control de la competencia son absolutamente necesario cuando se aplican fertilizantes (Prado y Barros, 1989).

Satoo y Madgwick (1982), señalan que existe una tendencia cada vez mayor de modificar la calidad inicial del sitio a través de la fertilización. La aplicación de fertilizantes es necesaria para suplir las pérdidas nutricionales en lugares naturalmente pobres o donde las deficiencias han sido inducidas, situación que puede ocurrir cuando se realiza una cosecha intensiva de la biomasa forestal (Ballard, 1979). Sin embargo, la respuesta de las plantaciones a la fertilización es un tema complejo, con resultados muchas veces difíciles de interpretar, ya que se encuentra estrechamente relacionada con la severidad de la deficiencia, el elemento deficiente, el potencial de respuesta de las especies y el contenido de agua en el suelo (Ballard, 1979).

En términos de los procesos que rigen el crecimiento de los árboles, las respuestas a la fertilización están dadas por un incremento de la capacidad fotosintética, un

aumento del índice de área foliar y un cambio en la forma de distribución de la materia seca producida (Linder y Rook, 1984).

La fertilización en sitios donde las precipitaciones son elevadas y los suelos permeables, puede tener como resultado una lixiviación excesiva del producto y una baja eficiencia del fertilizante (Ballard, 1984). En sitios donde la disponibilidad de agua es alta, la temperatura adecuada y no se considera ninguna fertilización, las tasas de mineralización se elevan, pudiendo tener como consecuencia un agotamiento rápido de los elementos nutritivos presentes en el suelo. Por otro lado, en sitios donde es característica la escasez de precipitaciones, la respuesta de los árboles a la fertilización es nula o muy errática, razón por la cual el manejo de las malezas se transforma en una técnica silvícola de importancia, ya que permite eliminar la competencia por nutrientes, y además aumenta la posibilidad de absorción de éstos a través de una mayor cantidad de agua disponible para su transporte (Ballard, 1984).

Maclaren (1993) indica que se debe tener claridad en la sintomatología de las deficiencias de nutrientes, para no confundir con alguna enfermedad por hongos, ataque de insectos o algún tipo de daño químico. Las deficiencias de nutrientes se caracterizan por ocurrir en agrupaciones de árboles y tener un comportamiento regular.

Los beneficios de la fertilización son variados, partiendo por estimular el desarrollo de las raíces, permitiendo que la planta haga una rápida ocupación del suelo y aproveche en forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles (Prado y Barros, 1989).

Mead (1995), señala el uso de fertilizantes como herramienta silvicultural en algunas plantaciones forestales en Nueva Zelanda. Estos se aplican al momento de plantar como también en las etapas de establecimiento principalmente en *Pinus radiata* y algunos tipos de *Eucalyptus*. En este país, las deficiencias más comunes son N, P y B, en cambio menos frecuente son las deficiencias en K, Ca, Mg y Cu. Por último las deficiencias en Zn, Al, Mn y Fe son escasas.

Francke (1988), señala que con las medidas de fertilización se puede esperar incrementos adicionales anuales de 1-4 m<sup>3</sup>/ha, en un periodo de tiempo de 15 años después de la última aplicación, además de mejorar las funciones sanitarias del bosque aumentando la resistencia contra daños y enfermedades en especies forestales.

## 2.2 Propagación Vegetativa

La reproducción asexual es la generación de nuevos individuos a partir de células, tejidos u órganos sin que se manifieste el proceso de fecundación, el que implica la fusión de los gametos o células sexuales. Esta forma de reproducción, también

conocida como clonación, se basa en el concepto de totipotencialidad de las células, y se presenta en forma natural en algunos organismos inferiores y plantas.

La totipotencialidad es la propiedad de cada célula viviente de contener toda la información genética necesaria para regenerar al organismo completo de cual forma parte.

La propagación vegetativa genera copias genéticamente idénticas de la planta madre original. El conjunto de descendientes de una planta, obtenidos mediante la aplicación de una técnica de propagación vegetativa, es un clon.

La clonación permite el aprovechamiento de un genotipo único, seleccionado de entre muchas otras plantas por su superioridad en algún aspecto de interés para el hombre, y multiplicarlo para obtener nuevos individuos con el mismo genotipo (Gutiérrez e Ipinza, 1998).

### *2.2.1 Ventajas de la propagación vegetativa.*

Las ventajas de la propagación vegetativa se pueden resumir como las siguientes:

- Potencial para obtener mayores ganancias genéticas.
- Potencial para obtener una uniformidad en la cosecha de árboles mayor que la que es posible a través de la regeneración por semillas.
- Bajo ciertas condiciones, la oportunidad de acelerar los resultados de las actividades del mejoramiento genético forestal.
- La capacidad para capturar y transferir a los nuevos individuos todo el potencial genético de la planta madre u ortet.

### *2.2.2 Producción de estacas de Pinus radiata*

Esta técnica consiste en el enraizamiento de estacas, las cuales se obtienen desde segmentos de ramas de una planta madre o seto. Muchas veces cuando se inicia el proceso de producción de estacas, se cuenta con un reducido número de semillas de alto valor genético que se desean propagar. Estas semillas se hacen germinar y de ellas se generan setos generativos, los cuales proporcionarán estacas para establecer otros setos, que en este caso se conocen como setos vegetativos. Los cuales juntos con los anteriores pasan a constituir la población de setos que darán origen a todas las estacas necesarias para la generación de las plantas a utilizar en las poblaciones productivas.

Los “*cuttings*” son usados para mantener características específicas. Este tipo de reproducción es llamado también clonación, ya que cada individuo mantiene todas las características de la planta de la cual fue extraída la estaca (Dirr y Heuser, 1987).

Este procedimiento es utilizado para el aprovechamiento de semillas de alto valor genético, como también para la propagación de plantas en forma masiva. El enraizamiento se puede realizar en una serie de ambientes, siendo el más simple colocar las estacas en platabandas, para generar plantas a raíz desnuda de un año de edad, tal como se aplica en *Pinus radiata*.

### 2.2.3 Diferencias y similitudes entre plantas de “cuttings” y semillas

Información generada por numerosos ensayos llevados a cabo por el FRI (Forest Research Institute, New Zealand Forest Service) muestran claramente la ganancia potencial que se puede obtener en crecimiento con la utilización de “cuttings” de *Pinus radiata*, con edades fisiológicas de 3 y 4 años. El crecimiento de los cuttings puede en algunos casos ser más lento que el de semillas en los primeros años pero transcurrido 4 ó 5 años la altura es generalmente superior.

En general, las plantas provenientes de “cuttings” presentan una menor curvatura del fuste, como también una corteza más delgada, base del tronco menos prominente y un menor ahusamiento (Burdon y Bannister, 1985; Zobel y Talbert, 1988)

### 2.2.4 Resumen de las diferencias morfológicas entre plantas de semillas y “cuttings”

La información generada en los ensayos y del monitoreo realizado en los bosques, muestran diferencias significativas entre los “cuttings” y los árboles originados de semillas. Algunas de estas son probablemente el resultado entre dos tipos de material, pero en muchas instancias se puede deber, a una carencia de control sobre otros factores que hacen invalida una comparación. Por ejemplo, mucha información relativa a las tasas de crecimiento, no esta dada por una comparación real, ello porque los árboles padres de los “cuttings” han sido seleccionados por vigor, o porque las plántulas y las estacas han sido plantadas en diferentes años (ejemplo “cuttings” de 2 años de edad y plántulas de 1 año de edad).

También se puede señalar, que el sistema radicular de algunos “cuttings” en los primeros años fue pobre, ya que las técnicas para el desarrollo adecuado estaban siendo desarrolladas. Esta fue una de las razones porque algunos de los primeros ensayos necesitaron usar “cuttings” de dos años de edad, porque el sistema radicular no se había desarrollado lo suficientemente en el primer año.

Algunas de las tendencias morfológicas de los “cuttings”, tales como cambios en la longitud de internodos y calidad de las ramas, pueden ser el reflejo de la selección de los árboles padres. Sin embargo, hoy en día se encuentran establecidos numerosos ensayos en Australia y Nueva Zelanda que darán una tendencia morfológica global (Menzies y Klomp, 1988).

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACION

#### 3.1 Área de estudio

##### 3.1.1 Ubicación geográfica

El lugar del estudio se encuentra ubicado en el fundo Huape Tres Esteros, ubicado a los 39° 43' Sur y los 73° 06' Oeste a 18 km al norte de la ciudad de Valdivia, y luego hacia el Este 2 km hasta la entrada del fundo.

Posee una superficie de 152,64 ha, de propiedad de la Universidad Austral de Chile, adquirido el año 1972, el que ha sido utilizado tradicionalmente para la producción forestal y algunos estudios de la misma área.

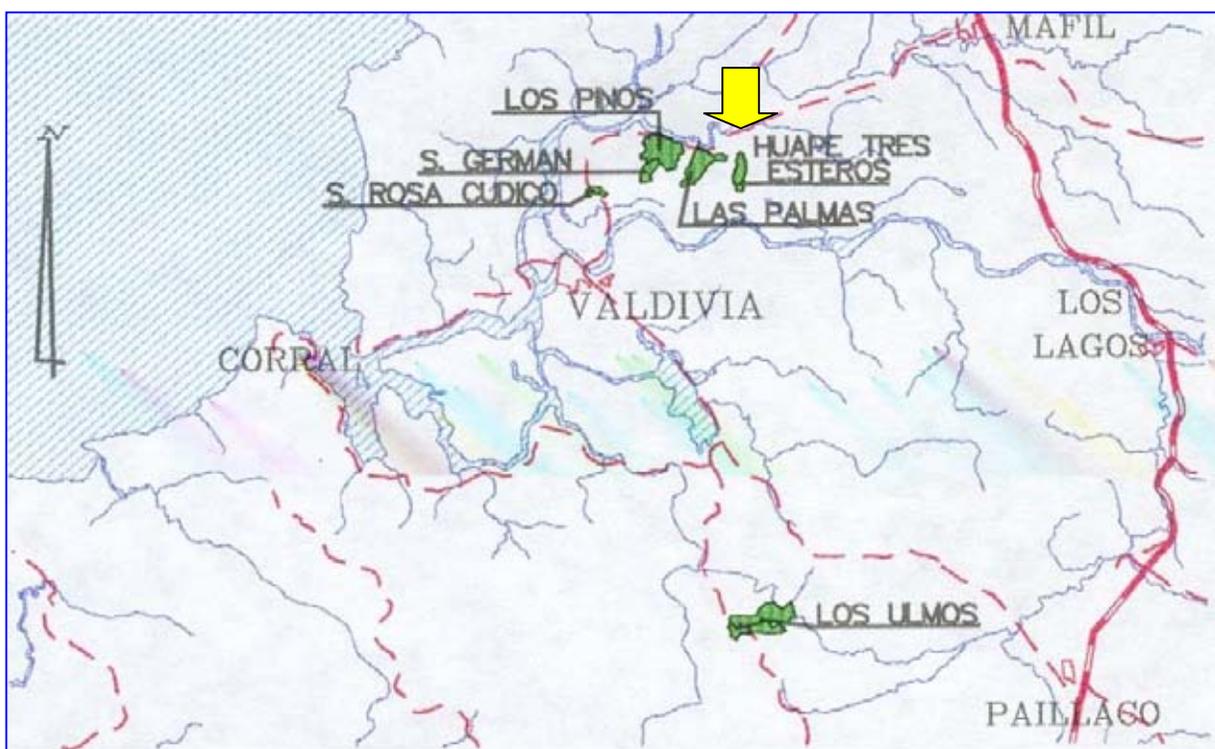


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

##### 3.1.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de climas desarrollada por Köppen, el área de estudio corresponde a un clima templado lluvioso que no presenta estación seca, las precipitaciones son normalmente fuertes en el invierno y periódicas en el verano, éstas alcanzan valores medios anuales de 2.351 mm, las cuales se concentran en los meses de junio y julio.

La humedad relativa alcanza valores de hasta un 78% y esto se debe principalmente a la influencia de los vientos provenientes del océano.

La temperatura promedio alcanza los 12°C con una media mensual mínima de 7,7°C en el mes de Julio, las máximas se alcanzan en los meses de verano y pueden llegar a los 27°C (Schlatter, 1998).

### 3.1.3 Topografía y suelo

La topografía del predio se caracteriza por encontrarse segmentada por quebradas pronunciadas, orientadas en sentido este- oeste, y también presenta lomajes suaves en el límite norte.

En el predio se encuentran presentes tres series de suelo, Valdivia, Correltúe y Los Ulmos, en dirección norte- sur.

La serie correspondiente a los rodales en estudio, es la serie Valdivia, originada de cenizas volcánicas modernas sobre depósitos marítimos denominados Cancagua. Son suelos profundos de coloración parda oscura hasta aproximadamente los 70 cm de profundidad y pardo amarillento en profundidad, presenta texturas muy finas al comienzo y a medida que se va descendiendo en profundidad éstas se hacen cada vez menos finas, las texturas dominantes en estos suelos son franco limosa en los primeros horizontes hasta llegar a una textura franco arcillo limosa. En general son suelos con deficiencia de nutrientes, los cuales disminuyen con la profundidad.

En la actualidad el uso del suelo de dicho predio es forestal con aproximadamente un 64% de la superficie total cubierta por bosques plantados, existen también dentro del predio zonas de protección de los cursos de agua y renovales de bosque nativo los cuales se encuentran destinados en la actualidad a la conservación de los mismos.

## 3.2 Establecimiento del estudio

El establecimiento de los modelos silvopastorales, corresponden a dos rodales de *Pinus radiata*, establecidos en septiembre de 1995 con una superficie de 1,25 ha cada uno de ellos, separados por una distancia de 30 m (figura 2).

Cada rodal se dividió en cuatro cuadrantes (siguiendo los punteros del reloj). En el primer rodal los cuartos correspondientes al 1 y 3 se establecieron plantas de *cutting*, y en los restantes se estableció plantas de semillas a raíz desnuda. El segundo rodal los cuartos correspondiente al 2 y 4 se establecieron plantas de *cutting* y en los restantes a plantas originadas de semillas. Tanto las plantas de semillas como las de *cutting* corresponden a las mismas familias. Estas se obtuvieron del vivero los Castaños de Forestal Valdivia, en donde se eligieron las mejores cinco familias, que posteriormente fueron propagadas obteniendo plantas de semilla y *cutting*.

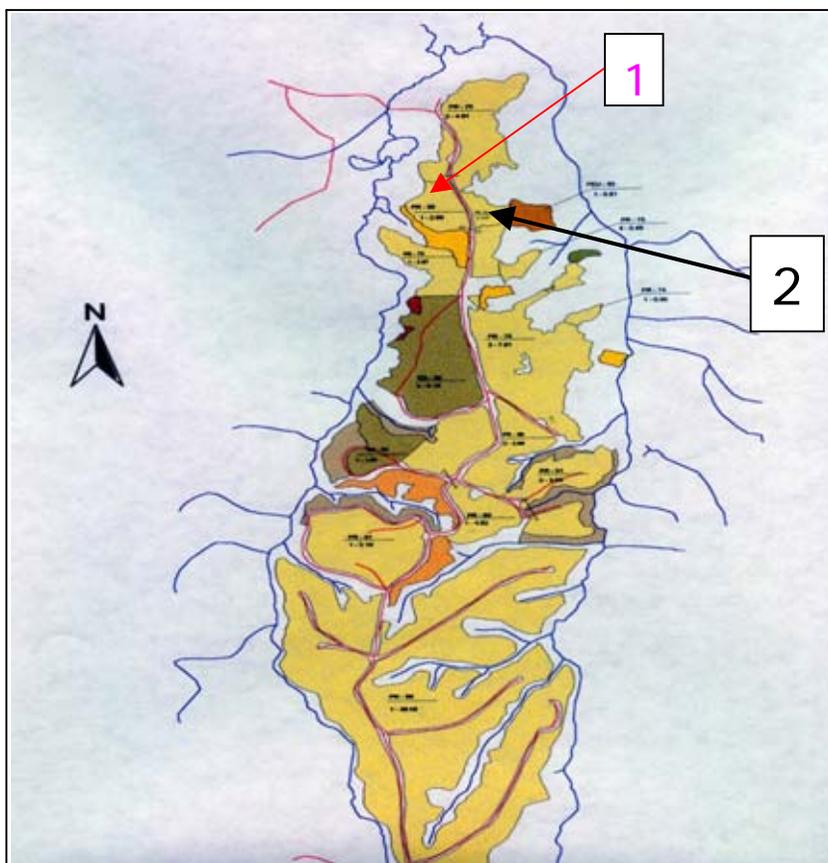


Figura 2. Ubicación de los rodales en el predio.

### 3.3 Preparación de sitio “Rodal 1”

#### 3.3.1 *Preparación de suelo*

La preparación del suelo consistió en un subsolado ejecutado por un Bulldozer, acondicionado en la parte posterior con diente, insertado en el suelo hasta 60 cm de profundidad, luego se realizó un surcado con una rastra de discos impulsada por un tractor agrícola que formó camellones de 1.20 m de ancho separados cada 3.5 m siguiendo las hileras de plantación. Finalmente se pasó un rodillo transportado por tractor agrícola, con la finalidad de compactar el suelo.

#### 3.3.2 *Herbicida preplantación*

Se aplicó un control de malezas pre-plantación, con bombas de espalda utilizando Roundup (glifosato) en la dosis de 5 lt/ha.

### 3.3.3 *Plantación*

La plantación fue realizada en forma manual sobre los camellones, utilizando la técnica de la doble T, con pala Neozelandesa se utilizó además gel Alcosorb, para aumentar la humedad radicular. El espaciamiento de la plantación fue de 3,5 x 2 m, lo que resultó en una densidad final de 1428 plantas/ha. El rodal se dividió en cuatro cuadrantes, en dos de ellos se utilizaron plantas provenientes de vivero desarrolladas en tubetes “*cutting*”, y en los otros cuadrantes, plantas a raíz desnuda originadas de semillas.

### 3.3.4 *Herbicida post-plantación*

Se aplicó un control de malezas post-plantación, con bombas de espalda utilizando Velpar en la dosis de 3 lt/ha.

### 3.3.5 *Fertilización*

La fertilización aplicada correspondió a un equivalente de 240 kg/ha Super fosfato Triple, 240 kg/ha Supernitro, 80 kg/ha Muriato de potasio, la aplicación del fertilizante fue en fajas paralelas a una distancia aproximadamente de 20 cm de la planta y una profundidad de 10 cm.

### 3.3.6 *Tutores*

Por efecto mecánicos (viento), fue necesario establecer tutores a cada una de las plantas que presentaban algún tipo de caída o inclinación.

### 3.3.7 *Manejo*

Se efectuó una primera poda baja (tercer verticilo), en septiembre de 1999 y finalmente un levante en mayo de 2002, aproximadamente de 3-5 m. Posteriormente se realizará un raleo al 40% del número de individuos..

## 3.4 Preparación de sitio “Rodal 2”

### 3.4.1 *Preparación de suelo*

La preparación del suelo consintió primero, en un arado, luego rastraje con disco y finalmente subsolado a 60 cm de profundidad a la totalidad de la superficie.

### 3.4.2 *Herbicida preplantación*

Se aplicó un control de malezas pre-plantación, con bombas de espalda utilizando Roundup en la dosis de 5 lt/ha

### 3.4.3 Siembra de pasto

Antes de la plantación se realizó siembra de pasto, en donde se utilizó diferentes semillas, siendo las siguientes: 20 kg/ha festuca, 10 kg/ha ballica tetrone y 8 kg/ha pasto miel (*Holcus lanatus*).

### 3.4.4 Plantación

La plantación fue realizada en forma manual, utilizando la técnica de la doble T, con pala Neozelandeza, se utilizó además gel Alcosorb para aumentar la humedad radicular. El espaciamiento de la plantación fue de 3.5 x 2 m, lo que resultó en una densidad final de 1428 plantas/ha. El rodal se dividió en cuatro cuadrantes, en dos de ellos se utilizaron plantas provenientes de vivero desarrolladas en tubetes "cutting", y en los otros cuadrantes, plantas a raíz desnuda formadas de semillas.

### 3.4.5 Fertilización

La fertilización aplicada correspondió al equivalente de 240 kg/ha Super fosfato Triple, 240 kg/ha Supernitro, 80 kg/ha Muriato de potasio, la aplicación del fertilizante fue en fajas paralelas a una distancia aproximadamente de 20 cm de la planta y una profundidad de 10 cm.

### 3.4.6 Tutores

Por efecto mecánicos (viento), fue necesario establecer tutores a cada una de las plantas que presentaban algún tipo de caída o inclinación.

### 3.4.7 Manejo

Se efectuó una primera poda baja (tercer verticilo), en septiembre de 1999 y finalmente un levante en Abril de 2003. Posteriormente se realizará un raleo al 40% del número de individuos.

De acuerdo a los objetivos planteados en el momento de establecimiento de los dos rodales, se pensaba incorporar animales, pero por cambios internos administrativos del CEFOR, ello no se ha podido llevar a cabo. Esto no tiene mayor implicancia en el estudio ya que de acuerdo al objetivo general sólo se evaluará la diferencia de crecimiento de los modelos, sometidos a diferentes preparaciones de suelo y tipos de plantas

## 3.5 Reconocimiento preliminar

Antes de iniciar el reconocimiento de los cuadrantes definitivos, se recorrió el área de estudio para obtener una visión general de sus características.

Posteriormente se encontró la delimitación de los cuadrantes del “ Rodal 1 y 2” la que se encontraba delimitada con estacas de roble.

### 3.6 Unidades de muestreo

Una vez verificada la delimitación y el tipo de planta correspondiente, se realizó un censo, en donde se registro variables de interés previamente seleccionadas de acuerdo a los objetivos del estudio.

### 3.7 Variables a medir

Las variables seleccionadas en el estudio son las siguientes: DAP, HT, Sanidad, Forma, PD y VA.

donde:

DAP: Diámetro altura del pecho ( cm), medido con forcípula de brazos paralelos.

HT: Altura total ( m), medida con vara telescópica de 11 m.

Sanidad: clasificado de acuerdo a los siguientes parámetros.

- 1: ataque nulo o incipiente de factores bióticos o abióticos, que no comprometen el desarrollo del árbol.
- 2: ataque moderado de factores bióticos o abióticos, que comprometen el desarrollo normal del árbol.
- 3: ataque pronunciado de factores bióticos o abióticos que comprometen la supervivencia del árbol.

Forma: clasificado de acuerdo a los siguientes parámetros.

- 1: fuste recto sin defecto
- 2: fuste con curvatura suave.
- 3: fuste con curvatura fuerte, multiflecha o forma arrepollada.

PD: clasificado de acuerdo a los siguientes parámetros.

- 1: podado.
- 2: no podado.
- 3: quebrado.

VA: Vegetación acompañante.

### 3.8 Análisis estadístico

De acuerdo al tipo de establecimiento de los modelos, se determinó que corresponde a un diseño de investigación experimental factorial de 2 x 2, es decir dos factores y cada uno de ellos con dos niveles, cada nivel presenta dos repeticiones (figura 3).

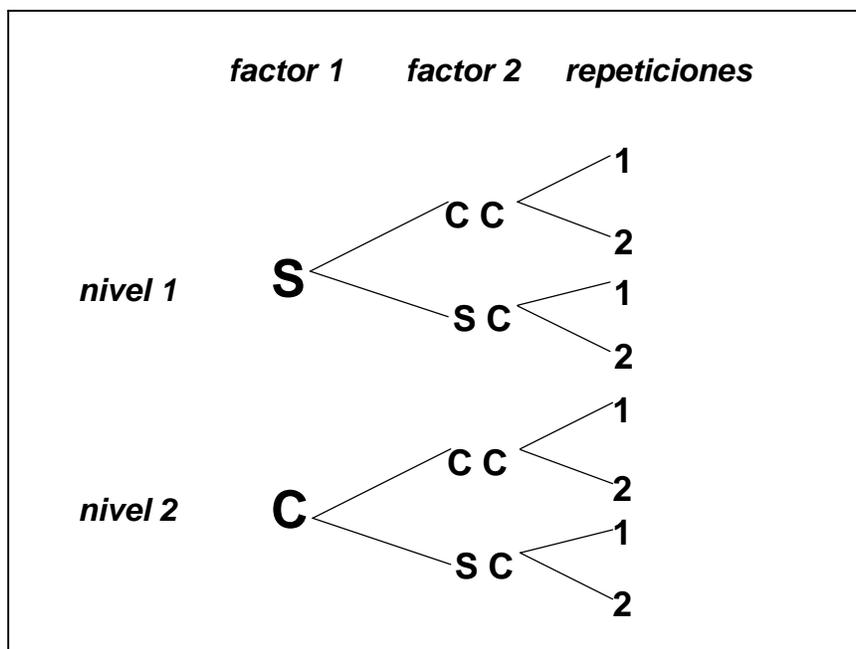


Figura 3. Esquema del diseño de investigación experimental factorial de 2<sup>2</sup>.

donde:

S: Semilla

C: *Cutting*

CC: con Camellón

SC: sin Camellón

1, 2: Números de repeticiones

Una vez obtenido las variables de interés de los rodales, se procedió a realizar un análisis estadístico de acuerdo a los siguientes modelos estadísticos.

El modelo que mejor se ajusta al tipo de diseño experimental, es el de análisis de varianza (efectos fijos). Este modelo supone cuando el investigador se interesa únicamente en los a niveles del factor a y en los b niveles del factor b, presentes en el experimento, el cual es el siguiente

$$y_{ijk} = \mu + TP_i + TPS_j + TP * TPS_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

donde:

$y_{ijk}$  = variable respuesta: Altura o Dap.

$\mu$  = Efecto medio del ensayo.

$TP_i$  = Efecto de la  $i$ ésimo tipo de planta.

$TPS_j$  = Efecto de la  $j$ ésimo tipo preparación del suelo.

$TP * TPS_{ij}$  = Efecto de la interacción de la  $i$ ésimo tipo de planta por el  $j$ ésimo tipo preparación de suelo .

$e_{ijk}$  = Error.

Este modelo permite comparar las diferentes interacciones entre los dos rodales, y para poder comparar los diferentes tipos de plantas en un mismo rodal, se debe realizar una modificación que consiste en agregar las repeticiones con el número adecuado del tipo de planta, siendo el siguiente

$$y_{ijk} = \mu + Rep_i + TP_j + Rep * TP_{ij} + e_{ijk} \quad (2)$$

donde

$y_{ijk}$  = Variable respuesta: Altura o DAP.

$\mu$  = Efecto medio del ensayo.

$Rep_i$  = Efecto de la  $i$ ésima repetición.

$TP_j$  = Efecto de la  $j$ ésimo tipo de planta.

$Rep * TP_{ij}$  = Efecto de la interacción de la  $i$ ésima repetición por el  $j$ ésimo tipo de planta.

$e_{ijk}$  = Error.

Una vez utilizado los modelos, considerando las máximas interacciones posibles de las variables de interés, se procedió a cuantificar las posibles diferencias entre tratamientos, de la siguiente forma:

### 3.8.1 Análisis descriptivo

Se realizó en primer lugar un análisis descriptivo. El cual corresponde a un análisis exploratorio, que contiene el número de observaciones para cada una de las variables (Dap, altura), valores mínimos, medios, máximos, desviación estándar y coeficiente de variación en porcentaje (%), por tratamiento (factor) permitiendo entregar una primera aproximación de las variables de interés (Anexo, 1).

### 3.8.2 Análisis inferencial

Esta etapa permitió realizar inferencias respecto a la población de interés, de acuerdo a un cierto grado de significancia estadística (probabilidad). Este consistió en realizar, un análisis de varianza paramétrico para los modelos planteados, mediante el programa SAS, módulo STAT, procedimiento GLM, el cual permite realizar análisis de varianza para tratamientos con distintos números de observaciones (Anexo,1). Para realizar dicho análisis se plantearon dos supuestos básicos:

- La normalidad de los tratamientos se comprobó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov al 95% de confianza.
- Las varianzas entre los tratamientos deben ser iguales (homogeneidad de varianzas). Ello se comprobó por medio del test de Barlett, al 95 % de confianza.

Cuando existieron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos analizados, de acuerdo a los modelos planteados, se realizó las respectivas comparaciones múltiples, mediante la técnica de Tukey al 95% de confianza.

### 3.9 Cálculo de volumená

Por medio del modelo de Bruce *et al* (1968), se calculo los volúmenes de cada modelo, para poder compararlos y determinar la productividad de ellos, en base a una mejora genética.

$$\frac{dsc_{(h)}^2}{DAPcc^2} = b_1 X^{1.5} + b_2 (X^{1.5} - X^3) DAPcc + b_3 (X^{1.5} - X^3) HT + b_4 (X^{1.5} - X^{32}) HT DAPcc + b_5 (X^{1.5} - X^{32}) HT^{0.5} + b_6 (X^{1.5} - X^{40}) HT^2 \quad (3)$$

donde:

$dsc_{(h)}$  = diámetro (cm) sin corteza, medido a la altura h (m) del fuste.

DAPcc = diámetro (cm) con corteza, medido a 1,30 m sobre el suelo.

HT = altura total (m).

$h_j$  = altura (m) desde el suelo hasta el diámetro  $d_j$  ( $j = 1, \dots, n$ )

$X = (HT - h_j) / (HT - 1,3)$

$b_1=0.78836804; b_2=-0.0049865; b_3=0.02158151; b_4=-0.00017462; b_5=0.0038249;$

$b_6=-0.00000133$

Nota: Los coeficientes fueron obtenidos de acuerdo a la zona geográfica del estudio.

## 4 RESULTADO Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los efectos de los diferentes tratamientos aplicados a los dos modelos silvopastorales en relación con el crecimiento de las variables de interés (Dap, altura).

4.1 Resultados modelo 1 “con camellón” y modelo 2 “sin Camellón”, utilizando análisis estadístico (1).

### 4.1.1 Variable: Altura

En la figura 4, se puede observar las diferencias de crecimientos en altura de los distintos tratamientos (tipo de plantas x tipo de preparación de suelo).

Los distintos tratamientos empleados muestran diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) en el crecimiento en altura (Anexo 1), en donde los mayores crecimientos lo obtuvo el tratamiento semilla con camellón, seguido por *cutting* con camellón, luego *cutting* sin camellón y finalmente el tratamiento semilla sin camellón. Por lo tanto el modelo 1 obtuvo los mayores crecimientos en altura en los distintos tipos de plantas (semilla, *cutting*), esto se puede deber a la diferencia en la preparación de suelo, en donde en el modelo 1, con formación de camellón demostró ser más eficiente considerando la variable crecimiento en altura.

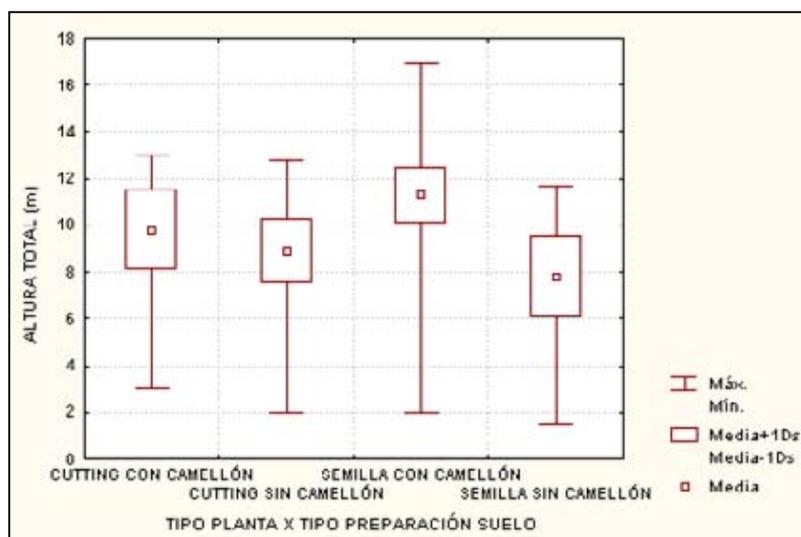


Figura 4. Comparación de la variable altura en los modelos, basándose en la interacción tipo de planta x preparación de suelo.

En el modelo 1 crecieron más las plantas producidas a partir de semillas que las de *cutting*, esta situación fue distinta en el modelo 2, ya que las plantas de *cutting* crecieron más que las de semillas. Tal diferencia se atribuye a: la diferencia de preparación de suelo a la que fueron sometidas las plantas, presentar un sistema

radicular diferente entre plantas provenientes de *cutting* y de semillas, ya que una de las características que determina la sobrevivencia y crecimiento de las plantas en terreno, es la formación de un adecuado sistema radicular.

Las raíces son el mayor órgano que absorbe agua en la planta, su abundancia y distribución son importantes en relación con el movimiento del agua en el suelo. Son el medio por el cual agua y nutrientes son absorbidos y transportados dentro del árbol, y junto al suelo determinan no sólo la posible naturaleza y desarrollo de la vegetación, sino también el desarrollo y carácter del suelo en sí: Así, la capacidad del suelo para sostener una forma particular de vegetación puede ser más claramente percibida si el desarrollo de la raíz dentro del suelo es conocido ( Kogan. 1992).

Al considerar el modelo 1, un subsolado con formación de un camellón, lo que ayudó a romper las concreciones del suelo mineral, mejorando la estructura del suelo y facilitando la penetración en profundidad de las raíces. Además al remover el suelo se presenta de inmediato una disponibilidad de nutrientes de manera mas rápida, ya que la profundidad llega hasta el suelo mineral, presentando también un aumento en retención de humedad, lo que en consecuencia resultó en un mayor crecimiento de las plantas que el modelo 2.

Para este tipo de preparación de suelo (con camellón), resulta mas beneficioso en plantas propagadas de semillas que de estacas (*cutting*), esto debido al diferente sistema radicular, ya que las primeras presentan una raíz pivotante y numerosas raíces laterales, permitiendo un mayor enraizamiento en profundidad, y una mayor captación de recursos disponibles (agua, oxígeno, nutrientes) respectivamente, en cambio el sistema radicular de *cutting* corresponde a uno compacto y fibroso con un número relativamente mayor de raíces que salen desde el callo en la base de la estaca (Thulin y Faulds, 1968 *cit. Por* Menzies y Klomp, 1988), limitando una captación de recursos en profundidad y probablemente aumentando a nivel superficial.

Esto concuerda con Donoso (1981) el cual agrega la profundidad y la estratificación del suelo como factores que afectan la disponibilidad de agua para las plantas. En dos suelos donde los demás factores son iguales, tendrá mayor capacidad de agua disponible el más profundo que el más delgado, teniendo significación sólo para las especies que poseen raíces profundizadoras, en cuyo caso la profundidad del suelo puede compensar un rango estrecho de agua disponible en el perfil. En silvicultura tiene gran importancia porque afecta considerablemente al crecimiento de los árboles y la composición del bosque, considerándose como índice de productividad o de calidad de sitio.

Además de proporcionar un soporte mecánico para la parte aérea de la planta, las raíces extensas y profundas de los árboles son capaces de obtener agua y nutrientes a gran profundidad del suelo (Donoso,1981). Si bien otros órganos como las hojas pueden absorber agua, esta proporción es insignificante en comparación con la absorción por las raíces (Kogan, 1992).

Por esta razón se señala que la productividad de los bosques está más limitada por factores que restringen la extensión y profundidad del sistema radicular que por aquellos factores que limitan la fertilidad en las capas superficiales del suelo (Donoso, 1981).

Por otro lado, en el modelo 2, al momento de reforestación se estableció una cubierta pratense con diferentes gramíneas, lo que implica una mayor competencia de recursos con las especies forestales, ya que sus sistemas radiculares numerosos y fibrosos tendrán mayores superficies de absorción de agua siendo muy eficiente en absorber la humedad del suelo y capturar el agua de las lluvias, reteniéndola encima de la superficie del suelo y capturando los nutrientes en los primeros horizontes, trayendo como consecuencia un menor crecimiento de las especies forestales, que en el modelo 1.

Además, las plantas en el momento de establecimiento se encontraban en un estado de stress o shock de plantación, producto del cambio a su ambiente definitivo. De tal manera que en estas condiciones se presentan mucho más vulnerables a la competencia por el sitio.

Lo mencionado concuerda con Kogan (1992), el cual señala que la disponibilidad de agua en el primer año de vida es el factor responsable de la sobrevivencia y desarrollo de especies arbóreas utilizadas en la reforestación. Las malezas que presentan un sistema radicular profundo pueden presentar ventajas bajo condiciones de estrés hídrico.

Radosevich y Osteryoung, (1987), indican que algunas especies de malezas como los pastos, que poseen sistemas radiculares muy densos y que ocupan los estratos superficiales del suelo en forma más rápida que las plantas forestales, consumen rápidamente las reservas de agua y retardan severamente el crecimiento del rodal. Además, interceptan gran parte de las precipitaciones impidiendo la recarga del suelo

Por otro lado las especies del genero *Pinus* presentan un crecimiento inicial lento y por lo tanto necesitan controlar las malezas por un periodo mucho mayor, debido a que no desarrollan tempranamente un follaje muy frondoso que les permita interceptar una gran cantidad de luz solar, lo cual dificulta el desarrollo de las malezas (Schlatter 1998)..

Otro efecto importante que es necesario mencionar para entender las diferencias de crecimiento con el modelo 2, es que las gramíneas presentan la habilidad de crecer rápidamente, produciendo una gran superficie foliar teniendo mayores posibilidades de capturar la radiación aumentando el material fotosintético, lo cual trae consigo en una gran habilidad competidora, produciendo en algunos casos efectos alelopáticos.

Con respecto al fenómeno de alelopatía, este fue definido en 1937 por Molsh (*citado por* Kogan, 1992) como el proceso por el cual una planta desprende al medio ambiente uno o varios compuestos químicos que inhiben el crecimiento de otra

planta que vive en el mismo hábitat o en un hábitat cercano. Las interacciones ocurren a nivel de la zona radicular y se producen a nivel de cultivos.

De acuerdo a los resultados obtenidos del modelo 2, el ranking de crecimiento de las especies arbóreas fue distinto al modelo 1, ya que en este caso crecieron más las plantas de *cutting* que las de semilla. Esto se puede deber a que las plantaciones de *cuttings* en estado juvenil, tienen un número relativamente mayor de raíces que salen desde el callo en la base de la estaca. Las raíces que así se originan producen un sistema radicular compacto y fibroso (Thulin y Faulds, 1968 cit. por Menzies y Klomp, 1988), aumentando el éxito en la captación de recursos en los primeros horizontes, que raíces originadas de semilla (pivotante), ya que la disponibilidad de espacio es particularmente importante en plantaciones de pino establecidas en sitios de baja calidad y que se encuentran cubiertos por malezas, especialmente de tipo herbácea.

Lo mencionado anteriormente concuerda con (MaClaren, 1993) en donde menciona que la densidad radicular de los pastos puede llegar a alcanzar valores de  $40 \text{ mg cm}^{-3}$ , concentrada en los primeros 10 cm, dificultando el arraigamiento de las plantas, produciendo daños físicos y aumentando las posibilidades de efectos alelopáticos por la superposición de los sistemas radiculares

Trabajos realizados en el estado de Oregon, USA, han demostrado que una alta infestación de gramíneas puede remover toda la humedad disponible en los primeros 30 cm del suelo, antes que se inicie el verano. Por lo tanto, controlando este tipo de malezas se deja disponible para las plantas toda esa agua que es perdida debido a la transpiración (Kogan, 1992).

Balneaves (1982), señalan que el establecimiento y crecimiento de las plantaciones de *Pinus radiata* pueden ser afectados desfavorablemente por las malezas herbáceas gramíneas más agresivas en sitios forestales, se incluyen pasto miel (*Holcus lanatus*), festuca (*Festuca arundinacea*) y pasto quila (*Agrostis tenuis*).

Kogan (1992), señala que las poblaciones de malezas gramíneas, son capaces de extraer desde el suelo hasta 400 Kg de N/ha al año, lo que limita la disponibilidad de este para la plantación.

*Holcus lanatus*, puede perjudicar severamente la supervivencia y retardar el crecimiento de plantas de *P. radiata* pudiendo causar mortalidades de hasta el 60% (Balneaves, 1982).

En definitiva la diferencia de crecimiento en altura en los modelos, se debe probablemente al distinto sistema radicular que presentan las plantas (*cutting*, semilla), sometidas a diferentes preparaciones de suelo, que en algunos casos fueron beneficiosos y en otros no, ya que los modelos presentan las mismas características de suelo, es decir, textura, estructura y profundidad fisiológica, debido a que se encuentran en la misma serie de suelo separados por una corta distancia. Otra similitud corresponde a la concentración de fertilizante, el cual en el momento de establecimiento de la plantación se les aplicaron las mismas dosis. Además de

que el uso anterior del suelo de cada modelo correspondió a uno de ganadería extensiva por largo tiempo.

#### 4.1.2 Variable: DAP

De la figura 5, se desprende las diferencias de crecimientos en Dap en los distintos tratamientos (tipo de plantas x tipo de preparación de suelo).

Estos mantienen las mismas posiciones que en la variable altura, es decir, los mayores crecimientos corresponden al modelo 1, siendo mayores las plantas de semillas que las de cutting. El modelo 2, además de presentar un menor crecimiento se modifica el orden de las plantas, creciendo más las plantas de *cutting* que las de semillas. Esta diferencia de crecimiento entre las plantas en los diferentes modelos ya fue explicada anteriormente para la variable altura, la cual tiene la misma validez para el Dap, concluyéndose que existe una alta correlación Dap-altura, de acuerdo a los resultados obtenidos.

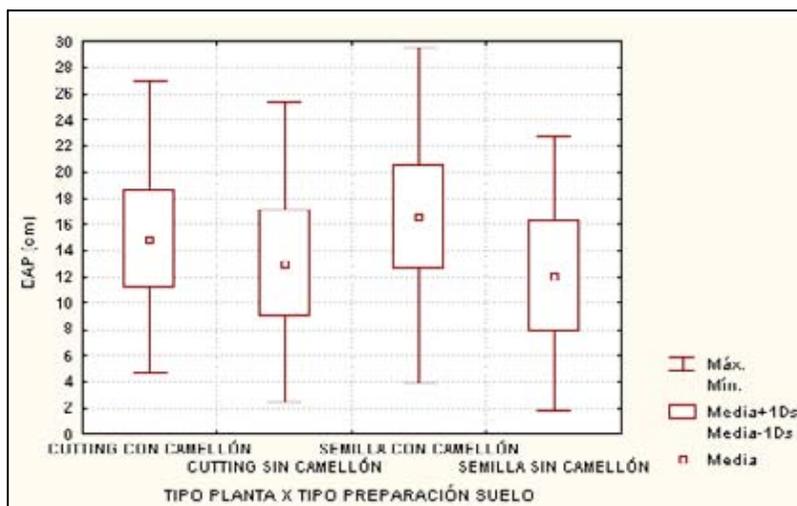


Figura 5. Comparación de la variable Dap en los modelos, basándose en la interacción tipo de planta x preparación de suelo.

Lo anterior, es respaldado por Prodan *et al* ,(1994), quienes demostraron que las alturas absolutas son principalmente dependientes de la especie, la calidad de sitio, la edad y el manejo del rodal. Por lo contrario, las alturas relativas dentro del rodal son dependientes del diámetro, de la posición sociológica del árbol dentro del rodal y de muchos otros factores que no pueden ser registrados directamente en forma cuantitativa.

En un rodal, para los mismos valores diamétricos, se presentan varias alturas distintas. Si se grafican las alturas sólo respecto al diámetro, ellas se dispersan en torno a la curva de referencia media. La razón de los desvíos se debe justamente a los restantes factores no considerados. En general las alturas aumentan con el diámetro dentro de un rodal. Eso sí, excepcionalmente árboles o grupos de árboles

con diámetros grandes presentan alturas más bajas que árboles con diámetro menores, debido a condiciones de desarrollo distintos (aislados).

El número de individuos del rodal está dividido en clases diamétricas y de alturas. La altura crece con el diámetro, pero para cada clase diamétrica aparecen varias alturas diferentes. La tendencia al aumento de los valores de altura con diámetro crecientes apunta hacia la relación estocástica de la altura  $h$  respecto al diámetro  $d$ . La relación  $h/d$  puede construirse con pocas mediciones y la experiencia ha demostrado que es suficiente para la estimación de alturas con fines prácticos e incluso científicos, ya que existe una alta correlación  $dap$ -altura Prodan *et al*, (1994).

## 4.2 Resultados modelo 1 aplicando análisis estadístico (2).

### 4.2.1 Variable: Altura

Entre los tratamientos (distinta repetición x tipo de planta) en la variable altura, se registraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en todos los tratamientos (Anexo 1).

Al analizar las diferentes repeticiones de plantas para cada modelo, por medio del análisis estadístico (2), éste solo entregó las diferencias significativas existentes de los cuadrantes, que en algunos casos no se encontraba una explicación clara de tales diferencias (Anexo 1). Por ello fue necesario construir un mapa (Anexo 2) para cada uno de los modelos con las variables de interés por separado (altura,  $dap$ , sanidad, forma) identificando la posición exacta de cada árbol en terreno, ya que los rodales presentaban una condición de micro sitio, demostrada por la diferencia de crecimiento de una misma planta sometida a la misma preparación de suelo.

Como se observa en la figura 6, las mayores alturas fueron alcanzadas por el tipo de planta semilla, no presentando diferencias significativas entre ellas. Las plantas de *cutting* además de resultar con crecimientos más bajos, éstas si presentaron diferencias significativas (Anexo 1)

Por medio de la utilización del mapa altura con camellón (Anexo 2), se concluyó que la diferencia de crecimiento entre las plantas de *cutting* se debió a que el cuadrante 2\**cutting*, fue sometido a la sombra, producto de los renovales circundantes de bosque nativo (*N. obliqua*), lo que trae consigo un menor poder fotosintético, por el impedimento del paso de luz a la superficie foliar.

Lo anterior concuerda con lo descrito con Radosevich y Osteryoung (1987), en donde señalan que la competencia por luz se produce en el momento que una planta cubre a otra; denominado efecto de sombreadamiento; o a nivel individual, cuando una hoja o una parte de la copa bloquea el paso de la luz hacia otra, afectando el funcionamiento y crecimiento de ésta última (en las coníferas es característico el efecto de autosombramiento, producto de la orientación y densidad de sus ramas y acículas). Una hoja sombreada puede llegar a ser incapaz de sobrepasar el punto de

compensación y debido a esto morir, independiente de la relación que presenten el resto de las hojas de la planta con la luz .

Este tipo de competencia difiere de la competencia por agua y nutrientes, ya que la fuente generadora de este recurso no puede ser consumida o agotada. La luz se encuentra disponible en forma instantánea y debe ser aprovechada inmediatamente a través de la intercepción, o de lo contrario, se perderá como fuente energética para la fotosíntesis (Donoso, 1981). Además es necesario señalar que *Pinus radiata* es una especie intolerante a la sombra

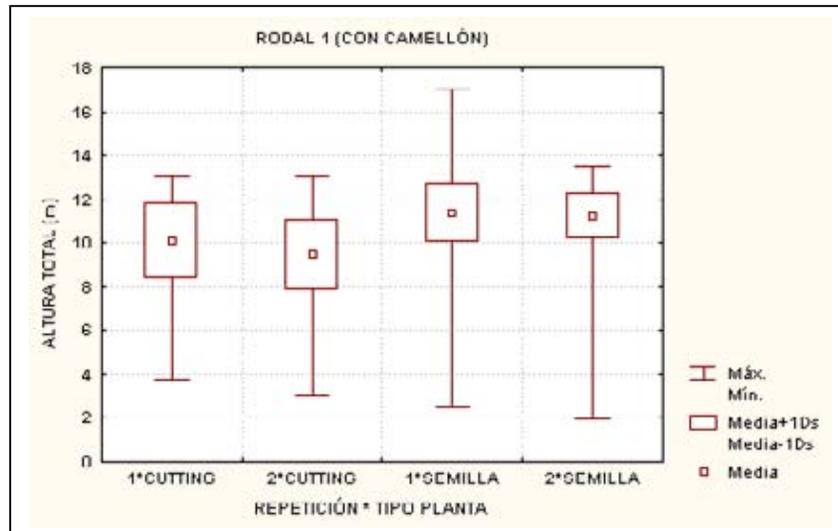


Figura 6. Comparación de la variable Altura en los cuadrantes, basándose en las distintas repeticiones x tipo de planta.

#### 4.2.2 Variable: Dap

La figura 7, muestra que las plantas de semillas de los dos cuadrantes, fueron superiores en crecimiento en Dap que las plantas de *cutting*.

Las plantas de semillas presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellas (Anexo 1), alcanzando mayores crecimientos 2°semilla que 1°semilla, ello se debió a que en el primero se produjo un mayor porcentaje de mortalidad (Anexo 2), lo que causó una liberación de recursos captada posteriormente por los árboles residuales, traducido en un mayor crecimiento en diámetro.

Lo dicho anteriormente es afirmado por Urrutia, (1990), el cual analizó el comportamiento del Dap a distintas densidades, llegando a la conclusión que en general esta variable logra su máxima expresión bajo esquemas de manejo de baja densidad, necesitando por lo tanto para su desarrollo niveles mínimos de competencia intrarodal.

Este orden cambio en altura, es decir, para la variable altura en primera posición fue 1\*semilla, lo que puede validar que la variable altura es independiente de la densidad.

Se puede apreciar además que no existió diferencias significativas entre los cuadrantes 1\*semilla y los dos cuadrantes de *cutting*, esto contradice lo concluido en el modelo estadístico (1), en donde se dijo que por la estructura radicular distinta que presentaban ambas plantas, las más beneficiadas para este tipo de preparación de suelo con camellón correspondió las de semillas.

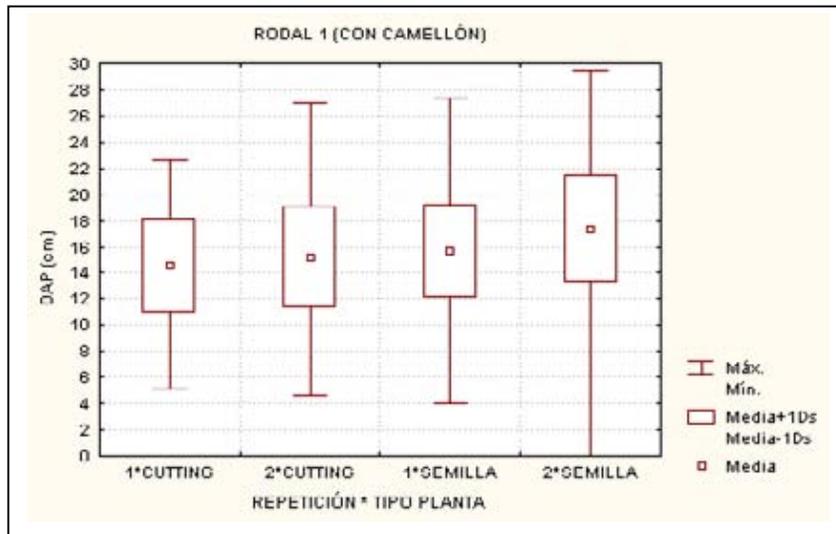


Figura 7. Comparación de la variable Dap en los cuadrantes, basándose en las distintas repeticiones x tipo de planta

Por medio del mapa Dap con camellón (Anexo 2), se pudo concluir que correspondió a una diferencia de micro-clima, es decir, el cuadrante 2\**cutting* fue sometido a la sombra por los árboles circundantes, lo que derivó en un aumento en el porcentaje de mortalidad, lo cual permitió una mayor cantidad de recursos disponibles para los árboles remanentes (luz, agua y nutrientes), permitiendo un aumento del crecimiento en Dap.

Otro factor importante que es necesario mencionar para respaldar lo dicho anteriormente, corresponde a la sanidad. Por medio de la figura 8, se puede apreciar que el cuadrante 1\*semilla presentó un mayor porcentaje de sanidad 2, (ataque moderado de factores bióticos o abióticos, que comprometen el desarrollo normal del árbol) que 2\**cutting*, causado básicamente por *Dothistroma septospora*, lo cual trae consigo una importante enfermedad foliar, provocando la necrosis del follaje induciendo su caída prematura. La defoliación, dependiendo de la intensidad, puede ocasionar un retardo en el crecimiento de los árboles y, en casos extremos, su muerte.

Lo anterior es respaldado por *Gibson, et al.* (1964) que afirma que el ataque al follaje por *D. Septospora* puede causar retardo en el crecimiento y en casos extremos la muerte de los árboles. La magnitud del daño dependerá de la severidad de la defoliación, la cual es el producto de la relación entre la tasa de crecimiento del nuevo follaje y la tasa del establecimiento del hongo en él. Las primeras investigaciones realizadas en *Pinus radiata* de menos de un año muestran una relación directa, aproximadamente lineal, entre la disminución del crecimiento en Dap y la defoliación.

Bibson (1971) determinó que en plantaciones de *P.radiata* de 2-9 años, la defoliación causa mayor efecto en el diámetro que en la altura.

Si esta defoliación es de un 25%, se producen pérdidas de crecimiento poco severas. Si la defoliación es del 80% se produce una pérdida del crecimiento anual del diámetro de los árboles de un 50%, y para aquellos casos en que todo el follaje se encuentra afectado, salvo las acículas del último año, la pérdida sería de un 30% del crecimiento en diámetro (*Gibson, et al.* 1964).

En relación con la edad, *Pinus radiata* es susceptible al ataque hasta los 16 años, siendo éste más severo entre uno a diez años, aproximadamente (*Gibson, et al.* 1964). En plantas menores de un año, todas las acículas tienen la misma susceptibilidad y por lo tanto existe una relación estrecha entre defoliación y crecimiento (*Gibson, et al.* 1964).

Respecto a la edad, Barnes (1970) demostró que plantas de *Pinus radiata* obtenidas por reproducción vegetativa a partir de árboles viejos, son altamente resistentes al hongo.

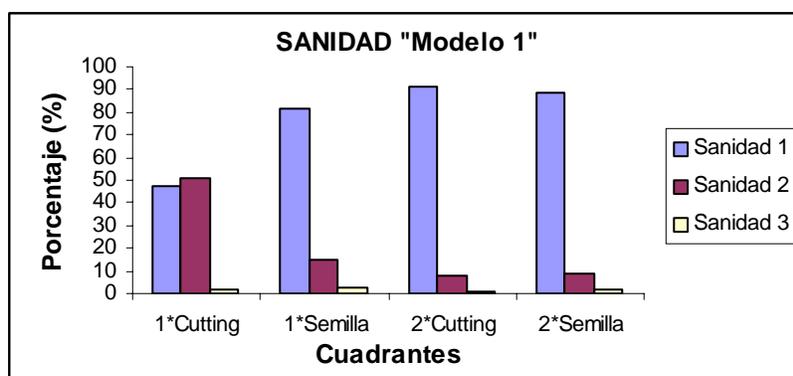


Figura 8. Porcentaje de sanidad, en los cuadrantes del modelo 1.

Lo anterior demuestra que las plantas de *cutting* utilizadas para este estudio correspondieron a plantas nuevas (setos 1, 2 años), ya que el mayor porcentaje de ataque de *D. pini* correspondió al cuadrante 1\* *cutting* (Figura, 8).

### 4.3 Resultados modelo 2 aplicando análisis estadístico (2).

#### 4.3.1 Variable: Altura

Se observa en la figura 9, las diferencias de crecimiento en altura en las distintas repeticiones por tipo de planta, en donde los mayores crecimientos en alturas las obtuvieron las plantas de *cutting* que las de semillas, esta diferencia ya fue analizada anteriormente, ahora solo se va a explicar las diferencias de crecimientos de las mismas plantas establecidas en un mismo modelo silvopastoral, pero en diferentes cuadrantes.

Los cuadrantes 1\**cutting* y 2\**cutting*, presentaron estadísticamente diferencias significativas (Anexo 1),.

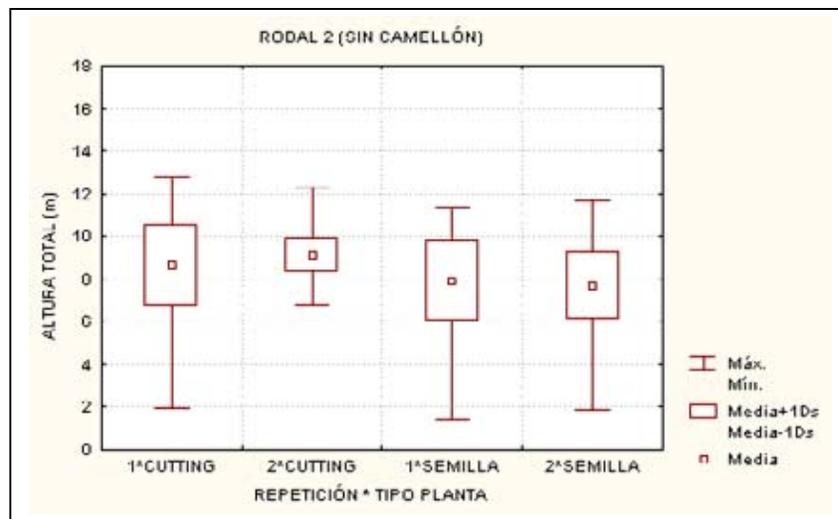


Figura 9. Comparación de la variable altura, basándose en las distintas repeticiones x tipo de planta.

Por medio del mapa altura sin camellón (Anexo 2), se pudo observar exactamente la ubicación de cada árbol en terreno pudiendo interpretar que la diferencia de crecimiento entre los dos cuadrantes de *cutting* correspondió a que el 1\**cutting* presentó menores crecimiento debido a que este fue sometido a la sombra producto de los árboles circundantes (*Sequoia sp.*, *quercus robur*), permitiéndole un menor poder fotosintético por el impedimento del paso de luz a la superficie foliar demostrado en un menor crecimiento en altura, además este cuadrante presentó en el centro una topografía cóncava provocando bolsones de frío y exceso de humedad (charcos), impidiendo una tasa de crecimiento normal en los árboles.

El fenómeno de inversión de temperatura es típico y adquiere mayor notoriedad en topografías onduladas, en donde el aire se enfría rápidamente durante las noches y, como es más pesado que el aire más caliente que se encuentra a menor altura, baja por la ladera y quebradas como un río, y llega al fondo metiéndose como una cuña por debajo del aire más tibio empujándolo hacia arriba. Este fenómeno de inversión

es conocido como *drenaje de aire frío*, y forma un verdadero lago de aire frío durante la noche en las quebradas (Donoso 1981).

En algunas áreas en los rodales coetáneos es frecuente encontrar hondonadas en que el aire frío producido por estas inversiones de temperatura se acumula, formando lo que es conocido como *bolsones de frío u hoyos de frío*, en los que se producen heladas tardías de primavera y tempranas de otoño, lo que incide en estaciones de crecimiento más cortas, causando menores crecimientos en los árboles (Donoso 1981).

En definitiva la única explicación de tal diferencia de crecimiento, corresponde a la ya mencionada, porque de acuerdo a la sanidad (figura,10), no existe una diferencia significativa en el porcentaje de intensidad de ataque en los diferentes cuadrantes, además que el porcentaje de ataque es bajo, no causando grandes pérdidas en crecimiento, por lo cual la sanidad no se puede atribuir como un factor que influyo en la diferencia de crecimiento en los cuadrantes.

Lo anterior puede ser fundamentado por Whyte (1969), en donde al realizar un extenso estudio del impacto de *D. Septospora* en el crecimiento de *Pinus radiata*, concluye que éste no es significativo hasta que la defoliación no sobrepasa de un 25% del follaje del último período de crecimiento.

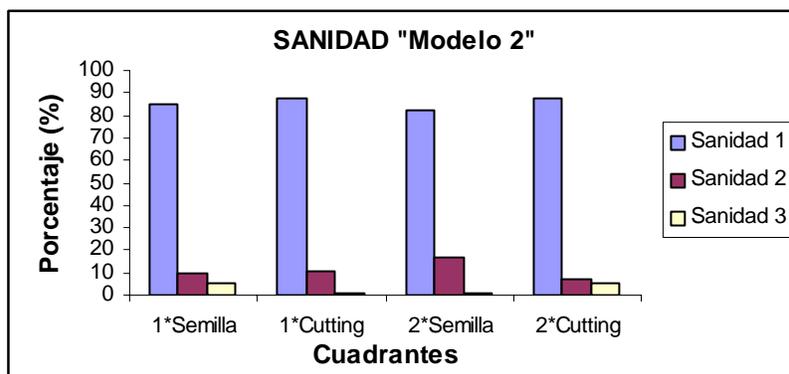


Figura 10. Porcentaje de sanidad, en los cuadrantes del modelo 1.

#### 4.3.2 Variable: DAP

De la figura 11, se desprende que las diferencias de crecimiento en Dap en las distintas repeticiones donde los mayores crecimientos en Dap lo obtuvo el cuadrante 2\*cutting, presentando diferencias significativas( $p < 0.05$ ) con los demás cuadrantes (anexo 2). Nuevamente estamos en presencia de un micrositio, ya que los cuadrantes de semillas no presentan diferencias significativas con el cuadrante 1\*cutting, como se dijo en la evaluación del modelo estadístico (1), en este tipo de modelo silvopastoral las plantas que presentan mayores crecimientos fueron las de cutting por sobre las de semillas, ello debido básicamente a la diferencia de su sistema radicular, además del tipo de preparación de suelo.

Observando el mapa Dap sin camellón (anexo 2) el cuadrante 1\**cutting*, fue afectado altamente por la sombra, trayendo como consecuencia una densidad inferior que los 2 cuadrantes de semillas, causando un menor crecimiento. Debido a la mala topografía (Cóncavo) que presento este cuadrante..

Al respecto Urrutia(1990) que árboles creciendo a bajas densidades pueden presentar un reducido crecimiento en Dap debido, probablemente al mayor crecimiento de las ramas y base del fuste a expensas del crecimiento en Dap, o tal vez por el incremento a la exposición en altura, o tal vez por el incremento a exposición del viento.

Otro factor que influyó en el crecimiento en Dap de este cuadrante fue la presencia de una pendiente cóncava en el centro, en donde el efecto de ese tipo de topografía ya fue explicado anteriormente, en la variable altura.

En definitiva esta diferencia solo se debe a la presencia de un micro sitio

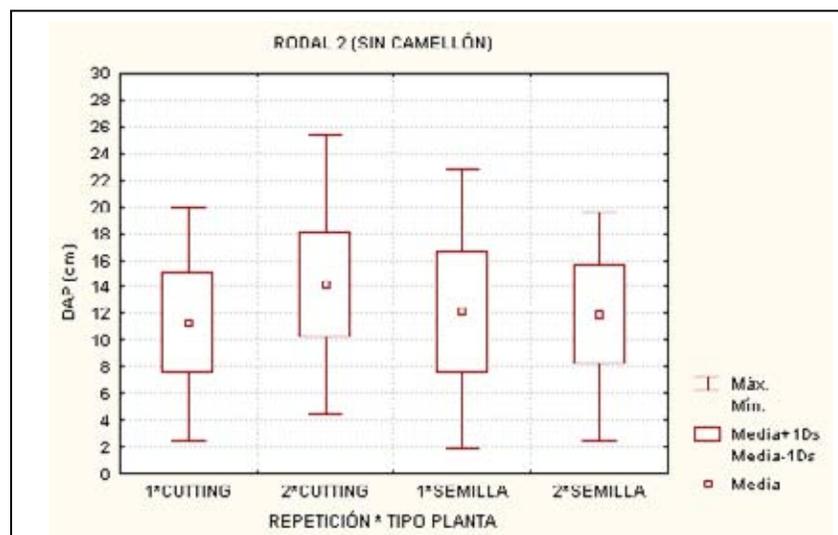


Figura 11. Comparación de la variable Dap , basándose en las distintas repeticiones x tipo de planta

#### 4.4 Determinación de forma de los modelos.

##### 4.4.1 Forma "modelo 1"

Es este un aspecto que se evaluó para determinar la importancia relativa que tienen las diferentes calificaciones establecidas en la pauta, las que pueden contribuir a decidir cual de los tipos de plantas presentan una mayor malformación, sometidos a los diferentes modelos silvopastorales,

En la figura 12, se puede observar los porcentajes de las distintas calificaciones de forma en cada uno de los cuadrantes en el modelo I. En donde las mejores formas,

correspondieron a los cuadrantes de *cutting*, presentando bajos porcentaje de la forma 2 y 3, fuste con curvatura suave; fuste con curvatura fuerte, multiflecha o forma arrollada, respectivamente.

Los cuadrantes de semillas a pesar de presentar mayores porcentajes de forma 2 y 3, están dentro de los rangos aceptables.

El primero, un efecto mecánico (viento), causó daño poco tiempo después del establecimiento, en donde fue necesario colocar tutores tanto para las plantas de *cutting* como las de semillas, ello se debió al subsolado seguido por un camellón, permitiendo un mayor desarrollo radicular en profundidad, lo que trae consigo que la raíz no pueda anclarse homogéneamente, aumentando la susceptibilidad al viento.

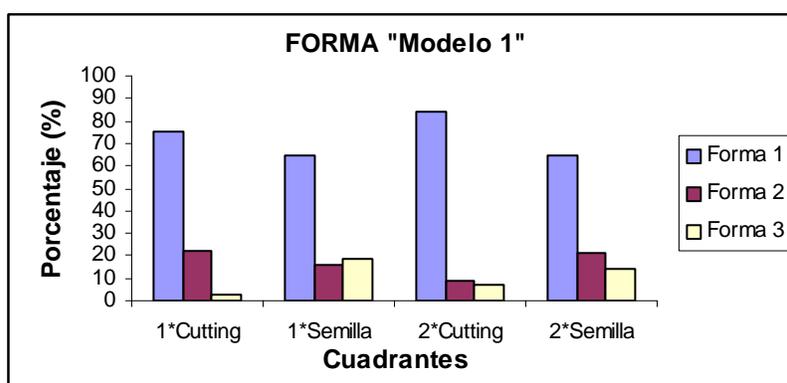


Figura 12. Porcentaje de forma, en los cuadrantes del modelo 1.

Lo anterior concuerda con lo descrito por Boden, (1984), quien concluyó que el subsolado produce siempre una buena respuesta en las plantas, aún cuando éste produzca efectos negativos en el desarrollo radicular. Permite que la raíz se desarrolle en un solo plano, en el mismo sentido del subsolado, lo cual disminuye la resistencia de los árboles al viento.

El segundo factor correspondió a un efecto biótico, específicamente ataque de polilla del brote (*Rhyacionia buoliana*), el cual causa daño a nivel apical, traducido en deformaciones fustales y disminuciones de crecimiento en altura y diámetro, lo que repercute tanto en la calidad de la madera como en el rendimiento final. Luego de la caída del ápice se puede observar en la temporada siguiente una multiflecha o una bifurcación. Ambos tipos de defectos pueden evolucionar en años posteriores a una curvatura fuerte o leve.

El ataque de *R. buoliana* no discrimina diferencia en propagación vegetativa ni tampoco diferencias de micro clima o micro sitio <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lanfranco, D. Universidad Austral de Chile. Instituto de Silvicultura. Comunicación personal.

Otro factor al que se puede atribuir es el origen genético, pero como corresponden al mismo, solo distinta propagación, este factor no tiene validez<sup>2</sup>.

Los árboles originados del enraizamiento de estacas son más rectos que los originados de semillas. Los “*cutting*” tienen una menor mal formación del fuste tales como: doble o múltiples flechas, ramificaciones, pérdida o muerte del ápice principal (Sweet y Wells, 1974; N Z Forest Service, 1984; Klomp y Hong, 1985 *cit. por* Menzies y Klomp, 1988)

#### 4.4.2 Forma “modelo 2”

Por medio de la figura 13, se puede observar los porcentajes de las distintas formas en cada uno de los cuadrantes en el “modelo 2”. En donde las mejores formas, correspondieron a los cuadrantes de *cutting*, presentando bajos porcentaje de la forma 2 y 3. Los cuadrantes de semillas a pesar de presentar mayores porcentajes de forma 2 y 3, no presentan una diferencia tan marcada con los cuadrantes de *cutting*, sin embargo estos están dentro de los rangos aceptables.

Esta pequeña diferencia se debe a lo explicado anteriormente en el modelo 1, ya que en este modelo se mantiene la misma tendencia, a pesar de encontrarse en una topografía distinta provocando un micro sitio diferente, lo cual respalda lo dicho.

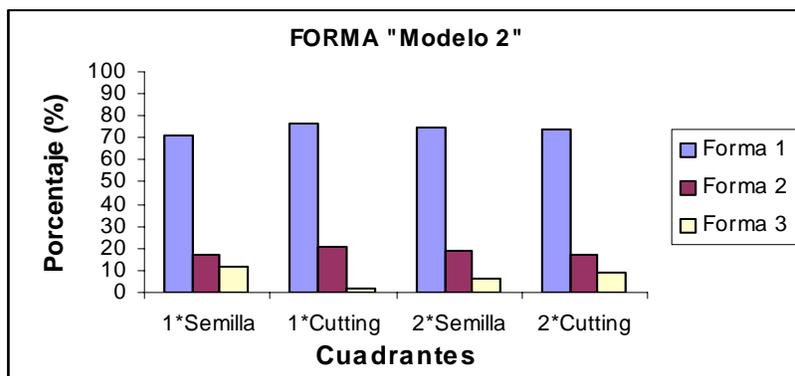


Figura 13. Porcentaje de forma, en los cuadrantes del modelo 2.

En general, las plantas provenientes de “*cutting*” presentan una menor curvatura del fuste, como también una corteza más delgada, base del tronco menos prominente y un menor ahusamiento (Burdon y Bannister, 1985)

<sup>2</sup> Osorio, M. Universidad Austral de Chile. Instituto de Silvicultura. Comunicación personal.

#### 4.5 Determinación de volumen de los modelos.

Por medio del modelo de Bruce **(3)**, se calcularon los volúmenes de los modelos, los cuales son los siguientes:

##### 4.5.1 Volumen modelo 1 y 2

Del cuadro 1 se desprende el volumen actual ( $m^3$ ) de cada cuadrante con su respectiva superficie ( $m^2$ ), como también el volumen extrapolado a la hectárea ( $m^3/ha$ ) en cada uno de los modelos, en donde los mayores volúmenes los obtuvo el modelo 1 en la totalidad de los cuadrantes, logrando ser el mejor modelo silvopastoral. Esta diferencia de incremento ya fue explicada en las variables dap y altura, siendo el volumen dependiente de estas

Los modelos presentan buenos volúmenes, con respecto a su edad actual.

Cuadro 1, Volumen de cada cuadrante, modelo 1 Y 2.

<b>Modelo 1</b>					
Nº * cuadrante	superficie actual $m^2$	Nº arboles	% mortalidad	Volumen actual $m^3$	volumen $m^3/ha$
1*cutting	2925	386	4.4	24.8	84.8
1*semilla	2633	343	4.1	26.3	99.9
2*cutting	3045	354	15.1	24.6	80.8
2*semilla	3218	409	9.8	38.6	120
Total	11821	1492	8.5	114.3	96.7
<b>Modelo 2</b>					
Nº * cuadrante	superficie actual $m^2$	Nº arboles	% mortalidad	Volumen actual $m^3$	volumen $m^3/ha$
1*semilla	2430	298	11.1	13.2	54.3
1*cutting	1552	191	10.5	7.4	47.7
2*semilla	1875	211	30.3	8.5	45.3
2*cutting	2300	286	8.7	17.4	75.7
Total	8157	986	14.4	46.5	57

De acuerdo a la clasificación realizada en el catálogo de semillas genéticamente mejoradas 2001-2002, *Pinus radiata- Eucalyptus glóbulus*, de la Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal UACH-CONAF-INFOR-Empresas Forestales. El presente estudio se encuentra clasificado como *top 1*: constituida por la semilla de los mejores 5 clones del *ranking* evaluada en el programa. Basándose en esta clasificación existe una ganancia volumétrica esperada de ente un 23 a 26 %.

Los porcentajes de ganancia son validos solamente al utilizar dicha semilla dentro de la zona de mejoramiento en la que el programa ha sido desarrollado. Por lo tanto queda demostrado que rodales establecidos con un previo programa de mejoramiento genético, es posible obtener un mayor porcentaje de ganancia volumétrica, que en uno tradicional.

## 5 CONCLUSIONES

- Las plantas sometidas al modelo silvopastoral 1 (con camellón), presentaron los mayores crecimientos tanto en altura como en diámetro, siendo las plantas de semillas las más beneficiadas que de estacas (*cutting*), esto debido al diferente sistema radicular, ya que las primeras presentan una raíz pivotante y numerosas raíces laterales, permitiendo un mayor enraizamiento en profundidad, y una mayor captación de recursos disponibles (agua, oxígeno, nutrientes) respectivamente,
- El modelo 2 presentó menores crecimientos tanto en altura como en Dap, debido básicamente a la alta competencia con el establecimiento de malezas. Alcanzando mayores incrementos las plantas de *cutting* que las de semillas, debido a que las primeras tienen un número relativamente mayor de raíces que salen desde el callo en la base de la estaca, aumentando el éxito en la captación de recursos en los primeros horizontes
- Los dos modelos presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), en la evaluación distinta repetición x tipo de planta en los distintos cuadrantes, correspondiendo en algunos casos a igual tipo de propagación e igual preparación de suelo, debido a la presencia de un micro clima..
- La presencia de factores bióticos, como *Dothistroma septospora* y *Rhyacionia buoliana* influyeron en la tasa de crecimiento además de la forma, no encontrándose algún tipo de correlación en la diferencia de propagación.
- Las plantas de *cutting* presentaron mejor forma fustal que las plantas de semillas.
- El viento fue un factor abiótico que influyó en la mortalidad y en la posterior rectitud de las plantas, sobre todo en la etapa de establecimiento.
- La baja presencia de vegetación acompañante se debió a un control de herbicida, lo cual se concluye que un buen control de maleza, es imprescindible para un óptimo crecimiento de los árboles.
- Los dos modelos silvopastorales presentaron buenos volúmenes, en relación con la edad, en donde queda demostrado que una previa mejora genética trae consigo una gran ganancia volumétrica.
- De acuerdo al volumen, el mejor modelo silvopastoral correspondió al 1.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, A. 1997. Efecto de la competencia de malezas y fertilización sobre plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, de dos, tres y cuatro años de edad en la zona de Valdivia, X Región. Tesis Ingeniero Forestal. Santiago Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. . 120 p.
- Álvarez, F. 1995. Control de malezas en plantaciones forestales. Actas V Silvotecna. Establecimiento de plantaciones. Concepción, Chile. 11 p.
- Álvarez, V. 1988. Control químico en rebrotes de *Eucalyptus globulus* Labill. *sp. globulus* en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, en Constitución, VII Región. Tesis Ingeniería Forestal. Santiago Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales. 142 p.
- Balneaves, J.M. 1982. Grass control for radiata pine establishment on droughty sites. *New Zealand journal of forestry* 27 (2): 259-276
- Ballard, R. 1979. Use of fertilizers to maintain productivity of intensive managed forest plantations. . In: Proceedings "Impact of intensive harvesting on forest nutrient cycling". State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, School of forestry, Syracuse, USA, 321-342 p.
- Ballard, R. 1984. Fertilization of plantations. In: Bowen, G.D.; Nambiar, E.K.S. (Ed.) "Nutrition of plantation forest". London Academic Press, 327-360 p
- Barnes, R.D., 1970 The prospects for re-establishing *Pinus radiata* as a commercially important species in shoglesis. *S.Afr. For j.* (72): 17-19, 1970.
- Bibson. L.a.s. 1971. Field control of *Dothistroma blight* of *Pinus radiata* using cooper fungicide Sprays. *East African agricultural and forestry journal* 36: 247-274.
- Boden, D. I. 1984. Early responses to different methods of site preparation for three commercial tree species. In: Proc Symp Site and productivity of Fast Growing Plantations. Pretoria and Pietermaritzburg (2): 565-578.
- Burdon, R., M. Banister. 1985. Growth and morphology os seedlings and juvenile cuttings in six populations of *Pinus radiata*. *New Zealand journal of Forestry Science* 15(2): 123-134.
- Bruce D., Curtis R, Vancoevering., 1968. Development of a sistem of taper and volume tables for red alder. *For. Sci.* 14 (3): 339-350.
- Campos, L. 1982. Influencia de tres malezas en el desarrollo de *Pinus radiata* D. Don, en la VIII Región. Control químico y su efecto. Tesis Ingeniero Forestal,

- Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 121 p.
- Celhay , J. 1988. Análisis comparativo de establecimiento de tres tipos de plantas de *Eucayptus globulus* Labill. Constitución, VII Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 78 p.
- Daniel, T., J. Helms Backer. 1982. Principios de Silvicultura. México. 489 p.
- Davenhill, N. 1995. Herbicides in Forestry. (New Zealand Institute of Forestry). Forestry Handbook. 79 p.
- Dirr, M.; C, Huser. 1987. The reference manual of woody plant propagation; from seed to tissue culture. 139p.
- Donoso, C. 1981. Ecología Forestal. El Bosque y su Medio Ambiente. Editorial Universitaria. 369 p.
- Durán, M. 1995. Preparación de sitios en establecimiento de plantaciones en el Noreste de Corrientes, Argentina. Actas V Silvotecna. (Establecimiento de plantaciones) Concepción, Chile. 16 p.
- Fernández, R.; Rodriguez, F.; Lupi, A.; Hernández, A.; Reis, H. 1998. Avance en investigación al crecimiento inicial del *Pinus* spp. Implantado bajo diferentes prácticas de preparación del terreno en el noreste argentino. Actas X Silvotecna. Concepción, Chile. 15 p.
- Gibson, I.A.S. Chistensen. P.S. and Munga. F.M., 1964. First observations in Kenya of a foliage disease of pines caused by *Dthistroma pini* hulbary, commonwelth forestry Review 48: 31-48.
- Gilmour, J.W, Reporter to the director general of forests on the significance and control of *Dthistroma* nesdle bligth, of pinea in new Zealand June, 1966. (no publicado).
- Gutierrez, B. ; R. Ipinza. 1998. La multiplicación clonal en el mejoramiento genético forestal. En: Ipinza, R; Gutierrez, B; Emhart, V.. 1998. Curso mejora genética forestal operativa. 1<sup>era</sup> Edición. Valdivia (Chile), Artes gráficas V Centenario Ltda. Pp. 201-218.
- Holmberg, J. 1992. Silvicultura de Eucalyptus. In : Simposio Eucalyptus y Bosque Nativo (Concepción, Chile. 5 nov. 1992). Fundación Chile. Grupo Silvícola. Santiago, Chile. . 1-14 p.
- Hunt, J. 1995. Forest Regeneration Techniques in Western Canadá. Actas V Silvotecna. Concepción, Chile. 23 p.

- Kogan, M. 1992. Malezas, ecofisiología y estrategia de control. Colección en agricultura. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. 402 p.
- Kogan, M. Y Figueroa A, R. 1996. Control químico de malezas leñosas en plantaciones de pino. Revista Agronomía y Forestal Universidad Católica de Chile. 6 p.
- Kogan, M. 1998. Interferencia producida por las malezas durante los dos primeros años en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Actas X Silvotecna. Concepción, Chile. 20 p.
- Lanini, W.T.and Radosevich, S.R. 1986. Response of three conifer species to site preparation and shrub control. Forest Science 32 (1): 61-77 p.
- Linder, S.and Rook, D.A. 1984. Effects of mineral nutrition on carbon dioxide exchange and partitioning in tress. Pp 211-236. In: Bowen, G.D.; Nambiar, E.K.S. (Ed) "Nutrition of plantation forest". Academic Press, London.
- MacLaren, J. 1993. Radiata pine growers manual. New Zealand forest Research Institute, (FRI Bulletin, 184). 140 p.
- Mead, D. 1995. Using fertilizers to improve productivity of tree crops. New Zealand Institute of Forestry. (Forestry Handbook.) 73 p.
- Menzies, M.; B. Klomp. 1988. Effects of parents age on growth and form of cuttings, and comparison with seedlings. In: Menzies, M.; J. Aimers y L. Whitehouse (eds9. Worksshop on growing radiata pine from cuttings. FRI Bulletin Nº. 135. Rotorua (New Zealand). Pp. 18-41.
- Molina, J. L., Navarro, M.; Montero de Burgos, J. L. y Herranz, J.L.(Coords.). 1989. Técnicas de forestación en países mediterráneos. Proyecto FAO/CEE/OIT. Madrid, España. 667p.
- Ortega, F. 1997. Estrategia de control de malezas mediante aplicaciones químicas aéreas, en plantaciones forestales. Una revisión. Universidad de Concepción. Unidad Académica Los Angeles de la Universidad de Concepción para optar al título de Ingeniero de Ejecución Forestal. Los Angeles, Chile. 63 p.
- Prado, J ; Barros, S. 1989. *Eucalyptus*, Principios de Silvicultura y Manejo. Infor-Corfo. Santiago, Chile. 168 p.
- Prodan, M. ; Peters, R. ; Cox, F. ; Real, P. 1997. Mensura Forestal. San Jose, Costa Rica IICA; 561 p.

- Radosevich, S. And Osteryoung K. 1987. Principles governing plant-environment interactions. *In*: Walstad, J. and Kuch, P. (Ed). Forest vegetation management for conifer production. John Wiley and sons, New York. 105 p
- Rarere, E. 1995. Mechanical site preparation. Second international conference on forest vegetation management, 66 p.
- San Martín, L. 1992 Sobrevivencia de *Eucalyptus globulus* Labill. sometida a diferentes esquemas de establecimiento en el secano interior de la V Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 118 p.
- Satoo, T. and Madgwick, H.A.I. 1982. Forest biomass. Martinus Nijhoff / DR. W. Junk Publishers. 152 p.
- Schlatter, J. 1998. Evaluación de la calidad del sitio y su relación con la productividad forestal. Suelos y Nutrición Forestal. SERCAP. 248 p.
- Soto, G. 1982. Evaluación silvícola de las plantaciones de *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl. En la VI Región. Tesis Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile Santiago, Chile. 138 p.
- Stewart, R. 1987. Seeing the forest for the Weeds: a synthesis of forest vegetation management. 431-480 p. *in*: Walstad, J. d and Kuch, P.J (Ed). "Forest vegetation management for conifer production. John Wiley and sons, New York..
- Toro, J. 1992 .Aspectos nutricionales de algunas especies de *Eucalyptus*. 1-14 p. *In*: Segundo taller silvícola "Eucalyptus-Bosque Nativo". Fundación Chile, Noviembre de 1992.
- Toro, J. 1998 Efecto de la fertilización en el desarrollo inicial de plantaciones de *Eucalyptus*. Actas del Simposio Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. Viña del Mar, Chile. 15 p.
- Urrutia. R, J. 1990. Análisis parcelas permanentes de raleo y poda extrema fundo Jauja. Empresa forestal Río Vergara S.S. Documento Interno.
- Walstad, J. D. And Kuch, P,J. 1987. Introduction to forest vegetation management. . *In*: : Walstad, J. d and Kuch, P.J (Ed). "Forest vegetation management for conifer production. John Wiley and sons, New York, 3-14 p .
- Whyte. A.G.D. 1969. The effects of *Dothistroma pini* on growth and increment of *pinus radiata* aged sixteen years. New Zealand. Forest Service, Forest Research institute Silviculture. Report N° 78, 10p.

## **ANEXOS**

## ABSTRACT

In Huape Tres Esteros farm, located at 15 km to the north of Valdivia, X región, it was carried out a study of two silvopastoral models in *Pinus radiata* plantation.

The aim of the study was to evaluate the effect in *Pinus radiata* plantations of two silvopastoral models with different types of plants and soil preparation. It was used a factorial experimental investigation design of 2 x 2, where the factor one corresponded to plants from seeds and the factor two, to plants from *cutting*.

The establishment of the models were carried out in the year 1995, along September and October. In the first one a soil preparation in ridge shape was realized, establishing *Pinus radiata* plants, propagated through seeds and distributed in the four quadrants. Besides this, was applied a fertilizer doses, previously analysed. The second model corresponded to a soil preparation with three types of gramineous, establishing plants through seeds and cutting of *Pinus radiata* distributed in the four quadrants. Finally it was applied a fertilizer doses in the same quantity as the first one.

The utilized material, was obtain from Los Castaños tree nursery, property of Forestal Valdivia Inc., where were chosen the five better families of *Pinus radiata*, that lately were propagated obtaining plants from seeds and *cutting*.

The specific objectives were determine if exists a growth difference with a same soil preparation, between both types of plants (seeds, cutting). Determine the effect of the soil preparation in the growth of the plantations. Identify biotic and abiotic factors that affect the development of the plantation. Determine the best silvopastoral model, through the greater plantation growth.

Results were based mainly in high and tree diameter measures.

The most important results were: model 1 (with ridge), had the greater growth, both in high as in diameter. For this model the type of plant that showed a greater growth were those from seeds. This demonstrate that for this soil preparation, the plants propagated through seeds were the most beneficiate, for having a root system with a pivotant shape.

For model 2, the plants that shown a greater growth corresponded to those from cutting, due to the soil preparation type, because in this model with gramineous, the plants from cutting have a compact and fibrous root system where they trapped a greater amount of the available resources in the soil at the superficial level.

The biotic factors, in this case, *Dotristroma pini* and *Rhyaciona buoliana*, affected the growth rate besides the shape, and there was not any type of correlation in the different propagation methods.

The abiotic factors (wind), affected the mortality percentage and the shape too.

Was demonstrated that the topography is a factor that has to be considered in any forestry evaluation, because the area could present a microweather condition, that could affect tightly the plantation growth rate.

The better silvopastoral model corresponded to model 1, this one show a higher volume than model two, but definitely the two models showed a good volume according with their age. This supports that with a previous genetic improvement and soil preparation it could be obtain a volumetric earn, in comparison to one not improved.

*Key words: Pinus radiata, cutting, silvopastoral model, seeds, cutting, growth.*

## Anexo 1. Análisis estadístico modelo 1 y 2.

1 Variable: Altura, utilizando modelo estadístico 1, modelo 1 y 2.

### 1.1 Análisis descriptivo

Cuadro 1 Parámetros descriptivos según Factor, para la Altura (m)

FACTOR	Niveles	N° Obs.	Mínimo	Media	Máximo	Desv. Estándar	C.V.(%)
Tipo Planta	Cutting	1217	1.97	9.46	13.00	1.6491	17.4
Tipo Planta	Semilla	1261	1.45	9.89	17.00	2.2570	22.8
Tipo Prep. Suelo	Con Camellón	1492	1.95	10.56	17.00	1.6537	15.7
Tipo Prep. Suelo	Sin Camellón	986	1.45	8.34	12.80	1.6992	20.4
<b>INTERACCIÓN</b>							
T.Plan. X TPS	Cutting X Con Camellón	740	3.00	9.80	13.00	1.7014	17.4
T.Plan. X TPS	Cutting X Sin Camellón	477	1.97	8.92	12.80	1.4051	15.8
T.Plan. X TPS	Semilla X Con Camellón	752	1.95	11.31	17.00	1.2080	10.7
T.Plan. X TPS	Semilla X Sin Camellón	509	1.45	7.81	11.70	1.7744	22.7

### 1.2 Análisis inferencia!

El modelo planteado en el análisis de varianza para la Altura, resultó ser altamente significativo para las fuentes de variación analizadas al 99% de confianza ( $\alpha = 0.01$ ), luego, se concluye que las medias dentro de las fuentes de variación (o tratamientos) son distintas.

Cuadro 2. Análisis de varianza para la Altura (m)

F.Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P-Valor
Modelo	3	4068.8	1356.3	581.0	0.0001
Tipo Planta	1	118.1	118.1	50.6	0.0001 "
Tipo Prep. Suelo	1	2935.9	2935.9	1257.8	0.0001 **
Tipo Planta X TPS	1	1014.8	1014.8	434.8	0.0001 **
Error	2474	5774.9	2.3		
Total Corregido	2477	9843.7			

\*\* : Altamente significativo al 99% de confianza ( $\alpha = 0.01$ )

### 1.3 Test de comparaciones múltiples

Cuadro 3. Comparaciones múltiples de Tukey, para la Altura, Factor: Tipo de Planta

Lugar	Tratamiento	N° Obs.	Altura Media	Grupos *
1	Semilla	1261	9.89	a
2	Cutting	1217	9.46	b

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

Cuadro 4. Comparaciones múltiples de Tukey, para la Altura, Factor: Tipo Preparación Suelo

Lugar	Tratamiento	N° Obs.	Altura Media	Grupos *
1	Con Camellón	1492	10.56	a
2	Sin Camellón	986	8.34	b

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ )

Cuadro 5. Comparaciones múltiples de Tukey, para la Altura, Factor: Tipo de Planta x Tipo Preparación Suelo

Lugar	Tratamiento	N° Obs.	Altura Media	Grupos *
1	Semilla X Con Camellón	752	11.31	a
2	Cutting X Con Camellón	740	9.80	b
3	Cutting X Sin Camellón	477	8.92	c
4	Semilla X Sin Camellón	509	7.81	d

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

2 Variable: DAP, utilizando modelo estadístico 1, modelo 1 y 2.

### 2.1 *Análisis descriptivo*

Cuadro 6 Parámetros descriptivos según Factor, para el DAP (cm)

FACTOR	Nivel	N° Obs.	Mínimo	Media	Máximo	Desv. Estándar	C.V.(%)
Tipo Planta	Cutting	1217	2.50	14.14	27.00	3.9780	28.1
Tipo Planta	Semilla	1260	1.90	14.74	29.50	4.6319	31.4
Tipo Prep. Suelo	Con Camellón	1491	3.90	15.72	29.50	3.9327	25.0
Tipo Prep. Suelo	Sin Camellón	986	1.90	12.52	25.40	4.1995	33.5
<b>INTERACCIÓN</b>							
T.Plan. X TPS	Cutting X Con Camellón	740	4.60	14.85	27.00	3.7193	25.1
T.Plan. X TPS	Cutting X Sin Camellón	477	2.50	13.04	25.40	4.1193	31.6
T.Plan. X TPS	Semilla X Con Camellón	751	3.90	16.58	29.50	3.9500	23.8
T.Plan. X TPS	Semilla X Sin Camellón	509	1.90	12.03	22.80	4.2195	35.1

## 2.2 Análisis inferencial

Del análisis se varianza para el DAP, se concluye que las medias dentro de cada factor son distintas al 99% de confianza ( $\alpha = 0.01$ ).

Cuadro 7. Análisis de varianza para la DAP (cm)

F.Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P-Valor
<b>Modelo</b>	<b>3</b>	<b>7435.1</b>	<b>2478.4</b>	<b>157.0</b>	<b>0.0001</b>
<b>Tipo Planta</b>	<b>1</b>	<b>226.4</b>	<b>226.4</b>	<b>14.3</b>	<b>0.0002**</b>
<b>Tipo Prep. Suelo</b>	<b>1</b>	<b>6094.6</b>	<b>6094.6</b>	<b>386.0</b>	<b>0.0001**</b>
<b>Tipo Planta X TPS</b>	<b>1</b>	<b>1114.1</b>	<b>1114.1</b>	<b>70.6</b>	<b>0.0001"</b>
<b>Error</b>	<b>2473</b>	<b>39045.8</b>	<b>15.8</b>		
<b>Total Corregido</b>	<b>2476</b>	<b>46480.9</b>			

\*\* : Altamente significativo al 99% de confianza ( $\alpha = 0.01$ )

Cuadro 8. Comparaciones múltiples de Tukey, para el DAP, Factor: Tipo de Planta

Lugar	Tratamiento	N° Obs.	DAP Medio	Grupos *
1	Semilla	1260	14.74	a
2	Cutting	1217	14.14	b

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

Cuadro 9. Comparaciones múltiples de Tukey, para el DAP, Factor: Tipo Preparación Suelo

Lugar	Tratamiento	N° Obs.	DAP Medio	Grupos *
1	Con Camellón	1491	15.72	a
2	Sin Camellón	986	12.52	b

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

Cuadro 10. Comparaciones múltiples de Tukey, para el DAP, Factor: Tipo de Planta x Tipo Preparación Suelo

Lugar	Tratamiento	N° Obs.	DAP Medio	Grupos *
1	Semilla X Con Camellón	751	16.58	a
2	Cutting X Con Camellón	740	14.85	b
3	Cutting X Sin Camellón	477	13.04	c
4	Semilla X Sin Camellón	509	12.03	d

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

3 Variable: Altura, utilizando modelo estadístico 2. Modelo 1.

### 3.1 Análisis descriptivo

Cuadro 11. Parámetros descriptivos según Tipo de Planta, Rodal 1, para la Altura (m)

Tipo Planta	N° Obs.	Mínimo	Media	Máximo	Desv. Estándar	C.V.(%)
Cutting	740	3.00	9.80	13.00	1.7014	17.4
Semilla	752	1.95	11.31	17.00	1.2080	10.7

### 3.2 Análisis inferencial

Cuadro 12. Análisis de varianza para la Altura (m), Rodal 1

F.Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P-Valor
<b>Modelo</b>	<b>3</b>	<b>922.2</b>	<b>307.4</b>	<b>145.0</b>	<b>0.0001</b>
Repetición	1	29.5	29.5	13.9	0.0002"
Tipo Planta	1	867.0	867.0	408.8	0.0001"
Repetición x Tipo Planta	1	25.7	25.7	12.1	0.0005"
Error	1488	3155.6	2.1		
Total Corregido	1491	4077.8			

\*\* Altamente significativo al 99% de confianza ( $\alpha = 0.01$ )

Cuadro 13. Comparaciones múltiples de Tukey, para la Altura, Factor: Rep \* Tipo de planta

Lugar	RepTp	N°Obs	Media	Grupo*
1	1*Semilla	343	11,37	a
2	2*Semilla	409	11,25	a
3	1*Cutting	386	10,11	b
4	2*Cutting	354	9,44	c

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

4 Variable: DAP, utilizando modelo estadístico 2, modelo 1.

### 4.1 Análisis descriptivo

Cuadro 14. Parámetros descriptivos según Tipo de Planta, Rodal 1, para el DAP (cm)

Tipo Planta	N° Obs.	Mínimo	Media	Máximo	Desv. Estándar	C.V.(%)
Cutting	740	4.60	14.85	27.00	3.7193	25.1
Semilla	751	3.90	16.58	29.50	3.9500	23.8

## 4.2 Análisis inferencial

Medias distintas

15. Análisis de varianza para el DAP (cm), Rodal 1

F.Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P-Valor
<b>Modelo</b>	<b>3</b>	<b>1765.0</b>	<b>588.3</b>	<b>41.1</b>	<b>0.0001</b>
<b>Repetición</b>	<b>1</b>	<b>648.4</b>	<b>648.4</b>	<b>45.3</b>	<b>0.0001**</b>
<b>Tipo Planta</b>	<b>1</b>	<b>1016.7</b>	<b>1016.7</b>	<b>71.0</b>	<b>0.0001**</b>
<b>Repetición x Tipo Planta</b>	<b>1</b>	<b>99.9</b>	<b>99.9</b>	<b>7.0</b>	<b>0.0083**</b>
<b>Error</b>	<b>1487</b>	<b>21279.7</b>	<b>14.3</b>		
<b>Total Corregido</b>	<b>1490</b>	<b>23044.7</b>			

\*\* : Altamente significativo al 99% de confianza ( $\alpha = 0.01$ )

Cuadro 16. Comparaciones múltiples de Tukey, para el Dap, Factor: Rep planta

Lugar	Rep*Tp	IM°Obs	Media	Grupo*
1	2*Semilla	409	17,33	a
2	1*Semilla	343	15,64	b
3	2*Cutting	354	15,21	b c
4	1*Cutting	386	14,52	c

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

5 Variable: Altura, utilizando modelo estadístico 2, modelo 2

### 5.1 Análisis descriptivo

Cuadro 17. Parámetros descriptivos según Tipo de Planta, Rodal 2, para la Altura (m)

Tipo Planta	N* Obs.	Mínimo	Media	Máximo	Desv. Estándar	C.V.(%)
<b>Cutting</b>	<b>477</b>	<b>1.97</b>	<b>8.92</b>	<b>12.80</b>	<b>1.4051</b>	<b>15.8</b>
<b>Semilla</b>	<b>509</b>	<b>1.45</b>	<b>7.81</b>	<b>11.70</b>	<b>1.7744</b>	<b>22.7</b>

### 5.2 Análisis inferencial

Cuadro 18. Análisis de varianza para la Altura (m), Rodal 2

F. Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P-Valor
<b>Modelo</b>	<b>3</b>	<b>336.7</b>	<b>112.2</b>	<b>44.0</b>	<b>0.0001</b>
<b>Repetición</b>	<b>1</b>	<b>24.1</b>	<b>24.1</b>	<b>9.5</b>	<b>0.0022**</b>
<b>Tipo Planta</b>	<b>1</b>	<b>283.7</b>	<b>283.7</b>	<b>111.1</b>	<b>0.0001"</b>
<b>Repetición x Tipo Planta</b>	<b>1</b>	<b>28.8</b>	<b>28.8</b>	<b>11.3</b>	<b>0.0008"</b>
<b>Error</b>	<b>982</b>	<b>2507.8</b>	<b>2.6</b>		
<b>Total Corregido</b>	<b>985</b>	<b>2844.5</b>			

\*\* : Altamente significativo al 99% de confianza ( $\alpha = 0.01$ )

Cuadro 19. Comparaciones múltiples de Tukey, para la Altura, Factor: Rep \* Tipo de planta

Lugar	Rep*Tp	N°Obs	Media	Grupo*
1	2*Cutting	286	9,11	a
2	Tcutting	191	8,64	b
3	1*Semilla	298	7,90	c
4	2*Semilla	211	7,68	c

\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha=0.05$ ).

Variable: DAP, utilizando modelo estadístico 2, modelo 2.

### 6.1

#### Análisis descriptivo Cuadro

20. Parámetros descriptivos según Tipo de Planta, Rodal 2, para el DAP (cm)

Tipo Planta	N° Obs.	Mínimo	Media	Máximo	Desv. Estándar	C.V.(%)
Cutting	477	2.50	13.04	25.40	4.1193	31.6
Semilla	509	1.90	12.03	22.80	4.2195	35.1

### 6.2 Análisis inferencial

Medias distintas

Cuadro 21 . Análisis de varianza para el DAP (cm), Rodal 2

F.Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P-Valor
<b>Modelo</b>	<b>3</b>	<b>1177.4</b>	<b>392.5</b>	<b>23.8</b>	<b>0.0001</b>
<b>Repetición</b>	<b>1</b>	<b>486.6</b>	<b>486.6</b>	<b>29.5</b>	<b>0.0001**</b>
<b>Tipo Planta</b>	<b>1</b>	<b>142.4</b>	<b>142.4</b>	<b>8.6</b>	<b>0.0034**</b>
<b>Repetición x Tipo Planta</b>	<b>1</b>	<b>548.4</b>	<b>548.4</b>	<b>33.3</b>	<b>0.0001**</b>
<b>Error</b>	<b>982</b>	<b>16193.9</b>	<b>16.5</b>		
<b>Total Corregido</b>	<b>985</b>	<b>17371.3</b>			

\*\* : Altamente significativo al 99% de confianza ( $\alpha=0.01$ )

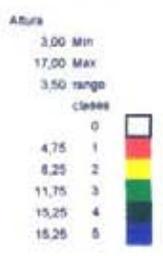
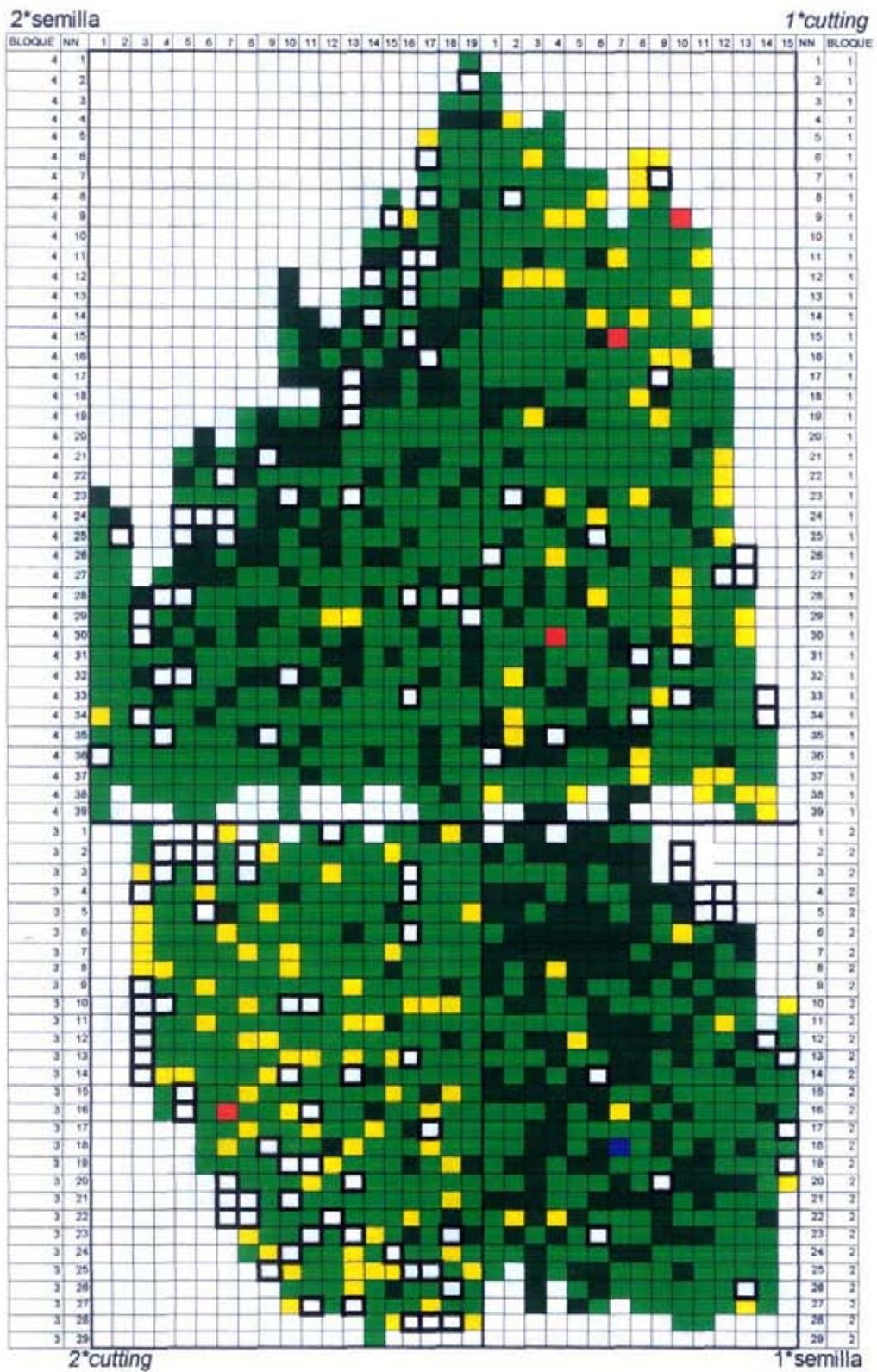
Cuadro 22. Comparaciones múltiples de Tukey, para la Dap, Factor: Rep \* Tipo de planta

Lugar	Rep*Tp	N°Obs	Media	Grupo*
1	2*Cutting	286	14,18	a
2	1*Semilla	298	12,12	b
3	2*Semilla	211	11,92	b
4	1*Cutting	191	11,34	b

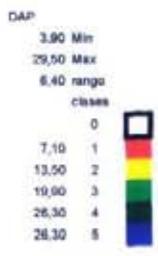
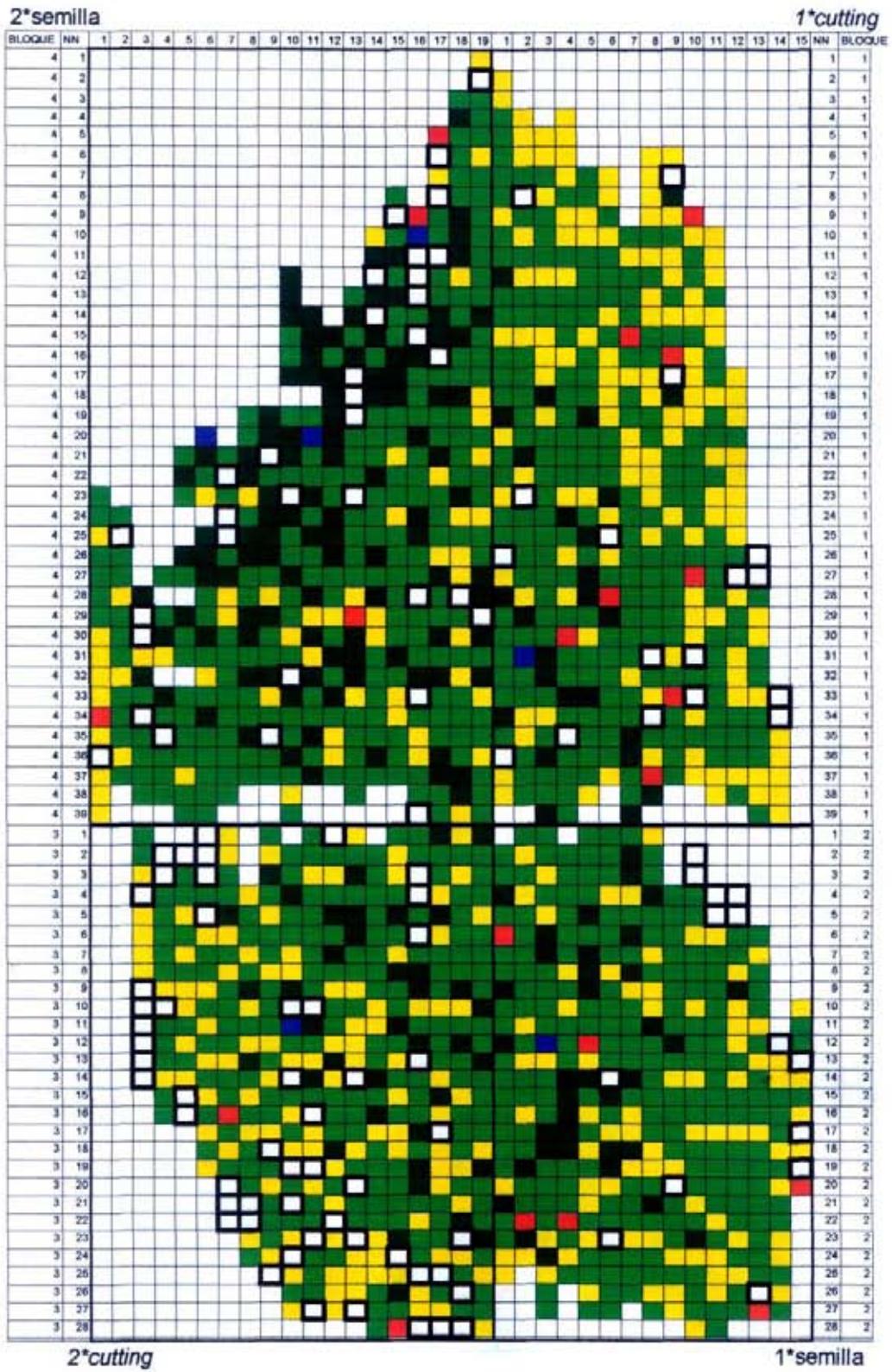
\*: letras distintas en la columna indican diferencias significativas al 95% de confianza ( $\alpha=0.05$ ).

Anexo 2. mapa descriptivo de los modelos, analizándose variables de interés: altura, dap, sanidad, forma.

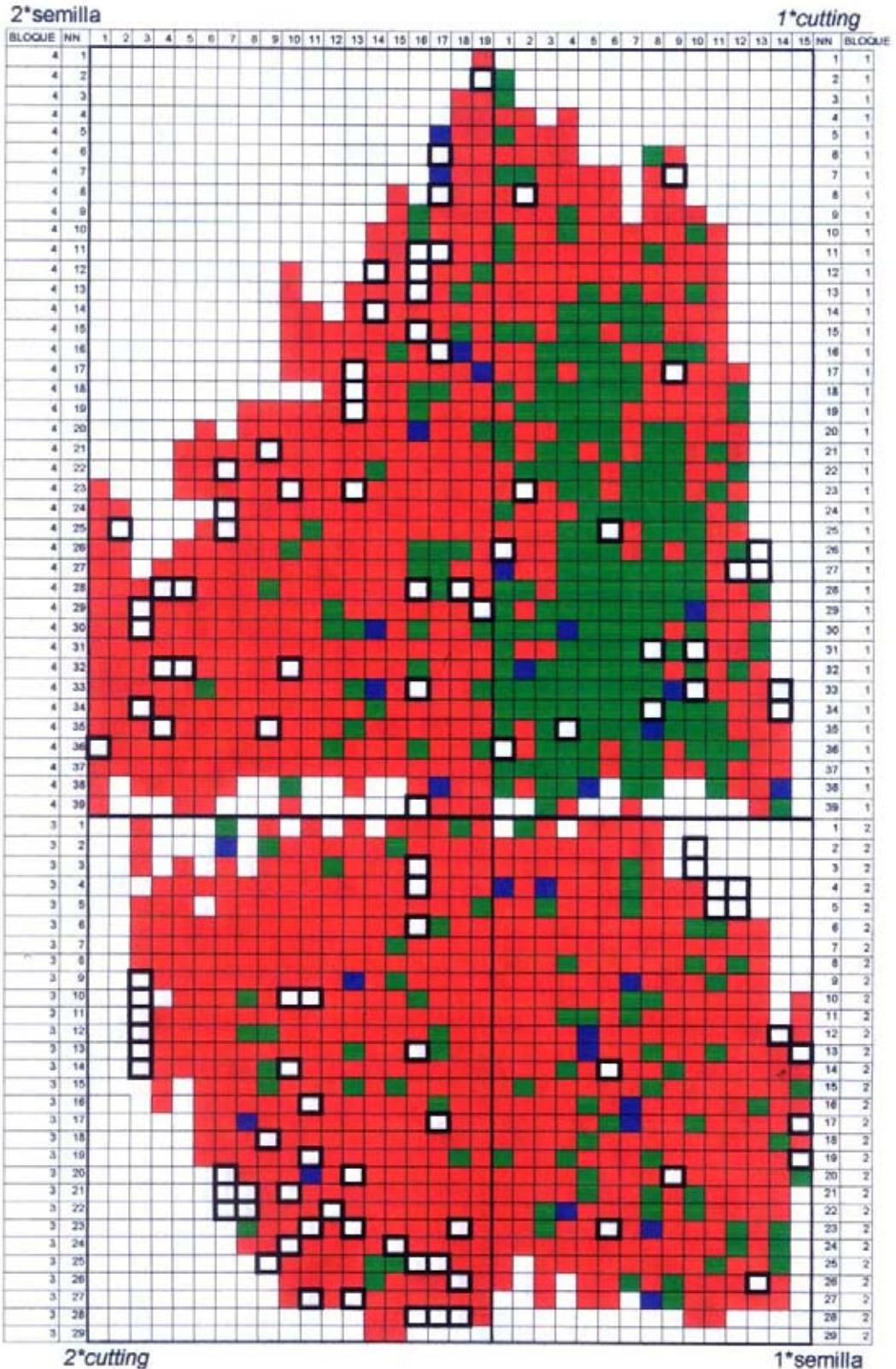
# ALTURA "MODELO CON CAMELLÓN"



# DAP "MODELO CON CAMELLÓN"



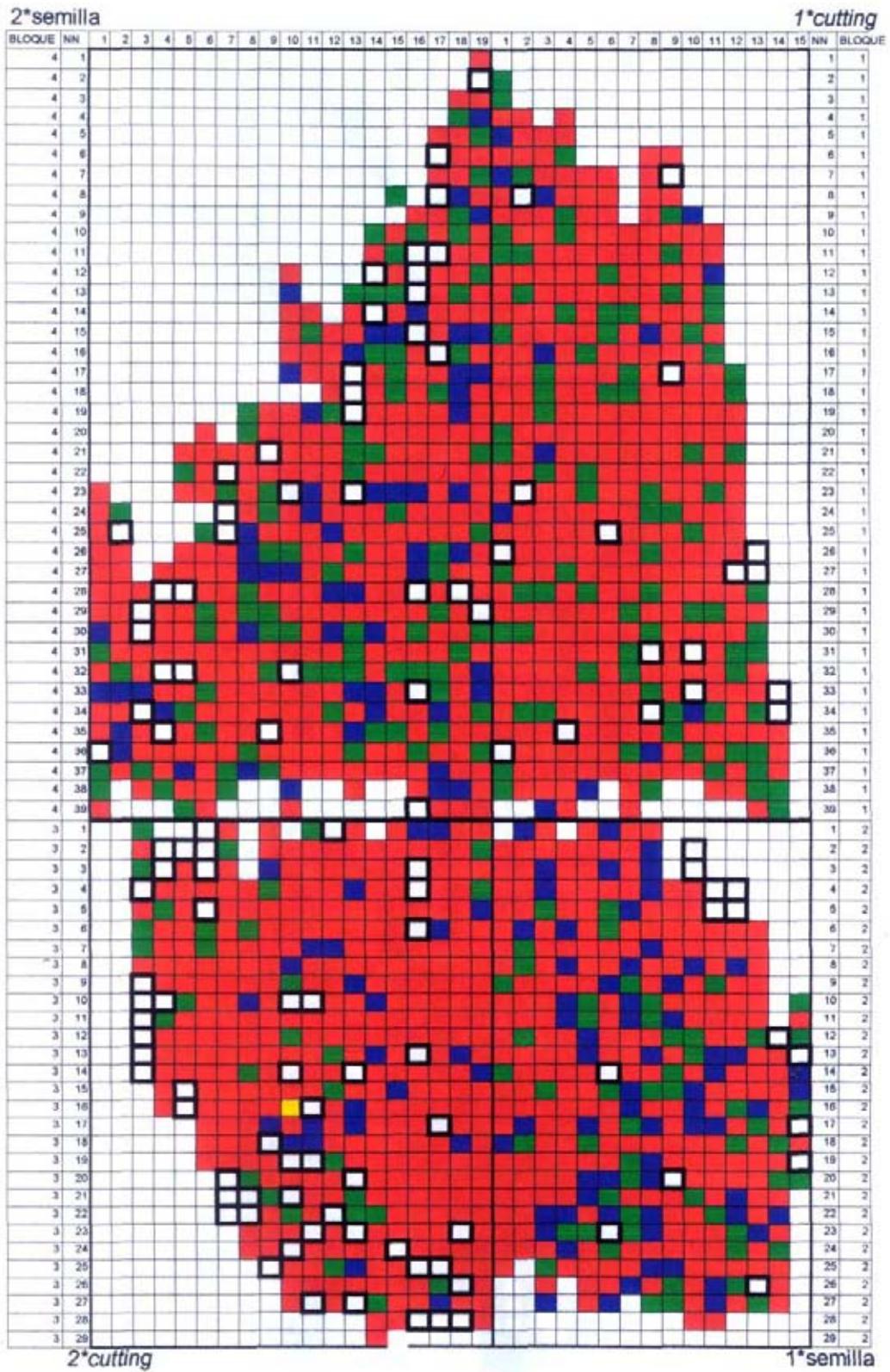
# SANIDAD "MODELO CON CAMELLÓN"



SANTIDAD

- 0
- 1
- 2
- 3

# FORMA "MODELO CON CAMELLÓN"



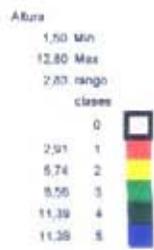
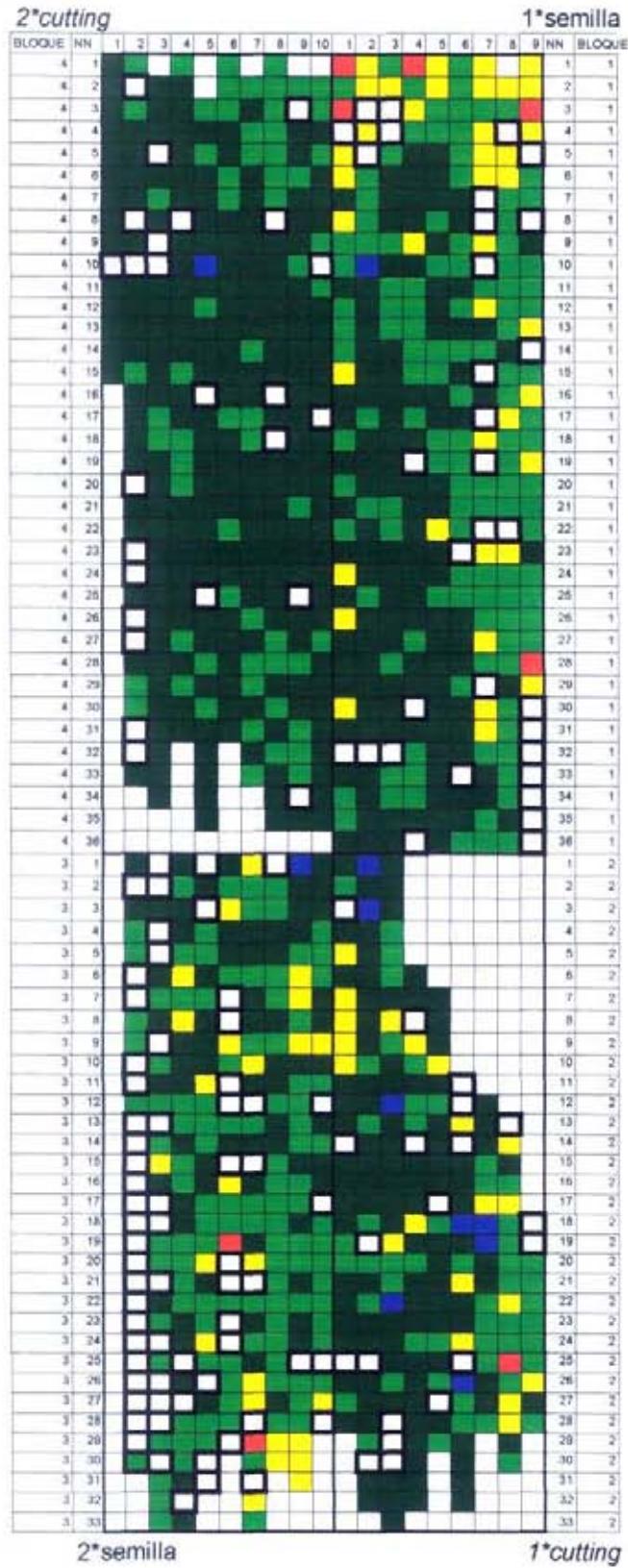
2ª cutting

1ª semilla

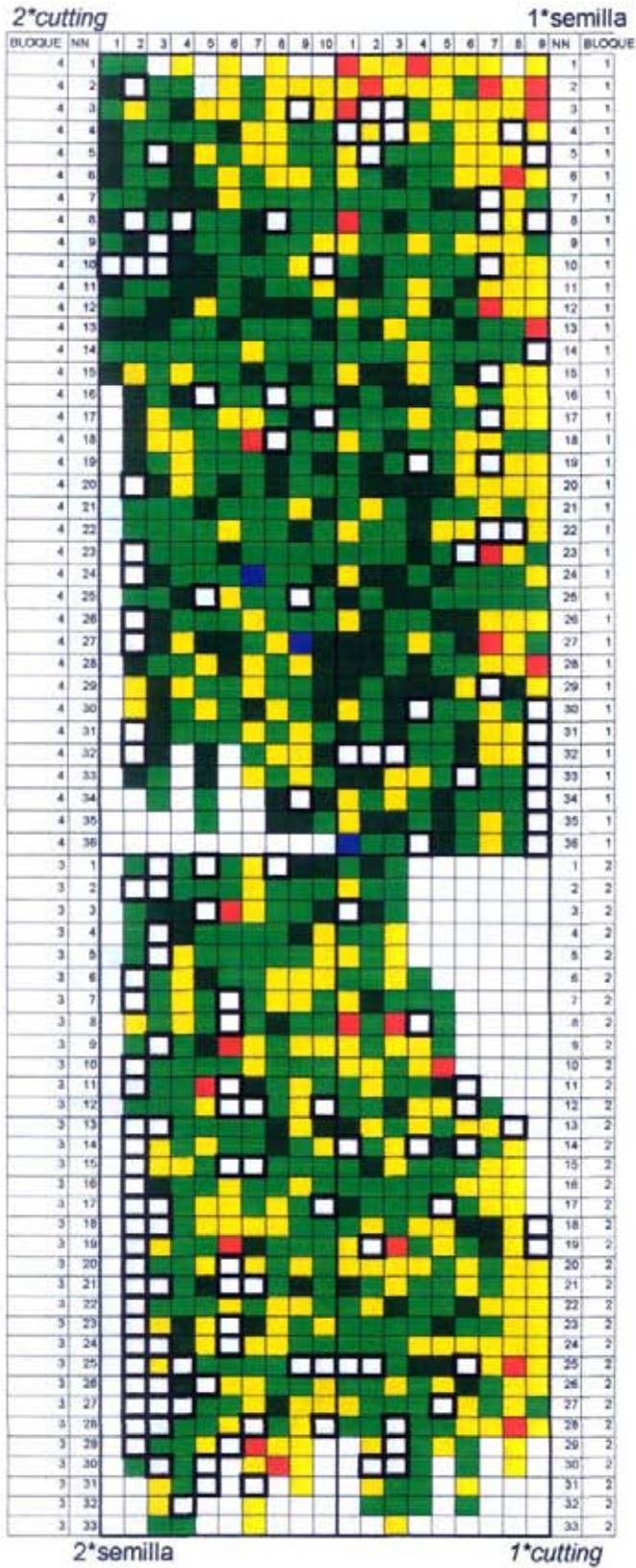
FORMA



# ALTURA "MODELO SIN CAMELLÓN"



# DAP "MODELO SIN CAMELLÓN"



DAP

1,90 Min

25,40 Max

5,88 range

classes

0

4,84 1

10,71 2

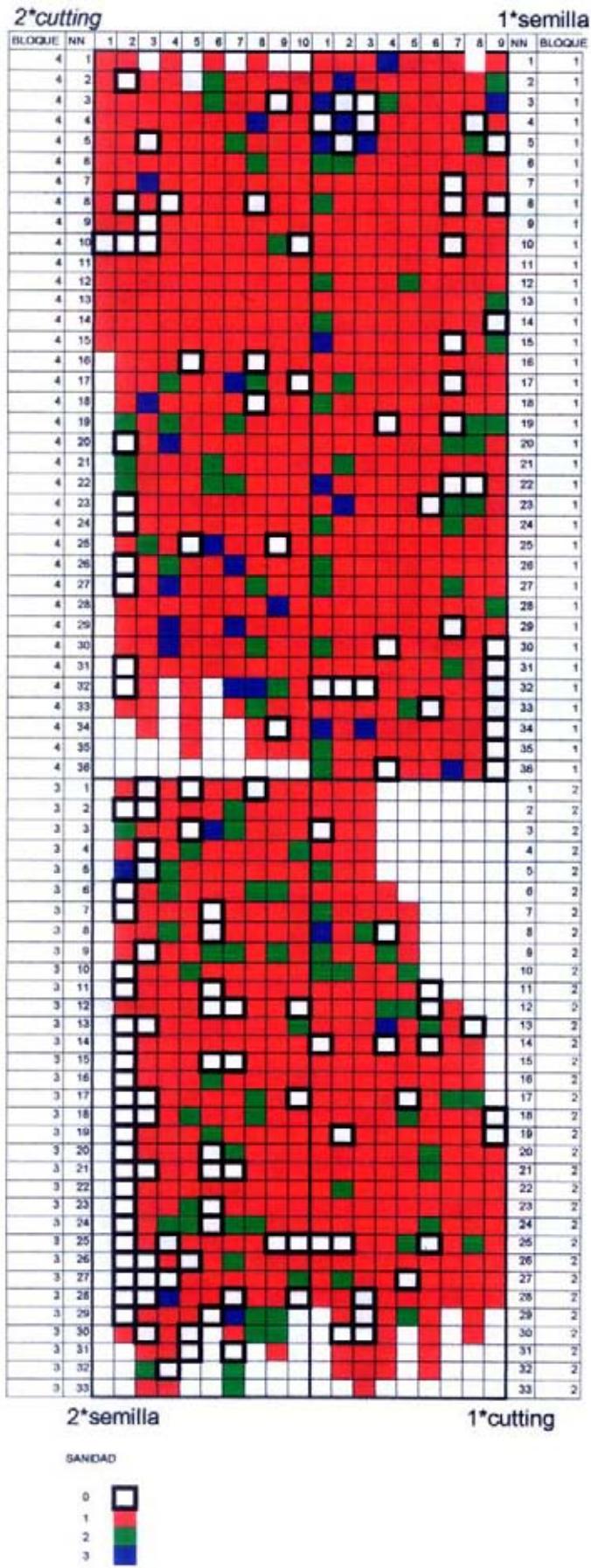
16,59 3

22,46 4

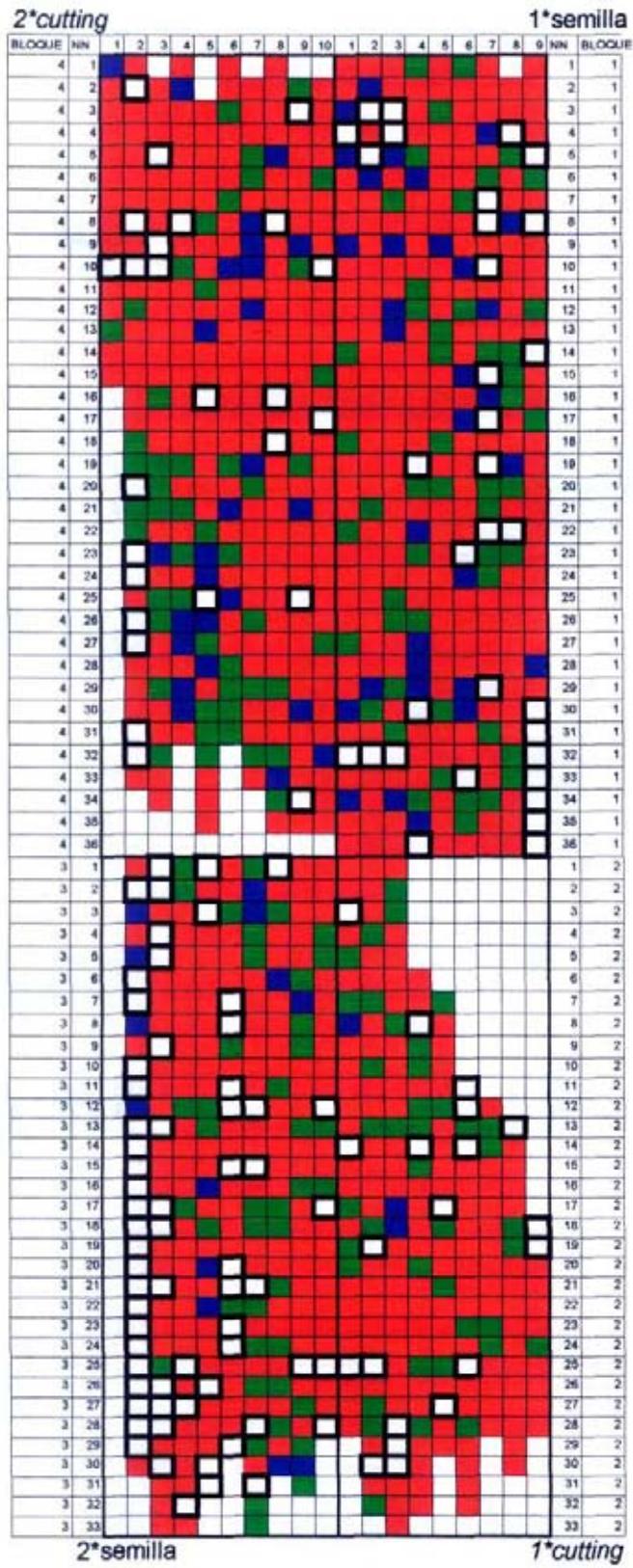
22,46 5



# SANIDAD "MODELO SIN CAMELLÓN"



# FORMA "MODELO SIN CAMELLÓN"



FORMA

- 0 
- 1 
- 2 
- 3 

Anexo 3, descripción de los modelos incluyendo variables como: N° árbol, Dap, HT, sanidad, forma, volumen.

**PRIMER RODAL**

con camellón

correspondiente a plantas de 1\*cutting,  
parcelas permanentes tesis de pregrado  
fundo Huape Tres Esteros

<b>N° Arbol</b>	<b>DAP(cm)</b>	<b>HT(m)</b>	<b>Sanidad</b>	<b>Forma</b>	<b>Observaciones</b>	<b>volumen</b>
1	12,7	10,2	1	1		0,04571309
2	11,6	9,3	1	1		0,036824557
3	12,4	9,2	1	1		0,042153943
4	10	7,4	3	2		0,024569787
5	9	7,7	1	2		0,019928838
6	13	10,1	1	2		0,047820623
7	16,3	9,8	1	2		0,075755422
8	15	10,3	1	1		0,064538384
9	17	9,3	1	2		0,081861444
10	11,6	10,1	1	1		0,037842944
11	14,3	9,5	1	1		0,057258052
12	14,4	9,6	2	2		0,058253232
13	9,2	7,4	2	1		0,020459235
14	8	6,35	1	1		0,013251222
15	13,6	9	2	2		0,050812986
16	12,5	9,3	1	2		0,043010152
17	13	8,9	2	2		0,046069918
18	13	9,3	2	1		0,046669864
J9	15,7	11	1	1		0,072015957
20	10,7	6,5	1	2		0,027302995
21	10	8,2	2	1		0,025718185
22	11,5	8,1	1	1		0,03447867
23	13	9,8	2	1		0,047399098
24	7,3	5,5	1	1		0
25	13,5	9,6	2	1		0,05094553
26	12,5	8,5	1	1		0,041832443
27	16	9,6	1	1		0,072550855
28	18,6	11,3	1	1		0,10244299
29	13	9,7	1	2		0,047255724
30	10,5	8,5	2	2		0,028936962
31	10,5	8,8	1	1		0,029333336
32	15,6	9,9	1	2		0,069313112
33	16,1	11,2	1	2		0,076133929
34	14,1	9	2	2		0,054821547
35	10,3	8,15	1	1		0,027313232

36	10,5	7,4	2	1		0,027362246
37	17,6	11,2	2	1		0,091330821
38	18,5	11,3	2	1		0,101319832
39	15	10,1	2	2		0,064221792
40	15	12	1	1		0,067004153
41	16,3	11,7	1	1		0,078851857
42	15	12,2	1	1		0,067263841
43	14	8,9	1	1		0,053851722
44	10,2	8,7	1	2		0,027484032
45	15,3	10,4	1	1		0,067384554
46	15	11,2	1	1		0,065899716
47	16,3	11,3	1	1		0,078235154
48	16,1	12,8	1	1		0,078435633
49	11,2	8,6	1	1		0,033295648
50	10,6	10,4	2	2		0,031773592
51	15	10,8	1	1		0,065309001
52	13	10,9	2	1		0,048875301
53	17	12,3	1	1		0,086811335
54	13,6	10,9	1	1		0,053586741
55	12,6	10,1	1	1		0,044844728
56	14,2	11,3	1	1		0,059070839
57	17,7	12,6	1	2		0,094663071
58	11	8,75	1	1		0,032262404
59	9,1	8,2	1	2		0,021067236
60	15,1	10,6	1	2		0,065896864
61	11,5	8,4	1	3		0,034914918
62	11,2	7,4	1	1		0,031568695
63	12,5	8,7	1	1		0,04212975
64	6	3,9	1	3		0
65	13,2	9,7	2	1		0,048792863
66	14,5	10,5	1	1		0,060490691
67	14,6	10,4	1	1		0,061134677
68	8,6	7,2	2	1		0,017357254
69	11,3	8,7	1	1		0,034072178
70	13,5	9	1	2		0,05003115
71	9	7,2	2	1		0,019214005
72	9,5	8,5	1	1		0,02345023
73	12	9,1	1	1		0,03922604
74	11,3	9,8	1	1		0,035506491
75	17	11,3	1	1		0,085255817
76	15,2	12,3	1	2		0,069220386
77	14,3	10,2	1	1		0,058382345
78	16	12,3	1	1		0,076787437
79	19	12,0	2	1		0,108201116
80	10	8,5	2	2		0,026115156
81	17,4	11,4	2	1		0,089637215
82	7	7,1	2	1		0,010917224

83	7,5	6,0	2	1		0,010490012
84	8,8	7,4	3	2		0,018564849
85	7,5	6,0	2	1		0,010490012
86	16,5	11	2	1		0,079721753
87	12,5	9,4	2	3		0,043099128
88	16	11,3	2	1		0,075326673
89	11,8	9,0	2	2		0,037722292
90	14,1	11	1	1		0,057823179
91	16	10,9	2	2		0,074751322
92	14	10,7	2	2		0,056574429
93	7	5,6	3	1		0
94	14	9	1	1		0,054006544
95	12	9,1	2	1		0,03922604
96	19,5	13	1	1		0,115804212
97	17,9	11,6	2	1		0,095261655
98	13,6	10,5	2	1		0,053042682
99	18,4	11,8	2	1		0,101047291
100	16	10,9	1	1		0,074751322
101	16,7	11,5	2	1		0,08252187
102	12,6	9,4	2	2		0,043893657
103	14,4	12,3	2	1		0,062053728
104	14,7	10,4	2	1		0,062064689
105	13,9	10,6	2	1		0,055610438
106	13	9,6	2	1		0,047134263
107	8,7	8,1	1	1		0,019041871
108	20,5	12,4	1	1		0,127095182
109	6,6	5,8	2	1		0
110	13,9	10,0	1	1		0,054805344
111	9	9	1	1		0,021489388
112	16,8	11,2	1	2		0,083102408
113	12	9	1	1		0,039088309
114	11,2	8,6	1	2		0,033361385
115	16,7	10,3	1	1		0,080531161
116	11	8,5	1	2		0,031958096
117	19,9	10,6	1	1		OJ16327162
118	8,1	6,5	1	1		0,014037838
119	10,2	7,8	2	1		0,026256776
120	8	6,4	1	1		0,013464369
121	11	8,1	1	1		0,031348403
122	12,5	9,4	1	1		0,043099128
123	14,1	10,2	1	1		0,056675536
124	12,8	9,5	2	1		0,045501182
125	17	10,5	1	1		0,083893666
126	12,6	9,4	1	1		0,043893657
127	10,9	7,8	2	1		0,030306601
128	16,6	11,2	2	3	multiflecha	0,08097504
129	14,8	11	1	1		0,063833441

130	12,6	9,4	1	1		0,043893657
131	7,5	6,4	1	1		0,011446485
132	17	11,3	1	1		0,085255817
133	17	11	2	1		0,08474574
134	12,7	9,5	2	1		0,044693863
135	11,7	10,1	2	1		0,038515113
136	8,8	7,1	2	2		0,018048985
137	16,6	11,5	2	2		0,081518534
138	11	8,5	2	1		0,031958096
139	14,1	10	2	2		0,056374384
140	15,6	10,8	2	1		0,070730716
141	18,3	11	2	2		0,098561433
142	17,6	11,5	2	1		0,091868393
143	15,7	10,2	2	2		0,070733273
144	18,4	11,8	2	1		0,101047291
145	13,1	9,1	2	2		0,04712069
146	19	12,0	3	1		0,108201116
147	7,6	6,8	2	2		0,012597405
148	6,5	5,1	2	1		0
149	19,1	12,5	2	1		0,110251511
150	17	11,3	2	1		0,085255817
151	22,6	12	2	2		0,154082155
152	20,8	12,5	2	1		0,131046658
153	15,9	11,3	2	1		0,074369874
154	18	11,7	2	1		0,096406455
155	13	11	2	2		0,048999748
156	18,5	11,8	2	2		0,102222864
157	18,2	12,2	2	1		0,099510625
158	15,2	10,6	2	2		0,066814036
159	16,3	10,5	2	1		0,076935001
160	15,3	10,7	2	1		0,067783097
161	19,5	12,1	1	1		0,114338642
162	16,9	11,3	1	1		0,084174838
163	17,7	11,6	2	1		0,09299262
164	17	11,3	2	1		0,085255817
165	11	8,5	2	1		0,031958096
166	11,7	8,9	1	1		0,036978949
167	13	9,6	1	1		0,047134263
168	13,5	9,9	1	1		0,051331096
169	17	11,3	2	2		0,085255817
170	11,5	8,8	2	2		0,035513523
171	15,5	10,7	1	1		0,069742226
172	5,7	4,3	2	1		0
173	16,3	11,0	2	2		0,077834342
174	15	10,5	2	1		0,064895391
175	14,6	10,4	1	1		0,061134677
176	8,9	7,1	1	1		0,018629922

177	13,5	9,9	1	1		0,051331096
178	11	8,5	1	1	borde(cerco)	0,031958096
179	10	7,9	1	1		0,025308047
180	13,6	9,9	1	1		0,052189401
181	13,2	9,7	1	1		0,048792863
182	18,8	11,9	1	1		0,105790446
183	13,7	10,0	1	2		0,053054793
184	14	10,1	1	1		0,055688997
185	9,8	7,8	2	2		0,024047532
186	19,8	12,2	1	2		0,11809915
187	11,2	8,6	2	1		0,033361385
188	10,6	8,3	2	1		0,029225553
189	12,3	9,3	2	2		0,041531408
190	11,7	8,9	2	1		0,036978949
191	18	11,7	2	1		0,096406455
192	15,5	10,7	2	1		0,069742226
193	14	10,1	1	1		0,055688997
194	20,8	12,5	1	1		0,131046658
195	9,6	7,6	2	1		0,022809815
196	11,2	8,6	2	1		0,033361385
197	16	10,9	2	1		0,074751322
198	7	5,6	2	1		0
199	21,3	12,6	2	1		0,137758841
200	16,5	11,1	2	1		0,079921745
201	16	10,9	2	1		0,074751322
202	14,7	10,4	2	1		0,062064689
203	17	11,3	2	1		0,085255817
204	18,5	11,8	2	1		0,102222864
205	19	12,0	2	1		0,108201116
206	14,9	10,5	1	1		0,06394582
207	15,6	10,8	2	1		0,070730716
208	15,5	10,7	2	1		0,069742226
209	18,3	11,8	2	1		0,099876834
210	14,1	10,1	2	1		0,056581216
211	21	12,6	2	1		0,133712605
212	18,7	11,9	2	2		0,104594446
213	14,7	10,4	2	1		0,062064689
214	12,5	9,4	2	1		0,043099128
215	18	11,7	2	1		0,096406455
216	20	12,3	2	2		0,12063811
217	20	12,3	2	1		0,12063811
218	16,9	11,3	2	1		0,084174838
219	20,3	12,4	2	1		0,124492569
220	17,3	11,4	2	1		0,088531945
221	13,2	9,7	2	2		0,048792863
222	16,4	11,1	2	2		0,078875381
223	15,7	10,8	1	1		0,071726192

224	14	10,1	2	1		0,055688997
225	20	12,3	2	1		0.12063811
226	13,9	10,0	2	1		0,054805344
227	19,3	12,1	2	1		0.111865412
228	14	10,1	2	2		0,055688997
229	12	9,1	2	1		0,03922604
230	14,3	10,2	2	1		0,058382345
231	19,3	12,1	2	1		0.111865412
232	17,4	11,4	1	1		0,089637215
233	16,6	11,2	1	1		0,08097504
234	12,4	9,3	1	1		0,042311713
235	10	7,9	1	1		0,025308047
236	13,8	10,0	1	1		0,053925784
237	14,4	10,3	1	1	borde(cerco)	0,059294254
238	12,8	9,5	1	1	borde(cerco)	0,045501182
239	11	8,5	1	1		0,031958096
240	10,9	8,5	1	2		0,031265565
241	10,7	8,3	1	1		0,029900017
242	15,2	10,6	1	1		0,066814036
243	9	7,2	2	2		0,019214005
244	11,7	8,9	2	2		0,036978949
245	17,6	11,5	1	1		0,091868393
246	10	7,9	1	1		0,025308047
247	17,4	11,4	1	1		0,089637215
248	18	11,7	2	2		0,096406455
249	16,5	11,1	2	1		0,079921745
250	13,1	9,7	2	1		0,047960012
251	16	10,9	1	1		0,074751322
252	14,5	10,3	2	1		0,060211703
253	19	12,0	2	1		0,108201116
254	14,5	10,3	2	1		0,060211703
255	17,5	11,5	2	1		0,090749365
256	16	10,9	2	1		0,074751322
257	8,6	6,9	2	1		0,016896552
258	20,2	12,3	1	1		0.123202217
259	15,2	10,6	2	1		0,066814036
260	10	7,9	2	1		0,025308047
261	17	11,3	2	2		0,085255817
262	11,7	8,9	2	1		0,036978949
263	17	11,3	2	1		0,085255817
264	5,2	3,8	3	1	muerto	0
265	17	11,3	2	1		0,085255817
266	15	10,5	2	1		0,064895391
267	21,5	12,7	2	1		0,140487801
268	16	10,9	2	1		0,074751322
269	18,3	11,8	2	1		0,099876834
270	16,5	11,1	2	1		0,079921745