



UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**EVALUACIÓN INICIAL DEL ESTABLECIMIENTO DE CUATRO ESPECIES  
NATIVAS ARBUSTIVAS EN UN TALUD DE LA CIUDAD DE TALCA**

CAROLINA CABELLO SOTO  
Memoria para optar al título de:  
INGENIERO FORESTAL

PROFESORA GUÍA: DRA. URSULA DOLL

TALCA – CHILE  
2006



**Autorización para la publicación  
de memorias de Pregrado y tesis de Postgrado**

Yo, **Carolina A. Cabello Soto**, cédula de Identidad N° 15.125.836-0 autor de la memoria o tesis que se señala a continuación, autorizo a la Universidad de Talca para publicar en forma total o parcial, tanto en formato papel y/o electrónico, copias de mi trabajo.

Esta autorización se otorga en el marco de la ley N° 17.336 sobre Propiedad Intelectual, con carácter gratuito y no exclusivo para la Universidad.

Título de la memoria o tesis:	<b>EVALUACIÓN INICIAL DEL ESTABLECIMIENTO DE CUATRO ESPECIES NATIVAS ARBUSTIVAS EN UN TALUD DE LA CIUDAD DE TALCA</b>
Unidad Académica:	<b>CIENCIAS FORESTALES</b>
Carrera o Programa:	<b>INGENIERÍA FORESTAL</b>
Título y/o grado al que se opta:	<b>INGENIERO FORESTAL</b>
Nota de calificación	<b>6,5</b>

Firma de Alumno

Rut: 15.125.836-0

*Dedicado a la memoria de mi madre Olga (Q.E.P.D.),  
mi padre José y mis hermanas  
María José y Cecilia*

*AGRADECIMIENTOS*

*Siempre creí que estos años iban a ser eternos, preguntándome cuando llegaría el final de esta etapa, la verdad es que no supe siquiera cuando fue que llegué a la meta. En este tiempo aprendí que la vida no es fácil, pero que siempre nos está entregando momentos inolvidables que pueden ser retenidos en nuestra memoria como los recuerdos más preciados.*

*Quiero agradecer en primer lugar a mi madre, que de alguna forma me ha acompañado todos los días de mi vida y que sé que es el ángel que cuida de mis sueños. A mi padre José por sus enormes ganas de vivir y su entrega incondicional (¡Gracias papá!). Mis hermanas María José y Cecilia por el apoyo incondicional en los momentos más difíciles (¡sigan adelante chiquillas!). A mi familia, Abuelos, Tíos, Primos por apoyarme en todo momento.*

*También quiero agradecer a mi apoyo incondicional de todo este tiempo. A ti Carlos por darme el respiro de todos estos días.*

*En especial quiero dar las gracias a la Profesora Ursula Doll, por todo su apoyo y entrega tanto académica como personal, y al profesor Oscar Vallejos por toda su preocupación y transmisión de conocimientos. ¡A ustedes muchas gracias!*

*A María Eliana, don Alfonso y Toñita por su gran dedicación y entrega incondicional en todo momento.*

*A mis amigos Cristian, Daihan, Paula, David, Carlos Rojas, Oscar, Daniel, María, Nacho, Hugo, Macarena Correa, Alejandra, Macarena Nuñez, Mauricio, Jairo, Michelle, Rayen, Lesly, Francisca y a aquellos que ya no están en la Universidad, Héctor, Carla, Bárbara, Ben-hur, Antonella, les agradezco por toda su entrega y apoyo.*

*.....A Dios gracias por acompañarme siempre.*

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos Específicos.....	2
III REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Antecedentes Generales de la Ciudad de Talca.....	3
3.2. Establecimiento en Taludes.....	3
3.3. Relave y su Tratamiento.....	4
3.4. Consideraciones sobre las Plantas a Establecer en un Talud.....	6
3.4.1. Selección de las especies.....	6
3.4.2. Descripción de las especies elegidas.....	7
3.5. Desarrollo y Crecimiento de las Plantas.....	10
3.5.1. Proceso de fotosíntesis.....	10
3.5.2. Adaptabilidad de las plantas al medio.....	11
3.5.3. Crecimiento en altura.....	11
3.5.4. Aumento en grosor.....	12
3.6. Importancia de la Vegetación Urbana.....	12
3.6.1. Biodiversidad urbana.....	12
3.6.2. Protección al suelo.....	13
3.6.3. Efecto en el medio urbano.....	14
3.7. Suelo.....	14

3.7.1. Características de los suelos.....	16
3.7.2. Propiedades biológicas y químicas.....	18
3.8. Nutrientes del suelo.....	18
3.9. Erosión de los suelos.....	21
3.10. Acondicionador de Suelos.....	21
3.11. Análisis Estadístico.....	22
3.11.1. Prueba Chi-cuadrado.....	22
3.11.2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	23
3.11.3. Estadística Paramétrica. Bloques aleatorizados.....	23
3.11.4. Comparaciones múltiples.....	26
3.11.4.1. Prueba del rango múltiple de Duncan.....	26
IV METODOLOGÍA.....	28
4.1. Material Vegetal.....	28
4.2. Lugar de Establecimiento.....	29
4.3. Elección de las Plantas y Etapa de Plantación.....	30
4.4. Diseño Experimental del Ensayo.....	31
4.5. Etapa de Medición.....	32
4.6. Análisis Estadístico de los Datos.....	33
V PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	36
5.1. Suelo.....	36
5.2. Supervivencia.....	37
5.3. Incremento en Altura.....	39
5.4. Incremento en Diámetro a la Altura de Cuello.....	41
5.5. Relación Incremento en Altura y Diámetro a la Altura del Cuello al cuadrado .....	43
VI CONCLUSIONES.....	45
VII RECOMENDACIONES.....	46

VIII BIBLIOGRAFÍA.....	47
APÉNDICES.....	50
ANEXO.....	69

## ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE I.....	50
1.1. Distribución de las plantas en la parcela.....	50
APÉNDICE II.....	52
2.1. Supervivencia.....	52
2.1.1. Análisis de varianza para supervivencia.....	54
APÉNDICE III.....	55
3.1. Incremento en Altura.....	55
3.1.1. Análisis de varianza para incremento en altura.....	59
APÉNDICE IV.....	61
4.1. Incremento en Diámetro de Cuello.....	61
4.1.1. Análisis de varianza para incremento en diámetro a la altura de cuello...	64
APÉNDICE V.....	65
5.1. Relación Incremento en Altura y Diámetro a la Altura del Cuello al cuadrado.....	65
5.1.1. Análisis de varianza para la relación de incremento en altura y diámetro a la altura del cuello al cuadrado.....	68

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Análisis de Suelo Talud Talca.....	69
---	----

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO: N°1. Análisis de varianza de un diseño de bloques completos aleatorizados.....	26
CUADRO: N°2. Porcentaje promedio de sobrevivencia y Prueba de Comparación Múltiple de Medias por tratamiento y bloque.....	38
CUADRO: N°3. Contraste Múltiple de Rangos para Incremento en Altura según tratamiento (especie).....	40
CUADRO: N°4 Incremento Promedio $dac$ por tratamiento y bloque.....	42
CUADRO N°5 Contraste Múltiple de Rangos para $\log(dac^2 * h+1)$ según tratamiento (especie) .....	44
CUADRO: N°6 Diseño Experimental del ensayo.....	50
CUADRO: N°7 Porcentajes de Sobrevivencia.....	52
CUADRO: N°8. Análisis de varianza para Sobrevivencia.....	54
CUADRO: N°9. Altura inicial, final e incremento por bloque, para las plantas del diseño expresada en cm.....	55
CUADRO: N° 10 Análisis de varianza para Incremento en altura.....	59
CUADRO: N° 11 Diámetro de cuello inicial, final e incremento para las plantas expresadas en mm.....	60
CUADRO: N°12 Análisis de varianza para los datos transformados de diámetro a la altura de cuello.....	64
CUADRO: N°13 Datos diferencial $dac^2$ por diferencial altura.....	65
CUADRO:N° 14 Análisis de varianza para datos transformados de diámetro a la altura de cuello al cuadrado por altura ( $dac^2 * h$ ) ( $cm^3$ ).....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Escallonia illinita</i> K. Presl.....	7
Figura 2: <i>Fabiana imbricata</i> R. et P.....	8
Figura 3: <i>Muehlenbeckia hastulata</i> (J.E.Sm.) Johnst.....	9
Figura 4: <i>Proustia cuneifolia</i> D.Don.....	10
Figura 5: Diseño de bloques completos aleatorizados.....	23
Figura 6: Plantas utilizadas en el ensayo.....	28
Figura 7: Lugar de establecimiento del ensayo.....	29
Figura 8: Casilla de plantación con Hidrosorb.....	30
Figura 9: Etapa de plantación.....	31
Figura 10: Medición diámetro de cuello.....	33

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Normalidad de los residuos para la variable porcentaje de Sobrevivencia.....	53
Gráfico N°2: Homocedasticidad variable porcentaje de sobrevivencia.....	53
Gráfico N°3: Normalidad de los residuos para la variable incremento en altura.....	58
Gráfico N°4: Homocedasticidad variable incremento en altura.....	58
Gráfico N°5: Normalidad de los residuos para la variable diámetro a la altura de cuello (dac).....	63
Gráfico N°6: Homocedasticidad, variable diámetro a la altura de cuello (dac)..	63
Gráfico N°7: Normalidad de los residuos para la variable diámetro a la altura de cuello al cuadrado por altura ( $dac^2 * h$ ).....	67
Gráfico N°8: Homocedasticidad, variable diámetro a la altura de cuello al cuadrado por altura ( $dac^2 * h$ ).....	67

## RESUMEN

En un talud de carretera ubicado en la salida norte de Talca hacia la carretera 5 Sur, se llevó a cabo un ensayo para evaluar el establecimiento inicial de cuatro especies nativas arbustivas: *Escallonia illinita* K. Presl., *Fabiana imbricata* R. et P., *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst y *Proustia cuneifolia* D. Don.

Se ensayó un diseño en bloques completamente aleatorizado, considerando una parcela central compuesta por 144 plantas de las cuatro especies, rodeadas por un cordón de protección compuesto por plantas de las mismas especies. Al cabo de 9 semanas de establecido el ensayo, se evaluó sobrevivencia, incremento en altura e incremento en diámetro a la altura de cuello.

*Escallonia illinita* K.Presl y *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst, mostraron altos porcentajes de sobrevivencia, ambas con un 100 % promedio, seguido de *Fabiana imbricata* R. et P con 94,4 % y *Proustia cuneifolia* D. Don con un 80,6 %.

*Escallonia illinita* K.Presl, alcanzó un promedio de incremento en altura significativo de 14,87 %. *Fabiana imbricata* R. et P, *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst y *Proustia cuneifolia* D. Don, lograron promedios significativamente menores, con un 5,27 %; 1,53 % y 8,83 % respectivamente.

Con respecto al diámetro a la altura de cuello, no se evidenciaron diferencias significativas de los factores bloque y tratamientos.

## SUMMARY

Beyond the north-exit of “5 Sur” country road, a trial was carried out to evaluate the initial establishment of four native shrubs: *Escallonia illinita* K. Presl., *Fabiana imbricata* R. et P., *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst and *Proustia cuneifolia* D.Don.

A central randomized plot of 144 plants from the four species was surrounded by a protection barrier formed by the same species. 9 weeks after the establishment survival, height increment and the increment of the base diameter were evaluated.

*Escallonia illinita* K. Presl and *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst, showed a survival percent of 100, followed by *Fabiana imbricata* R. et P. with 94,4 % and *Proustia cuneifolia* D. Don with 80,6 %.

*Escallonia illinita* K. Presl, reached a significant height increment of 14,87 %, while the height increments showed by *Fabiana imbricata* R. et P., *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst and *Proustia cuneifolia* D.Don, were significantly lower: 5,27 %; 1,53 % and 8,83 % respectively.

No significant differences were found in the increment of the base diameter between the different species.

## I INTRODUCCIÓN

Los suelos desprovistos de vegetación debieran ser una gran preocupación para la sociedad en general, ya sea por la necesidad de poseer un entorno agradable a la vista, o por evitar los procesos erosivos que pueden afectar al suelo.

A medida que aumenta la urbanización y el desarrollo vial, cada vez son más las zonas que van quedando sin vegetación, afectando la calidad estética del paisaje además de contribuir al aumento de taludes inestables.

Con la idea de mejorar estos espacios tanto estéticamente, como logrando la estabilización de los suelos a fin de evitar su erosión, ha surgido la necesidad de buscar métodos adecuados y económicos que ayuden a este fin, siendo la revegetación mediante diversas técnicas una de las prácticas más difundidas. Para aplicar esta metodología se requieren especies vegetales que presenten un rápido crecimiento y un profuso desarrollo de su sistema radical.

Es en este contexto, que se han escogido algunas especies nativas arbustivas que se caracterizan por crecer espontáneamente en lugares soleados, sobre suelos pobres y pendientes pronunciadas, con la finalidad de evaluar su capacidad de establecimiento en un talud de carretera.

## II OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

Evaluar el establecimiento inicial de cuatro especies nativas arbustivas, *Escallonia illinita* K. Presl.; *Fabiana imbricata* R. et P.; *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.)Johnst y *Proustia cuneifolia* D.Don, dispuestas en un talud de la ciudad de Talca.

### 2.2. Objetivos Específicos

Cuantificar la sobrevivencia de cuatro especies nativas arbustivas, *Escallonia illinita* K. Presl.; *Fabiana imbricata* R. et P.; *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.)Johnst y *Proustia cuneifolia* D.Don, dispuestas en un talud de la ciudad de Talca.

Comparar el incremento en altura y diámetro a la altura del cuello de cuatro especies nativas arbustivas, *Escallonia illinita* K. Presl.; *Fabiana imbricata* R. et P.; *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.)Johnst y *Proustia cuneifolia* D.Don, dispuestas en un talud de la ciudad de Talca.

### **III REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Antecedentes Generales de la Ciudad de Talca**

La ciudad de Talca se encuentra ubicada en la VII Región del Maule, que se extiende entre los 34°41' y 36°33' de latitud Sur y desde los 70°20' de longitud Oeste hasta el Océano Pacífico. Posee una superficie de 30.296 Km<sup>2</sup>. El clima de la Región posee grandes variaciones, desde un clima templado cálido con lluvias invernales y gran nubosidad, en la cordillera de la Costa y el Valle Central, hasta un clima frío en la Cordillera de los Andes, por efecto de la altura. La estación seca de la región dura 8 meses desde octubre a abril, siendo los meses de junio y julio los más lluviosos (Instituto Geográfico Militar citado por Pizarro y Sangüesa, 2002).

La temperatura promedio en la Región varía entre los 28°C para el mes de enero y en 10°C para julio, en tanto que las precipitaciones van aumentando de Norte a Sur desde 500 mm a 1270 mm, respectivamente. La ciudad de Talca posee una temperatura promedio de 14,7°C y la precipitación media es de 735 mm (Instituto Geográfico Militar citado por Pizarro y Sangüesa, 2002).

#### **3.2. Establecimiento en Taludes**

“Se define por establecimiento, a toda acción o efecto de establecer o establecerse”. Siguiendo en esta línea, establecer significa “dejar instalado algo en un lugar” para que permanezca y realice su función en él (Guanajuato, 2001).

Esta definición en cierta medida podría aplicarse a las plantaciones forestales, ya que se conoce por plantación forestal a todo tipo de vegetación establecida de manera artificial sobre suelos de aptitud preferentemente forestal y que abarca una superficie mayor a una hectárea. Estos establecimientos se hacen con diferentes propósitos, sean éstos de conservación, restauración o producción forestal (Morales, s.f.). Según INFOR y CORFO (1995), se entiende por forestación a un proceso mediante el cual se establecen árboles o arbustos en una superficie con un determinado fin.

Las superficies destinadas a plantaciones forestales muchas veces presentan características limitantes para otro tipo de aprovechamiento, tal como suelos pobres, poco profundos o pendientes pronunciadas. Así por ejemplo los taludes, que según Morales (s.f.) se caracterizan por su inclinación natural o artificial de la superficie del terreno dada por la relación entre la proyección horizontal y la altura del frente del mismo, se pueden considerar zonas destinadas a la forestación.

Muchas especies arbustivas nativas, poseen características tales que permiten mejorar la estabilidad de los taludes de corte y lograr la recuperación de los suelos, además de cubrir necesidades paisajísticas (FONDEF, 2002).

### **3.3. Relave y su Tratamiento**

Se entiende por relave a la mezcla de roca molida y agua, la cual es transportada en forma de pulpa, y depositada en tranques, generalmente cerca de sitios donde se realizan actividades mineras (Ortiz, s.f.).

Asociado al tratamiento de estos terrenos, existen diversos conceptos a considerar. Según Green (2006), estos son: rehabilitación, restauración, revegetación, fitoestabilización, forestación y recuperación. Este último concepto puede ser interpretado de diversas formas, ya sea para recuperar un terreno perdido, un bosque o simplemente un matorral, sin necesariamente dejarlo igual al original. Si se desean recuperar funciones, entonces se habla de rehabilitación (ej: rehabilitar la función productiva del suelo). En tanto, restablecer un terreno en aspecto, forma y función se habla de restauración.

Según Green (2006), cuando el tratamiento utilizado para mejorar los suelos de relave o degradados, incluye las plantas, aparecen los conceptos de revegetación, lo cual se refiere simplemente a restablecer vegetación no importando cuales sean éstas, y de fitoestabilización, el cual se diferencia por que las plantas cumplen una función reguladora, extractora o tamponante de elementos o compuestos contaminantes excesivos. La forestación o reforestación también se consideran formas de establecer vegetación.

Clemens, *et al.*, citado por Green (2006), señala que las especies utilizadas para el tratamiento de relaves específicamente con fines de fitorremediación deben poseer algunas características como un rápido crecimiento, raíces profundas, facilidad de cosecha y tolerancia a un rango de metales pesados.

Green (2006), señala que para asegurar el éxito de las plantaciones es necesario utilizar plantas probablemente rústicas, eficiente en el uso de recursos, sobre todos aquellos escasos como el agua y nutrientes, tolerantes a ph extremos y fecundas en cuanto a su propagación.

### 3.4. Consideraciones sobre las Plantas a Establecer en un Talud

#### 3.4.1. Selección de las especies

La selección de las especies es uno de los aspectos más importantes de definir para la repoblación de un área. El primer paso es escoger todas aquellas especies que de una u otra manera, respondan a las condiciones bioclimáticas de la zona, como por ejemplo pluviosidad, temperaturas extremas, altitud, suelos, entre otros. El siguiente paso es seleccionar aquellas especies que satisfacen los objetivos perseguidos con la plantación. Finalmente, el último paso es escoger las especies de mayor productividad para dicha zona es decir, que presenten un rápido crecimiento, mayor producción, que sean resistentes al ataque de plagas y enfermedades, etc. (INFOR Y CORFO, 1995).

Así, existen algunas especies arbustivas nativas capaces de soportar condiciones adversas. Según Donoso (1978), “la especie *Escallonia illinita* K. Presl., es usada normalmente para la protección de terrenos áridos.” Siguiendo en esta línea, Riedeman y Aldunate (2001) indican que *Proustia cuneifolia* D.Don, es utilizada en jardines y también puede ser usada para reforestar zonas degradadas o terrenos con pendientes inclinadas, gracias a su buen sistema radical que le permite un buen anclaje al suelo. En tanto, Mosqueira (2002), señala que la especie *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.)Johnst, se caracteriza por su adaptación a situaciones desfavorables y manifiesta un alto grado de rusticidad e integración paisajística.

### 3.4.2. Descripción de las especies elegidas

Según Hoffmann, (1998), la especie *Escallonia illinita* K. Presl., conocida también como ñipa, barraco, siete camisas o corontilla, perteneciente a la familia de las Escaloniaceae, habita en el fondo de quebradas de la cordillera de la Costa y de los Andes, entre Coquimbo y Concepción. Esta especie es un arbusto siempreverde, resinoso, pegajoso y muy fragante que puede alcanzar alturas de 1 a 2 m y que se caracteriza por presentar hojas ovaladas, que miden entre 3 a 5 cm de longitud, brillantes y de borde finamente dentado. En la época de floración (diciembre a enero), las flores se presentan en racimos terminales laxos dónde cada una puede llegar a medir entre 10 a 13 mm de largo (Figura 1).



[www.perso.wanadoo.fr](http://www.perso.wanadoo.fr)

Figura 1: *Escallonia illinita* K. Presl.

El mismo autor, señala que *Fabiana imbricata* R. et P (Figura 2), conocida también como pichi, peta o romero, perteneciente a la familia de las Solanaceae, habita en laderas y llanos asoleados, entre Coquimbo y la Patagonia. Esta especie se caracteriza por ser un arbusto ramoso, que puede llegar a medir entre 1 a 2 m de altura, con hojas numerosas imbricadas, sésiles, de borde entero que miden entre 1 a 1,5 mm de largo. Durante la primavera (época de floración), presenta flores de 1 cm de longitud, las que se ubican en el extremo de las ramas.



[www.greentarget.com](http://www.greentarget.com)

Figura 2: *Fabiana imbricata* R. et P

*Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.) Johnst (Figura 3), conocida también como quilo, mollaca o voqui negro, perteneciente a la familia de las Polygonaceae, habita terrenos degradados entre Coquimbo y Valdivia y se caracteriza por ser un arbusto semitrepador glabro, con tallos rojizos y flexibles que pueden alcanzar entre 1 a 2 m de altura. Sus hojas son simples, alternas y pecioladas y alcanzan largos entre 1 a 4 cm. Son de forma variable que puede ser triangular a oblonga, aflechada y lanceolada de borde entero y nervio medio muy marcado. Sus flores, presentes en la época entre agosto a enero, son dioicas y se exhiben en glomérulos o racimos axilares. Las flores femeninas miden entre 3 a 4 mm y las masculinas entre 2 a 3 mm (Hoffmann, 1998).



[www.chilebosque.cl](http://www.chilebosque.cl)

Figura 3: *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.) Johnst

En tanto, la especie *Proustia cuneifolia* D.Don (Figura 4), conocida también como huañil blanco o pucana, es un arbusto caduco que habita terrenos secos y pedregosos, laderas asoleadas de los cerros, en las provincias centrales de Chile desde la IV a la VIII regiones. Esta especie puede alcanzar hasta 2 o 3 m de altura. Se caracteriza por presentar hojas oblongas, alternas en ramas gruesas y rectas, que terminan en espinas. Durante el verano (época de floración), sus flores poseen forma tubular y son de color blanco, las que se encuentran dispuestas en panículas (Riedeman y Aldunate, 2001).



[www.ecolyma.cl](http://www.ecolyma.cl)

Figura 4: *Proustia cuneifolia* D.Don

### **3.5. Desarrollo y Crecimiento de las Plantas**

#### **3.5.1. Proceso de fotosíntesis**

Las plantas para generar energía, utilizan el proceso llamado fotosíntesis, el cual, se desarrolla básicamente en las hojas. La clorofila,

presente mayoritariamente en las hojas, se caracteriza por ser un pigmento de color verde capaz de captar la energía solar y emplearla para transformar el agua y el dióxido de carbono en azúcares e hidratos de carbono, de los que se alimenta la planta (Royal Horticultural Society, 1999).

### **3.5.2. Adaptabilidad de las plantas al medio**

El objetivo principal de las plantas consiste en crecer hasta poder alcanzar la madurez y reproducirse, por lo general a través de semillas. Las plantas crecen, desarrollando sus ramas para poder exponer un máximo de hojas al sol y favorecer así la fotosíntesis. Además extienden sus raíces las que utilizan como anclaje y permiten una mejor y mayor absorción de humedad y nutrientes del suelo. Las plantas leñosas se distinguen por estar dotadas de una corteza resistente al frío y demás inclemencias del tiempo para poder sobrevivir varios años y aprovechar al máximo su potencial de reproducción. Las plantas caducifolias optan por perder sus partes más vulnerables, las hojas dónde tiene lugar la fotosíntesis, y se mantienen en reposo durante el invierno. Asimismo, es preciso señalar que, las plantas pueden sobrevivir a periodos de frío intenso, sequía y demás adversidades, renovándose a partir de las yemas latentes situadas en su robusta corteza. Esta capacidad, propia de todas las plantas leñosas en un modo u otro, explica como responden las plantas a una poda (Royal Horticultural Society, 1999).

### **3.5.3. Crecimiento en altura**

Según la Royal Horticultural Society, (1999), para un buen crecimiento de la planta es de mucha importancia que ésta posea las condiciones necesarias

para su desarrollo como son: agua, luz, suelo y un clima adecuado a las características morfológicas de cada individuo. Teniendo presente cada una de estos escenarios, es posible dar inicio al proceso de crecimiento, el cual se origina de la división de las células apicales encontradas en las yemas terminales. Para el desarrollo del tallo principal las yemas terminales imponen el llamado predominio apical, inhibiendo así el crecimiento de las yemas laterales, a través de una serie de hormonas capaces de recorrer el tallo. Las yemas laterales, son capaces de desarrollarse cuando el eje principal ha crecido lo suficiente, ha resultado dañado o ha sido podado.

#### **3.5.4. Aumento en grosor**

El cámbium es una zona de intensa actividad celular, la cual se caracteriza por estar constituida por una capa de células que rodea al tallo, justo debajo de la corteza. A medida que estas células se dividen y multiplican, el tallo aumenta de grosor. Asimismo, crean haces de tejido vascular que se expanden a lo largo del tallo y transportan agua y nutrientes a las hojas, a la vez que llevan carbohidratos y hormonas de crecimiento al resto de la planta (Royal Horticultural Society, 1999).

### **3.6. Importancia de la Vegetación Urbana**

#### **3.6.1. Biodiversidad urbana**

Las áreas verdes presentes en las ciudades, como jardines y parques, son lugares que poseen una mayor biodiversidad en consecuencia con las

limitaciones del entorno, siendo estos lugares, los principales hábitats de las plantas y animales del ecosistema urbano. Las zonas verdes más antiguas y bien consolidadas atraen, por ejemplo, una multitud de especies de aves y mamíferos cuyo hábitat natural en un tiempo pasado fue el bosque (Fernández, s.f.).

En la actualidad, la mayoría de las zonas verdes presentes en las ciudades no demuestran una biodiversidad particularmente rica, debido a que estas zonas se establecieron con grandes superficies pavimentadas, áreas engravadas, zonas verdes bien segadas y sobre todo árboles individuales aislados (Fernández, s.f.).

Al plantar árboles, arbustos, cubiertas vegetales adecuadas, o cualquier tipo de vegetación, se vuelve a la posesión de un medio ambiente más natural y menos artificial. Los pájaros y otros animales silvestres son atraídos hacia estos espacios y los ciclos de desarrollo natural de las plantas como crecimiento, reproducción y descomposición de las mismas vuelven a estar presentes, tanto en la superficie como debajo de la tierra. Al tener áreas verdes dentro de las ciudades se restablece la armonía natural en el medio ambiente urbano (Fernández, s.f.).

### **3.6.2. Protección al suelo**

La vegetación (árboles, arbustos, malezas, pastos, etc.) le otorga una gran protección al suelo, amortiguando la fuerza con que caen las gotas de lluvia sobre él, disminuyendo el avance de la erosión que puede ser afectado por los factores climáticos en especial por las precipitaciones (Carrasco, 2002).

Además, según lo señalado por Carrasco (2002), la vegetación ayuda a mejorar la capacidad de infiltración en el suelo, evitando que exista escurrimiento sobre la superficie.

### **3.6.3. Efecto en el medio urbano**

Según Fernández, (s.f.) la presencia de árboles en un ecosistema urbano, se traduce en un efecto positivo para la salud y moral de los habitantes y sus trabajadores. En cambio aquellas personas que viven en ambientes urbanos sin vegetación, poseen mayor tendencia a cuadros de angustias, irritación, tristeza y estrés.

Kaplan & Kaplan (1989), citado por Fernández (s.f.), formularon una teoría sobre la relación del hombre con su entorno. Esto se refiere a que personas expuestas a una vida urbana, con vehículos rápidos, señales destellantes y colores fuertes, sufren de un estrés constante. La investigación indica que la vegetación y la naturaleza, permiten que el sistema sensorial de las personas se relaje. Por otra parte Ulrich (1984), citado por el mismo autor, demostró que pacientes hospitalizado en lugares dónde es posible visualizar vegetación y árboles, han tenido una mayor rapidez en su recuperación.

## **3.7. Suelo**

El suelo es un recurso natural muy susceptible al agotamiento, y que sin su existencia, la vida sobre el planeta se vería seriamente amenazada.

La litosfera, también conocida como corteza terrestre, es la parte superficial del suelo que está en contacto directo con el hombre y dónde se establecen y desarrollan gran parte de de las especies vegetales existentes, debido a que se encuentran el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo, sean estos: cultivos, empastados, árboles, arbustos y especies herbáceas (Carrasco, 2002).

Según lo descrito por el Carrasco (2002), existen diversos factores y agentes externos que influyen y determinan la formación de los distintos tipos de suelos. Dentro de los factores que intervienen en la formación de éste se encuentra el clima (que considera las precipitaciones, temperatura y viento), organismos vivos, el relieve, la roca madre originaria y el tiempo transcurrido. También es preciso agregar el efecto del hombre, el cual ha adquirido gran importancia en los últimos tiempos. La acción parcial o total de cada uno de estos factores le otorgan al suelo características propias que determinan la composición del mismo, los que básicamente están constituidos por 4 partes y que dependiendo de su proporción indicarán el posible uso que se le dará a cada tipo. Estos son:

- a) Mineral, donde el tipo y cantidad de minerales presente, dependen de cada tipo de suelo.
- b) Orgánica, debido a la acumulación de restos animales y vegetales en diversos grados de descomposición.
- c) Hídrica, o también llamada “solución suelo” porque en ella se encuentran disueltos diferentes elementos y se producen diversas reacciones químicas que son la fuente principal de nutrición de las plantas.
- d) Gaseosa, o “aire del suelo” que difiere del atmosférico por poseer un mayor contenido de CO<sub>2</sub> con respecto al O<sub>2</sub>, así como también por presentar una mayor humedad.

### **3.7.1. Características de los suelos**

El suelo, según lo descrito por el Carrasco (2002), se define a través de dos características físicas principales: a) Textura y b) Estructura.

a) Textura: Se refiere al tamaño de las partículas minerales del suelo que logran pasar por un filtro de 2 mm de diámetro, dónde dependiendo del tamaño se pueden distinguir tres tipos de separados texturales: arena, limo y arcilla.

La arcilla se caracteriza por presentar partículas de menor tamaño (las más finas) a diferencia del limo y la arena que presentan partículas de diámetro mediano y grande respectivamente. La mezcla de separados texturales que posea un suelo, expresada en porcentaje, se denomina clase textural.

Los suelos que poseen un mayor contenido de arena, se caracterizan por estar bien aireados, tener una baja retención de agua y un buen drenaje. En este tipo de suelo, las raíces pueden penetrar fácilmente, pero no se encuentran los elementos minerales suficientes para la sobrevivencia vegetal, salvo que exista un abundante contenido de materia orgánica.

Los suelos arcillosos se caracterizan porque el espacio entre partículas es reducido, por lo que el agua, aire y raíces penetran con dificultad. Este tipo de suelo es clasificado como “pesado”, por la dificultad que presenta al momento de ser manejado cuando no posee la humedad suficiente. Además, los suelos arcillosos se destacan por ser ricos en nutrientes.

Los suelos francos, son aquellos que presentan porcentajes tales de arena, limo y arcilla que les confieren características de los tres componentes.

b) Estructura: es la ordenación natural de las partículas del suelo en unidades específicas, las que están separadas por superficie de debilidad o grieta, que pueden estar manifestadas o latentes.

La agregación, proceso de acercamiento y unión de las partículas de suelo mediante agentes y elementos cementantes, es lo que permite la formación de la estructura en los suelos.

La estructura tiene tres aspectos a considerar: i) Forma, ii) Tamaño y iii) Grado o Nitidez.

i) La forma, está referida al tipo de estructura formada, ya sea laminar, prismática, columnar, de bloque, subangular o granular.

ii) El tamaño, se clasifica en muy fino, fino, medio, grueso o muy grueso.

iii) Grado o Nitidez, que toma en cuenta la dificultad para definir a través de la observación la formación de la estructura como unidad.

Hay que tener presente que pueden encontrarse suelos muy livianos, sin elementos cementales o que forman una masa muy coherente a los que se les denominan sin estructura.

Para el buen desarrollo de las plantas se debe considerar un suelo bien estructurado, donde las raíces puedan lograr un adecuado crecimiento.

### **3.7.2. Propiedades biológicas y químicas**

La materia orgánica y los seres vivos son los responsables de las propiedades biológicas de los suelos (Carrasco, 2002).

a) La materia orgánica, considera a todos los restos de plantas, animales muertos y fecas en diversas etapas de descomposición. Ésta, ayuda a mejorar las propiedades físicas del suelo, haciéndolos más blandos facilitando la penetración y crecimiento de las raíces; otorga alimento para las plantas y mejora la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (actúa como una esponja). Se puede distinguir por su color oscuro y se encuentra en la capa superficial de suelo. Además, según Sierra y Rojas (2002), la materia orgánica presente en el suelo es una importante fuente de micronutrientes, especialmente de los cationes metálicos como Fe, Mn, Cu y Zn. Estos se encuentran en forma tal, que permiten favorecer una adecuada nutrición de las plantas.

b) Los seres vivos, presentes en el suelo como lombrices, larvas de insectos, microflora y otros organismos diminutos invisibles al ojo humano permiten la degradación de la materia orgánica para que pueda ser aprovechada por las plantas.

### **3.8. Nutrientes del Suelo**

Los nutrientes presentes en el suelo muchas veces no se encuentran disponibles para que las raíces de las plantas los puedan absorber. Así, según

Donoso (1981), es posible encontrar los nutrientes minerales del suelo de dos formas:

a) como compuestos minerales o compuestos orgánicos muy complejos e insolubles, y/o

b) como iones, sales y a veces, compuestos orgánicos simples solubles.

Los macronutrientes que según Donoso (1981), pueden estar presentes en el suelo y sus formas solubles disponibles para las plantas son:

Nitrógeno (N): En su forma compleja insoluble se presenta como compuestos orgánicos: proteínas y aminoácidos. Según Sierra y Rojas (2002), el nitrógeno es el principal elemento aportado por la materia orgánica que influye en el crecimiento de las plantas, asimismo más del 95% de aquel presente en el suelo se encuentra en estado orgánico formando parte de la materia orgánica. En su forma simple o soluble, disponible para las plantas; Donoso (1981), señala que se puede encontrar como sales de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). En tanto Sierra y Rojas (2002) indican que el contenido de nitrógeno total en los suelos presentes en la zona Norte y Central del país, puede variar entre 0,05 % hasta 0,15 %.

Fósforo (P): En su forma compleja insoluble se presenta como compuesto inorgánico en forma de apatita, fosfato de calcio; Fe y Al. Como compuesto orgánico se encuentra en forma de ácidos nucleicos y otros (Donoso, 1981). Sierra y Rojas (2002), señalan que el contenido de fósforo orgánico de los suelos presente en la superficie arable puede variar entre un 20% a 80%, y el porcentaje restante se encuentra asociado a la fracción inorgánica del suelo. En su forma simple o soluble, disponible para las plantas, se puede encontrar como

Fosfatos de Ca, K, Mg, etc, además de formas orgánicas solubles como  $\text{HPO}_4^-$  y  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

Potasio (K): En su forma compleja insoluble Donoso (1981), señala que se presenta como feldespatos, micas, arcillas. En su forma simple o soluble, se encuentra como iones de potasio adsorbidos por los coloides y sales de potasio ( $\text{K}^+$ ).

Calcio (Ca): En su forma compleja insoluble se presenta como feldespatos, hornblenda, calcita y dolomita. En su forma simple o soluble, se presenta como iones de calcio adsorbidos por los coloides y sales de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) (Donoso, 1981).

Magnesio (Mg): En su forma compleja insoluble se encuentra como mica, hornblenda, sodomita y serpentina. Además, puede ser encontrado en forma de arcillas (silicatos de Al). En su forma simple se presenta como iones de magnesio adsorbidos por los coloides ( $\text{Mg}^{++}$ ) (Donoso, 1981).

Azufre (S): Según Donoso (1981) en su forma compleja se puede presentar como compuesto inorgánico en forma de pirita y yeso y también como compuesto orgánico. En su forma simple, puede ser encontrado como sulfitos y sulfatos de calcio, magnesio y potasio, entre otros. Sierra y Rojas (2002) indican que el Azufre es una fuente muy importante para las plantas, la que transformada en sulfato, permite una adecuada nutrición.

### **3.9. Erosión de los Suelos**

Según Gonzáles y Pérez (2001), existen tres tipos de erosión: a) Geológica, b) Hídrica y c) Eólica.

a) Geológica: referido al proceso de desgaste de la superficie terrestre, provocada por la acción de la fuerza de la naturaleza.

b) Hídrica: Según lo descrito por Carrasco (2002) y Fernández, (s.f.), el efecto de la lluvia, específicamente de la gota de agua al caer sobre el suelo desnudo, produce erosión, la cual resulta de la disgregación de las partículas de suelo. Como resultado de lo anterior, las partículas de menor tamaño, como las arcillas y limos, quedan libres y disgregadas entre sí, lo que junto a la materia orgánica presente son arrastradas por el agua de escorrentía que no consigue infiltrarse en el suelo. Esto puede provocar la aparición de surcos o cárcavas en el suelo desnudo, lo que se intensifica en aquellas zonas con pendiente.

c) Eólica: Referido al movimiento de tierra promovido por la acción de los vientos. Fernández (s.f.), señala que la acción de los vientos sobre suelos desnudos puede provocar efectos de erosión negativos para la superficie de la tierra, destruyendo agregados naturales y desplazando las partículas de menor tamaño.

### **3.10. Acondicionador de Suelos**

Existen variados componentes especiales que ayudan a retener el agua. Entre ellos, se encuentra Hidrosorb, compuesto biodegradable, con pH neutro,

capaz de acondicionar y mejorar la capacidad de absorción, retención y entrega de agua y nutrientes a la tierra y otros medios de crecimiento para las plantas. Este compuesto orgánico no contamina el suelo ni el agua subterránea. Posee más de 20 sustancias dispuestas en cristales hidroabsorbentes y abonos minerales que estimulan el crecimiento de las plantas<sup>1</sup>.

### **3.11. Análisis Estadístico**

Antes de realizar los análisis de varianza se debe aplicar alguna de las pruebas de bondad de ajuste (Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov), las cuales han sido desarrolladas con el propósito de determinar si los datos provienen de una determinada población con una cierta distribución de probabilidad  $F(x)$ , para lo cual se plantean las siguientes hipótesis:

$$H_0 = x \sim F(x)$$

$H_1 =$  los datos no se ajustan a la distribución  $F(x)$ .

#### **3.11.1. Prueba Chi-cuadrado**

Esta prueba se utiliza para muestras donde los datos siguen una distribución continua. Se basa específicamente en el agrupamiento de los datos a través de intervalos de clase, para determinar si los datos corresponden a un modelo de distribución. Esta prueba debe ser usada cuando se presentan muestras de tamaño grande (Canavos, 1995).

---

<sup>1</sup> [www.hidrosorb.com/productos.htm](http://www.hidrosorb.com/productos.htm), consultado 17 de octubre de 2006.

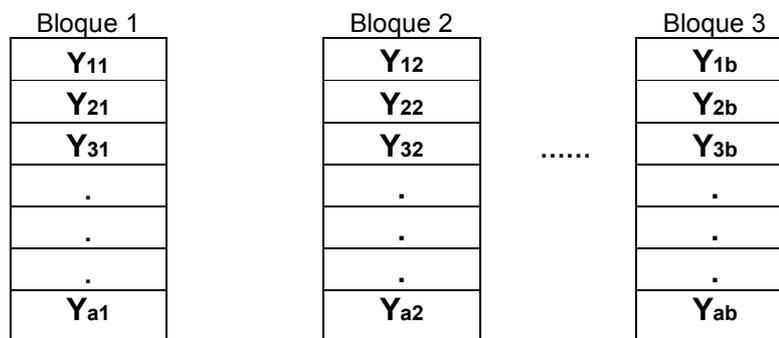
### 3.11.2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Esta prueba se utiliza para muestras pequeñas dónde los datos provienen de una distribución continua. Se basa en una comparación entre las funciones de distribución acumulativa que se observan en la muestra ordenada y distribuida y la distribución propuesta bajo la hipótesis nula.

Si esta comparación indica una diferencia lo suficientemente grande entre el modelo de distribución muestral y propuesto, entonces la hipótesis nula de que la distribución es  $F_o(x)$ , se rechaza (Canavos, 1995).

### 3.11.3. Estadística Paramétrica. Bloques aleatorizados

El diseño de bloques aleatorizados, según Montgomery, (2004), se utiliza cuando se poseen **a** tratamientos que van a compararse y **b** bloques. El modelo utiliza una cierta cantidad de observaciones por tratamiento en cada bloque, y el orden en que se corren los tratamientos dentro de cada bloque se determina al azar (Figura 5)



Fuente: Diseño y análisis de experimentos, Montgomery, (2004).

Figura 5: Diseño de bloques completos aleatorizados.

El modelo estadístico para bloques completamente aleatorizados puede escribirse de varias formas. Una de ellas es:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + (T \times \beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{array} \right. \quad (1)$$

dónde  $\mu$  es la media global,  $T_i$  es el efecto del tratamiento  $i$ -ésimo,  $\beta_j$  es el efecto de del bloque  $j$ -ésimo,  $(T \times \beta)_{ij}$  es la interacción entre tratamiento y bloque y  $\epsilon_{ijk}$  es el término del error NID  $(0, \sigma^2)$  usual. Se debe considerar desde el inicio, que los tratamientos y bloques son factores fijos y que los efectos de los tratamientos y de los bloques se consideran por lo general como desviaciones de la media global, por lo que:

$$\sum_{i=1}^a T_i = 0 \quad \text{y} \quad \sum_{j=1}^b \beta_j = 0 \quad (2)$$

Este modelo se utiliza para probar si las medias de los tratamientos son iguales. Por lo que las hipótesis de interés son:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$$

$$H_1 = \text{al menos una } \mu_i \neq \mu_j$$

Puesto que la media del tratamiento  $i$ -ésimo es  $\mu_i = (1/b) \sum_{j=1}^b (\mu + T_i + \beta_j) = \mu + T_i$ , una manera equivalente de escribir las hipótesis anteriores es en términos de los efectos de los tratamientos, por ejemplo:

$$H_0 = T_1 = T_2 = \dots = T_a = 0$$

$$H_1 = T_i \neq 0 \text{ para al menos una } i$$

Finalmente y mediante una serie de procedimientos se puede representar la suma de cuadrados total de forma simbólica como se muestra a continuación:

$$SS_T = SS_{\text{Tratamientos}} + SS_{\text{Bloques}} + SS_E \quad (3)$$

Asumiendo que hay  $N$  observaciones, la  $SS_T$  tiene  $N-1$  grados de libertad. Así mismo si hay  $a$  tratamientos y  $b$  bloques, entonces la  $SS_{\text{Tratamientos}}$  y  $SS_{\text{Bloques}}$  tienen  $a-1$  y  $b-1$  grados de libertad, respectivamente. La suma de cuadrados del error ( $SS_E$ ), es sólo la suma de cuadrados entre celdas menos la suma de cuadrados de los tratamientos y los bloques. Asimismo, la suma de cuadrados medios se obtiene, para cada caso, dividiendo la suma de cuadrados de la respectiva fuente de variación por sus grados de libertad.

Para probar la igualdad de las medias de los tratamientos, se usaría el estadístico de prueba:

$$F_0 = \frac{MS_{\text{Tratamientos}}}{MS_E} \quad (4)$$

el cuál, se distribuye como  $F_{a-1, (a-1)(b-1)}$  si la hipótesis nula es verdadera. La región crítica es la cola superior de la distribución  $F$ , y  $H_0$  se rechazaría si  $F_0 > F_{\alpha, a-1, (a-1)(b-1)}$ .

A continuación en el CUADRO N°1, se muestra el procedimiento resumido de los cálculos de análisis de varianza, que pueden ser obtenidos en forma manual ó a través de software de estadística.

CUADRO N°1: Análisis de varianza de un diseño de bloques completos aleatorizados.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F0
Tratamientos	SS Tratamientos	$A - 1$	SS Tratamientos / $a - 1$	MS Tratamientos / MSE
Bloques	SS Bloques	$B - 1$	SS Bloques / $b - 1$	
Error	SS E	$(a - 1)(b - 1)$	SS E / $(a - 1)(b - 1)$	
Total	SS T	$N - 1$		

### 3.11.4. Comparaciones múltiples

Si los tratamientos de un diseño en bloque completamente aleatorizado son fijos, y el análisis indica alguna diferencia significativa entre las medias de los tratamientos, entonces interesará realizar comparaciones múltiples para saber cuáles son los tratamientos cuyas medias difieren. Para ello pueden utilizarse varias pruebas de comparación, según los requerimientos del investigador. Una de ellas es la prueba del rango múltiple de Duncan (Montgomery, 2004).

#### 3.11.4.1. Prueba del rango múltiple de Duncan

Una de los procedimientos más utilizados para comparar todos los pares de medias según Montgomery (2004), es la prueba del rango múltiple, desarrollada por Duncan. Esta prueba consiste básicamente en probar las diferencias observadas entre las medias, empezando con la más

grande contra la menor, la cual se compararía con el rango mínimo de significación. Después se calcula la diferencia de la mayor y la segunda menor y se compara con el rango mínimo de significación. Estas comparaciones se continúan hasta que todas las medias se hayan comparado con la media mayor. Por último se calcula la diferencia entre la segunda media mayor y la menor y se compara con el rango mínimo de significación. Éste proceso se continúa hasta que sean consideradas las diferencias entre todos los pares de medias posibles. Cuando una diferencia observada es mayor que el rango de significación mínima correspondiente, se concluye que el par de medias en cuestión es significativamente diferente. Para evitar contradicciones, ninguna de las diferencias entre un par de medias se considera significativa si las dos medias en cuestión se localizan entre otras dos medias que no difieren significativamente (Montgomery, 2004).

## IV METODOLOGÍA

### 4.1. Material Vegetal

Las plantas utilizadas para el ensayo, fueron donadas por las alumnas Catherine Norambuena y Karen Avendaño que anteriormente, hicieron estudios de enraizamiento y viverización, para la realización de su Memoria de Título, en la Universidad de Talca. Las especies utilizadas son: *Escallonia illinita* K. Presl.; *Fabiana imbricata* R. et P.; *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.) Johnst y *Proustia cuneifolia* D.Don (Figura 6).



Figura 6: Plantas utilizadas en el ensayo

## 4.2. Lugar de Establecimiento

El ensayo se estableció en el talud ubicado frente a la entrada norte de Talca (Figura 7). En la exposición norte del talud, se demarcó una parcela de 12,8 m \* 4 m obteniendo una superficie final de 51,2 m<sup>2</sup>. Dentro de esta parcela se ubicó el ensayo rodeando las plantas, por un cordón de protección compuesto por plantas de las mismas especies.



Figura 7: Lugar de establecimiento del ensayo.

Previo a la preparación del suelo para la plantación, se caracterizó el sitio, recopilando algunos datos como altura y pendiente del talud, esto último con la ayuda de un clinómetro. También se efectuó un muestreo del suelo, recolectando varias submuestras en forma aleatoria, para su análisis químico a fin de detectar potenciales limitantes para el crecimiento de las plantas. El análisis químico fue efectuado por el Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC) perteneciente a la Universidad de Talca.

### 4.3. Elección de las Plantas y Etapa de Plantación

Para el ensayo se eligieron plantas que presentaban un buen desarrollo además de un aspecto sano y vigoroso. Previo a la plantación realizada el día 16 de agosto del año 2006, se identificaron las plantas caracterizándolas en base a su altura y diámetro a la altura de cuello. Posteriormente las plantas fueron llevadas al lugar de plantación y dispuestas una a una en sus respectivas casillas.

Las casillas de plantación, también conocidas como hoyaduras con dimensiones aproximadas de 15 cm por lado, y 20 cm de profundidad, se encuentran distanciadas a 0,8 m en la fila y 1 m entre filas y están dispuestas en forma de “tres bolillos”, con un total de 144 casillas correspondientes al ensayo. A cada casilla se le agregó, aproximadamente 30 grs de Hidrosorb, compuesto que asegura un suministro uniforme de humedad a las plantas (Figura 8).



Figura 8: Casilla de plantación con Hidrosorb.

Los instrumentos utilizados durante esta etapa fueron: huincha de distancia, chuzo, pala plantadora, estacas delimitadoras, cal para demarcar el terreno y cuchillos cartoneros para abrir las bolsas. Durante la plantación, fueron empleados algunos materiales de seguridad como chalecos reflectantes y conos para disminuir la velocidad del flujo vehicular presente durante ese momento.

El tiempo aproximado empleado durante la plantación fue de 6 horas durante 1 día, con la ayuda de 4 personas (Figura 9).



Figura 9: Etapa de plantación.

#### **4.4. Diseño Experimental del Ensayo.**

El ensayo fue dispuesto en un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados. Para ello fueron considerados tres bloques siendo estos las posiciones de las plantas sobre el talud (superior, media e inferior). Cada bloque posee 4 repeticiones (R1, R2, R3 y R4) y cada repetición posee 3 ejemplares de las 4 especies estudiadas consideradas tratamientos,

con lo que se obtiene un total de 48 plantas por bloque (Apéndice I: CUADRO N°6).

#### **4.5. Etapa de Medición.**

Nueve semanas después de la plantación, se realizó la evaluación de establecimiento. Para ello, se procedió a cuantificar la sobrevivencia contabilizando el número de plantas vivas y relacionándolo con el número inicial de plantas dispuestas en el ensayo mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas vivas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas del ensayo inicial}} * 100$$

También se midió altura y el diámetro a la altura de cuello (dac) de cada una de las plantas (Figura 10), con la ayuda de huincha de medir y pie de metro digital. Con estos datos y los valores iniciales (cuantificados antes de la plantación para ambas variables), se calculó su incremento mediante un diferencial para cada planta, con lo que se procedió a realizar el análisis estadístico. El incremento se obtuvo según la siguiente fórmula:

$$\text{Diferencial de altura}(\Delta h) = \text{altura final} - \text{altura inicial}$$

$$\text{Diferencial de diámetro de cuello} (\Delta \text{ dac}) = \text{dac final} - \text{dac inicial}$$



Figura 10: Medición diámetro de cuello.

#### 4.6. Análisis Estadístico de los Datos.

Una vez obtenidos los incrementos de altura y diámetro de altura al cuello, fue necesario comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Posterior a esto, y para determinar si la especie y la ubicación en el talud influyeron en la respuesta a las variables cuantificadas (incremento en DAC y h), los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza. Finalmente se realizó un contraste de medias mediante un test estadístico. Para este caso se utilizó la prueba de Intervalos Múltiples de Duncan, con un nivel de significancia del 5%. Para sobrevivencia, a través de los porcentajes provenientes de la cuantificación, se procedió a realizar el mismo análisis.

### Las hipótesis fueron:

Ho: No hay diferencias entre los efectos.

H1: Si hay diferencia entre los efectos.

Los efectos son:

a) efecto tratamiento.

b) efecto bloque.

El modelo estadístico lineal utilizado para un diseño con dos factores fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + (T \times \beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = observación k-ésima de los efectos.

$\mu$  = respuesta promedio general.

$T_i$  = efecto del tratamiento i, con  $i = 1, \dots, 4$ , dónde:

1 = *Escallonia illinita*. K. Presl.

2 = *Fabiana imbricata*. R. et. P.

3 = *Muehlenbeckia hastulata*. (J.E.Sm)Johnst.

4 = *Proustia cuneifolia*. D.Don.

$\beta_j$  = efecto del bloque j con  $j = 1, \dots, 3$ , dónde:

1 = superior.

2 = medio.

3 = inferior.

$(T \times \beta)_{ij}$  = efecto de interacción para el i-ésimo nivel del tratamiento y el j-ésimo nivel del bloque.

$\epsilon_{ijk}$  = error aleatorio de la unidad experimental.

Todos los datos fueron procesados mediante una planilla Excel y el programa computacional STATGRAPHICS CENTURION XV versión 15.2.00.

## V PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Suelo

El análisis de suelo realizado al talud (ANEXO N°1), arrojó un bajo contenido de Nitrógeno (N) presente en él (5 ppm), que se explica por la inexistencia de vegetación, específicamente de materia orgánica en el talud. También, la poca presencia de este elemento se puede deber a efectos de erosión.

Tanto los elementos Fósforo (P) como Potasio (K), se encontraron en el suelo en niveles considerados medios, con 15 ppm y 114 ppm respectivamente, no siendo limitantes, ya que estos elementos son importantes para la fisiología y crecimiento de las plantas (Guerrero, 2000). También se evidenció una baja presencia de Boro (B), con sólo 0,4 ppm.

También se detectaron altas concentraciones de metales pesados tales como Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), y Hierro (Fe) con 12 ppm, 2,98 ppm, 1,34 ppm y 21,6 ppm respectivamente, que se explica por la presencia continua de tráfico vehicular por el sector. Es preciso señalar que la presencia de estos elementos es necesaria para la nutrición de las plantas, aunque en bajas concentraciones (Guerrero, 2000).

Se registró un pH de 6,65 lo que representa una neutralidad ácido-básica y no significa una limitante para el crecimiento vegetal. Sin embargo según Wiley (1975), no se debe hacer algún tipo de interpretación en relación a la acidez o pH referida a la respuesta vegetal, ya que los requerimientos de cada planta son diferentes. Si puede hacerse algún tipo de estudio en relación

a las sustancias tóxicas presentes, la asimilabilidad de nutrientes y la actividad microbiana.

Como es de esperar frente a la inexistencia de vegetación antes de la instalación del ensayo, se encontró un bajo porcentaje de materia orgánica (1,42 %).

Por último, la baja conductibilidad eléctrica del suelo, de sólo 0,066 dS/m, indica que no habrá riesgos debido a la concentración de sales.

## **5.2. Supervivencia**

A los datos de supervivencia (Apéndice II: CUADRO N° 7), se les aplicaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, lo cual se puede apreciar en el Apéndice II: Gráfico 1 y 2.

Según el análisis de varianza con un 95% de confianza, para los datos de supervivencia promedio (Apéndice II: CUADRO N° 8), se puede evidenciar que ésta se vio influenciada significativamente por el factor tratamiento (especie), y el factor bloque (posición dentro del talud), con un valor -  $p$  de 0,0009 y 0,0318, respectivamente.

El factor repetición obtuvo un valor -  $p$  de 0,1833, lo que indica, que la supervivencia de las plantas no esta influenciada significativamente por éste

También en este cuadro se puede evidenciar que no existe interacción entre los factores analizados.

Al realizar la Prueba de Comparación Múltiple de Medias o Test de Duncan para el factor tratamiento, se pudo evidenciar diferencias estadísticas significativas entre la sobrevivencia de *Proustia cuneifolia* D. Don con las tres especies restantes. En cuanto al factor bloque, se pudo evidenciar diferencias estadísticas significativas entre el bloque 2 con el 1 y el 3 (CUADRO N°2).

CUADRO N°2: Porcentaje promedio de sobrevivencia y Prueba de Comparación Múltiple de Medias por tratamiento y bloque.

Tratamiento	N° de datos	% promedio	Grupos Homogéneos
E	12	100	a
F	12	94,50	a
M	12	100	a
P	12	80,56	b
<b>Bloque</b>			
1	16	89,58	b
2	16	100	a
3	16	91,67	b

**Nota:**

E= *Escallonia illinita* K. Presl.

F = *Fabiana imbricata* R. et P.

M = *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.) Johnst.

P = *Proustia cuneifolia* D. Don.

1 = posición alta en el talud.

2 = posición media en el talud.

3 = posición baja en el talud.

% promedio = Porcentaje promedio de sobrevivencia.

a y b = Letras minúsculas distintas denotan diferencia estadística significativa según Test de Duncan.

Las plantas presentes en el bloque 2 obtuvieron el mayor porcentaje promedio de sobrevivencia con un 100 % total. El bloque 1 fue el que obtuvo menor porcentaje promedio de sobrevivencia con 89,6 % aproximado. Así mismo, la sobrevivencia de las especies se manifestó del siguiente modo. *Escallonia illinita* (K. Presl) y *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst, obtuvieron un 100% de sobrevivencia, seguido por *Fabiana imbricata* (R. et P.) y *Proustia cuneifolia* (D.Don) con 94,5 % y 80.6 % respectivamente

Las plantas pertenecientes al bloque 2 que presentaron un mayor porcentaje promedio de sobrevivencia, se explica por la posición en la cual se encontraban, estando rodeadas por una mayor cantidad de plantas (las pertenecientes a los bloques 1 y 3, además de las consideradas para eliminar el efecto borde) que probablemente les otorgaron una mayor protección. Con respecto a los resultados de sobrevivencia separada por especie, éste resultado puede deberse al desarrollo de las plantas al momento de ser establecidas, presentando las especies que obtuvieron los valores más altos, características más favorables respecto a vigor y tamaño que la especie *Proustia cuneifolia* D.Don.

### **5.3. Incremento en Altura**

El incremento en altura de cada planta se logró al restar los datos obtenidos después de haber transcurrido 9 semanas con la medición inicial. (Apéndice III: CUADRO N° 9).

Con los datos se probaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad lo cual se puede apreciar en el Apéndice III, gráficos N° 3 y 4.

El análisis de Varianza efectuado con un 95% de confianza, para los factores tratamiento (especie) y bloque (posición en el talud; alta; media; baja) (Apéndice III: CUADRO N°10), evidenció que el factor tratamiento afectó significativamente la respuesta al incremento en altura con un valor  $-p$  de 0,0000, no así el bloque y la repetición, los cuales tuvieron valores  $-p$  de 0,3864 y 0,4458 respectivamente. También en este cuadro, se puede evidenciar que no existe interacción entre los efectos principales, es decir, entre las combinaciones de tratamientos y bloques con sus respectivas repeticiones.

El test de Duncan o Prueba de Comparación Múltiple de Medias, evidenció que todos los tratamientos (especies), obtuvieron diferencias significativas en cuanto al incremento en altura (CUADRO N°3).

CUADRO N°3: Contraste Múltiple de Rangos para Incremento en Altura según tratamiento (especie).

Tratamiento	N° de datos	Promedio IH (cm)	Grupos Homogéneos
E	36	14,87	d
F	34	5,27	b
M	36	1,53	a
P	29	8,83	c

Nota:

E= *Escallonia illinita* K. Presl.

F = *Fabiana imbricata* R. et P.

M = *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.) Johnst.

P = *Proustia cuneifolia* D. Don.

IH= incremento en altura cm

a, b, c, d = Letras minúsculas distintas denotan diferencia estadística significativa según el Test de Duncan.

#### **5.4. Incremento en Diámetro a la Altura de Cuello**

Al mismo tiempo en que fue tomada la segunda y última medición de altura (9 semanas) fue medido el diámetro de cuello en cada planta. El diferencial de dac se obtuvo al restar ambas mediciones del periodo (Apéndice IV: CUADRO N°11).

Para analizar los datos fue necesario realizar una transformación a los datos originales ( $\log [\Delta \text{ dac} + 1]$ ), ya que estos no cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

El Análisis de Varianza realizado con un 95% de confianza, para los datos transformados, evidenció que no existen diferencias significativas en los factores evaluados, es decir, ni el tratamiento (especie), ni el bloque (posición) influyen el incremento en diámetro a la altura de cuello de las plantas. Además, se probó que la interacción de los factores tampoco influye en el incremento en diámetro a la altura de cuello. (Apéndice IV: CUADRO N°12). El

CUADRO N° 4 muestra el incremento promedio por tratamiento (especie) y bloque (posición).

CUADRO N° 4: Incremento promedio de dac por tratamiento (especie) y bloque (posición)

Tratamiento	N° de datos	% promedio (mm)
E	36	1,14
F	34	0,71
M	36	0,81
P	29	1,11
<b>Bloque</b>		
1	43	0,62
2	48	1,02
3	44	1,19

Nota:

E= *Escallonia illinita* K. Presl.

F = *Fabiana imbricata* R. et P.

M = *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.) Johnst.

P = *Proustia cuneifolia* D. Don.

1 = posición alta en el talud.

2 = posición media en el talud.

3 = posición baja en el talud.

## 5.5. Relación Incremento en Altura y Diámetro a la Altura del Cuello al cuadrado

Como el incremento de diámetro a la altura de cuello no evidenció alguna diferencia significativa se evaluó si el incremento en diámetro a la altura de cuello al cuadrado, multiplicado por el incremento en altura ( $\Delta \text{dac}^2 * \Delta h$ ) poseen alguna diferencia significativa. Para esto se trabajó con los datos obtenidos de la multiplicación de ambos factores, con lo que se obtuvieron los datos que se pueden apreciar en el Apéndice V: CUADRO N°: 13

Se probaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, los cuales no se cumplieron, por lo que fue necesaria la transformación de los datos. La transformación fue  $\log [\Delta \text{altura} * \Delta \text{dac}^2 + 1]$ . Los supuestos de normalidad y homocedasticidad para estos datos se pueden apreciar en el Apéndice V Gráficos N° 7 y 8.

Según el análisis de Varianza realizado, con un 95 % de confianza, para los datos transformados, indica que existen diferencias significativas para el factor tratamiento (especies), con un valor -  $p$  de 0,0000, no así el bloque y la repetición, los cuales tuvieron valores -  $p$  de 0,0785 y 0,2061 respectivamente. También en este cuadro, se puede evidenciar que no existe interacción entre los efectos principales, es decir, entre las combinaciones de tratamientos y bloques con sus respectivas repeticiones (Apéndice V: CUADRO N°: 14).

Al realizar la Prueba de Comparación Múltiple de Medias o Test de Duncan para el factor tratamiento, se pudo evidenciar diferencias estadísticas significativas entre las especies *Escallonia illinita* K. Presl., *Fabiana imbricata* R. et P. con las especies *Muehenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst y *Proustia cuneifolia* D. Don (CUADRO N°5).

CUADRO N° 5: Contraste Múltiple de Rangos para  $\log(\text{dac}^2 * h + 1)$ , según tratamiento (especie).

Tratamiento	Nº de datos	Promedio ( $\Delta \text{dac}^2 * h$ )	Grupos Homogéneos
E	36	1,983	b
F	34	0,932	a
M	36	0,398	a
P	29	1,643	b

Nota:

E= *Escallonia illinita* K. Presl.

F = *Fabiana imbricata* R. et P.

M = *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.) Johnst.

P = *Proustia cuneifolia* D. Don.

Prom. Incremento  $\text{dac}^2 * h$  = Incremento promedio de diámetro a la altura de cuello al cuadrado por diferencial de altura.

## VI CONCLUSIONES

Bajo las condiciones ensayadas en terreno, las especies *Escallonia illinita* K.Presl y *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm) Johnst, mostraron altos porcentajes de sobrevivencia, ambas con un total promedio de 100 %. En tanto *Fabiana imbricata* R. et P, logró un promedio algo inferior, correspondiente a 94,5 %. Todas las especies antes nombradas tuvieron diferencias estadísticas significativas con la especie *Proustia cuneifolia* D. Don de la cual sólo un 80,6 % de las plantas de sobrevivieron. En cuanto a la variable posición en el talud, se pueden evidenciar diferencias significativas entre los bloque 1 y 3 (posiciones alta y baja) con valores promedio de 89,58 % y 91,67 % con el bloque 2 (posición media), con un porcentaje promedio de 100 % de sobrevivencia.

Todas las especies lograron incrementos de altura significativamente diferentes. *Escallonia illinita* K.Presl, logró el mayor promedio de incremento en altura con un 14,87 %, mientras que *Fabiana imbricata* R. et P, *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm.) Johnst y *Proustia cuneifolia* D. Don, lograron promedios significativamente menores, con un 5,27 %; 1,53 % y 8,83 % respectivamente.

La variable incremento en diámetro a la altura de cuello (dac), no evidenció diferencias significativas para ninguno de los factores evaluados.

En cuanto a la relación de incremento en altura y diámetro a la altura de cuello al cuadrado, se evidenciaron diferencias significativas entre las especies, por lo que se puede decir, en relación a los análisis anteriores, que el incremento en altura al presentar diferencias significativas entre los tratamientos, influye en esta relación.

## **VII RECOMENDACIONES**

Se recomienda seguir el establecimiento de estas especies sobre el talud en tiempos más prolongados, para evaluar si efectivamente se trata de especies capaces de revegetar un talud.

Sería conveniente seguir esta línea de investigación, buscando especies que posean características similares de resistencia a la tolerancia de factores ambientales adversos y que a la vez otorguen al medio urbano un aspecto visual más agradable para la sociedad.

## VIII BIBLIOGRAFÍA

Canavos, G. 1995. Pruebas de bondad de ajuste y análisis de tablas de contingencia. *In* Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos. México. Editorial McGraw-Hill/ Interamericana de México S. A. 362 - 374 p.

Carrasco, J. 2002. Prácticas de conservación de suelos. *In* INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile) Tecnologías y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de los suelos degradados. Santiago, Chile. 27-51 p. (Serie de actas N ° 15)

Donoso, C. 1978. Dendrología árboles y arbustos chilenos. Chile. Editorial U. de Chile. 192 p.

Donoso, C. 1981. Ecología forestal el bosque y su medio ambiente. Santiago, Chile. Editorial Universitaria S.A. 369 p.

Fernández, S. (s.f.). Arboricultura urbana y medio ambiente. Consultado 3 sep. 2006. Disponible en <http://sanfern.iies.es>

FONDEF (Fondo Nacional de Fomento, Chile). 2002. Avances en restauración ambiental con énfasis en recuperación ecológica. Santiago, Chile. 111 p. (Publicaciones misceláneas forestales. N°14)

González, J.; Pérez, C. 2001. Diagnóstico sobre el estado de degradación del recurso suelo en el país: situación de los suelos en el país. Chillán, Chile. Editorial Hugo Rodríguez Alister. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°15. 194 p.

Green, D. 2006. Recuperación de Relaves Abandonados. (en línea). Revista de Extensión Ambiente Forestal 1(1):42-46. Consultado 12 mar. 2007. Disponible en [http://www.forestal.uchile.cl/ambiente\\_forestal/ambiente\\_forestal\\_1.pdf](http://www.forestal.uchile.cl/ambiente_forestal/ambiente_forestal_1.pdf)

Guanajuato, L. 2001. Diccionario enciclopédico Alfa. Color para el siglo XXI. Colombia. Editorial Thema S.A. 412 p.

Guerrero, A. 2000. Los abonos. *In* El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Barcelona, España. Editorial Mundi-Prensa. 41-69 p.

Hoffmann, A. 1998. Flora silvestre de Chile. Zona central. 4a ed. Santiago, Chile. Editorial Fundación Claudio Gay. 258 p.

Honorato, R. 2000. Manual de edafología. 4ª ed. México. Editorial Alfaomega. 179-202

INFOR (Instituto Forestal, Chile); CORFO (Corporación de Fomento, Chile). 1995. Manual de forestación. Zonas áridas y semiáridas. Santiago, Chile. 29 p. (Manual N° 21). 135 p.

Montgomery, D. 2004. Bloques aleatorizados, cuadrados latinos y diseños relacionados. *In* Diseño y análisis de experimentos. 2a ed. México. Editorial Limusa. 126-164 p.

Morales, J. (s.f.). Arbustos ornamentales cualidades y usos. Consultado 13 mayo 2006. Disponible en [http://infojardin.com/arbustos\\_directorio.htm](http://infojardin.com/arbustos_directorio.htm).

Mosqueira, R. 2002. Evaluación del efecto de tres acondicionadores del suelo en plantaciones de taludes de camino en la VI y VII regiones. Memoria Ing. Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 87 p.

Ortiz, C. s.f. Fitorremediación. Una solución para los desechos del cobre. (en línea). Fundación Ciencia para la Vida. Consultado 12 de mar. de 2007. Disponible en [http://www.bioplanet.net/magazine/bio\\_julago\\_2004\\_julago\\_ecología.htm](http://www.bioplanet.net/magazine/bio_julago_2004_julago_ecología.htm)

Pizarro, R.; Sangüesa C. 2002. Estudios hidrológicos en la Región del Maule. Talca, Chile. Editorial Universidad de Talca. 195 p.

Riedeman, P.; Aldunate, G. 2001. Flora nativa de valor ornamental, identificación y propagación: Chile zona centro. Chile. Editorial Andrés Bello. 566 p.

ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY. 1999. Técnicas de poda y formación. Gonzáles, J.; Rodríguez, C. Barcelona. Editorial Blume. 160 p.

Sierra, C.; Rojas, C. 2002. La materia orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de la producción de los cultivos. *In* INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile) Tecnologías y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de los suelos degradados. Santiago, Chile. 5-26 p. (Serie de actas N ° 15).

Wiley, J. (1975). Acidez del suelo. *In* relaciones suelo-planta. Rabuffetti, A. Nueva York, Estados Unidos. Editorial Hemisferio sur. Tomo I: 299-390

## APÉNDICE I

### 1.1. Distribución de la especie en la parcela

CUADRO N°6: Diseño Experimental del ensayo

		R1				R2				R3				R4			
B1		F12	M18	M23	E12	F14	P14	F26	P25	F21	P20	F27	M33	E22	P2	F23	F17
		F6	E20	E13	P10	P32	M19	E29	E21	E19	E27	M5	E14	M1	E28	E6	P15
		P13	P34	M8	F13	F32	M20	E30	M30	M25	F3	P21	P33	P8	M35	M32	F30
B2		P12	P11	P31	F35	F34	E31	F16	P30	P3	M21	E1	F29	P29	F1	M31	E34
		M3	F15	F8	M13	P1	P7	F9	E9	F31	P36	E23	F20	E18	M34	E35	P18
		E7	E36	M29	E17	E33	M9	M14	M7	M11	P17	E15	M16	F7	M15	F28	P5
B3		E32	M28	P19	M12	M26	F2	P23	E2	E8	P16	E26	F11	M4	M2	E5	F18
		F24	P24	P28	F5	E25	F19	P27	M36	E4	P9	P26	F22	P6	F36	E24	P35
		M27	E16	F4	E11	M6	F33	E10	P4	M17	F10	M24	M10	E3	P22	M22	F25

**Nota:**

$B_i$  = bloque o posición  $i$  con  $i = 1, 2, 3$

Dónde

1 = bloque 1 ó posición superior.

2 = bloque 2 ó posición media.

3 = bloque 3 ó posición inferior.

$R_j$  = repetición  $j$  con  $j = 1, \dots, 4$

$E_k$  = *Escallonia illinita* K. Presl. con  $k$ -ejemplares =  $1, \dots, 36$ .

$F_l$  = *Fabiana imbricata* con  $l$ -ejemplares =  $1, \dots, 36$ .

$M_m$  = *Muehlenbeckia hastulata* (J.E.Sm)Johnst con  $m$ -ejemplares =  $1, \dots, 36$ .

$P_n$  = *Proustia cuneifolia* D.Don, con  $n$ -ejemplares =  $1, \dots, 36$ .

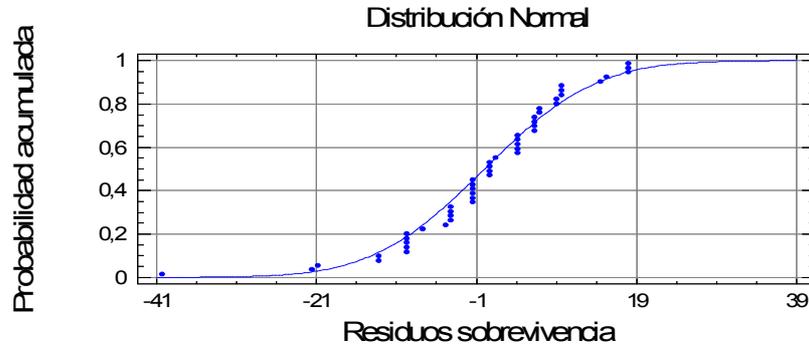
## APENDICE II

### 2.1. Supervivencia

CUADRO N°7: Porcentajes de Supervivencia

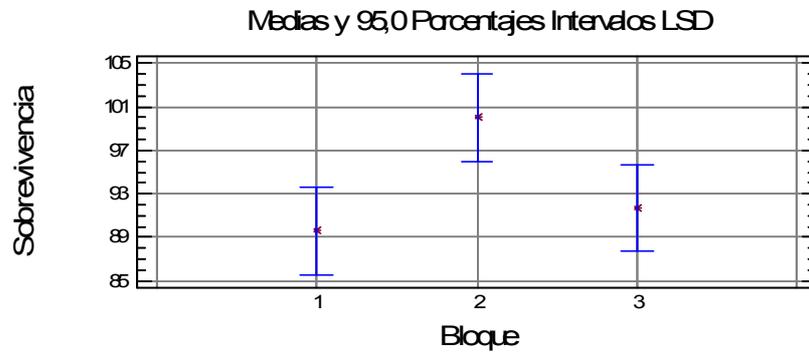
Porcentaje promedio de Supervivencia					
		TRATAMIENTO			
BLOQUE	REPETICION	E	F	M	P
1	1	100	66,7	100	66,7
1	2	100	100	100	66,7
1	3	100	100	100	66,7
1	4	100	100	100	66,7
2	1	100	100	100	100
2	2	100	100	100	100
2	3	100	100	100	100
2	4	100	100	100	100
3	1	100	100	100	66,7
3	2	100	100	100	100
3	3	100	100	100	100
3	4	100	66,7	100	33,3
<b>PROM. TRATA</b>		100	94,4	100	80,6

Gráfico 1: Normalidad de los residuos para la variable porcentaje de supervivencia.



**Valor -  $p = 0,548154$  (K-S)**

Gráfico 2: Homocedasticidad, variable porcentaje de supervivencia.



### 2.1.1. Análisis de varianza para sobrevivencia

CUADRO N°8: Análisis de varianza para sobrevivencia

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F0	valor-p
<b>A:Tratamientos</b>	3032,41	3	1010,8	8,73	0,0009
<b>B:Bloques</b>	927,222	2	486,111	4,20	0,0318
<b>C:Repetición</b>	625,0	3	208,333	1,80	0,1833
<b>Interacciones</b>					
<b>AB</b>	1250,0	6	208,333	1,80	0,1558
<b>AC</b>	1620,37	6	270,062	2,33	0,0764
<b>BC</b>	763,889	9	84,8765	0,73	0,6745
<b>Residuos</b>	2083,33	18	115,748		
<b>Total (corregido)</b>	10347,2	47			

## APENDICE III

### 3.1. Incremento en Altura

CUADRO N° 9: Altura inicial, final e incremento por bloque, para las plantas del diseño expresada en cm.

Plantas Bloque 1				Plantas Bloque 2				Plantas Bloque 3			
PLANTA	H INICIAL	H FINAL	INCREMENTO	PLANTA	H INICIAL	H FINAL	INCREMENTO	PLANTA	H INICIAL	H FINAL	INCREMENTO
F12	35	44	9	P12	8	20	12	E32	51	70	19
M18	56	56	0	P11	9	23	14	M28	33	46	13
M23	65	66	1	P31	21	30	9	P19	23,8	31	7,2
E12	57	58	1	F35	33	33	0	M12	43	43	0
F6	37	46	9	M3	59	59	0	F24	34	40	6
E20	44	60	16	F15	28,8	33	4,2	P24	14,4	30	15,6
E13	53	59	6	F8	24	34	10	P28	8,6	-	-
P10	3	-	-	M13	108	116	8	F5	36	44	8
P13	19,6	28	8,4	E7	46	71	25	M27	81	81	0
P34	6	24	18	E36	49	58	9	E16	49	64	15
M8	29	32	3	M29	51	52	1	F4	42	53	11
F13	31	40	9	E17	52	72	20	E11	61	75	14
F14	36	36	0	F34	35	43	8	M26	103	103	0
P14	15,6	-	-	E31	62,6	71	8,4	F2	52	66	14
F26	34	37	3	F16	36	37	1	P23	16,8	25	8,2
P25	10	22	12	P30	6	13	7	E2	75,3	93	17,7
P32	18,8	26	7,2	P1	11	16	5	E25	60	71	11

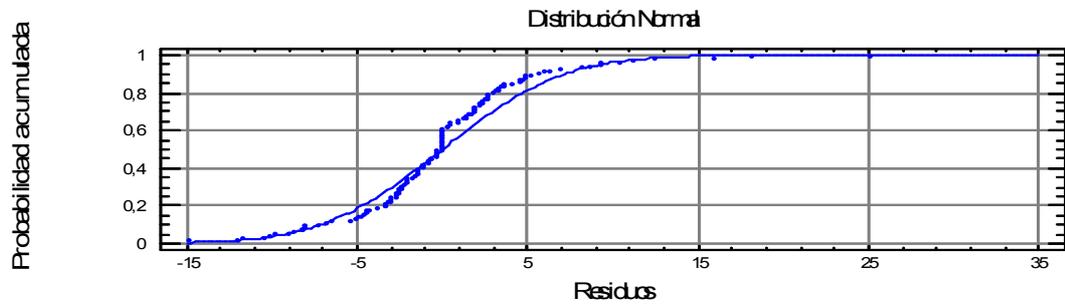
Continuación CUADRO N°9

PLANTA	H INICIAL	H FINAL	INCREMENTO	PLANTA	H INICIAL	H FINAL	INCREMENTO	PLANTA	H INICIAL	H FINAL	INCREMENTO
M19	82	82	0	P7	4	17	13	F19	36	42	6
E29	56	60	4	F9	39,8	45	5,2	P27	17	26	9
E21	69	96	27	E9	66	70	4	M36	66	66	0
F32	36	43	7	E33	25	69	44	M6	83	83	0
M20	74	74	0	M9	72	74	2	F33	45	50	5
E30	67	83	16	M14	36	41	5	E10	47,4	61	13,6
M30	48	48	0	M7	50	50	0	P4	14	26	12
F21	32	40	8	P3	32,8	35	2,2	E8	48,5	73	24,5
P20	12,2	-	-	M21	41	41	0	P16	20	31	11
F27	45	56	11	E1	76	93	17	E26	51	59	8
M33	53	56	3	F29	38	38	0	F11	36	38	2
E19	62	89	27	F31	33,6	40	6,4	E4	59	72	13
E27	42	45	3	P36	19	25	6	P9	14,8	28	13,2
M5	75	75	0	E23	63	89	26	P26	18,8	23	4,2
E14	56	59	3	F20	40	47	7	F22	44	48	4
M25	97	100	3	M11	60	64	4	M17	27	30	3
F3	43,4	49	5,6	P17	18	41	23	F10	42	42	0
P21	16,4	25	8,6	E15	48,5	52	3,5	M24	40	40	0
P33	20	26	6	M16	69	69	0	M10	61	61	0
E22	57	57	0	P29	16,8	25	8,2	M4	44	44	0
P2	21	-	-	F1	44	50	6	M2	100	100	0
F23	35	35	0	M31	81	90	9	E5	74	85	11
F17	34	37	3	E34	53	70	17	F18	40	40	0
M1	100	100	0	E18	51	78	27	P6	6	-	-
E28	49	65	16	M34	62	62	0	F36	29	39	10
E6	42	55	13	E35	46	55	9	E24	44,8	54	9,2
P15	22	22	0	P18	20	20	0	P35	14	20	6
P8	20	25	5	F7	25	25	0	E3	56,6	94	37,4
M35	68	68	0	M15	79	79	0	P22	23	35	12
M32	60	60	0	F28	41	43	2	M22	65	65	0
F30	31,6	36	4,4	P5	7	18	11	F25	39	43	4

**Nota:**

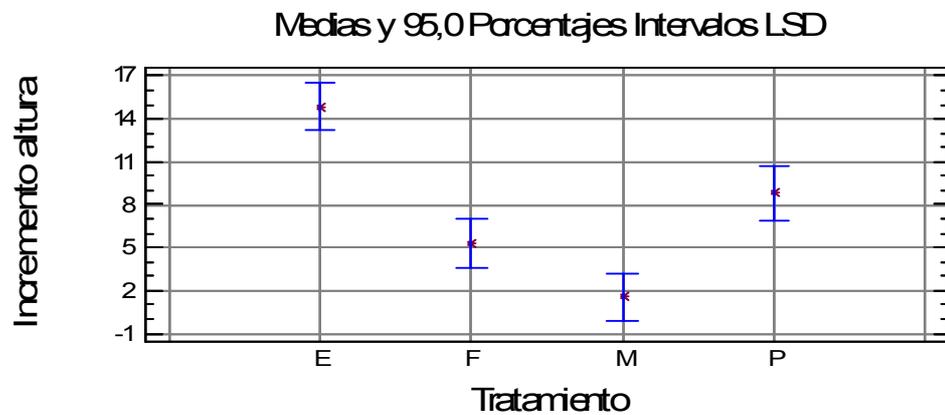
Las plantas F6; P2; P10; P14 y P20 pertenecientes al bloque 1 y las plantas F25; P6; P22 y P28 pertenecientes al bloque 3 no lograron sobrevivir, por lo que no existen registros de incremento, exceptuado las plantas F6 del bloque 1 y las plantas F25 y P22 del bloque 3, las cuales no sobrevivieron, pero lograron un incremento en altura durante el periodo de evaluación. Todas las plantas del bloque 2 lograron sobrevivir.

**Gráfico 3:** Normalidad de los residuos para la variable Incremento en Altura (cm)



Valor -  $p = 0,0887924$  (K-S)

**Gráfico 4:** Homocedasticidad, variable Incremento en Altura.



### 3.1.1. Análisis de varianza para incremento en altura

CUADRO N°10: Análisis de varianza para incremento en altura.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F0	valor-p
<b>A:Tratamientos</b>	3449,66	3	1149,89	24,05	0,0000
<b>B:Bloques</b>	91,928	2	45,964	0,96	0,3864
<b>C:Repetición</b>	128,786	3	42,9287	0,90	0,4458
<b>Interacciones</b>					
<b>AB</b>	219,124	6	36,5207	0,76	0,6004
<b>AC</b>	175,191	9	19,4657	0,41	0,9282
<b>BC</b>	56,3354	6	9,38923	0,20	0,9770
<b>ABC</b>	240,571	18	13,365	0,28	0,9982
<b>Residuos</b>	4160,18	87	47,8182		
<b>Total (corregido)</b>	8563,28	134			

## APÉNDICE IV

### 4.1. Incremento en Diámetro de Cuello

CUADRO N° 11: Diámetro de cuello inicial, final e incremento para las plantas, expresada en mm.

Plantas Bloque 1				Plantas Bloque 2				Plantas Bloque 3			
PLANTA	dac INICIAL	dac FINAL	INCREMENTO	PLANTA	dac INICIAL	dac FINAL	INCREMENTO	PLANTA	dac INICIAL	dac FINAL	INCREMENTO
F12	5	5,68	0,68	P12	2,5	8,7	6,2	E32	5	5,13	0,13
M18	5	5,74	0,74	P11	2,2	2,24	0,04	M28	3,8	4,98	1,18
M23	3,5	4,6	1,1	P31	4	4,18	0,18	P19	3	5	2
E12	9	9,1	0,1	F35	6	6,49	0,49	M12	7	7,27	0,27
F6	5	7,54	2,54	M3	4	5,48	1,48	F24	5	6,83	1,83
E20	6	6,32	0,32	F15	4,5	4,81	0,31	P24	3,8	4,68	0,88
E13	8,1	8,28	0,18	F8	6	6,3	0,3	P28	3,4	-	-
P10	3	-	-	M13	3,9	4,95	1,05	F5	5	7,36	2,36
P13	5	5,35	0,35	E7	6,5	6,94	0,44	M27	3,5	4,74	1,24
P34	3,9	4,23	0,33	E36	8	11	3	E16	6	6,97	0,97
M8	5,5	6,28	0,78	M29	3,8	3,9	0,1	F4	6	6,17	0,17
F13	5	5,22	0,22	E17	7,8	8,5	0,7	E11	5,7	11,82	6,12
F14	5,5	6,55	1,05	F34	7	7,55	0,55	M26	4,2	4,84	0,64
P14	4	-	-	E31	11	19,77	8,77	F2	5	5,67	0,67
F26	5	5,97	0,97	F16	5	6,18	1,18	P23	3	3,55	0,55
P25	3,43	3,43	0	P30	2,5	3,88	1,38	E2	7	8,3	1,3
P32	2,4	2,97	0,57	P1	3,5	4,13	0,63	E25	7,5	9,24	1,74

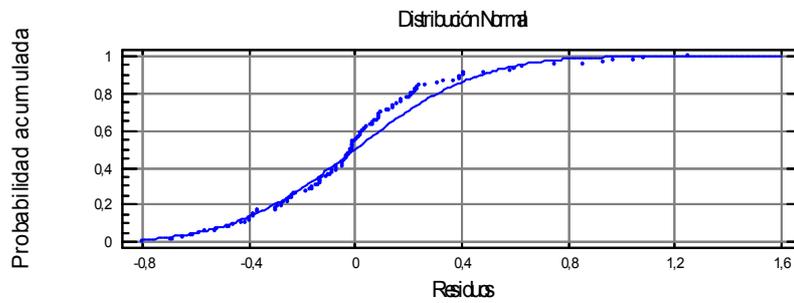
Continuación CUADRO N°11.

Plantas Bloque 1				Plantas Bloque 2				Plantas Bloque 3			
PLANTA	dac INICIAL	dac FINAL	INCREMENTO	PLANTA	dac INICIAL	dac FINAL	INCREMENTO	PLANTA	dac INICIAL	dac FINAL	INCREMENTO
M19	3,2	4,74	1,54	P7	1,7	4,24	2,54	F19	6,5	6,82	0,32
E29	13	13,75	0,75	F9	6,05	6,07	0,02	P27	3,9	4,03	0,13
E21	9	9,98	0,98	E9	4	4,86	0,86	M36	5	5,12	0,12
F32	5	5,65	0,65	E33	9,5	11,33	1,83	M6	5,8	9,69	3,89
M20	4,4	5,13	0,73	M9	4,8	6,25	1,45	F33	8,5	8,88	0,38
E30	10	10,68	0,68	M14	5,5	5,62	0,12	E10	3	3,62	0,62
M30	4,2	4,3	0,1	M7	4,4	4,65	0,25	P4	2,5	4,75	2,25
F21	7,5	7,9	0,4	P3	3	3,62	0,62	E8	8	8,3	0,3
P20	4	-	-	M21	4,9	5,45	0,55	P16	3,9	10,7	6,8
F27	7	7,05	0,05	E1	8	8,18	0,18	E26	4,3	4,76	0,46
M33	4	4,29	0,29	F29	5,5	6,73	1,23	F11	5	8,75	3,75
E19	9	9,35	0,35	F31	5	5,78	0,78	E4	7,1	7,44	0,34
E27	8	8,19	0,19	P36	3	3,85	0,85	P9	3	3,44	0,44
M5	4	4,23	0,23	E23	10	10,05	0,05	P26	3,2	3,85	0,65
E14	6	6,64	0,64	F20	6,5	6,6	0,1	F22	4,3	4,83	0,53
M25	5	5,73	0,73	M11	5,8	5,96	0,16	M17	4	4,75	0,75
F3	6	6,79	0,79	P17	3	5,13	2,13	F10	6,3	6,85	0,55
P21	2	2,12	0,12	E15	8,2	8,46	0,26	M24	6	6,33	0,33
P33	2,2	4,81	2,61	M16	5,5	6,37	0,87	M10	4,5	5	0,5
E22	4,7	4,81	0,11	P29	3,9	4,4	0,5	M4	3,4	6,01	2,61
P2	4,5	-	-	F1	6	7,04	1,04	M2	4	4,86	0,86
F23	3	3,51	0,51	M31	4,5	6,18	1,68	E5	6	10,78	4,78
F17	6	6,67	0,67	E34	9	9,46	0,46	F18	6	6,22	0,22
M1	4	4,87	0,87	E18	8,5	9,35	0,85	P6	5	-	-
E28	9	9,63	0,63	M34	5	5,8	0,8	F36	5,5	6,07	0,57
E6	8	8,84	0,84	E35	6	6,28	0,28	E24	8	8,35	0,35
P15	3,8	4,84	1,04	P18	3,2	3,65	0,45	P35	4	4,03	0,03
P8	4	5	1	F7	5	5,26	0,26	E3	5	5,5	0,5
M35	3	3,55	0,55	M15	4,1	4,34	0,24	P22	3	4,21	1,21
M32	3,5	3,83	0,33	F28	6	6,66	0,66	M22	3,4	3,58	0,18
F30	6	6,52	0,52	P5	2,1	2,35	0,25	F25	5,5	6,1	0,6

**Nota:**

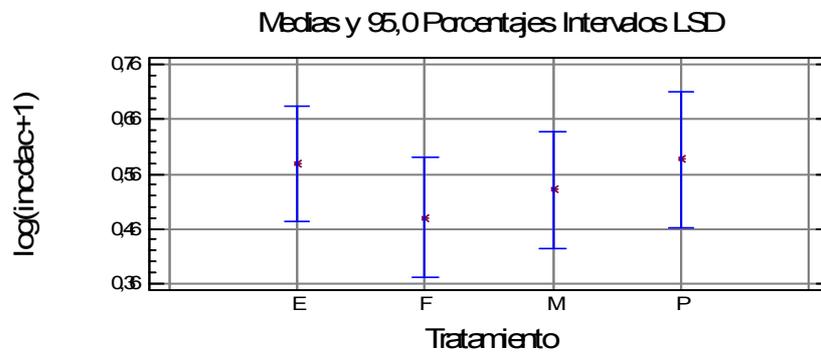
Las plantas F6; P2; P10; P14 y P20 pertenecientes al bloque 1 y las plantas F25; P6; P22 y P28 pertenecientes al bloque 3 no lograron sobrevivir, por lo que no existen registros de incremento, exceptuado las plantas F6 del bloque 1 y las plantas F25 y P22 del bloque 3, las cuales no sobrevivieron, pero lograron un incremento en altura durante el periodo de evaluación. Todas las plantas del bloque 2 lograron sobrevivir.

Gráfico 5: Normalidad de los residuos para la variable diámetro a la altura de cuello dac (mm)



**Valor -  $p= 0,115334$**

Gráfico 6: Homocedasticidad, variable diámetro de altura al cuello.



#### 4.1.1. Análisis de varianza para incremento en diámetro a la altura de cuello

CUADRO N°12: Análisis de varianza para datos transformados de diámetro a la altura de cuello.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F0	valor-p
<b>A:Tratamientos</b>	0,234402	3	0,0781341	0,38	0,7683
<b>B:Bloques</b>	0,705835	2	0,352917	1,71	0,1865
<b>C:Repetición</b>	0,463645	3	0,154548	0,75	0,5254
<b>Interacciones</b>					
<b>AB</b>	0,449774	6	0,0749624	0,36	0,9000
<b>AC</b>	2,32769	9	0,258633	1,25	0,2732
<b>BC</b>	0,916374	6	0,152729	0,74	0,6181
<b>ABC</b>	2,63233	18	0,146241	0,71	0,7927
<b>Residuos</b>	17,9317	87	0,206112		
<b>Total (corregido)</b>	25,7042	134			

## APÉNDICE V

### 5.1. Relación Incremento en Altura y Diámetro a la Altura del Cuello al cuadrado.

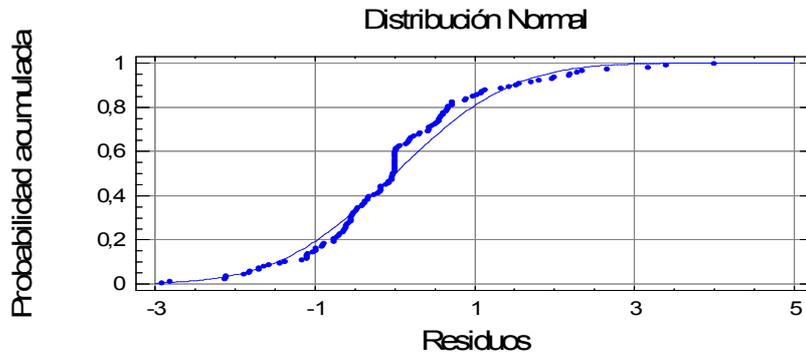
CUADRO N° 13: Datos diferencial  $\text{dac}^2$  por diferencial altura.

Especie	Bloque	Repetición	$\Delta(\text{dac}^2 \cdot h)$	Especie	Bloque	Repetición	$\Delta(\text{dac}^2 \cdot h)$	Especie	Bloque	Repetición	$\Delta(\text{dac}^2 \cdot h)$
E	2	3	0,5508	E	1	2	25,9308	F	3	1	44,5568
E	3	2	29,913	E	1	4	0	F	2	4	0
E	3	4	9,35	E	2	3	0,065	F	2	1	0,9
E	3	3	1,5028	E	3	4	1,127	F	2	2	0,00208
E	3	4	251,3324	E	3	2	33,3036	F	3	3	0
E	1	4	9,1728	E	3	3	1,6928	F	3	3	28,125
E	2	1	4,84	E	1	3	0,1083	F	1	1	4,1616
E	3	3	2,205	E	1	4	6,3504	F	1	1	0,4356
E	2	2	2,9584	E	1	2	2,25	F	1	2	0
E	3	2	5,22784	E	1	2	7,3984	F	2	1	0,40362
E	3	1	524,3616	E	2	2	646,06836	F	2	2	1,3924
E	1	1	0,01	E	3	1	0,3211	F	1	4	1,3467
E	1	1	0,1944	E	2	2	147,3516	F	3	4	0
E	1	3	1,2288	E	2	4	3,5972	F	3	2	0,6144
E	2	3	0,2366	E	2	4	0,7056	F	2	3	0,07
E	3	1	14,1135	E	2	1	81	F	1	3	1,28
E	2	1	9,8	F	2	4	6,4896	F	3	3	1,1236
E	2	4	19,5075	F	3	2	6,2846	F	1	4	0
E	1	3	3,3075	F	1	3	3,49496	F	3	1	20,0934
E	1	1	1,6384	F	3	1	0,3179	F	1	2	2,8227

Continuación CUADRO N°13.

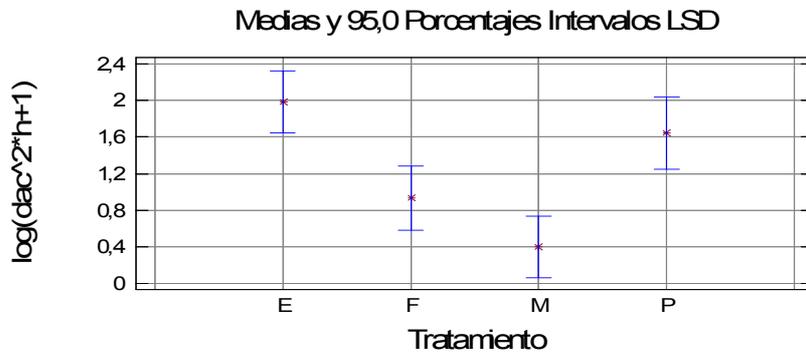
Especie	Bloque	Repetición	$\Delta(\text{dac}^2\text{h})$	Especie	Bloque	Repetición	$\Delta(\text{dac}^2\text{h})$	Especie	Bloque	Repetición	$\Delta(\text{dac}^2\text{h})$
F	1	3	0,0275	M	2	3	0	P	2	2	83,8708
F	2	4	0,8712	M	3	3	1,6875	P	1	4	5
F	2	3	0	M	1	1	0	P	3	3	2,55552
F	1	4	1,18976	M	1	2	0	P	2	1	0,0224
F	2	3	3,89376	M	1	2	0	P	2	1	461,28
F	1	2	2,9575	M	2	3	0	P	1	1	1,029
F	3	2	0,722	M	3	4	0	P	1	4	0
F	2	2	2,42	M	1	1	1,21	P	3	3	508,64
F	2	1	0	M	3	3	0	P	2	3	104,3487
F	3	4	3,249	M	1	3	1,5987	P	2	4	0
M	1	4	0	M	3	2	0	P	3	1	28,8
M	3	4	0	M	3	1	0	P	1	3	0,12384
M	2	1	0	M	3	1	18,1012	P	3	2	2,4805
M	3	4	0	M	2	1	0,01	P	3	1	12,08064
M	1	3	0	M	1	2	0	P	1	2	0
M	3	2	0	M	2	4	25,4016	P	3	3	1,7745
M	2	2	0	M	1	4	0	P	3	2	0,1521
M	1	1	1,8252	M	1	3	0,2523	P	2	4	2,05
M	2	2	4,205	M	2	4	0	P	2	2	13,3308
M	3	3	0	M	1	4	0	P	2	1	0,2916
M	2	3	0,1024	M	3	2	0	P	1	2	2,33928
M	3	1	0	P	2	2	1,9845	P	1	3	40,8726
M	2	1	8,82	P	2	3	0,84568	P	1	1	1,9602
M	2	2	0,072	P	3	2	60,75	P	3	4	0,0054
M	2	4	0	P	2	4	0,6875	P	2	3	4,335

Gráfico 7: Normalidad de los residuos para la variable Diámetro a la altura de cuello al cuadrado por altura ( $\Delta dac^2 * h$ )



Valor -  $p = 0,0752546$  (K-S)

Gráfico 8: Homocedasticidad, variable Diámetro a la altura de cuello al cuadrado por altura ( $\Delta dac^2 * h$ )



**5.1.1. Análisis de varianza para la relación incremento en altura y diámetro a la altura de cuello al cuadrado.**

CUADRO N°14: Análisis de varianza para datos transformados de diámetro a la altura de cuello al cuadrado por altura ( $\Delta(dac^2 * h)$ ).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F0	valor-p
<b>A:Tratamientos</b>	52,7075	3	17,5692	8,61	0.0000
<b>B:Bloques</b>	10,6906	2	5,34528	2,62	0,0785
<b>C:Repetición</b>	9,51495	3	3,17165	1,55	0,2061
<b>Interacciones</b>					
<b>AB</b>	8,87075	6	1,47846	0,72	0,6307
<b>AC</b>	33,3359	9	3,70399	1,82	0,0765
<b>BC</b>	13,1403	6	2,19005	1,07	0,3845
<b>ABC</b>	14,2489	18	0,791606	0,39	0,9871
<b>Residuos</b>	177,449	87	2,03965		
<b>Total (corregido)</b>	325,131	134			

CENTRO TECNOLÓGICO DE SUELOS Y CULTIVOS  
**CTSyc**

TALCA, 07 DE DICIEMBRE 2006

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL: SRA. ÚRSULA DOLL  
RUT: 14.571.629-2 COMUNA: TALCA

AT. SRTA.: CAROLINA CABELLO

FECHA RECEPCIÓN: 29 DE NOVIEMBRE  
FECHA DE ENTREGA: 07 DE DICIEMBRE

**Resultado del Análisis de Suelo**

CÓDIGO	ENSAYO	N ppm	P ppm	K ppm	M.O %	PH	C.E dS/m
31139	Talud Talca	5B	15M	114M	1,42	6,65 NEU	0,066 S/R

CÓDIGO	ENSAYO	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm	B ppm
31139	Talud Talca	12,00A	2,98 A	1,34 A	21, 60 A	0,406

CÓDIGO	ENSAYO	Ca cmol(+)/Kg	Mg cmol(+)/Kg
31139	Talud Talca	6,99M	1,62 A

MA : MUY ALTO    A : ALTO    M : MEDIO    B : BAJO    MB : MUY BAJO    NEU : NEUTRO  
mAC : MODERADAMENTE ÁCIDO    mAL : MODERADAMENTE ALCALINO    S/R : SIN RIESGO

f  
JUAN PABLO CASTRO CONCHA  
ING. AGRÓNOMO - GERENTE CTSyc

NOTA: EL CTSyc SE RESPONSABILIZA DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS, NO ASÍ DE LA REPRESENTATIVIDAD DEL MATERIAL ENTREGADO POR EL INTERESADO, ADEMÁS ESTE INFORME NO PUEDE SER UTILIZADO EN NINGÚN TIPO DE LITIGIO.-

ACREDITADO POR LA SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO  
COMISIÓN DE NORMALIZACIÓN Y ACREDITACIÓN (CNA).

CASILLA 747 - 721, FONOS: (56)71-201650 - FONO-FAX: (56)71-200424 E-mail:  
ctsyc@utalca.cl - www.ctsyc.cl - TALCA-CHILE