



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**EFFECTO DEL MULCH ORGÁNICO Y ENMIENDAS DE CARBÓN VEGETAL EN  
EL ESTABLECIMIENTO ARTIFICIAL DE QUILLAY (Quillaja saponaria Mol.)  
EN LA PRECORDILLERA DE VILCHES, REGIÓN DEL MAULE.**

**CÉSAR ALEJANDRO SEPÚLVEDA VALDEBENITO**

**Memoria para optar al Título de:  
INGENIERO FORESTAL**

**PROFESOR GUÍA: Sra. MARISOL MUÑOZ VILLAGRA**

**TALCA-CHILE**

**2003**

**UNIVERSIDAD DE TALCA**  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

El alumno **CÉSAR ALEJANDRO SEPÚLVEDA VALDEBENITO**, ha realizado la memoria titulada **EFFECTO DEL MULCH ORGÁNICO Y ENMIENDAS DE CARBON VEGETAL EN EL ESTABLECIMIENTO ARTIFICIAL DE QUILLAY (*Quillaja saponaria* Mol.) EN LA PRECORDILLERA DE VILCHES, REGIÓN DEL MAULE**, como uno de los requisitos para optar al Título profesional de INGENIERO FORESTAL, con la Sra. MARISOL MUÑOZ VILLAGRA, como profesora guía.

La comisión de evaluación, constituida por los profesores: Sra. Marisol Muñoz Villagra y el Sr. Rodolfo Neuenschwander Alvarado, han evaluado esta memoria con una nota 6,5 (seis coma cinco).



**CRISTIAN LOPEZ MONTECINOS**  
DIRECTOR  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Talca, septiembre de 2003.

Para aquellas personas que habitan y  
viven del bosque esclerófilo .....

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos, a las siguientes personas e instituciones:

A mis padres, por el apoyo incondicional en este largo proceso de aprendizaje profesional y espiritual.

A mi profesora guía Sra. Marisol Muñoz Villagra, quien brindó un constante apoyo, orientación y estímulo para desarrollar esta investigación.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Talca, representada por el Decano Sr. Juan Franco de la Jara, quien otorgó las facilidades para la realización de esta investigación en la estación experimental "El Picazo". A la Sra. Maria Antonieta Valladares, secretaria Decanato.

A mis profesores y amigos quienes orientaron y ayudaron a enriquecer el contenido de esta memoria:

- Al Prof. Francisco Zamudio Arancibia (PhD), al Ing. For. Marcos Yáñez y al Prof. Ing. Michael Bourke del Proyecto de Mejoramiento Genético del Álamo de la U. de Talca.
- Al Prof. Francisco J. Matus (PhD) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U. de Talca.
- Al Sr. Ing.For. Cristian López Director de la Escuela de Ingeniería Forestal de la U. de Talca y Srta. M<sup>a</sup> Eliana Reyes, Asistente de Dirección.
- Al Prof. Ing. For. Rodolfo Neuenschwander Alvarado, del Departamento de Producción Forestal de la U. de Talca.
- A los Profs. Dra. Ursula Doll y Dres. Mauricio Ponce Donoso, Roberto Pizarro Tapia y Carlos Mena Frau, del Departamento de Gestión Forestal y Ambiental de la U. de Talca.
- A los Profs. Dres. Alejandro Troncoso Aguilar y José San Martín Acevedo, del Instituto de Biología y Biotecnología Vegetal de la U. de Talca.
- Al Dr. Mauricio Escudey, de la Facultad de Química y Biología de la Universidad de Santiago.
- A los Ings. Fors. (e) Christian Parada N. y Miguel Angel Troncoso A. Ing. For. Lorena Vásquez. Ing. For. Franz E. Arnold (MSc), del Servicio Alemán de Cooperación Técnica CIM. Ing. For. Carlos Sepúlveda, de la Corporación Nacional Forestal Región del Maule y a la Ing. For. M<sup>a</sup> Carolina Silva.
- A Sharon Goulart del Programa de idiomas de la U. de Talca.

## INDICE

	Pág.
RESUMEN	i
SUMMARY	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Antecedentes generales sobre la especie	4
3.2. Antecedentes generales sobre las técnicas de establecimiento	5
3.2.1. Fase 1: Pre-preparación del terreno	5
3.2.2. Fase 2: Preparación del terreno propiamente tal	6
3.2.3. Fase 3: Post-preparación del terreno	7
IV. METODOLOGÍA	8
4.1. Antecedentes del área	8
4.2. Ubicación del ensayo	9
4.3. Material vegetal	9
4.4. Plantación y medidas culturales	9
4.5. Tratamientos y Diseño experimental establecido	9
4.6. Variables de estudio	12
4.7. Tablas de contingencia y prueba de la diferencia entre dos proporciones	12
4.7.1. Prueba de hipótesis para las tablas de contingencia	13
4.7.2. Prueba de hipótesis para la diferencia entre dos proporciones	14
4.8. Análisis de varianza	15
4.8.1. Prueba de hipótesis	15
4.8.2. Modelo lineal asociado al ensayo	16

	Pág.
V. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	17
5.1. Supervivencia	17
5.1.1. Tablas de contingencia	17
5.1.2. Prueba de diferencia entre dos proporciones	19
5.2. Incremento en altura	20
5.3. Incremento en diámetro a la altura del cuello (DAC)	22
5.4. Mulch orgánico <i>versus</i> enmiendas orgánicas	24
VI. CONCLUSIONES	28
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
VIII. ANEXOS	34
IX. APÉNDICES	41

## ÍNDICE DE FIGURAS y GRÁFICOS

	Pág.
<b>Figura 1:</b> Vista horizontal de cada tratamiento empleado y establecido en la Estación Experimental "El Picazo", Vilches	10
<b>Figura 2:</b> Distribución espacial de los tratamientos y bloques	11
<b>Figura 3:</b> Distribución espacial de la plantación y parcelas	11
<b>Gráfico 1:</b> Supervivencia (%) de los tratamientos según bloques y totales	19

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1:</b> Participación de cada componente en la biomasa total de Quillay y en el contenido de saponina bruta	5
<b>Tabla 2:</b> Tablas de contingencia para la variable sobrevivencia, tratamientos <i>versus</i> bloques, tratamientos <i>versus</i> plantas vivas y bloques <i>versus</i> plantas vivas	17
<b>Tabla 3:</b> Supervivencia (%) para cada tratamiento, bloques y promedios totales	18
<b>Tabla 4:</b> Análisis de proporciones entre los tratamientos	19
<b>Tabla 5:</b> Incremento-promedio de las alturas (cm) para los tratamientos y bloques	20
<b>Tabla 6:</b> Análisis de varianza para la variable incremento en altura	21
<b>Tabla 7:</b> Test Duncan para los tratamientos y bloques	21
<b>Tabla 8:</b> Incremento-promedio en DAC (mm) para los tratamientos y bloques	22
<b>Tabla 9:</b> Análisis de varianza para la variable incremento en DAC	23
<b>Tabla 10:</b> Test Duncan para los tratamientos	23
<b>Tabla 11:</b> Relación C/N para distintos materiales de origen vegetal	26

## RESUMEN

El presente estudio investigó los efectos de la aplicación de "mulch" orgánico (aserrín de pino) y "enmiendas" de carbón vegetal (sijo) en una plantación de *Quillaja saponaria* Mol. La investigación se realizó en la estación experimental "El Picazo" de la Universidad de Talca, ubicada en la precordillera de Viches aproximadamente a 65 km de la capital regional.

Los tratamientos aplicados corresponden a: testigos, "enmiendas" de carbón vegetal, "mulch" de aserrín de pino, y "mulch + enmiendas". Las variables de estudio corresponden a sobrevivencia (%), incremento en altura (cm) e incremento en diámetro a la altura del cuello (DAC) (mm), evaluadas al cabo de 7 meses.

El ensayo presentó en general un 50% de sobrevivencia, variando entre un 6,3 y 93,8%. Los mayores porcentajes de sobrevivencia lo obtienen aquellos tratamientos donde se aplicó "mulch" y, "mulch + enmiendas" con un nivel similar de sobrevivencia de 79,2%, no presentando diferencias significativas entre ellos, pero si con el resto de los tratamientos.

Los mayores incrementos-promedios en altura, se presentan con la aplicación de "mulch + enmiendas" y "mulch" con 6,3 y 5,1 cm respectivamente. No presentando diferencias significativas entre ellos.

El tratamiento que presentó el mejor resultado para el incremento-promedio en DAC fue con la aplicación de "mulch + enmiendas" con 1,1 mm. Diferenciándose significativamente con el resto de los tratamientos.

Los resultados de este estudio permiten concluir que la aplicación del "mulch orgánico" en plantaciones de *Quillaja saponaria* tiene un efecto significativo en la sobrevivencia y vigor de las plantas, no así los obtenidos con la aplicación -por si sola- de enmiendas de carbón vegetal. En este sentido se sugiere que la incorporación directa de residuos vegetales al suelo, constituye una práctica poco recomendable si no se consideran elementos o materiales ricos en N (p.ej.: desechos

de origen animal) o cuya relación C/N sea entre 25-30. Asimismo se recomienda desarrollar estudios bioquímicos que fundamenten, eventualmente la aplicación o no de enmiendas orgánicas de origen vegetal sobre algún tipo de plantación forestal.

## SUMMARY

This present study contains an investigation of the effects of the application of organic mulch (Pine sawdust) and vegetal carbon amendments (sijo) and, the effect on the survival and vigor of Quillay plants.

The investigation was done on the experimental station "El Picazo" of the Universidad de Talca located approximately 65 Km from the regional capital.

The treatments correspond to the application of vegetable carbon "amendments" , pine sawdust "mulch" and "mulch + amendments". These were compared with a control group. The variables studied correspond to survival (%), increase in height (cm) and increase in diameter at a height at neck level (DAC) (mm), evaluated after 7 months.

The test presented in general a 50% rate of survival, changing between 6,3 and 93,8%. Where "mulch" it was applied and "mulch + amendments" higher and similar percentages of survival were obtained 79,2% for both treatments, not presenting significant differences. Also the higher averages increases in height appear with the application of "mulch + amendments" and "mulch" with 6,3 and 5,1 cm respectively, not presenting significant differences.

The treatment that shows the best result for the averages increases in DAC was with the application of "mulch" and "mulch + amendments" with 1,1 mm, differing significantly with the rest of the treatments.

The results of this study conclude that the application of "organic mulch" in Quillay plantations has a significant effect on the survival and vigor of the plants, which was not so with the application of amendments of vegetal carbon. Consequently it is suggested that the direct incorporation of vegetable residues in the soil, would not be an advisable practice unless elements or materials rich in N (for example: waste of animal origin) are included or where the relation C/N is between 25-30. As well, it is recommended eventually doing further biochemical studies to determine whether or not the application of organic amendments of vegetable origin is well founded.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos de Chile se conocen en gran parte del mundo por su denominación como Bosques Templados. Estos bosques se distribuyen por el norte de Chile a partir de los 35° (río Maule) hasta los 55° de Lat. S. (Tierra del Fuego). Al norte de éstos y entremezclados con ellos, aparecen los bosques esclerófilos, encontrándose en condiciones menos favorables y en ambientes semiáridos de tendencia mediterránea, donde el factor limitante del crecimiento arbóreo no lo constituye la temperatura, sino la larga sequía de verano (DONOSO, 1993; ARMESTO *et al.*, 1995).

Estos bosques se ubican latitudinalmente entre los 30° S. y los 38° S., existiendo una fracción de vegetación estepárica que constituye una zona de transición hacia el desierto del norte, mientras que hacia el sur se entremezcla progresivamente con el bosque templado del sur de Chile; conformando así, una masa vegetacional característica de los climas del tipo mediterráneo, donde la superficie esta cubierta, principalmente, por una vegetación en la que predominan arbustos y árboles esclerófilos siempre-verdes (DI CASTRI, 1981 citado por CARO, 1996).

*Quillaja saponaria* Mol. "Quillay", conforma quizás, la especie más característica y relevante de estos bosques. Al respecto, NEUENSCHWANDER (1965), MALDONADO (1967), PRADO (1979a, 1979b), GALVEZ (1990), VITA (1993), y CRUZ *et al.* (2000) señalan históricamente que esta especie ha ocupado un importante rol desde el punto de vista económico-comercial. El cual se debe, principalmente, a la obtención del alcaloide triterpenoide denominado saponina. Por otra parte ORTIZ (1966), indica que el Quillay ha sido muy utilizada como planta melífera por los apicultores locales. Siendo su corteza usada tradicionalmente, además, como pectoral y fluidificante de las secreciones bronquiales, como estimulante de la mucosa gástrica y, emulsionante de aceites minerales para el control de insectos y ácaros.

El Quillay junto a otras especies del tipo esclerófilo se encuentran en zonas donde la vegetación -por lo general- se halla en un mosaico originado por eventos muy diversos, dado principalmente por la interacción entre las condiciones topográficas, las características climáticas y la intensa acción

antrópica. La fragilidad del sistema -resultado de esta interacción- ha provocado modificaciones en la composición y estructura del bosque original, manifestándose en algún grado de degradación.

Conforme a ello y dada la incidencia económica-ambiental que tiene para los habitantes de estos bosques su actual condición, un proceso de restauración de áreas degradadas; utilizando técnicas de establecimiento con bajos insumos externos, constituiría una labor complementaria de conservación y uso que mejoraría la calidad de vida para estas personas. Por tal motivo, la evaluación de estas técnicas de establecimiento en la pre-cordillera de Vilches constituye una experiencia práctica relevante, estableciéndose posiblemente en una opción, que ayude al establecimiento y/o enriquecimiento de algunas plantaciones forestales y/o formaciones vegetales donde se encuentra inserto el Quillay.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de algunas técnicas de establecimiento en una plantación de Quillay (*Quillaja saponaria*) en la pre-cordillera de Vilches.

### 2.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia del mulch orgánico (aserrín de pino), en el establecimiento artificial de la especie.

Determinar la influencia del carbón vegetal (sijo) como enmienda, en el establecimiento artificial de la especie.

De la interacción de mulch orgánico y carbón vegetal, determinar su incidencia en el establecimiento artificial de la especie.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Antecedentes generales sobre la especie

*Quillaja saponaria* "QUILLAY" es una especie endémica de Chile. Se trata de un árbol monoclinomonoico de hasta 15 m. de altura y 1 m. de diámetro. Su corteza es de color gris-ceniciento, rasgada longitudinalmente. Sus hojas son perennes, simples, alternas, coriáceas, de color verde-amarillento, glabras, cortamente pecioladas, de forma oblonga, de borde entero a ligeramente dentado. Sus flores son hermafroditas, de color blanquecino, dispuestas en pequeños corimbos terminales, florece generalmente entre octubre y enero. Su fruto es un pentafolículo bivalvo, donde en su interior se encuentran numerosas semillas aladas comprimidas (DONOSO, 1974; RODRIGUEZ *et al.*, 1983).

El Quillay se distribuye a partir de la provincia de Limarí (IV Región) hasta la del Bio-Bío (VIII Región), desde los 15 a 1.600 m.s.n.m. (RODRIGUEZ *et al.*, 1983.). Según lo descrito por DEL FIERRO (1998), los principales climas en que está presente el Quillay son: el mediterráneo marino, mediterráneo frío, el mediterráneo subtropical semiárido y el mediterráneo temperado. Las temperaturas en las cuales se desarrolla el Quillay varían entre los -3,2° (clima mediterráneo frío) a 9,4°C (clima mediterráneo marino) para la mínima y entre los 16,5° (clima mediterráneo marino) a 31,3°C (clima mediterráneo marino) para la máxima. La temperatura media es de 14°C y las precipitaciones varían entre los 104,4 y 1.330 mm anuales.

El Quillay tal como lo mencionan GALVEZ (1990) y VERMEIL DE CONCHARD (1997), constituye una de las especies de mayor interés económico-comercial del bosque esclerófilo. En el caso del Quillay la principal importancia comercial radica en la presencia de saponina en sus tejidos. En este sentido, TORAL (1983 citado por DEL FIERRO, 1998), determinó que la corteza es el componente que más participa en el contenido de este alcaloide (Tabla 1).

**Tabla 1:** Participación de cada componente en la biomasa total de Quillay y en el contenido de saponina bruta.

COMPONENTES PRINCIPALES	PARTICIPACIÓN EN LA BIOMASA TOTAL (%)	PARTICIPACIÓN EN EL CONTENIDO DE SAPONINA BRUTA (%)
Fuste	67,0	8,8
Ramas	15,6	10,0
Corteza	10,7	11,6
Hojas	6,7	6,1

FUENTE: TORAL (1983 citado por DEL FIERRO, 1998).

### 3.2. Antecedentes generales sobre las técnicas de establecimiento

Las técnicas de establecimiento se refieren a todas aquellas actividades de preparación que se realizará al terreno, con el propósito de crear en el suelo la situación idónea para que la planta o semilla que se instale en él, tenga una mayor facilidad en el arraigo y su posterior desarrollo (LOPEZ, 1994; BENEDETTI & PERRET, 1995; VITA, 1995).

Algunos autores como PARRY (1959), NAVARRO (1975), REIJNTJES *et al.* (1992), LOPEZ (1994) y BRAVO (2000), señalan la importancia de ejecutar labores o técnicas de preparación del terreno con el objeto de eliminar factores o condiciones que dificulten el buen establecimiento forestal. Conforme a ello, se pueden definir 3 fases o etapas que garantizan, parcialmente, el desarrollo de una especie forestal -o un conjunto de ellas- en una área determinada:

#### 3.2.1. Fase 1: Pre-preparación del terreno

- i. **Obras colectoras de aguas lluvias, de drenajes y de infiltración:** Obras que se relacionan directamente con la disponibilidad y manejo del agua (p.ej.: colectores de escorrentía y laderas, canales drenes y zanjas de infiltración, entre otras).

- ii. **Eliminación de la vegetación preexistente:** Labores que se relacionan directamente con eliminar la competencia por los recursos disponibles (p.ej.: roce manual o mecánico, desbroce y decapado).
- iii. **Destoconado:** Eliminación total ó parcial de aquellos tocones o cepas que han quedado de repoblaciones anteriores.
- iv. **Cercado:** Medida de protección que se realiza a la plantación forestal, frente al posible daño que provocarán algunos animales (p.ej.: cerco de alambre de púas, malla ursus, eléctrico, natural, entre otros)

### 3.2.2. Fase 2: Preparación del terreno propiamente tal

- i. **Arado de disco:** Es la preparación del suelo mediante técnicas agrícolas. Ésta es una preparación lineal o areal que mezcla y altera los horizontes edáficos. Se realiza en suelos con una profundidad mínima de 40 cm. y escasa pendiente (< 20%).
- ii. **Subsolado lineal:** Consiste en romper los horizontes edáficos sin mezclarlos, aumentando la profundidad del perfil; proporcionando la infiltración del agua y creando un medio fácil para el desarrollo radicular.
- iii. **Acaballonado:** Se trata de la rotura del suelo y mezcla de los horizontes. Se realiza en curvas de nivel y en pendientes no superiores a 25%.
- iv. **Escarificación:** Es una labor discontinua y consiste en el picado del suelo sin mezclar los horizontes (se utiliza tranchers o escarificadores).

- v. **Hoyadura:** Consiste en la remoción puntual de tierra en forma manual o mecanizada (casilla manual o barreno helicoidal). La dimensión de la casilla, por lo general, es de 30 x 30 x 30 cm (27 dm<sup>3</sup>).

La aplicación de enmiendas es una técnica complementaria de bajos insumos externos, donde se incorporan materiales al suelo a fin de mantener o mejorar las propiedades físicas, químicas o biológicas. También ayudan a mantener la humedad y temperatura en el interior de la casilla, comúnmente es utilizado para estos efectos el carbón vegetal<sup>1</sup> (sijo) y el sustrato de corteza de pino<sup>2</sup>.

### 3.2.3. Fase 3: Post-preparación del terreno

- i. **Cobertura del suelo “Mulch”:** Consiste de una capa dispuesta en la superficie de contacto entre el suelo y el aire, cuya propiedad difiere de la capa superficial original. Es una técnica que mejora el microclima del suelo, estructura y fertilidad, conserva la humedad, reduce el impacto de la radiación solar y ejerce un control de las malezas. Se utiliza comúnmente polietileno o materia orgánica de desecho.
- ii. **Abono:** Medida utilizada para suplir las deficiencias nutricionales del suelo (pudiendo ser productos químicos u orgánicos).
- iii. **Protección de plantas:** Con el objeto de prevenir el daño por roedores y/o lagomorfos se utiliza una malla de polietileno o de alambre alrededor de cada planta.

---

<sup>1</sup> Com. Pers. Sr. Alejandro Layana. Técnico Agrícola. Corporación Nacional Forestal (CONAF) Provincial Choapa, IV Región. Marzo 2001.

<sup>2</sup> Com. Pers. Sr. Rubén Bravo. Técnico Forestal. Corporación Nacional Forestal (CONAF) Provincial Colchagua, VI Región. Junio 2001.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1. Antecedentes del área

La investigación se realizó en la estación experimental "El Picazo" de la Universidad de Talca, ubicada aproximadamente a 65 km de la capital regional. La estación experimental se halla en un sector de la pre-cordillera de Vilches, comuna de San Clemente, Región del Maule. De acuerdo con ORMAZABAL (2002), su límite geográfico está dado por las coordenadas 35° 31' 19" a 35°33'19" Lat. S. y de los 71°08'45" a 71°12'49' Long. W.(Anexo 1).

El clima asociado al sector pre-cordillerano de Vilches corresponde al tipo templado cálido con lluvias invernales, según la clasificación climática de Köppen. A partir de registros meteorológicos de la estación "El Colorado" durante el periodo 1964-2001<sup>3</sup>, se puede determinar que la temperatura media anual corresponde a 13°C, la temperatura media del mes más cálido (Enero) es de 27,1°C y, la temperatura media del mes más frío (Julio) es de 3,4°C. Las temperaturas extremas absolutas corresponden a 36°C para la máxima (Enero) y -13°C para la mínima (Septiembre). La precipitación media anual es de 1.394,6 mm.

Sobre la base del estudio agrológico CIREN (1983), los suelos asociados a la zona de ensayo pertenecen a la serie Bramadero. Se caracterizan por ser suelos derivados de cenizas volcánicas, profundos, de textura superficial franco limosa de color negro. De topografía plana, de permeabilidad moderadamente lenta y bien drenados.

La vegetación presente en el área de estudio está conformada principalmente por plantaciones forestales de *Pinus radiata*. No obstante, existen áreas cubiertas con bosque nativo, siendo Roble-Hualo el principal tipo forestal presente (Anexo 2).

---

<sup>3</sup> Estación meteorológica más cercana a la zona de estudio, ubicada en los 35°37' Lat. S. y 71°16' Long. W. a 400 msnm. Gentileza Dirección General de Aguas (DGA) Región del Maule.

## **4.2. Ubicación del ensayo**

El ensayo se instaló en un sector plano ubicado aproximadamente en los 35°33' 12" de Lat. S. y los 71°11' 04" de Long. W., a 422 m.s.n.m. La zona de estudio se encuentra en la ribera norte del río Lircay (Anexo 2). Se caracteriza por presentar una cobertura marginal de especies esclerófilas (entre ellas, Quillay), producto de la histórica intervención zoo-antrópica.

## **4.3. Material vegetal**

El material vegetal se obtuvo del vivero de la Universidad Católica del Maule y, correspondieron a plantas de Quillay (*Quillaja saponaria*) del tipo 2-0 contenidas en bolsas de polietileno (10 x 15 cm). La procedencia de las semillas es local, colectadas en los jardines de esa Universidad.

## **4.4. Plantación y medidas culturales**

La especie se ensayó en una plantación mono-específica, espacialmente distribuida a 3 x 3 m. Las plantas se instalaron en casillas de 30 x 30 x 30 cm (27,0 dm<sup>3</sup>), preparadas manualmente. Se efectuaron medidas culturales como roce y desbroce manual de la vegetación existente, la construcción de un cerco perimetral y, la protección de cada planta con una malla de polietileno.

## **4.5. Tratamientos y diseño experimental establecido**

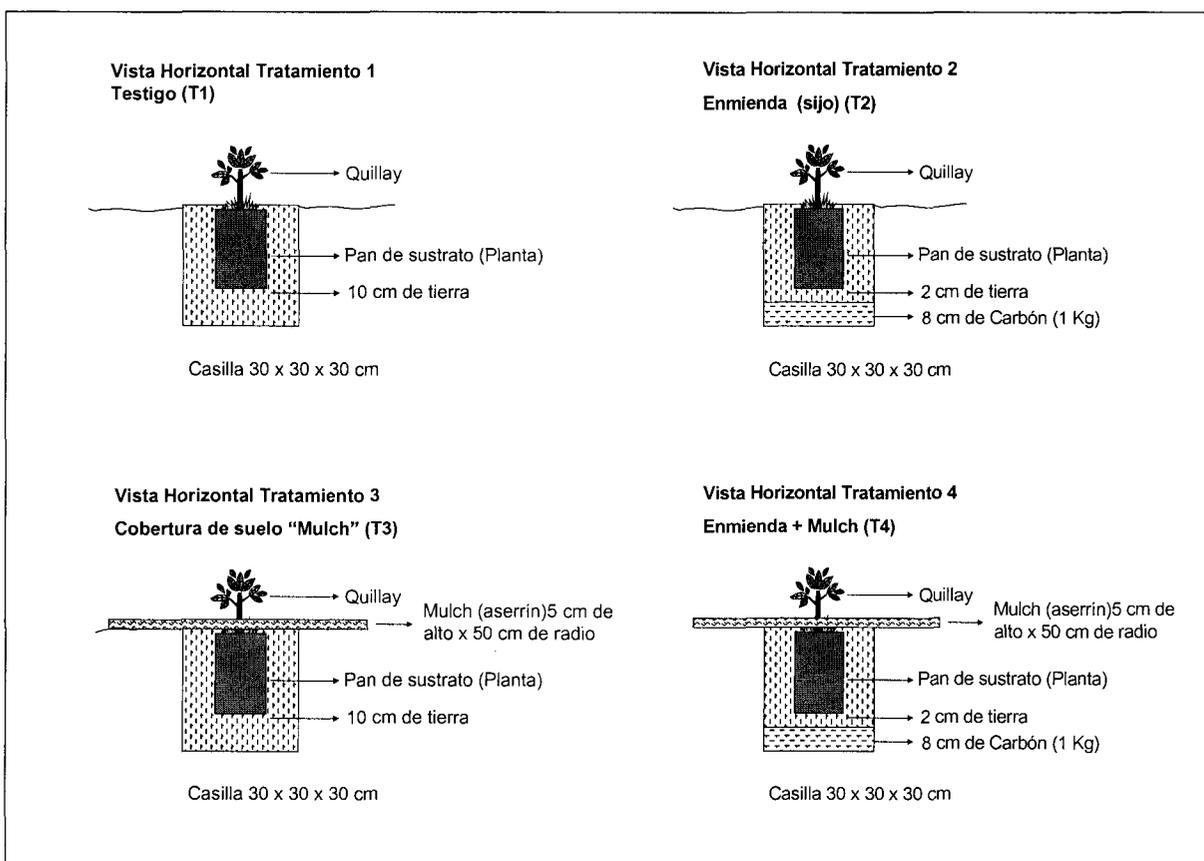
El ensayo se instaló en el mes de septiembre del año 2001. Los tratamientos empleados se describen a continuación y muestran en la figura 1:

**Tratamiento 1 (T1):** Testigo.

**Tratamiento 2 (T2):** Aplicación de "enmienda" de carbón vegetal (sijo), dispuesto en la base inferior de cada casilla en una capa de 1 kg.

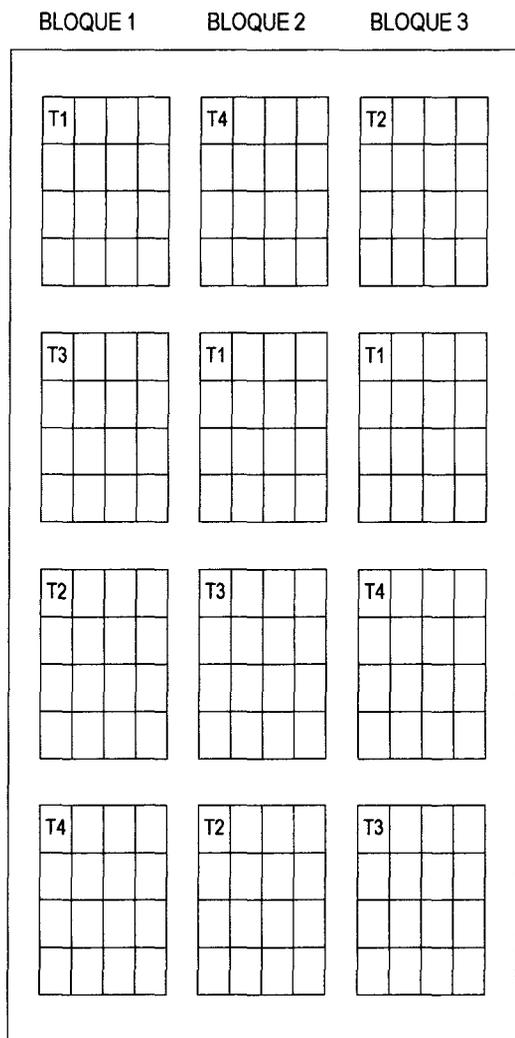
**Tratamiento 3 (T3):** Aplicación de "mulch", cobertura de suelo con aserrín de pino dispuesto en una capa de 5 cm. de alto por un radio de 50 cm.

**Tratamiento 4 (T4):** Aplicación de "mulch + enmienda" a cada planta, dispuesto en forma similar a lo descrito anteriormente para los tratamientos T2 y T3.

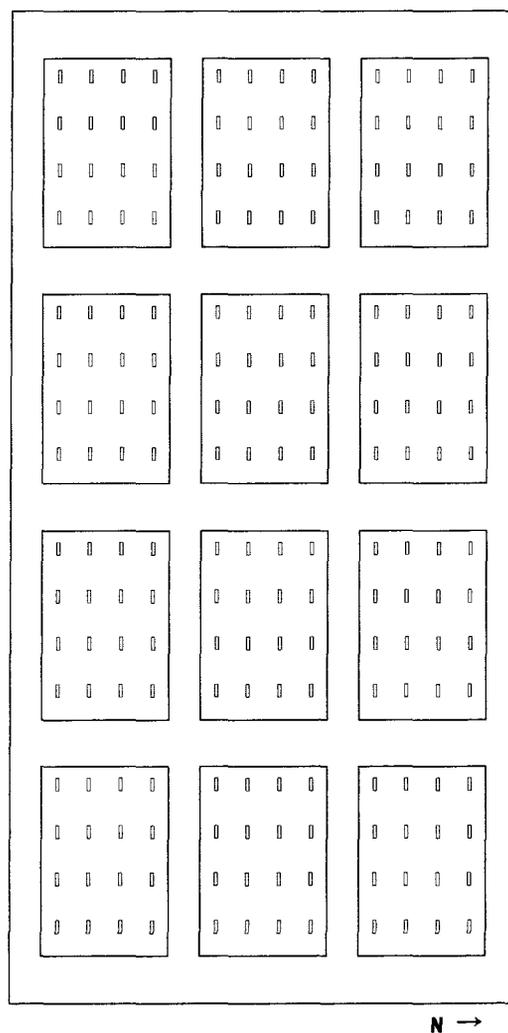


**Figura 1:** Vista horizontal de cada tratamiento empleado y establecido en la Estación Experimental "El Picazo", Vilches.

Se empleó un diseño estadístico de bloques completos al azar (Figura 2). La unidad muestral se conformó por 4 hileras y 4 filas, con un total de 16 plantas de Quillay. Perimetralmente a cada unidad muestral se destinaron filas e hileras buffer (Figura 3).



**Figura 2:** Distribución espacial de los tratamientos y bloques.



**Figura 3:** Distribución espacial de la plantación y parcelas. □: Plantas de Quillay

#### 4.6. Variables de estudio

Las variables evaluadas correspondieron a:

- **Sobrevivencia (%):** Número de individuos vivos al cabo de la primera temporada estival, sobre el número inicial de individuos de cada unidad muestral.
- **Incremento en altura (Inc\_ALT) (cm):** Diferencial de altura entre la medición inicial y la obtenida transcurrido el primer periodo de crecimiento.
- **Incremento en diámetro a la altura del cuello (Inc\_DAC) (mm):** Diferencial entre la medición inicial del DAC y la obtenida transcurrido el primer periodo de crecimiento.

Las variables señaladas se evaluaron al cabo de 7 meses a contar de la instalación del ensayo, hasta finalizar el primer periodo de estación seca (septiembre del año 2001 y abril del 2002, respectivamente).

#### 4.7. Tablas de contingencia y prueba de la diferencia entre dos proporciones

Debido a que los datos que expresan porcentajes o proporciones de sobrevivencia, corresponden a una variable discreta y, su distribución no es normal, sino que binomial (SCHEFLER, 1979; GOMEZ & GOMEZ, 1984; STEEL & TORRIE, 1988). La variable sobrevivencia se evaluó con tablas de contingencias del tipo  $r \times c$ , determinando de esta manera si existe o no independencia entre los tratamientos y bloques (STEEL & TORRIE, 1988). En el caso del fenómeno de interacción o no-independencia para los tratamientos o bloques, éstos fueron comparados según la prueba de diferencia entre dos proporciones (HOGG & TANIS, 1988; WALPOLE & MYERS, 1992).

#### 4.7.1. Prueba de hipótesis para las tablas de contingencia

Las hipótesis asociadas a las tablas de contingencia del tipo  $r \times c$ , se formularon siguiendo la propuesta de STEEL & TORRIE (1988). Es decir, la hipótesis nula ( $H_0$ ) de independencia *versus* la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) de no-independencia o interacción:

$$H_0: p_{ij} = p_i \cdot p_j \quad \text{versus} \quad H_1: p_{ij} \neq p_i \cdot p_j$$

Siendo  $p_{ij}$  la probabilidad que un individuo al azar sea clasificado en la  $i$ ,  $j$ -ésima celda. Las  $p_i$  y  $p_j$  son las probabilidades del renglón ( $r$ ) y columna ( $c$ ) respectivamente.

Para determinar si ocurre el fenómeno de independencia o no, se utilizó un nivel de confianza de 95%. El criterio de prueba aplicado fue  $\chi^2$ , distribuido aproximadamente ji-cuadrado con  $(r - 1)(c - 1)$  grados de libertad (MENDENHALL *et al.*, 1986), o sea:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r \frac{[n_{ij} - \hat{E}(n_{ij})]^2}{\hat{E}(n_{ij})}$$

Donde:

$\chi^2$  : es el valor de una variable aleatoria.

$n_{ij}$  : es el valor observado en la  $i$ ,  $j$ -ésima celda.

$\hat{E}(n_{ij})$  : es el valor esperado en la  $i$ ,  $j$ -ésima celda.

Los valores esperados de las  $i$ ,  $j$ -ésimas celdas se determinaron según los totales marginales de renglones y columnas obtenidos de la tabla de contingencia  $r \times c$  (STEEL & TORRIE, 1988).

$$\hat{E}(n_{ij}) = \frac{n_{i \cdot} \cdot n_{\cdot j}}{n_{\cdot \cdot}}$$

con  $i = 1, \dots, r$ ;  $j = 1, \dots, c$

Cuando  $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}$ , no existe diferencia significativa (n.s.) y por lo tanto se acepta  $H_0$ . Es decir, ocurre el fenómeno donde los factores analizados son independientes entre si. Si por el contrario ocurre  $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$ , existe diferencia significativa y por lo tanto se acepta  $H_1$ . Es decir, los factores analizados no son independientes entre si ó, ocurre la interacción entre ellos.

#### 4.7.2. Prueba de hipótesis para la diferencia entre dos proporciones

Según lo sugerido por WALPOLE & MYERS (1992), se probó la hipótesis nula ( $H_0$ ) que dos proporciones ó parámetros binomiales sean iguales, *versus* la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) de desigualdad entre dos proporciones:

$$H_0: p_a = p_b \qquad \text{versus} \qquad H_1: p_a \neq p_b$$

Donde  $p_a$  y  $p_b$ , corresponden a las proporciones reales de plantas vivas de los tratamientos a comparar entre si (p.ej.: T1-T2, T1-T3, T1-T4, T2-T3, T2-T4, y T3-T4).

Para determinar si existe o no diferencias entre dos proporciones binomiales, se aplicó el estadístico de prueba recomendado por MENDENHALL & SINCICH (1997) para los dos extremos, con un nivel de confianza de 95%, a saber:

$$|Z| = \frac{|\hat{p}_a - \hat{p}_b|}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left[\frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b}\right]}}$$

Donde:

$$\hat{p}_a = \frac{x_a}{n_a} \qquad \hat{p}_b = \frac{x_b}{n_b} \qquad \hat{p} = \frac{x_a + x_b}{n_a + n_b}$$

Cuando  $|Z| < Z_{\alpha/2}$ , no existe diferencia significativa (n.s.) y por lo tanto se acepta  $H_0$ . Es decir, las proporciones o parámetros binomiales analizados son iguales entre si. Si por el contrario ocurre  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ , existe diferencia significativa y por la tanto se acepta  $H_1$ . Es decir las proporciones o parámetros binomiales son distintos entre si.

#### **4.8. Análisis de varianza**

Se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) para las variables de incremento en altura y diámetro a la altura del cuello (Inc\_ALT e Inc\_DAC, respectivamente), determinándose si existen diferencias significativas entre tratamientos, bloques y, su posible interacción.

En el caso de existir diferencias significativas en el análisis de varianza, fue necesario identificar él o los causantes de las variaciones. Para ello, se recurrió a la prueba de comparación múltiple de Duncan, utilizando parejas de medias. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software STATGRAPHICS® Plus.

##### **4.8.1. Prueba de hipótesis**

Las hipótesis asociadas en cada fuente de variación, se expresaron como:

$H_0$ : No existe diferencia significativa entre los factores, según las medias, en cada fuente de variación.

$H_1$ : Existen diferencias significativas, es decir, al menos un factor difiere significativamente de los demás, según las medias, en cada fuente de variación.

#### 4.8.2. Modelo lineal asociado al ensayo

Las observaciones pueden describirse aplicando el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + (TB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

con  $i = 1, \dots, a$  ;  $j = 1, \dots, b$  ;  $k = 1, \dots, n$

$a = 4$  ;  $b = 3$  ;  $n = 16$

Donde:

$Y_{ijk}$  : es el valor de la k-ésima planta observada en el i-ésimo tratamiento y en el j-ésimo bloque.

$\mu$  : es el efecto medio general.

$T_i$  : es el efecto del i-ésimo tratamiento.

$B_j$  : es el efecto del j-ésimo bloque.

$(TB)_{ij}$  : es el efecto de la interacción tratamiento-bloque.

$\varepsilon_{ijk}$  : es el efecto del residuo.

Para determinar, si existe o no, diferencia significativa entre los distintos factores en cada fuente de variación, se utilizó un nivel de confianza de un 95%.

El criterio empleado para determinar la significancia estadística a cada fuente de variación, fue el uso del valor "p". El cual señala que, sí el valor de "p" varia entre 0 y 0,01 existe una evidencia altamente significativa en contra de  $H_0$ . Si el valor "p" es mayor a 0,01 y menor o igual a 0,05, existe una evidencia significativa en contra de  $H_0$ . Si el valor "p" es mayor que 0,05 y menor o igual a 0,1, existe una evidencia débil en contra de  $H_0$ . Por último, si el valor "p" es mayor a 0,1 no existe suficiente evidencia para rechazar  $H_0$  (CID *et al.*, 1990 citado por BILABEL, 1998).

## V. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Supervivencia

Dada la distribución binomial de los datos de la variable supervivencia, esta variable se analizó con tablas de contingencia del tipo  $r \times c$ . Las tablas corresponden a: tratamientos *versus* bloques, tratamientos *versus* plantas vivas y bloques *versus* plantas vivas. Los resultados para cada tabla de contingencia se presentan en el anexo 3.

#### 5.1.1. Tablas de contingencia

En la tabla 2 se presentan los resultados para los análisis efectuados a cada tabla de contingencia para la variable supervivencia.

**Tabla 2:** Tablas de contingencia para la variable supervivencia, tratamientos *versus* bloques, tratamientos *versus* plantas vivas y bloques *versus* plantas vivas.

	$\chi^2_{\text{calculado}}$	$\chi^2_{\alpha=0.05}$	
Tratamientos <i>versus</i> Bloques	5,51	12,59	n.s.
Tratamientos <i>versus</i> Plantas vivas	66	7,88	**
Bloques <i>versus</i> Plantas vivas	0,14	5,99	n.s.

n.s. : no significativa  
\*\* : significativa al 95%

La tabla 2 entrega los valores de  $\chi^2_{\text{calculado}}$  y  $\chi^2_{\alpha=0.05}$  para la variable supervivencia, observándose únicamente diferencia significativa para los tratamientos *versus* plantas vivas, evidenciándose de

esta manera una dependencia entre el efecto de los tratamientos y su incidencia en la sobrevivencia las plantas.

En la tabla 3 se entregan los valores promedios y marginales (%) de sobrevivencia para cada tratamiento y bloque.

**Tabla 3:** Sobrevivencia (%) para cada tratamiento, bloques y promedios marginales.

Sobrevivencia (%)	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Promedios marginales
Testigo (T1)	6,3	18,8	18,8	<b>14,6</b>
Enmienda carbón vegetal (T2)	12,5	25,0	43,8	<b>27,1</b>
Mulch aserrín de pino (T3)	93,8	81,3	62,5	<b>79,2</b>
Enmienda + mulch (T4)	93,8	68,8	75,0	<b>79,2</b>
<b>Promedios marginales</b>	<b>51,6</b>	<b>48,4</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>

A partir de los resultados presentados en la tabla 3, se puede establecer que el porcentaje total de sobrevivencia para el ensayo fue de un 50%, variando entre un 6,3 y 93,8%. Asimismo se observa para los promedios marginales que los mayores porcentajes de sobrevivencia -según los tratamientos- lo obtienen aquellos donde se aplicó "mulch" (T3) y, "mulch + enmienda" (T4), con un nivel de sobrevivencia de un 79,2% para ambos tratamientos. Para los bloques no se observó mayores diferencias entre ellos (Gráfico 1).

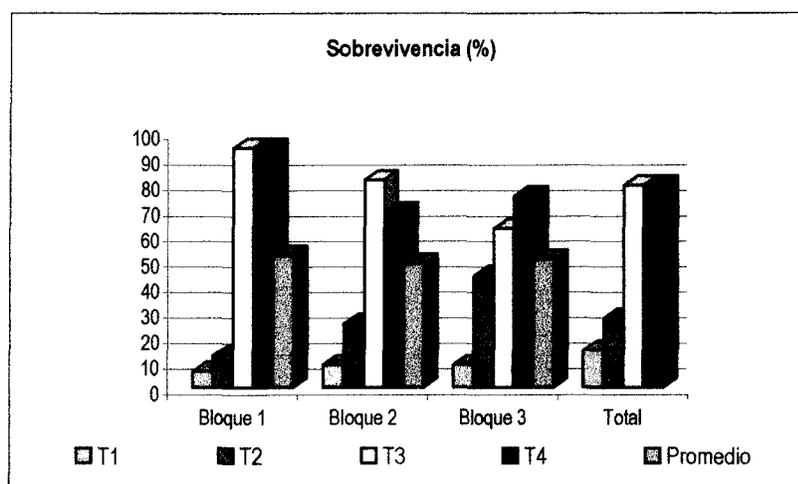


Gráfico 1: Sobrevivencia (%) de los tratamientos según bloques y totales.

### 5.1.2. Prueba de diferencia entre dos proporciones

En la tabla 4 se presentan los resultados para los análisis efectuadas a las proporciones de los tratamientos, para determinar si existen o no diferencias significativas entre ellos.

Tabla 4: Análisis de proporciones entre los tratamientos.

$ Z _{\text{calculado}}$	Testigo T1	Enmienda carbón vegetal T2	Mulch aserrín de pino T3	Enmienda + mulch T4
T1	-	1,44 (n.s.)	6,28 (**)	6,28 (**)
T2	-	-	5,1 (**)	5,1 (**)
T3	-	-	-	0 (n.s.)
T4	-	-	-	-

n.s.: no significativa

\*\* : significativa al 95%,  $Z_{\alpha/2} = 1,96$

De acuerdo con las tablas 3 y 4 se puede establecer que los tratamientos con mayores porcentajes de sobrevivencia son el T3 y T4 no presentando diferencias significativas entre ellos, pero si con el resto de los tratamientos. Los tratamientos T1 y T2, obtienen los menores porcentajes de sobrevivencia (14,6 y 27,1%, respectivamente) no presentando diferencias significativas entre ellos.

Se destaca en forma particular el efecto del “mulch” (T3) en la sobrevivencia de las plantas por sobre los efectos de la “enmienda” (T2) y su combinación con “mulch” (T4), al presentar este último un porcentaje de sobrevivencia similar a T3 (Tabla 3,). En este sentido y sobre la base de este estudio y, de otro similar realizado por CRUZ (2001) permiten sugerir que la aplicación del “mulch orgánico” en plantaciones de *Quillaja saponaria* tiene un efecto significativo en la sobrevivencia de las plantas, siendo para estos casos de un 79,2 y 80%, respectivamente. MACDONALD & HELGERSON (1990) y REIJNTJES *et al.* (1992), recomiendan la aplicación de “mulch orgánico” debido a que los principales efectos de esta cobertura, radicarían en ejercer un control de malezas, reducir el impacto de la radiación solar y mantener la humedad del suelo durante el periodo estival. Disminuyendo, eventualmente, la proporción de mortandad de las plantas durante el primer período de déficit hídrico (Anexo 5).

## 5.2. Incremento en altura

La tabla 5 presenta los incrementos-promedios en altura (Inc\_ALT) durante 7 meses, para los tratamientos y bloques. Los resultados del análisis de varianza para los valores de los incrementos se muestran en la tabla 6.

**Tabla 5:** Incremento-promedio de las alturas (cm) para los tratamientos y bloques.

Inc_ALT (cm)	Testigo T1	Enmienda carbón vegetal T2	Mulch aserrín de pino T3	Enmienda + mulch T4	Promedios marginales
Bloque 1	1	1	5	5,4	3,1
Bloque 2	6	4,4	5,6	7,6	5,9
Bloque 3	5,7	4,9	4,7	6	5,3
<b>Promedios marginales</b>	<b>4,2</b>	<b>3,4</b>	<b>5,1</b>	<b>6,3</b>	<b>4,8</b>

**Tabla 6:** Análisis de varianza para la variable incremento en altura.

Fuente de variación	Incremento en altura			
	g.l.	F calculado	Valor p	
Tratamiento (T)	3	6,11	0.0008	***
Bloque (B)	2	5,82	0.0043	***
Interacción (T*B)	6	1,53	0.1796	n.s.

n.s.: no existe diferencia significativa

\*\*\* : Existe evidencia altamente significativa para rechazar  $H_0$ .

g.l. : Grados de libertad

Según la tabla 5 se puede observar que el incremento-promedio para la altura en todo el ensayo fue de 4,8 cm. Asimismo los tratamientos con mayores incrementos-promedios lo obtienen T3 y T4, con 5,1 y 6,3 cm respectivamente.

El análisis de varianza (Tabla 6) determinó que: las únicas fuentes de variación que presentaron diferencias significativas, fueron los tratamientos y bloques. Los resultados del ANDEVA son presentados en el anexo 4. Conforme a lo anterior, la tabla 7 muestra los resultados del test Duncan para la variable incremento en altura. Analizando de esta manera el comportamiento para cada fuente de variación.

**Tabla 7:** Test Duncan para los tratamientos y bloques.

Incremento en altura (cm)		
Tratamientos	Media	Agrupación de Duncan
Testigo (T1)	4,2	A
Enmienda carbón vegetal (T2)	3,4	AB
Mulch aserrín de pino (T3)	5,1	BC
Enmienda + mulch (T4)	6,3	C
Bloques		
Bloque 1	3,1	A
Bloque 2	5,9	B
Bloque 3	5,3	B

Valores medios representados por letras distintas se diferencian entre ellos a un nivel de confianza 95%

Sobre la base de los resultados presentados en la Tabla 7, se indica: T4 fue aquel tratamiento que obtuvo el mayor incremento promedio en altura, con 6,3 cm. No obstante, según el test Duncan éste no presentó diferencia significativa con T3, obteniéndose para este caso una diferencia de 1,2 cm. entre ambos. Contrariamente T2 fue el que arrojó el menor incremento-promedio en altura, diferenciándose con T4 aproximadamente en 2,9 cm. Al igual como ocurrió con la variable sobrevivencia, se destaca en forma particular el efecto del “mulch” (T3) en el incremento-promedio para las alturas de las plantas por sobre los efectos de la “enmienda” (T2), al presentar este último el menor incremento-promedio. En relación al comportamiento del incremento-promedio en los bloques, el bloque 1 es el que presenta el menor incremento-promedio (3,1 cm.), debido posiblemente al efecto negativo de la exposición de las plantas al sol durante todo el día y, su posible efecto en la disponibilidad de agua; ya que éste, es el que se encontraba menos protegido con respecto a la irradiación solar y más lejano al cerro.

### 5.3. Incremento en diámetro a la altura del cuello (DAC)

La tabla 8 presenta los incrementos-promedios en DAC (Inc\_DAC) para los tratamientos y bloques. Los resultados del análisis de varianza para los valores de los incrementos se muestran en la tabla 9.

**Tabla 8:** Incremento-promedio en DAC (mm) para los tratamientos y bloques.

Inc_DAC (mm.)	Testigo T1	Enmienda carbón vegetal T2	Mulch aserrín de pino T3	Enmienda + mulch T4	Promedios marginales
Bloque 1	0,10	0,75	0,77	1,17	<b>0,70</b>
Bloque 2	0,67	0,48	0,72	1,29	<b>0,79</b>
Bloque 3	0,93	0,74	0,71	0,98	<b>0,84</b>
<b>Promedios marginales</b>	<b>0,57</b>	<b>0,66</b>	<b>0,74</b>	<b>1,14</b>	<b>0,78</b>

**Tabla 9:** Análisis de varianza para la variable incremento en DAC.

Fuente de variación	Incremento en DAC			
	g.l.	F calculado	Valor p	
Tratamiento (T)	3	10,37	0.0000	***
Bloque (B)	2	0,51	0,6043	n.s.
Interacción (T*B)	6	1,52	0,1816	n.s.

n.s.: no existe diferencia significativa

\*\*\* : Existe evidencia altamente significativa para rechazar  $H_0$ .

g.l. : Grados de libertad

Según la tabla 8 se puede observar que el incremento-promedio para el DAC en todo el ensayo fue de 0,78 mm. Asimismo los tratamientos con mayores incrementos lo obtienen T4 y T3, con 1,14 y 0,74 mm respectivamente.

El análisis de varianza (Tabla 9) determinó que la única fuente de variación que presentó diferencias significativas, fueron los tratamientos. Los resultados del ANDEVA son presentados en el anexo 4.

Conforme a lo anterior, la tabla 10 muestra los resultados del test Duncan para la variable incremento en DAC. Analizando de esta manera el comportamiento en esta fuente de variación.

**Tabla 10:** Test Duncan para los tratamientos.

Incremento en DAC (mm)		
Tratamientos	Media	Agrupación de Duncan
Testigo (T1)	0,57	A
Enmienda carbón vegetal (T2)	0,66	A
Mulch aserrín de pino (T3)	0,74	A
Enmienda + mulch (T4)	1,14	B

Valores medios representados por letras distintas se diferencian entre ellos a un nivel de confianza 95%

Sobre la base de los resultados presentados en la Tabla 10, se indica: nuevamente T4 fue aquel tratamiento que obtuvo el mejor resultado, el incremento-promedio en DAC fue de 1,14 mm. Según el test Duncan, T4 presentó diferencias significativas con T1,T2 y T3 siendo para estos casos, diferencias de 0,58; 0,49 y 0,41 mm. respectivamente.

En general se puede mencionar que los incrementos-promedios en DAC obtenidos en este estudio resultan bajos si se comparan con algunos valores promedios alcanzados por otros autores (p.ej.: CRUZ, 2001 y NAVARRO & BRAVO, 2001) incrementos que en el peor de los casos superan los 5 mm. Esta situación puede estar dada, eventualmente, por 3 factores que no se pueden inferir directamente de la metodología empleada y por ende de los resultados obtenidos en este trabajo: el primero se relaciona con el tiempo de evaluación, posiblemente el periodo de evaluación (7 meses) no fue lo suficientemente prolongado para evaluar el incremento en DAC, dado que los incrementos durante los periodos de crecimiento, se expresan inicialmente en la altura más que en los diámetros<sup>4</sup>. El segundo factor se relaciona con la nutrición vegetal, por ejemplo la relación C/N (ver punto 5.4.). El último factor esta relacionado con los aspectos de variabilidad genética, eventualmente los rendimientos de determinados genotipos podrían cambiar si se cultivaran en diferentes ambientes, por ejemplo interacción genotipo-ambiente (ZOBEL & TALBERT, 1984).

#### **5.4. Mulch orgánico versus enmiendas orgánicas**

Teniendo en consideración los resultados obtenidos para las variables sobrevivencia, incremento en altura y DAC. Se destaca, en forma particular el efecto del “mulch” por sobre el efecto de la “enmienda”. Donde esta última no tiene una incidencia significativa en la sobrevivencia y vigor de las plantas (incrementos en altura y DAC). Contraponiéndose a lo descrito por BRAVO (2000) y NAVARRO & BRAVO (2001), donde señalan que la adición de una enmienda de carbón vegetal

---

<sup>4</sup> Com. Pers. Prof. Dr. José San Martín. Instituto de Biología y Biotecnología Vegetal. Universidad de Talca. Junio 2003.

mejorarían las condiciones del suelo desde del punto de vista hídrico y de aporte de materia orgánica favoreciendo el arraigamiento de la planta.

A este respecto, en la actualidad no existen estudios específicos que intenten explicar el posible efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas (carbón vegetal, en este caso) en algún tipo de plantación forestal o ensayo de establecimiento artificial. No obstante, algunos investigadores como el Dr. ESCUDEY<sup>5</sup> y su equipo de trabajo, señalan que la aplicación de enmiendas orgánicas con una alta conductividad, podría eventualmente, contribuir a la pérdida de cationes altamente necesarios para la disponibilidad de algunos nutrientes y micro-elementos requeridos por las plantas.

Para otros investigadores como la Dra. DOLL<sup>6</sup> y el Dr. SAN MARTIN<sup>7</sup> los bajos incrementos en DAC, así como los posibles efectos de la aplicación de enmiendas orgánicas (carbón vegetal), podrían relacionarse mas bien a los complejos biogeoquímicos que se producen en la nutrición vegetal y su interacción con el crecimiento de las plantas. Estos complejos están referidos a los diferentes elementos químicos, en los cuales los micro-organismos tienen un rol importante entre las partes bióticas y abióticas. En este sentido, uno de los aspectos importantes en la nutrición vegetal es la denominada relación carbono-nitrógeno (C/N), describiéndose ésta como las cantidades relativas de estos elementos en el suelo, en los residuos de las cosechas, en los microorganismos, de los productos compostados y del aserrín, entre otros.

Si se incorporan compuestos orgánicos con una relación C/N superior a 30 se provocará una inmovilización temporal del nitrógeno, debido al desarrollo de una población de microorganismos muy activa que consume, además del C el N, la cual cobra especial importancia si se produce en la época de crecimiento de las plantas, pudiendo significar graves carencias para ellas.

---

<sup>5</sup> Com. Pers. Dr. Mauricio Escudey. Facultad de Química y Biología. Universidad de Santiago. Abril 2002.

<sup>6</sup> Com. Pers. Dra. Prof. Ursula Doll. Departamento de Gestión Forestal y Ambiental. Fac. Cs. Forestales. Universidad de Talca. Julio 2003.

<sup>7</sup> Com. Pers. Dr. Prof. José San Martín. Instituto de Biología y Biotecnología Vegetal. Universidad de Talca. Julio 2003.

En la tabla 11 se señala la relación C/N para algunos materiales de origen vegetal ricos en C. Estos materiales compuestos principalmente de celulosa, hemi-celulosa, lignina, ceras y otros compuestos de estructura compleja, presentan una mayor cantidad de carbono y una relación C/N que supera 30 (GONZALEZ, 2002).

**Tabla 11:** Relación C/N para distintos materiales de origen vegetal.

<b>Material</b>	<b>C/N</b>
Trébol joven	12
Residuo trébol	23
Rastrojo maíz	60
Paja trigo	80
Carbón vegetal	300-400 <sup>8</sup>
Aserrín	400

Fuente: HONORATO (2000)

Considerando estos aspectos y, además el análisis de suelo (Apéndice 3) realizado en la zona de ensayo donde éste reveló una concentración baja de N (2 ppm) y un contenido de materia orgánica considerado alto (8,38% y 4,88 de C). Se sugiere que la incorporación directa de residuos vegetales en el suelo constituye una práctica poco recomendable si no se consideran elementos o materiales ricos en N (p.ej.: desechos de origen animal) o cuya relación C/N sea entre 25-30. Por esta razón algunos autores (p.ej.. MATUS, 1997 y GONZALEZ, 2002) recomiendan conocer los contenidos de C y N, así como incorporar estos elementos al suelo en una proporción adecuada. Pudiendo mezclar desechos animales y vegetales, aportando de esta manera los requerimientos necesarios de C y N, respectivamente.

Conforme a ello se recomienda desarrollar estudios bioquímicos que fundamenten, eventualmente la aplicación o no de enmiendas orgánicas de origen vegetal, sobre algún tipo de plantación forestal.

---

<sup>8</sup> Com. Pers. Prof. Francisco J. Matus (PhD). Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Julio 2003.

También se recomienda conocer las procedencias o familias de las plantas, para determinar si alguna(s) variable(s) biométrica(s) ejercen algún control genético.

## VI. CONCLUSIONES

En general se evidencia una dependencia entre el efecto de los tratamientos y su incidencia en la sobrevivencia de las plantas.

El ensayo presentó un porcentaje general de un 50% de sobrevivencia, variando entre un 6,3 y 93,8%. Los mayores porcentajes de sobrevivencia según los tratamientos, lo obtienen aquellos donde se aplicó "mulch" (T3) y, "mulch + enmienda" (T4), con un nivel similar de sobrevivencia de 79,2% para ambos tratamientos. No presentaron diferencias significativas entre ellos, pero sí con el resto de los tratamientos. Por el contrario, los tratamientos T1 y T2 obtienen los menores porcentajes de sobrevivencia (14,6 y 27,1%, respectivamente) sin diferencias significativas entre ellos.

Los tratamientos con mayores incrementos-promedios en altura lo obtienen T4 y T3, con 6,3 y 5,1 cm respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, T3 no presentó diferencia significativa con T2, pero sí con T1. Asimismo éste último tratamiento no presentó diferencia significativa con T2, pero sí con el resto de los tratamientos.

El tratamiento que obtuvo el mejor resultado para el incremento-promedio en DAC fue T4 con 1,14 mm. Diferenciándose significativamente con T1, T2 y T3 con diferencias de 0,58; 0,49 y 0,41 mm. respectivamente. Estos últimos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Los resultados de este estudio permiten concluir que la aplicación del "mulch orgánico" en plantaciones de *Quillaja saponaria* tiene un efecto significativo en la sobrevivencia y vigor de las plantas, no así los obtenidos con la aplicación -por si sola- de enmiendas de carbón vegetal.

En este sentido se sugiere que la incorporación directa de residuos vegetales constituye una práctica poco recomendable si no se consideran elementos o materiales ricos en N (p.ej.: desechos de origen animal) o cuya relación C/N sea entre 25-30. Asimismo se recomienda desarrollar estudios bioquímicos que fundamenten, eventualmente la aplicación o no de enmiendas orgánicas de origen vegetal sobre algún tipo de plantación forestal.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMESTO, J., LEON, P. & M. ARROYO (1995).** Los bosques templados del sur de Chile y Argentina: Una isla biogeográfica. pp: 20-27. *in:* **ARMESTO, J., VILLAGRAN, C., & M. ARROYO (1995).** Ecología de los bosques nativos. Ed. Universitaria. Santiago de Chile. 477 p.
- BENEDETTI, S. & S. PERRET (1995).** Manual de forestación. Zonas áridas y semiáridas. Manual N° 21. INFOR / CORFO. Santiago de Chile. 135 p.
- BILABEL, P. (1998).** Interacción genotipo x ambiente en progenies de *Pinus radiata* D. Don. originadas a través de polinización controlada. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. Talca. Chile. 47 p.
- BRAVO, R. (2000).** La importancia de las enmiendas. Rev. Chile Forestal. N° 280. pp: 14-16.
- CARO, C. (1996).** Esquema de caracterización tipológica para los matorrales y bosques esclerófilos Chilenos. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago de Chile. 110 p.
- CIREN (1983).** Descripciones de suelos. Estudio agrológico. Area Maule Norte-2°Etapa. Tomo 4. VII Región. IREN-CORFO. 66p.
- CRUZ, G. (2001).** Silvicultura para el uso industrial del Quillay. Ensayos de Campo. 14 p. In: Documentos Técnicos. CONAF VI Región. Proyecto FONDEF D971-2010.
- CRUZ, G., ARELLANO, E. & A. PULIDO (2000).** Innovaciones en el manejo y uso industrial del quillay. **Agronomía y Forestal UC.** 2 (6): 21-25.
- DEL FIERRO, P. (1998).** Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. GTZ/CONAF. Santiago. Chile. 420 p.
- DONOSO, C. (1974).** Dendrología de árboles y arbustos Chilenos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Manual N° 2. Santiago de Chile. 142 p.
- DONOSO, C. (1993).** Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 484 p.

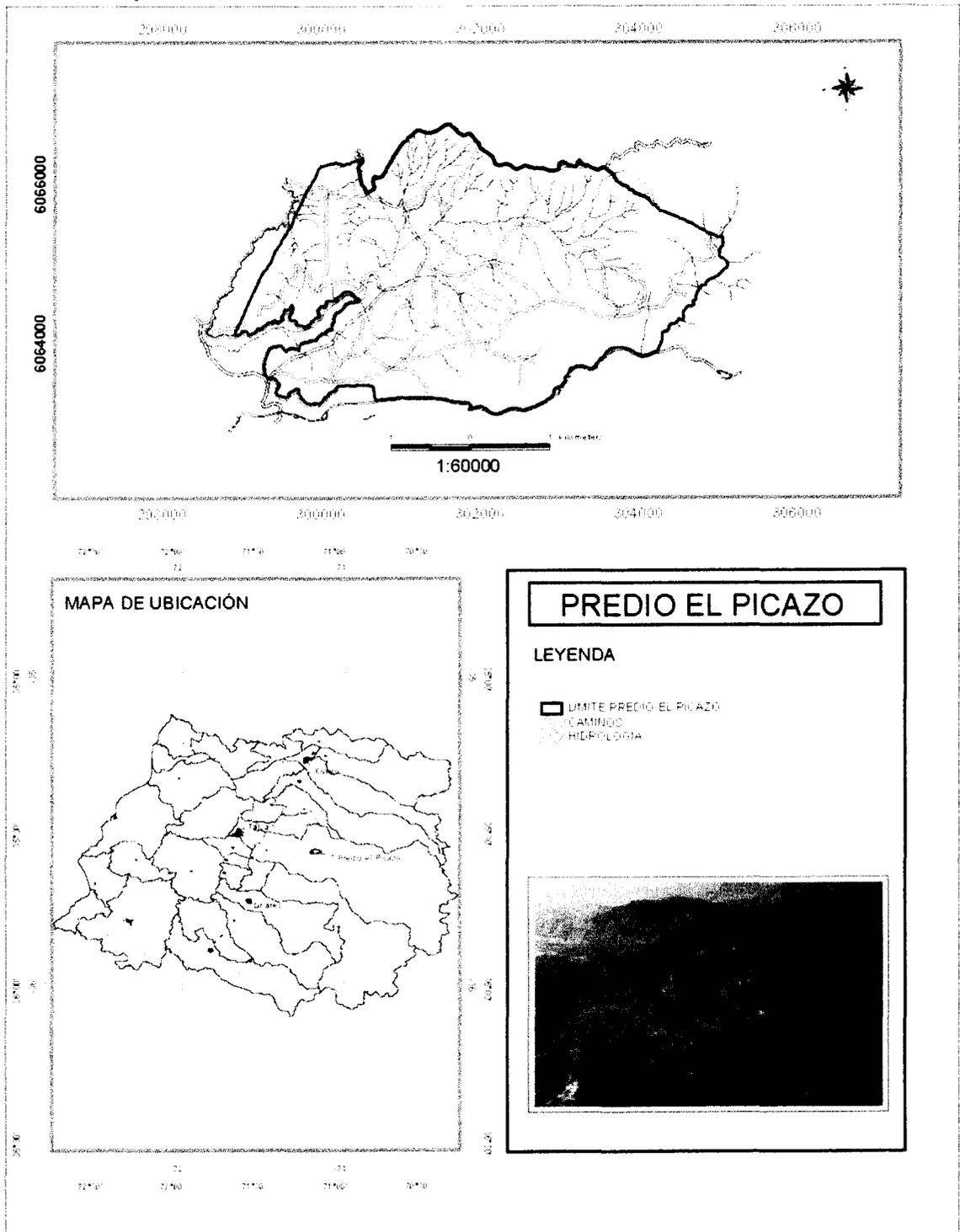
- GALVEZ, J. (1990).** Rol económico y social de los bosques esclerófilos y espinosos. pp:110-116. *in:* Opciones silviculturales de los bosques esclerófilos y espinosos de la zona central de Chile. **Apuntes Docentes N°3.** Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago de Chile. 177 p.
- GOMEZ, K. & A. GOMEZ (1984).** Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & Sons. Canada. 550 pp.
- GONZALEZ, P. (2002).** Obtención de acondicionadores orgánicos mediante biodigestión anaeróbica a partir de desechos forestales y su evaluación como acondicionadores y biofertilizantes de suelo. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago de Chile. 88 pp.
- HOGG, R. & E. TANIS (1988).** Probability and statistical inference. McMillan Publishing Company. New York. USA. 658 p.
- HONORATO, R. (2000).** Manual de edafología. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Cuarta Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 242 pp.
- LOPEZ CADENAS DE LLANO, F. (1994).** Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de erosión. TRAGSA / TRAGSATEC. Ediciones MUNDI-PRENSA. Madrid. España. 902 p.
- MACDONALD, P.M. & O.T. HELGERSON (1990).** Mulches aid in regenerating California and Oregon forest: past, present and future. Gen. Tech. Rep. PSW-123. Berkeley, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service. U.S. Department of Agriculture. 19 p.
- MALDONADO, F. (1967).** Rendimiento en corteza de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), Zona de Valparaíso. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago de Chile. 80 p.
- MATUS, F. J. (1997).** Mineralización de nitrógeno en suelos agrícolas: predicción, medición y recomendaciones de fertilización. Ciencia e Investigación Agraria 24: 59-72.
- MENDENHALL, W. SCHEFFER, R. L. & D. D. WACKERLY (1986).** Mathematical Statistics with applications. Third Edition. PWS publishers. USA. 750 p.
- MENDENHALL, W. & T. SINCICH (1997).** Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Cuarta Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México. 1181 p.

- NAVARRO, G. & R. BRAVO (2001).** Establecimiento y crecimiento inicial de plantaciones de Quillay (*Quillaja saponaria*) Secano interior, Provincia de Colchagua. Ensayos de Campo. 14 p. In: Documentos Técnicos. CONAF VI Región. Proyecto FONDEF D971-2010.
- NAVARRO, M. (1975).** Técnicas de forestación. Monografía N° 9. ICONA. Madrid. España. 212 p.
- NEUENSCHWANDER, A. (1965).** Contribución al estudio anatómico de la corteza de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y recomendaciones sobre su explotación. Tesis Ingeniero Forestal. Facultad de Agronomía. Santiago de Chile. 121 p.
- ORMAZÁBAL, Y. (2002).** Comparación del tratamientos visual v/s el tratamiento digital de fotografías aéreas verticales en la cartografía forestal. Zona de estudio: Predio el Picazo. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. Talca. Chile. 101 p.
- ORTIZ, J. (1966).** Algunos forestales chilenos de la estepa septentrional. Boletín Técnico N° 23. Ministerio de Agricultura. Dirección de Agricultura y Pesca. Departamento de Extensión agrícola. pp: 28-31.
- PARRY, M. S. (1956).** Tree planting practices in tropical africa. Forestry Development Paper N° 8. FAO. Roma. Italy. 298 p.
- PRADO, J. A. (1979a).** Prendimiento y desarrollo en altura del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Informe Técnico N° 65. Instituto Forestal. Santiago de Chile. 15 p.
- PRADO, J. A. (1979b).** Respuesta del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) a variaciones en el método de plantación. Informe técnico N° 66. Instituto Forestal. Santiago de Chile. 22 p.
- REIJNTJES, C., HAVERKORT, B. & A. WATERS-BAYER (1992).** Farming for the future, an introduction to low-external-input and sustainable agriculture. The Macmillan Press Ltd. London. England. 274 p.
- RODRIGUEZ, R., MATTHEI, S. & M. QUEZADA (1983).** Flora Arbórea de Chile. Ed. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 408 p.
- SCHEFLER, W.C. (1979).** Statistics for the biological sciences. 2° Edition. Addison-Wesley Publishing Company, Inc, Reading. Massachusetts. E.U.A. 266 p.
- STEEL, R. G. & J. H. TORRIE (1988).** Bioestadística: Principios y procedimientos. 2° Ed. (1°Ed. en Español). McGraw-Hill / Interamericana de México, S. A. de C.V. 622 p.

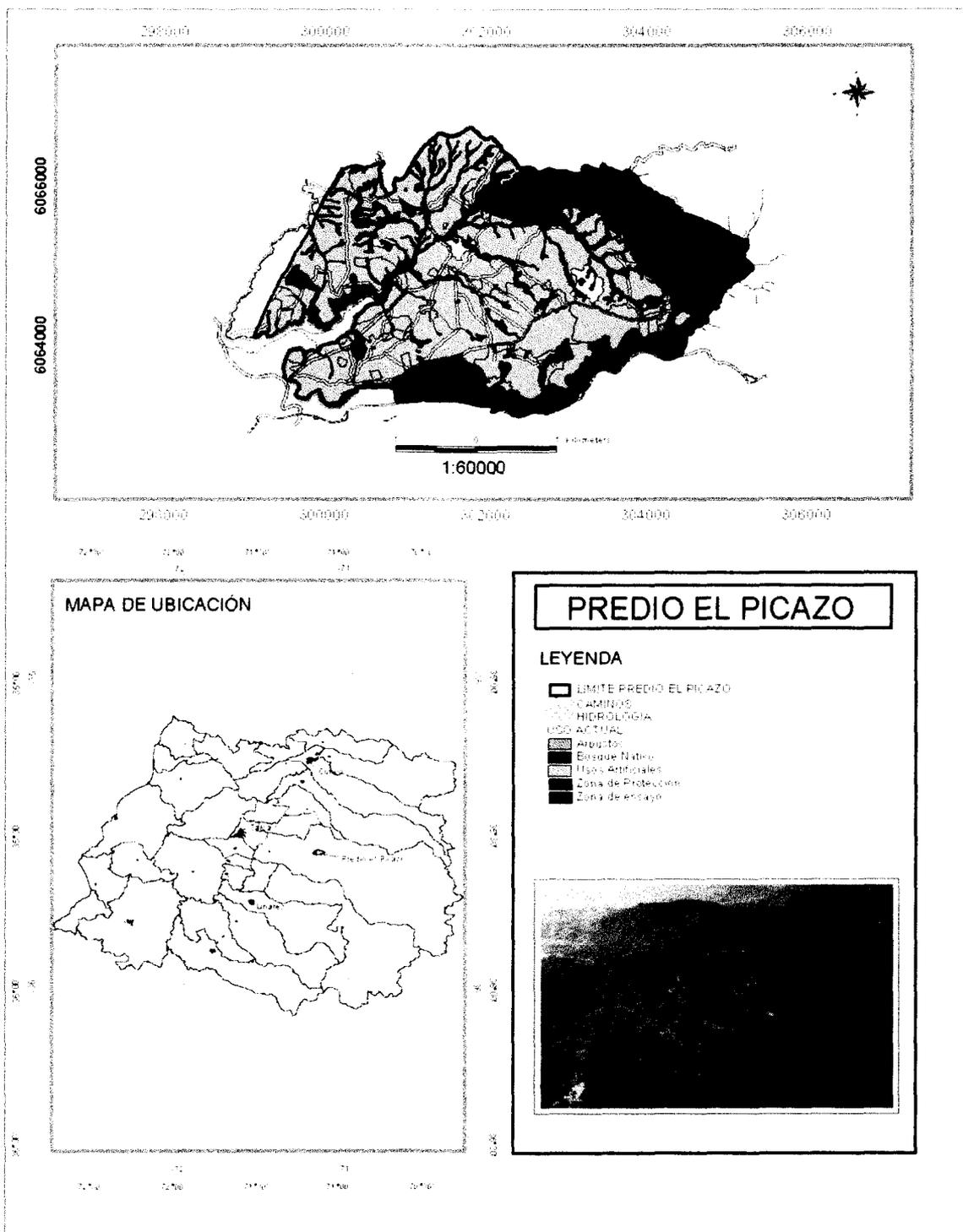
- VERMEIL DE CONCHARD, P. (1997).** Estudio de mercado de la corteza de Quillay (Quillaja saponaria Mol.) y perspectivas de desarrollo futuro. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago de Chile. 100 p.
- VITA, A. (1993).** Ecosistemas de bosques y matorrales mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile. Investigación y desarrollo de áreas Silvestres, Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. Documento de Trabajo N° 21. CONAF / PNUD / FAO. Santiago de Chile. 243 p.
- VITA, A. (1995).** Producción forestal. pp:191-211. *in:* Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas N°7. FAO / PNUMA. Santiago de Chile. 322 p.
- WALPOLE, R. & R. MYERS (1992).** Probability and statistics for engineers and scientists. McMillan Publishing Company. New York. USA. 797 p.
- ZOBEL, B. & J. TALBERT (1984).** Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons, Inc. New York. US. 505 p.

## VIII. ANEXOS

# Anexo 1. Mapa base



## Anexo 2. Mapa uso actual



### Anexo 3. Tablas de contingencias

Tabla de contingencia del tipo 4 x 3 para los tratamientos versus bloques.

	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Total
Tratamiento 1	1 (2,4)	3 (2,3)	3 (2,3)	7
Tratamiento 2	2 (4,5)	4 (4,2)	7 (4,3)	13
Tratamiento 3	15 (13,1)	13 (12,3)	10 (12,7)	38
Tratamiento 4	15 (13,1)	11 (12,3)	12 (12,7)	38
Total	33	31	32	96

$$\chi^2 = 5,51$$

$$\chi^2_{\alpha} = 12,6$$

Tabla de contingencia del tipo 4 x 2 para los tratamientos versus plantas vivas y muertas.

	Plantas vivas	Plantas muertas	Total
Tratamiento 1	7 (24)	41 (24)	48
Tratamiento 2	13 (24)	35 (24)	48
Tratamiento 3	38 (24)	10 (24)	48
Tratamiento 4	38 (24)	10 (24)	48
Total	33	33	192

$$\chi^2 = 66$$

$$\chi^2_{\alpha} = 7,88$$

Tabla de contingencia del tipo 3 x 2 para los Bloques versus plantas vivas y muertas.

	Plantas vivas	Plantas muertas	Total
Bloque 1	33 (32)	31 (32)	64
Bloque 2	31 (32)	33 (32)	64
Bloque 3	32 (32)	32 (32)	64
Total	96	96	192

$$\chi^2 = 0,14$$

$$\chi^2_{\alpha} = 5,99$$

## Anexo 4. Análisis de varianza (ANDEVA)

### 4.1. ANDEVA para la variable Inc\_ALT

#### **Procedure Summary**

Dependent variable: Inc\_ALT

Factors:

Trat

Bloque

Number of complete cases: 96

#### **Analysis of Variance for Inc\_ALT - Type III Sums of Squares**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
-----					
MAIN EFFECTS					
A:Trat	84.0825	3	28.0275	6.11	0.0008
B:Bloque	53.4509	2	26.7255	5.82	0.0043
INTERACTIONS					
AB	42.0237	6	7.00395	1.53	0.1796
RESIDUAL	385.521	84	4.58954		
-----					
TOTAL (CORRECTED)	518.49	95			
-----					

All F-ratios are based on the residual mean square error.

## 4.2. ANDEVA para la variable Inc\_DAC

### Procedure Summary

Dependent variable: Inc\_DAC

Factors:

Trat

Bloque

Number of complete cases: 96

### **Analysis of Variance for Inc\_DAC - Type III Sums of Squares**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
-----					
MAIN EFFECTS					
A:Trat	4.41172	3	1.47057	10.37	0.0000
B:Bloque	0.143686	2	0.0718432	0.51	0.6043
INTERACTIONS					
AB	1.29289	6	0.215482	1.52	0.1816
RESIDUAL	11.9093	84	0.141778		
-----					
TOTAL (CORRECTED)	17.4596	95			
-----					

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Anexo 5: Fotografías del ensayo.**



**Sin mulch**



**Con mulch**

## IX . APÉNDICES

**Apéndice 1:** Fotografía aérea del lugar del ensayo.



  
Lugar de ensayo

**Apéndice 2:** Tabla general de costos para una plantación de Quillay.

Estructura general de costos para una plantación de Quillay (1.111 pl/ha). No incluye sijo y aserrín.

	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	\$/ha
<b>Pre-preparación del terreno</b>		(S)		
Mano de obra				
Limpia	JH	3.500	4	14.000
Trat. desechos	JH	3.500	2	7.000
Materiales				-
Herramientas varias e insumos				25.000
Cercado (*)	m	600	180	108.000
<b>Preparación del terreno propiamente tal</b>				-
Hoyadura				-
Mano de obra	JH	3.500	10	35.000
Plantas				-
Quillay	Unidad	110	1.111	122.210
				-
<b>Post-preparación del terreno</b>				-
Protección de plantas				-
Malla de polietileno	Unidad	30	1.111	33.330
Mano de obra	JH	3.500	2	7.000
<b>Flete</b>				50.000
<b>TOTAL</b>				401.540

Nota: Los costos de la enmienda y mulch, no se valoraron por ser productos que provienen del mismo lugar

(\*) El costo lineal de cerco se obtuvo de CONAF VI Región. Proyecto FONDEF D917-2010

La cantidad (m/ha) se obtuvo sobre la base de un polígono de 5 hectáreas de forma rectangular (250x200m)

### Apéndice 3: Análisis químico básico del suelo.

Análisis químico básico		
Nitrógeno (N)	2 ppm	Bajo
Fósforo (P)	6 ppm	Bajo
Potasio (K)	115 ppm	Medio
pH	5,95	Moderadamente ácido
Materia orgánica (MO)	8,38%	
Carbono (C)	4,88%	
Conductividad eléctrica (CE)	0,028 dS/m	Sin riesgo

CODIGO MUESTRA 32107  
Servicio de análisis de suelo y foliar  
Universidad de Talca