



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Estudio ontogénico del porcentaje de enraizamiento para la especie Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.) en ambientes controlados**

Patrocinante: Dr. Rubén Peñaloza W.

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

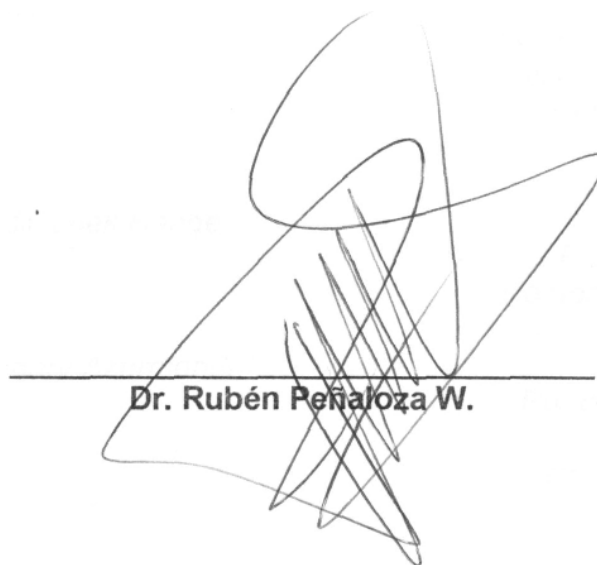
**KATHERINE ANDREA BERNER NIKLITSCHKEK**

**VALDIVIA  
2004**

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		NOTA
Patrocinante:	Dr. Rubén Peñaloza	<u>7</u>
Informante:	Sr. Jaime Büchner	<u>0</u>
Informante:	Srta. Paulina Hechenleitner	6.

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



Dr. Rubén Peñaloza W.

# **DEDICATORIA**

*A mi padre "Udo Bemer Klein"*

*Por su apoyo y confianza en  
los momentos más difíciles.  
Eres mi ejemplo a seguir.  
"Gracias Papito"*

*A mi madre "Verónica Niklitschek Haeger"*

*Porque a pesar de todo,  
siempre vas a ser mi mamá.  
"Gracias Mamita"*

*Y a mi leal compañero "Henry Azurmendi"*

*Por que aprendí a tener fe,  
en el momento que  
empezaste a creer en mí.  
"Gracias Monin"*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi profesor guía, Don Rubén Peñaloza; por todo el apoyo que me brindó durante estos meses y por haber depositado su confianza en mí, para elaborar éste proyecto.

A mis profesores informantes, Don Jaime Büchner y Paulina Hechenleitner por todas las sugerencias y atención prestada para el proyecto.

A CEFOR S.A. y sobre todo a su Gerente de Producción, Señora Nery Carrasco; por la entrega del material vegetal y por el cuidado de ellos.

A la Directora de escuela, Señora Angélica Aguilar; por haberme entregado una mano en los momentos más difíciles que pasé por la carrera.

A nuestra Secretaria, "La Ale"; para ella faltan palabras de agradecimiento, ya que nos apoyó a todos sin importar nombre ni apellido. Por cada duda o problema que tuve, ahí estaba ella solucionándolos. Millones y millones e infinitas gracias Ale, (TE VOY A EXTRAÑAR UN MONTÓN).

A mis profesores del Colegio Germania de Puerto Varas y a mi curso (3° medio C), que a pesar que no haya egresado con ustedes, siempre fueron mi único curso.

A mi amiga "Colín", quien supo que la distancia no significa el quiebre de una amistad. Y quiero darte las gracias de haberme presentado a la Lore Heise, ya que fue un gran apoyo cuando te fuiste a Santiago.

A mi antiguo grupo de estudio, Toño Minte, Rodrigo Stange y Javier "P"ilva; ya que fueron un tremendo empuje en mi carrera.

A mi compañera desde Mechona, Liliana Villalobos; que a pesar de que no resultó que viviéramos juntas y que casi nos agarráramos a puñetazos frente al profe Meneses, si logramos formar una verdadera amistad de confianza. Ojalá que la distancia no rompa éste lazo. TE QUIERO MUCHO AMIGA.

A mi amiga Kuky Fresard, a quien me hubiese gustado haber conocido antes, ya que es una excelente persona, que no anda con rodeos para decir las cosas. Espero que sigamos siempre en contacto.

Al curso del Énfasis de Plantaciones, por ser los compañeros más "Bacanes" del 2004. Y cuando quieran jugamos de nuevo al amigo secreto.

A mis compañeros de universidad en especial Juane Martínez, Rodrigo Novoa (Novy) y Alvaro Jaramillo (Pito), con quienes lo pasé súper bien durante los últimos años de mi carrera.

A mis amigos, Francisco Muñoz (Pije) y Ricardo Navarrete (Tabla); por los casi 10 años de amistad y que a pesar de los altos y bajos, aún seguimos siendo partners.

A mi Opapa, Omama, Omi, Tantes y Onkeis; quienes desde lejos me daban ánimo para seguir adelante.

A mi regalona de cuatro patas "Josefa", quien siempre estuvo al lado mío mientras yo leía mis apuntes y se colocaba sobre mis piernas cuando trabajaba frente al computador. Por tus ronroneos de ánimo, siempre vas a ser mi gatita regalona.

A mi hermano Rodrigo, que a pesar que las relaciones fallaron un tiempo; sé que siempre quisiste lo mejor para mi.

A mi Mami, quien con sus oraciones diarias me enviaba la fortaleza DEL DE ARRIBA. Y por que sin tu ayuda, no hubiese logrado ser; la alumna que fui en el colegio.

A mi "Monín", porque me ayudaste a sobrevivir en los momentos que creía que el mundo se me acababa, por ayudarme en muchos ramos de la carrera, sobre todos aquellos relacionados con economía; que aunque no lo creas, terminé entendiéndolos en su momento. Por todos los dolores de cabeza que te di y al final todo se resume en la paciencia que me tuviste y que me tienes aun.....GRACIAS Y TE AMO.

Finalmente, quiero agradecer a la persona que estuvo conmigo todo el tiempo de mi vida y mi carrera; a aquél que me levantaba cada vez que me caía, que le dejé tintando el bolsillo por mis inestabilidades. A la persona que le debo todo lo que soy, MI PAPITO. Gracias por ser mi guía, mi base de apoyo, mi amigo; pero por sobre todo, GRACIAS POR SER MI PAPA.....TE QUIERO MÁS QUE MUCHO.

## INDICE DE MATERIAS

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Aspectos generales de la Propagación Asexual	3
2.1.1 Razones para emplear Propagación Vegetativa	3
2.1.2 Propagación Vegetativa por Estacas	4
2.2 Bases anatómicas de la propagación por estacas	4
2.2.1 Formación y desarrollo de raíces adventicias (Rizogénesis)	4
2.2.2 Polaridad de crecimiento	5
2.3 Bases fisiológicas para la iniciación de raíces	6
2.3.1 Sustancias reguladoras del crecimiento	6
2.3.2 Inhibidores endógenos del enraizamiento	7
2.4 Factores que afectan a la regeneración de estacas	8
2.4.1 Selección del material para estacas	8
2.4.2 Época de recolección de la estaca	10
2.4.3 Tratamiento de las estacas	10
2.4.4 Condiciones ambientales durante el enraizamiento	11
2.5 Descripción de la especie <i>Eucryphia cordifolia</i> Cav.	12
2.5.1 Antecedentes de la especie	12
2.5.2 Distribución geográfica	13
2.5.3 Consideraciones ecológicas	13
2.5.4 Usos	13
2.6 Antecedentes de propagación vegetativa de la especie	13
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	15
3.1 Ubicación del ensayo	15

3.2	Material vegetal	16
3.2.1	Lugar de recolección	16
3.2.2	Selección de árboles	16
3.2.3	Recolección del material vegetal	16
3.3	Instalaciones en invernadero	17
3.3.1	Característica del invernadero	17
3.3.2	Cama de enraizamiento	17
3.3.3	Control de temperatura y humedad	17
3.4	Preparación y establecimiento de los esquejes	18
3.5	Observación y medición de esquejes	18
3.5.1	Sobrevivencia y sanidad	18
3.5.2	Longitud de raíz principal	18
3.5.3	Grado de enraizamiento	19
3.6	Diseño experimental	19
3.6.1	Tipo de investigación	20
3.6.2	Tamaño muestral de la población	20
3.7	Modelo y análisis estadístico	20
3.7.1	Modelo estadístico	20
3.7.2	Análisis descriptivo	21
3.7.3	Análisis inferencial	21
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
4.1	Análisis para el Grado de Enraizamiento	22
4.1.1	Análisis descriptivo	22
4.1.2	Análisis inferencial	24
4.2	Análisis para la Longitud de la raíz principal	25
4.2.1	Análisis descriptivo	25
4.2.2	Análisis inferencial	26

4.3	Análisis de correlación	27
4.3.1	Correlación todas las observaciones	28
4.3.2	Correlaciones por estrato	28
4.4	Análisis de sanidad y sobrevivencia	29
5.	CONCLUSIONES	30
6.	BIBLIOGRAFÍA	31
	ANEXOS	34
1	<i>Abstract</i>	
2	Planillas de recolección de datos	
3	Análisis de grado de enraizamiento	
4	Análisis de longitud de raíz principal	



## INDICE DE CUADROS

	Página	
Cuadro 1.	Parámetros descriptivos según Estrato para el grado de enraizamiento	22
Cuadro 2	Distribución del porcentaje de plantas, según grado de enraizamiento y estrato	22
Cuadro 3	Análisis de varianza, para el LOG(grado de enraizamiento)	24
Cuadro 4	Test de comparaciones múltiples de Duncan y ranking de estratos	25
Cuadro 5	Parámetros descriptivos según Estrato para la Longitud de la raíz principal (mm)	25
Cuadro 6	Distribución de la longitud de raíz principal, según grado de enraizamiento y estrato	26
Cuadro 7	Análisis de varianza, para el LOG(LRP+0.5)	27
Cuadro 8	Comparaciones múltiples de Duncan y ranking de tratamientos	27
Cuadro 9	Correlaciones según estrato	28

## INDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1.	Distribución ontogénica en la copa del árbol (Bonga 1982)	9
Figura 2.	Arbol y flor de <i>Eucryphia cordifolia</i>	12
Figura 3.	Ubicación de Arboretum (Laboratorio de Información Geográfica, Instituto Silvicultura, UACH)	15
Figura 4.	Estratificación de la copa	17
Figura 5.	Grados de enraizamiento para las estacas de Ulmo presentes en el análisis	19
Figura 6.	Distribución porcentual según estrato y grado de enraizamiento	23
Figura 7.	Promedio de longitud de raíz principal respecto al estrato	26
Figura 8.	Correlación entre el grado de enraizamiento y longitud de raíz principal	28

## RESUMEN EJECUTIVO

Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.) es una especie endémica de los bosques subantárticos de Chile. Por sus excelentes propiedades mecánicas, es utilizada en revestimientos de exteriores en construcciones rurales, leña y carbón. Sin embargo, una de sus mayores cualidades es el néctar de sus flores, de excelente calidad, que dan a la miel de abeja un sabor especial conocido como “miel de Ulmo”.

La Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF), pretende instruir a los pequeños y medianos propietarios a diversificar las especies en sus plantaciones, incorporando a ellas Ulmo. Y al mismo tiempo incentivarlos a la producción de miel.

El presente estudio, efectuado entre los meses de Mayo y Noviembre de 2004, consistió en determinar el porcentaje de enraizamiento de estacas de Ulmo, obtenidas a distintas alturas de la copa del árbol; las que fueron propagadas en forma vegetativa.

Los árboles fueron seleccionados según sus características fenotípicas, tales como, altura, diámetro y vigorosidad de la copa. Tras elegir los individuos, se estratificó cada copa en tres partes iguales y se recolectaron las estacas de 10 cm de longitud. Posteriormente, el material vegetal fue trasladado al invernadero perteneciente al Centro de Producción y Experimentación Forestal (CEFOR S.A.)

Antes de realizar el establecimiento de los esquejes en la cama de propagación, se les realizó un corte al tallo, con el fin de dejarlos entre 5 a 7 cm de largo. A su vez, se dejaron entre 2 y 4 hojas por esqueje y se les realizó un corte transversal, con el fin de disminuir la evapotranspiración.

Posteriormente, los esquejes fueron sumergidos en la solución fungicida de Benlate al 5% . Se dejó escurrir y se les aplicó el enraizante en polvo *Keri root*, para ayudar a la formación de raíces y callos. Finalmente, se establecieron los esquejes en la cama de propagación, la que estaba rellena con arena desinfectada en una profundidad de 8 cm aproximadamente.

La temperatura ambiental del invernadero, fluctuó entre 15 y 20°C; la que se controló mediante un sistema de calefacción central, y con la entrada y salida del aire por ventanas laterales. La temperatura del sustrato se controlaba con el mismo sistema de calefacción, manteniendo una temperatura de 22 °C. La humedad del ambiente y del sustrato fue proporcionada mediante un sistema de aspersion fina de agua.

Los parámetros evaluados fueron: Sanidad, sobrevivencia, longitud de raíz principal y grado de enraizamiento. Los resultados fueron, estacas sin presencia de agentes patógenos y 100% vivas. El mayor porcentaje de longitud principal y grado de enraizamiento se concentró en las estacas obtenidas de la base de la copa de los árboles. Estos resultados indican claramente el efecto ontogénico en la estratificación de la copa.

Palabras Claves: *Eucryphia cordifolia* Cav, esquejes, propagación vegetativa, ontogénico.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, no existe una valorización real del potencial productivo del bosque nativo, situación que se origina, fundamentalmente en el desconocimiento técnico - económico. En el concepto de sustentabilidad, deben conjugarse la producción, la protección y la belleza escénica de manera óptima, lo que se debe tener en consideración debido a una creciente demanda de la población.

Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.) es una especie endémica de los bosques subantárticos de Chile. Por sus excelentes propiedades mecánicas y su resistencia a la pudrición es utilizada para revestimientos de exteriores en construcciones rurales, durmientes de ferrocarriles, leña y carbón. Sin embargo, una de sus mayores cualidades es el néctar de sus flores, de excelente calidad, que dan a la miel de abeja un sabor especial conocido como “miel de Ulmo”.

CONAF (Corporación Nacional Forestal) quiere romper el círculo vicioso en plantaciones de especies introducidas, para esto pretende instruir a los pequeños y medianos propietarios a diversificar las especies en sus plantaciones siendo una de ellas Ulmo, y al mismo tiempo incentivarlos a la producción de miel de Ulmo.

Hoy en día existen variadas técnicas para acelerar los procesos de germinación de las semillas como el uso de hormonas y el uso de camas calientes en los invernaderos con el fin de entregar condiciones favorables para el desarrollo del embrión. Después de ocho a quince años se logra la primera floración de los árboles, cuando ellos alcanzan su madurez reproductiva.

Otra técnica es la propagación vegetativa, en donde se obtienen las mismas características fenotípicas y genotípicas de la planta madre empleando partes vegetativas de ésta como brotes, tallo y raíces. El enraizamiento de éstas, se logra en un período de cuatro a seis meses y su floración en un año, lo cual acorta extraordinariamente el tiempo para su uso en la producción de miel.

De igual manera, durante el período juvenil las plantas originadas por semilla no sólo no producen flores y frutos, sino que requieren de labores específicas de mantenimiento, lo cual constituye un costo adicional en años improductivos, lo que complica a los productores encareciendo los costos de producción. Sin embargo, cuando se trata de obtener material vegetativo de estacas para la propagación, es mejor obtenerlas de plantas que están en la fase juvenil.

Los sustratos comúnmente utilizados en las técnicas de propagación vegetativa son: perlita, corteza de pino, arena, turba y combinaciones entre ellos. Algunos estudios han demostrado que el mayor desarrollo radicular en Ulmo es en una mezcla de perlita y corteza de pino en concentraciones de 1:1 (Quiroz, 1997).

Varias especies han sido estudiadas en forma extensiva por su importancia económica o simplemente por sus características únicas, que hacen posible estudiar la influencia de la edad ontogénica en las raíces adventicias. Sin embargo, ésta influencia no actúa

de la misma forma para todas las especies y en nuestro caso no se sabe de estudios relacionados con la especie Ulmo.

El objetivo general del trabajo de titulación es determinar el porcentaje de enraizamiento de estacas en tres tercios diferentes de la copa del árbol de la especie Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.).

Los objetivos específicos son:

- Determinar la relación entre el largo de la raíz principal y el porcentaje de enraizamiento de las estacas.
- Determinar la relación entre el grado de enraizamiento y el porcentaje de enraizamiento de las estacas.
- Determinar la correlación entre el largo de la raíz principal y el grado de enraizamiento de las estacas

El estudio tuvo una duración aproximada de seis meses, desde el momento del establecimiento del ensayo.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Aspectos generales de la propagación asexual

La reproducción asexual, esto es la reproducción empleando partes vegetativas de la planta original, es posible porque cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar la planta entera.

Esta capacidad para regenerar la estructura entera de la planta, es una propiedad que poseen esencialmente todas las células vegetales vivientes, se demuestra en las diversas células y sistemas de células. Dicha capacidad depende de dos características fundamentales de las células vegetales. Una es la totipotencia, que significa que cada célula vegetal viviente contiene la información genética necesaria para reconstruir todas las partes de la planta y sus funciones. La segunda es la desdiferenciación, o sea la capacidad de las células maduras de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo. Como estas dos características son mas pronunciadas en algunas células y partes de la planta que en otras, el propagador debe efectuar algunas manipulaciones para proporcionar las condiciones apropiadas para el enraizamiento (Hartmann y Kester, 1990).

La propagación vegetativa es importante para preservar la homogeneidad genética de las plantas, distinguiéndose en diferentes áreas tales como: en la horticultura, floricultura, forestal y en el mejoramiento convencional (Shamshad, 1995). Este método se ha empleado para multiplicar rápidamente un gran número de especies, siendo de gran importancia en la reforestación en zonas áridas, en donde un rápido crecimiento y desarrollo es determinante para su establecimiento.

La razón primaria para el empleo de estas técnicas de propagación vegetativa es reproducir con exactitud las características genéticas de cualquier planta individual, aunque también existen muchas ventajas adicionales desde el punto de vista del cultivo (Hartmann y Kester, 1990).

#### 2.1.1 Razones para emplear propagación vegetativa

**Mantenimiento de clones.** La propagación vegetativa es asexual en cuanto a que involucra divisiones amitóticas de las células, que multiplican el genotipo de la planta; esta multiplicación asexual se designa clonación y la población de plantas descendientes se llaman clones. En la clonación las características específicas de cualquier planta individual son perpetuadas por propagación (Hartmann y Kester, 1990).

**Propagación de plantas sin semillas.** La propagación asexual es necesaria para mantener especies que no producen semillas viables.

**Evitar períodos juveniles prolongados.** Las plantas que se cultivan a partir de semillas pasan por un periodo juvenil prolongado, en el cual no ocurre floración. La propagación vegetativa retiene esa capacidad de floración y con ella se evita la fase juvenil.

**Control de la forma de crecimiento.** Durante el período juvenil las plantas originadas de semilla no sólo no producen flores y frutos, sino que a menudo muestran características morfológicas diferentes. Algunas de ellas son caracteres muy inconvenientes (por ejemplo, presencia de espinas o vigor excesivo) que se pueden evitar propagando en forma adulta por métodos vegetativos.

**Combinación de clones.** Un aspecto de la propagación asexual lo constituye la posibilidad de combinar en una sola planta dos o más clones por injerto.

**Razones económicas.** En general, la propagación en masa por medios vegetativos no es más económica que la propagación por semilla, pero su empleo se justifica por la superioridad y uniformidad de clones específicos. La principal economía de la propagación vegetativa proviene de la eliminación de la fase juvenil y del acortamiento del tiempo necesario para llegar a la madurez productiva (Hartmann y Kester, 1990).

### *2.1.2 Propagación vegetativa por estacas*

Muchas son las plantas que se propagan por medio de estacas de tallo, dependiendo su tipo de la condición de los tejidos leñosos y la época del año (Harris, 1982)

La estaca es una porción separada de la planta, provista de yemas caulinares e inducida a emitir raíces; las estacas tanto con hojas como en reposo, son susceptibles de enraizar en condiciones y con tratamientos químicos adecuados (Westwood, 1982).

En la propagación por estacas, de la planta madre se corta una porción de tallo, raíz u hoja; después de lo cual esa porción se coloca bajo ciertas condiciones ambientales favorables y se induce a que forme raíces y tallos, obteniéndose con ello una planta nueva, independiente, que en la mayoría de los casos es idéntica a la planta madre (Hartmann y Kester, 1990).

En las especies que se pueden propagar por estacas, éste método tiene numerosas ventajas. De unas cuantas plantas madres es posible iniciar nuevas plantas en un espacio limitado. Es económico, rápido, simple y no requiere las técnicas especiales de injerto. La planta madre por lo general, se reproduce exactamente sin cambio genético (Hartmann y Kester, 1990).

## **2.2 Bases anatómicas de la propagación por estacas**

### *2.2.1 Formación y desarrollo de raíces adventicias (Rizogénesis)*

Bajo el punto de vista anatómico este proceso consiste en la organización, por parte de algunas células del floema secundario, del cambium o, más frecuentemente; de los radios parenquimáticos del leño, de indicadores radiculares que, al desarrollarse, se transforman en primordios radiculares. Estos en condiciones adecuadas crecen,

atraviesan la corteza y salen al exterior mientras que en el interior se conectan con el sistema conductor (floemático y xilemático) de la estaca (Baldini, 1992).

La diferenciación y la emisión de los primordios radiculares pueden venir acompañada por la formación, en la base de las estacas, de un tejido parenquimático cicatrizal denominado callo, cuya presencia es sin duda útil (en cuanto impide el acceso de patógenos al interior de las estacas) pero sin influencia en la rizogénesis, en la que el callo no participa directa ni activamente (Baldini, 1992).

Los cambios anatómicos que pueden observarse en el tallo durante la iniciación de raíces pueden dividirse en cuatro etapas:

- a) Desdiferenciación de células maduras específicas.
- b) Formación de raíz inicial en ciertas células cercanas a los haces vasculares, las cuales se han vuelto meristemáticas por desdiferenciación.
- c) Desarrollo subsecuente de estas iniciales de raíces en primordios de raíces organizados.
- d) Desarrollo y emergencia de estos primordios radicales hacia fuera a través del tejido del tallo, más la formación de conexiones vasculares entre los primordios radicales y los tejidos conductores de la propia estaca.

Por lo general, el origen y desarrollo de las raíces adventicias se efectúa justamente fuera del núcleo central de tejido vascular. Al salir del tallo las raíces adventicias han formado una cofia y los tejidos usuales de la raíz, así como las conexiones vasculares completas con el tallo de que se originan. Las raíces adventicias usualmente se originan dentro del tallo (endógenamente) cerca del cilindro vascular, justo fuera del cambium (Hartmann y Kester, 1990).

### 2.2.2 Polaridad de crecimiento

En las estacas de tallo, las raíces se forman siempre en la base de estos órganos con un comportamiento típicamente polar

Cuando se cortan segmentos de tejidos, se altera la unidad fisiológica. Ello debe ocasionar una redistribución de algunas sustancias, probablemente auxina, explicando así las diferentes respuestas observadas en superficies antes adyacentes. El movimiento polar de las auxinas es un proceso de transporte activo y aparentemente una actividad secretoria, cuyas bases se encuentran en las características estructurales de las células individuales del floema (Hartmann y Kester, 1990).

En el caso de la rizogénesis de estacas, el fenómeno se debe a que las auxinas se transportan polarmente, desde el ápice, provenientes de las yemas, hacia las bases donde estimulan el fenómeno (Sivori *et al.*, 1980).

## 2.3 Bases fisiológicas para la iniciación de raíces

La formación de las raíces adventicias depende fundamentalmente de una serie de factores internos o endógenos, los que interactúan en forma compleja y generan un amplio rango de efectos sobre el metabolismo, crecimiento y diferenciación (Bonga, 1982).

Para explicar el proceso de inducción de raíces, normalmente se recurre a la teoría de la "rizocalina" de Bouillene. Esta teoría, establece que un compuesto fenólico específico (posiblemente dihidroxifenol) actúa como cofactor del enraizamiento. Este cofactor es producido en las hojas y yemas de las estacas y posteriormente translocado a la región de enraizamiento donde, en presencia de un factor no específico, que es translocado y que se encuentra en concentraciones bajas en los tejidos (la auxina), y de una enzima específica, localizada en las células de ciertos tejidos (polifenol-oxidasa), completan un complejo (la rizocalina), que actúa como estimulante de la rizogénesis. (Gutierrez, 1995).

### 2.3.1 Sustancias reguladoras del crecimiento

Para la iniciación de raíces adventicias, algunas concentraciones de materiales que ocurren naturalmente tienen una acción hormonal más favorable que otras. Estas relaciones han sido objeto de gran estudio. Para distinguir entre hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, puede decirse que todas las hormonas regulan el crecimiento; pero no todas las sustancias reguladoras del crecimiento son hormonas (Hartmann y Kester, 1990).

Según Weaver (1976), el término hormona, empleado correctamente, se aplica en exclusiva a los productos naturales de las plantas, sin embargo, el término "regulador" no se limita a los compuestos sintéticos, sino que puede incluir también hormonas. El término "regulador" debe utilizarse en lugar de "hormona", al referirse a productos químicos agrícolas que se utilicen para controlar cultivos. El término puede referirse aún mejor, agregándole el nombre del proceso en que influye; por ejemplo, los reguladores del crecimiento, que afectan el desarrollo de las plantas.

En definitiva, los reguladores de las plantas se pueden definir como supuestos orgánicos (diferentes de los nutrientes) que, en pequeñas cantidades, fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico vegetal (Weaver, 1976).

Varias clases de reguladores del crecimiento, como las auxinas, citoquininas, gibberelinas, ácido abscísico y etileno influyen en la formación de raíces. De ellos, las auxinas son las que ejercen mayor efecto en la formación de raíces en las estacas. Además de estos grupos, otros materiales de ocurrencia natural que no han sido bien definidos, como varios inhibidores y estimuladores, pueden desempeñar una parte menos directa en la iniciación de raíces adventicias (Weaver, 1976).

La auxina es un término genérico que se aplica al grupo de compuestos caracterizados por su capacidad para inducir la extensión de las células de los brotes. Algunas auxinas son naturales y otras se producen sintéticamente. Se asemejan al AIA (ácido indol-3-



acético), por los efectos fisiológicos que provocan en las células vegetales, el más importante de los cuales es la elongación. Por lo general, esos compuestos son ácidos de núcleo cíclico insaturado o derivados de ácidos. Los precursores de auxinas son compuestos que se pueden transformar en auxinas dentro de las plantas (Weaver, 1976).

Los estudios efectuados sobre la fisiología de las auxinas a mediados de la década de 1930 y después, mostraron que ésta intervenía en actividades de la planta tan variadas como el crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de las yemas laterales, la abscisión de hojas y frutos y en la activación de las células del cambium (Hartmann y Kester, 1990).

El ácido indol-3-acético (AIA) se identificó en 1934 como un compuesto de ocurrencia natural que tenía una actividad considerable de auxina y pronto se encontró que promovía la formación de raíces adventicias. Posteriormente se probó el ácido indolacético sintético respecto a su actividad para promover la formación de raíces en segmentos de tallo; y en 1935 varios investigadores demostraron el empleo práctico de este compuesto en la estimulación de la formación de raíces en las estacas (Hartmann y Kester, 1990).

Con respecto a esto, Westwood (1982); señala que el equilibrio entre las auxinas y otros componentes de la planta controla la formación de órganos. El movimiento de la auxina y de los cofactores del enraizamiento es polar moviéndose hacia la base, mientras que el de las citoquininas va desde la base hacia el ápice. Así la auxina estimula el enraizamiento y las citoquininas la brotación de las yemas.

Se ha confirmado muchas veces que la auxina, natural o aplicada artificialmente, es un requerimiento para la iniciación de raíces adventicias en tallos, y hasta se ha demostrado que la división de las primeras células iniciales depende de la presencia de auxina, ya sea aplicada o endógena (Hartmann y Kester, 1990).

### *2.3.2 Inhibidores endógenos del enraizamiento*

Las estacas de ciertas plantas pueden no llegar a enraizar, debido a la presencia de ciertos inhibidores del enraizamiento de ocurrencia natural.

Gutiérrez (1995), señala cinco factores que, restringen severamente las posibilidades del propagador en cuanto a su modificación, quedando éste limitado principalmente a la manipulación y control de factores externos o ambientales que inciden en el proceso rizogénico. Estos factores son:

- Ausencia o deficiencia en el contenido de auxinas endógenas.
- Ausencia o presencia de cofactores.
- Falta de una relación de concentración adecuada entre los factores de crecimiento.
- Presencia o alta concentración de inhibidores.
- Deficiencia en el contenido de nutrientes inorgánicos, sustancias de reserva orgánica, etc., y del estado hídrico de las plantas.

## 2.4 Factores que afectan a la regeneración de estacas

El estado de las estaquillas, el tipo de leño y los factores ambientales como temperatura y luz influyen también en el enraizamiento, acondicionándose al efecto de reguladores de crecimiento. También tiene importancia el efecto época de recolección y la parte de la rama de la cual se toman las estaquillas (Westwood, 1982).

A su vez, Hartmann y Kester (1990), expresan que entre las diferentes especies existe una marcada diferencia en la capacidad de enraizamiento de las estacas que se toman de ellas. Para determinar dichas diferencias es necesario hacer pruebas empíricas. Las estacas de tallo de algunas especies enraízan con tal facilidad, que con las instalaciones y cuidados más simples se puede lograr porcentajes elevados de enraizamiento. Por otra parte, todavía no se ha logrado hacer enraizar las estacas de muchas variedades y especies. Las estacas “difíciles” se pueden hacer enraizar si se toman en cuenta varios factores que influyen en ello y se mantienen en condiciones óptimas.

### 2.4.1 Selección del material para estacas

**Condición fisiológica de la planta madre.** Un factor importante es el contenido de agua del material vegetal que debe estar turgente, ya que se reduce el enraizamiento en estacas que sufren carencia de agua. La nutrición de la planta madre puede ejercer también una fuerte influencia en el desarrollo de raíces siendo favorecido por el equilibrio de bajo contenido de nitrógeno y alto contenido de carbohidratos (Hartmann y Kester, 1990).

**Edad de la planta madre.** La capacidad de propagación vegetativa está relacionada con el carácter juvenil, cuanto más joven es el ejemplar más fácil y rápida será su propagación. Este carácter juvenil persiste en las áreas basales de un árbol y las ramas más basales, lo que posibilita su empleo para la multiplicación vegetativa (Caso, 1992).

El potencial de enraizamiento está fuertemente asociado al desarrollo ontogenético, esto ha demostrado que aquellas partes altas y periféricas de las plantas, son las primeras en demostrar una disminución en el potencial de enraizamiento (Paton *et al.*, 1970). Esto lo confirma Roulund (1973), quien menciona que, las estacas obtenidas de ramas del área basal o porción baja de la copa de los árboles, tienen una mayor capacidad para enraizar que aquellas que se encuentran en la porción alta.

La relación de la juvenilidad con el crecimiento de las raíces tal vez se pueda explicar por el incremento en la formación de inhibidores del enraizamiento a medida que la planta envejece. Es posible que la reducción del potencial de enraizamiento sea el resultado de una disminución del contenido de compuestos fenólicos con la edad. Se ha postulado que los fenoles actúan como cofactores o sinergistas de la auxina en la iniciación de raíces. En ciertas plantas se observó que el contenido de fenoles era menor en las formas maduras, que en las juveniles (Hartmann y Kester, 1990).

Geneve (1995), señala que, distintas partes de una planta pueden presentar al mismo tiempo distintos estados de madurez. La parte del árbol biológicamente más joven pero cronológicamente más adulta, está ubicada entre la raíz y la base de la copa (Figura 1). La fase juvenil se caracteriza por la inhabilidad de producir flores bajo condiciones medioambientales convenientes e incluso puede ser identificada por medio de características morfológicas y fisiológicas incluyendo forma de las hojas, vigor y resistencia a enfermedades.

Por otro lado, estacas colectadas de la parte superior de la copa, son sexualmente maduras, lo cual es una desventaja cuando el objetivo de la propagación es recolectar material de propagación maduro que tenga la habilidad de producir flores y semillas (Geneve, 1995).

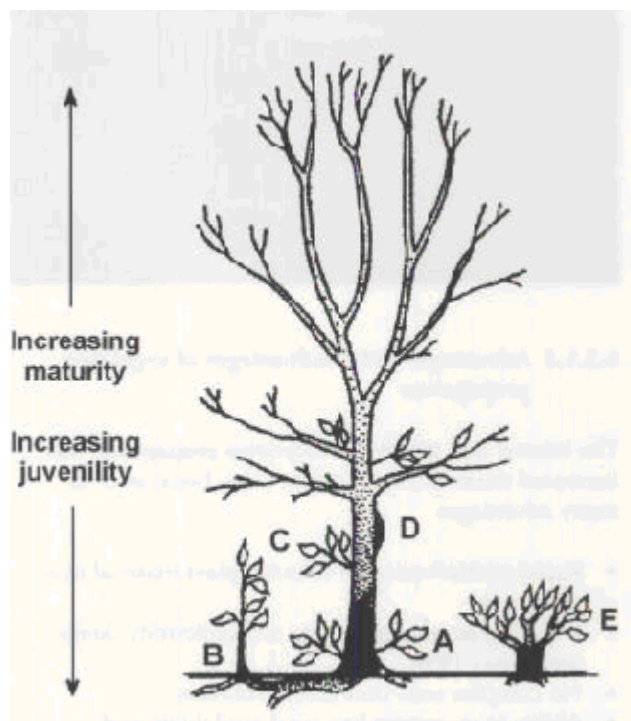


Figura 1. Distribución ontogénica en la copa del árbol (Bonga, 1982)

A si mismo, Toogood (2000); señala que la edad de la planta madre puede influir en la capacidad de propagación, siendo por lo general la multiplicación a partir de plantas más avanzadas. Así mismo, indica que los esquejes seleccionados de plantas jóvenes, sobre todo aquellas que se encuentran en crecimiento, tienen mayor probabilidad de enraizar.

**Tipo de madera seleccionada.** Hay muchas posibilidades de escoger el tipo de material a usar, abarcando desde las ramas terminales muy suculentas del crecimiento en curso hasta grandes estacas de madera dura, de varios años de edad. Aquí, al igual que en la mayoría de los factores que afectan el enraizamiento de estacas, es imposible establecer el tipo de material más adecuado para todas las plantas. Lo que puede ser

ideal para una planta, puede resultar en una falla en otra. Sin embargo, lo que se ha encontrado que se aplica a ciertas especies, a menudo puede extenderse a otras especies afines (Hartmann y Kester, 1990).

**Presencia de virus.** La presencia de virus reduce no sólo el porcentaje de enraizamiento, sino también el número de raíces que se forman en las estacas. Los malos resultados que con frecuencia se obtienen en el enraizamiento de estacas, puede deberse al uso de material para estacas infectadas por virus y puede explicar los resultados variables que a menudo se obtienen en diferentes ensayos para la misma especie (Hartmann y Kester, 1990).

#### *2.4.2 Época de colecta de la estaca.*

Para algunas especies, la época de recolección es determinante en el proceso de enraizamiento (Hartmann y Kester 1988; Botii, 1999). Ello en especial para estacas verdes, de madera blanda, las que generalmente deben extraerse en primavera o verano (Botii, 1999).

Muchas especies de difícil enraizamiento presentan mejores resultados al recolectar las estacas en breves períodos de primavera. Sin embargo, cuando se presentan problemas de enraizamiento, deben realizarse pruebas para determinar cuál es la mejor época de extracción para cada especie (Hartmann y Kester 1988; Botii, 1999).

#### *2.4.3 Tratamiento de las estacas*

**Tratamiento de las estacas con reguladores de crecimiento.** El objeto de tratar estacas con sustancias reguladoras del crecimiento de tipo auxina (“hormona”) es aumentar el porcentaje de estacas que forman raíces, acelerar la iniciación de ellas, aumentar el número y la calidad de las raíces producidas por estacas y aumentar la uniformidad del enraizamiento. Es posible que en las plantas que enraízan con facilidad no se justifiquen los gastos y esfuerzos adicionales del tratamiento. El mejor uso de las hormonas de enraizamiento es en estacas de plantas que enraízan con dificultad, aunque se debe aclarar que los tratamientos con sustancias puede, como máximo, aumentar una latente potencialidad rizógena, pero no crearla. Sin embargo, el empleo de estas sustancias no permite que se ignoren otras buenas prácticas de la propagación con estacas, tales como el mantenimiento de las relaciones apropiadas de agua, temperatura y condiciones de luz (Hartmann y Kester, 1990).

**Lesionado.** Practicar heridas basales es benéfico para el enraizado de las estacas de ciertas especies, en especial en estacas que tienen madera vieja en la base. Con frecuencia, el cierre de las lesiones, la producción de callo y el desarrollo de raíces es mayor en los márgenes de la herida. Es evidente que en estos casos se estimula los tejidos heridos para que entren en división celular a producir primordios radicales. Esto se debe a una acumulación natural de auxina y de carbohidratos en el área lesionada y a un incremento en la tasa de respiración. Además, los tejidos lesionados con las heridas son estimulados para que produzcan etileno, el cual se sabe que promueve la formación de raíces adventicias (Hartmann y Kester, 1990).

#### 2.4.4 Condiciones ambientales durante el enraizamiento

**Agua.** Para favorecer el enraizamiento es necesario que exista cierto nivel de humedad en el ambiente, puesto que de lo contrario se puede reducir el contenido de agua hasta un nivel tan bajo que ocasione la muerte de ellas, antes que se formen las raíces (Hartmann y Kester, 1990).

Un alto grado de humedad debiera mantenerse en la cámara de propagación para prevenir posibles daños por deshidratación (Kramm, 1987), existiendo para este fin varias alternativas donde se destacan el sistema de neblina o “misting”, el cual aumenta la humedad relativa, manteniendo una película de agua sobre la hoja, reduciendo la temperatura del aire, lo que permite disminuir la tasa de transpiración de la planta (Hartmann y Kester, 1990).

Shamshad (1995), señala que un estrés hídrico es capaz de reducir la capacidad y velocidad del transporte auxínico.

**Temperatura.** Se debe evitar una temperatura del aire demasiado alta, debido a que tiende a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces, y a incrementar la pérdida de agua por las hojas (Hartmann y Kester, 1990). Wells (1979), señala que el calor es vital para el rápido y adecuado enraizamiento y crecimiento de las raíces, por ello es recomendable su aplicación cuando se trabaje en la época invernal. Si bien el desarrollo de las raíces es favorecido por altas temperaturas, también es sabido que bajas temperaturas favorecen el desarrollo del callo, siendo una práctica comercial almacenar esquejes en frío hasta que desarrollen un callo y luego colocarlas en camas calientes para favorecer el crecimiento de las raíces (Leopold, 1955).

**Luz.** En el enraizamiento de estacas, los productos sintetizados por las hojas, mediante la fotosíntesis, son de gran importancia tanto para la iniciación como para el crecimiento de las raíces (Hartmann y Kester, 1990).

En términos generales se reconoce que, plantas madres sometidas a bajas intensidades de luz son capaces de producir esquejes que enraízan con mayor facilidad. Por lo anterior sería recomendable que al trabajar con plantas de difícil enraizamiento se sometiera a las plantas madres a bajas intensidades de luz (Hartmann y Kester, 1990). Sin embargo, altas intensidades luminosas recibidas directamente por las estacas, son beneficiosas para el eventual arraigamiento de éstas (Arce y Balboa, 1987).

Hartmann y Kester (1990), señalan que la luz aplicada en la base de los esquejes, durante el período del enraizamiento, inhibe al esqueje, ello debido quizás a una disminución de auxinas exógenas.

**Sustrato.** Hartmann y Kester (1990), señalan que muchas especies enraízan con facilidad en una gran variedad de medios de propagación, sin embargo en especies que lo hacen con dificultad puede tener gran importancia el medio de enraizamiento que se

emplee, no influyendo solamente en el porcentaje de estacas enraizadas, sino también en la calidad del sistema radical formado. Con respecto a ello Hermosilla (1996), indica que las características físicas del sustrato influyen en la formación del sistema radical de las estacas y en la calidad de las raíces que se forman, lo que se debe a las diferencias en la capacidad de almacenamiento de agua y aire que estas posean.

Un medio ideal de enraizamiento es aquel que tenga suficiente porosidad para permitir buena aireación y una capacidad elevada de retención de agua, pero al mismo tiempo que este bien drenado y libre de organismos patógenos (Hartmann y Kester, 1990). A pesar de ello Tapia (1980), señala la importancia de que el medio posea un buen soporte físico, ello para mantener los esquejes lo más erecto posible, permitiendo así un buen enraizamiento. Además, debe contener un escaso contenido de materia orgánica (Sandoval, 1997), con una densidad aparente baja, para facilitar su mezcla, manipulación, traslado y trasplante (James, 1986). Finalmente, no debe tener un nivel excesivo de salinidad (Richards *et al.*, 1964)

## 2.5 Descripción de la especie *Eucryphia cordifolia* Cav.

### 2.5.1 Antecedentes de la especie

Arbol de hasta 25 m de altura; copa estrecha, ramificada, densamente hojosa (Figura 2). Tronco recto, cilíndrico. Corteza parda con fisuras longitudinales. Ramitas nuevas pubescentes. Hojas perennes, simples, opuestas, decusadas, coriáceas, oblongo-acorazonadas. Flores hermafroditas, de 4-5 cm de diámetro, de color blanco puro, solitaria, situadas en la parte superior de las ramas. Su fruto, es una cápsula leñosa, oblonga. Produce entre 2 a 3 semillas de color café, imbricadas, agudas en la base, de 4-5 mm de largo y 2 mm de ancho, provistas de un ala membranácea, quedando adheridas al receptáculo durante largo tiempo por dos hilos placentarios. Florece durante los meses de enero-marzo (Rodríguez *et al.*, 1984).



Figura 2. Arbol y flor de Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.)

### 2.5.2 Distribución geográfica

Arbol endémico de los bosques subantárticos. En Chile crece en ambas cordilleras, especialmente en la Costa, hasta los 700 m.s.n.m. desde la Provincia de Concepción (VIII Región) hasta la Provincia de Chiloé (X Región) (Rodríguez *et al.*, 1984).

### 2.5.3 Consideraciones ecológicas

Crece en suelos húmedos, pero cuando las condiciones de humedad se modifican de manera sensible, su área de dispersión se reduce (Rodríguez *et al.*, 1984).

No forma bosques puros, sino que junto a Olivillo (*Aextoxicon punctatum*) forman el estrato secundario de la formación de Coigüe (*Nothofagus dombeyi*); además, asociado a ella se encuentran frecuentemente Canelo (*Drimys winteri*), Tineo (*Weinmannia trichosperma*), Tapa (*Laurelia philippiana*) y Copihue (*Lapageria rosea*) (Rodríguez *et al.*, 1984).

### 2.5.4 Usos

Su madera dura, pesada, pardo-rojiza, suavemente vetada, resistente a la pudrición y con excelentes propiedades mecánicas se utiliza en estructuras de edificios, puentes, durmientes de ferrocarril, puntales para minas, estacas para cierros, parquet, revestimientos exteriores, leña y fabricación de carbón. La corteza, rica en taninos, se emplea en curtiduría. Sus flores nectaríferas dan a la miel de abejas un sabor especialísimo, muy agradable; conocida como “miel de ulmo” (Rodríguez *et al.*, 1984).

## 2.6 Antecedentes de propagación vegetativa de la especie

Silva (1987), trabajó con estacas basales, medias y terminales; con y sin hojas; con y sin yemas, en diferentes épocas del año (otoño, primavera y verano), en el enraizamiento de estacas de ulmo, utilizando enraizadores sintéticos y naturales. Entre los primeros tenemos las hormonas comerciales en polvo, *Rootone* y *Seradix N°3* y en las hormonas naturales, se obtuvo una preparación en base de tallos y raíces de *Salix viminalis*. El sustrato empleado fue arena y el lugar de trabajo un invernadero rústico de polietileno.

Los mejores resultados de enraizamiento se obtuvieron con estacas terminales recolectadas en verano y con aplicación de *Seradix*.

Hermosilla (1996), ensayó el efecto de distintos sustratos en base de corteza compostada en la propagación vegetativa por medio de estacas de tallo de ulmo.

La propagación se realizó en un invernadero con cubierta de plástico y con sistema de riego por microaspersión regulado por evaporación ambiental. La cosecha de estacas se efectuó a principios de septiembre y la evaluación a fines de enero. Para la preparación de los sustratos se utilizó como sustancia base, corteza compostada pura

de especies nativas y como sustancias complementarias corteza fresca, aserrín, pumicita y suelo trumao (Hermosilla, 1996).

No se aplicó ningún tipo de hormona a las estacas, siendo los tratamientos aplicados a los sustratos, entendiéndose por estos, a la diferentes mezclas que se efectuaron con ellos (Hermosilla, 1996).

En cuanto a los resultados obtenidos, Hermosilla define al ulmo como una especie de difícil enraizamiento, donde el tipo de sustrato puede ser determinante para su propagación.

El máximo enraizamiento se logró en el sustrato formado por corteza compostada-trumao 2:1 y en el sustrato de arena pura (Hermosilla, 1996).

Por otro lado Ojeda (1998), aplicó técnicas simples de propagación vegetativa en la Isla Grande de Chiloé. Este estudio se realizó en dos épocas del año (Otoño y Verano) y con tres diferentes concentraciones de AIB (1.000, 2.000 y 4.000 ppm) y un testigo. Se utilizó una mezcla de tres sustratos: Arena, estiércol y tierra de la zona.

Los mejores resultados fueron las estacas recolectadas en la época de verano con la dosificación de 4.000 ppm de AIB, donde se obtuvo un 33%. En la época de otoño las estacas entraron en un estado de dormancia obteniendo 0% de estacas enraizadas.



### 3 DISEÑO DE INVESTIGACION

#### 3.1 Ubicación del ensayo

Los ensayos se realizaron en el invernadero perteneciente al Centro de Producción y Experimentación Forestal (CEFOR S.A.), en la ciudad de Valdivia, Décima Región de Los Lagos.

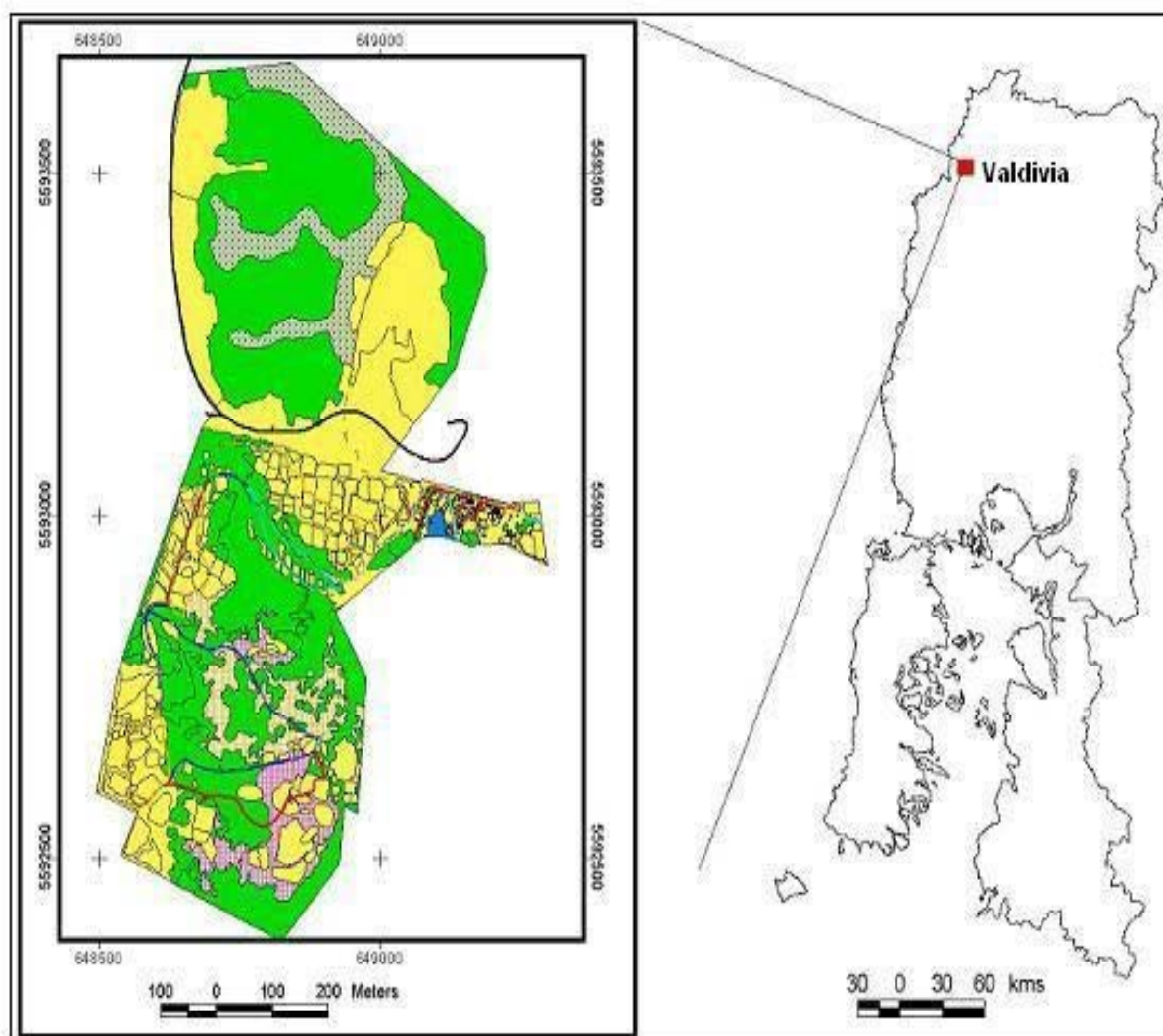


Figura 3. Ubicación de Arboretum (Laboratorio de Información Geográfica, Instituto Silvicultura, UACH)

## **3.2 Material vegetal**

### *3.2.1 Lugar de recolección*

Los esquejes para la propagación vegetativa se recolectaron en el Arboretum perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile, ubicado en Isla Teja- Valdivia; Décima Región de los Lagos (Figura 3).

El clima de la zona se caracteriza por tener precipitaciones anuales que fluctúan entre 1.800 y 3.100 mm, ocurriendo el 60% por ciento de ellas entre los meses de Abril y Agosto. Las temperaturas medias anuales son de 12 °C, con una oscilación anual de 9,2 °C, siendo los meses de Enero y Julio los extremos cálido y frío, con 16,7 y 7,5 °C respectivamente (Montaldo, 1983).

### *3.2.2 Selección de árboles*

El material propagado pertenece a 5 árboles de ulmo, los cuales fueron seleccionados según su ubicación en el rodal, es decir; en condiciones de luz directa con el fin de que este factor sea constante al momento de establecer el ensayo. Otro factor en la selección fue la juvenilidad de los árboles, los cuales se determinaron según sus características fenotípicas como altura y diámetro.

Con respecto a la altura del árbol, se seleccionaron aquellos no mayores a 8 metros de altura principalmente para facilitar la recolección de las estacas del estrato superior de la copa.

Se seleccionaron árboles de copa frondosa, con la finalidad de obtener el mayor número de estacas por árbol.

### *3.2.3 Recolección del material vegetal*

El material vegetal fue recolectado durante la madrugada para evitar las altas temperaturas, los días de recolección fueron 17 y 19 de Mayo de 2004, época en la cual la especie se encuentra bajo latencia vegetativa.

Tras haber seleccionado los árboles, se dividió su copa en tres partes iguales denominándolos: estrato alto, medio y bajo (Figura 4).

De cada uno de estos estratos se obtuvo los esquejes de 10 cm de longitud aproximadamente, los cuales fueron recolectados con tijeras podadoras y el uso de una escalera de 7 metros. El número de estacas recolectadas por estrato fue entre 1.000 a 1.500. Este alto número se debe a que las estacas a propagar pertenecen a CEFOR S.A. para uso de análisis y posterior comercialización.

El material fue depositado en cajas de plumavit con el fin de evitar su deshidratación por medio de la transpiración y realizar su posterior traslado hacia el invernadero.

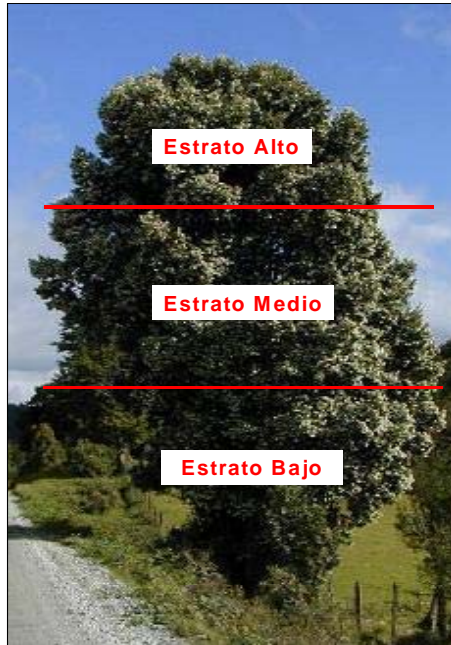


Figura 4. Estratificación de la copa

### 3.3 Instalaciones en invernadero

#### 3.3.1 Característica del invernadero

El invernadero es del tipo semicilíndrico con estructura metálica de fierro galvanizado, cubierta de polietileno antigoteo y piso de tierra con pasillos de ripio. El sistema de riego es por medio de microjet y el sistema de calefacción de radiadores de agua caliente.

#### 3.3.2 Cama de enraizamiento

La cama de propagación cuenta con marcos de madera y apoyos metálicos, base de plumavit perforada para mantener un buen drenaje. Las dimensiones de la cama son 15,8 m de largo, 10 cm de alto, 2 m de ancho y está situada a 80 cm del suelo.

La cama de propagación estaba rellena con arena desinfectada a una profundidad de 8 cm aproximadamente, en la cual se establecieron los esquejes.

#### 3.3.3 Control de temperatura y humedad

Con el fin de lograr una temperatura adecuada, la cual fluctuó entre 15 y 20°C, se controló la entrada y salida del aire mediante ventanas laterales, las cuales fueron acondicionadas en forma manual según las temperaturas que registraba el ambiente.

A su vez, el invernadero contaba con un sistema de calefacción central para aumentar la temperatura en la época invernal y nocturna. La temperatura del sustrato se controlaba mediante éste mismo sistema, manteniendo una temperatura de 22 °C

La humedad del ambiente y del sustrato fue proporcionada mediante un sistema de aspersión fina de agua, a través de tubos de pvc con un aspersionador ubicado en la parte superior de éste (Microjet). El sistema se activaba en forma manual según el déficit de humedad que se producía por la evaporación producto de la temperatura, manteniendo los tejidos turgentes. Las frecuencias de riego fueron dos veces en la mañana y dos veces en la tarde.

### **3.4 Preparación y establecimiento de los esquejes**

Antes de realizar el establecimiento de los esquejes en la cama de propagación, se realizó un corte al tallo con el fin de dejarlos entre 5 a 7 cm de largo. A su vez, se dejaron entre 2 y 4 hojas por esqueje y se les realizó un corte transversal, con el fin de disminuir la evotranspiración.

Posteriormente, los esquejes fueron sumergidos, por un corto período de tiempo para evitar toxicidad (30 segundos aproximadamente), en la solución funguicida de Benlate al 5% . Después de dejarlos escurrir en un tamizador por 5 minutos, se les aplicó el enraizante en polvo *Keri root* para ayudar a la formación de raíces y callos.

Finalmente, se establecieron los esquejes en la cama de propagación en forma ordenada, según el estrato de la copa del cual se obtuvieron y se procedió a ubicar los letreros de identificación según estrato y fecha.

### **3.5 Observación y medición de esquejes**

Luego de 5 meses aproximadamente, se realizó la medición de las distintas variables para determinar el porcentaje de enraizamiento de las estacas, donde los principales instrumentos utilizados fueron huincha métrica, regla milimétrica y lupa.

Para la medición, se trazó una diagonal por parcela, midiendo 32 muestras en cada una, cada esqueje se seleccionó en forma aleatoria.

#### ***3.5.1 Supervivencia y sanidad***

Para determinar el porcentaje de supervivencia se contabilizaron las muestras de esquejes vivos y muertos de cada una de las parcelas.

Para el caso de la sanidad, se contabilizaron los esquejes con y sin presencia de hongos.

#### ***3.5.2 Longitud de raíz principal***

Se midió en los esquejes enraizados el largo de la raíz principal mediante el uso de una regla milimétrica.

### 3.5.3 Grado de enraizamiento

Este parámetro se estimó de acuerdo a una escala de 1 a 5, el cual considera tanto la presencia o ausencia de callos como la presencia o ausencia de raíces secundarias entre otras variables (Figura 5). La escala completa para este parámetro es la siguiente:

- 1.Sin formación de callos ni raíces.
- 2.Sólo presencia de callo
- 3.Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias.
- 4.Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias.
- 5.Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias.

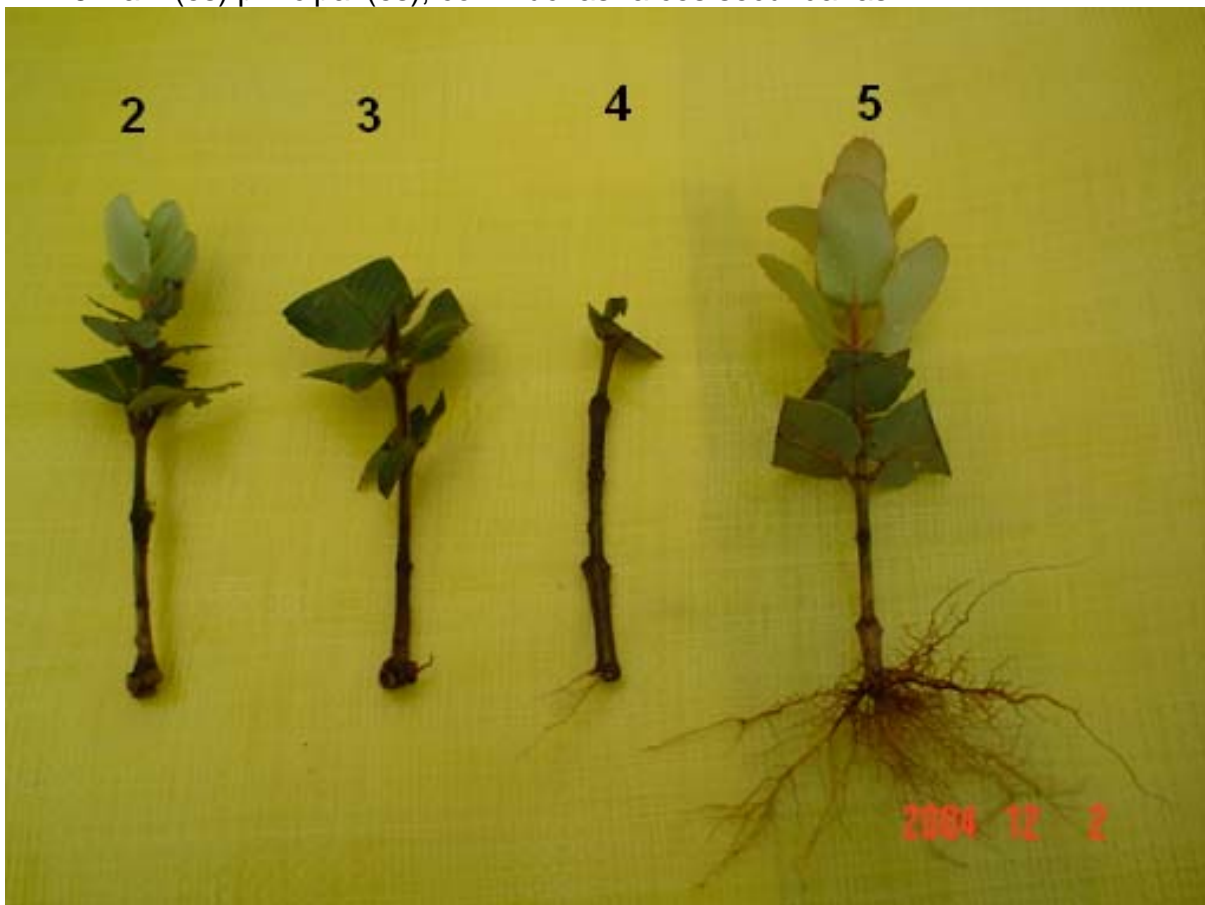


Figura 5. Grados de enraizamiento para las estacas de Ulmo presentes en el análisis

### 3.6 Diseño experimental

De acuerdo a los objetivos planteados, el presente trabajo consiste en una investigación experimental, mediante técnicas de propagación vegetativa; donde se espera

determinar el mejor y más rápido enraizamiento de esquejes a distintos estratos de la copa del árbol original.

### 3.6.1 Tipo de investigación

La investigación corresponde al tipo correlacional, ya que pretende medir el grado de relación y la manera como interactúan dos o más variables entre sí, siendo estas, el grado de enraizamiento, efecto del medio y los estrato de la copa. A su vez, es una investigación experimental ya que existen características que se controlan y manipulan con el fin de observar los resultados en un tiempo determinado sin que otros factores intervengan en la observación.

### 3.6.2 Tamaño muestral de la población

Cada unidad experimental (Parcela), está constituida por los esquejes de los distintos estratos de la copa. Las variables sustrato, concentración de hormonas y características ambientales son homogéneas para cada parcela.

Los esquejes medidos y seleccionados aleatoriamente fueron 32, los que se ubicaban en la diagonal de cada parcela. Por cada estrato se realizaron 3 repeticiones. De acuerdo a este esquema se tienen los siguientes totales:

Esquejes medibles / parcela: 32

Nº de repeticiones:3

Nº de tratamientos:3

Total esquejes medibles: 288

## 3.7 Modelo y análisis estadístico

Para la realización de los análisis estadísticos se implementó un modelo que se ajustó a las variables analizadas y se realizó tanto un análisis descriptivo como uno inferencial.

### 3.7.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico para el análisis del grado de enraizamiento y la longitud de la raíz principal corresponde a un diseño en bloques (parcela) completos al azar:

$$y_{ijk} = \mu + \text{Parcela}_i + \text{Estrato}_j + e_{ijk}$$

donde:

$y_{ij}$  = Grado de enraizamiento o Longitud de la raíz principal.

$\mu$  = Efecto medio del ensayo.

$\text{Parcela}_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima Parcela ( $i=1, 2$  y  $3$ ).

$\text{Estrato}_j$  = Es el efecto del  $j$ -ésimo Estrato ( $j=1$  (bajo),  $2$  (medio),  $3$  (alto)).

$e_{ijk}$  = Es el error.

### 3.7.2 *Análisis descriptivo*

Se presenta a través de cuadros y gráficos. Los cuadros contienen el número de observaciones para cada Estrato (tratamiento), valores mínimos, medios, máximos, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación en porcentaje (%). Los gráficos contienen el promedio según Estrato (tratamiento), para las variables: Grado de enraizamiento y Longitud de la raíz principal (mm).

### 3.7.3 *Análisis inferencial*

Consiste en realizar el análisis de varianza para el modelo planteado. Este se realizará mediante el programa SAS, módulo STAT, procedimiento GLM. Para realizar el análisis de varianza se comprobarán los dos supuestos básicos:

Los tratamientos (estratos) tienen que distribuirse normales, se aplicará el test de Chi-cuadrado para normalidad al 95% de confianza.

Las varianzas entre los tratamientos (estratos) deben ser iguales (homogeneidad de varianzas). Se realizará con el test de Barlett, al 95% de confianza.

Si al menos un supuesto no se cumple, se probarán las transformaciones: logaritmo (para el caso de existir valores con cero, se le sumará 0,5 a la transformación logarítmica) y raíz cuadrada, seleccionando aquella transformación que presente mejores valores de ajustes (tanto para normalidad y homogeneidad de varianzas).

Si existen diferencias significativas entre algunos de los tratamientos analizados, de acuerdo al modelo planteado, se realizarán las respectivas comparaciones múltiples, mediante la técnica de Duncan al 95% de confianza.

## 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de ésta investigación se presentan en forma conjunta para los 3 distintos estratos. Sin embargo, los factores de los que se obtuvo mayor significancia (grado de enraizamiento y longitud de raíz principal); se presentan en forma individual y correlacional.

### 4.1 Análisis para el Grado de Enraizamiento

#### 4.1.1 Análisis descriptivo

Al realizar el análisis descriptivo del total de las muestras, se observa que no existió ningún esqueje sin presencia de callos (Cuadro 1), ya que el mínimo grado de enraizamiento correspondió al grado 2, siendo éste; sólo presencia de callo. Baldini (1992), señala que la diferenciación y emisión de los primordios radicales puede venir acompañada de la formación de callos, cuya presencia es útil, pero sin influenciar la rizogénesis, en la que el callo no participa directa ni activamente.

Cuadro 1. Parámetros descriptivos según Estrato para el grado de enraizamiento

<b>Estrato</b>	<b>NºObs</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desv.Estd.</b>	<b>Coef. Var(%)</b>
<b>Bajo</b>	96	2	3	5	1,2183	1,1038	36,8
<b>Medio</b>	96	2	3	5	1,2604	1,1227	37,4
<b>Alto</b>	96	2	3	5	0,7701	0,8775	29,3

Se observa en el Cuadro 2, la clara diferencia del grado de enraizamiento entre estratos; existiendo un más alto porcentaje de estacas con el mayor grado de enraizamiento en el estrato bajo. De esta misma forma se aprecia que a medida que se va aumentando en los estratos, comienza a disminuir el grado de enraizamiento.

Al realizar un promedio entre el estrato bajo y alto, el resultado es muy similar a los del estrato medio; esto puede significar que la juvenilidad de la copa de la especie comience desde la mitad de ésta hacia la base. Sería interesante realizar un estudio realizando mayor número de estratificaciones dentro de la copa para determinar hasta que parte de ésta existe una mayor juvenilidad.

Cuadro 2. Distribución del porcentaje de plantas, según grado de enraizamiento y estrato

<b>Estrato</b>	<b>Grado de enraizamiento</b>				<b>Total</b>
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>Bajo</b>	19,8	33,3	18,8	28,1	100,0
<b>Medio</b>	54,2	17,7	13,5	14,6	100,0
<b>Alto</b>	60,4	26,0	7,3	6,3	100,0



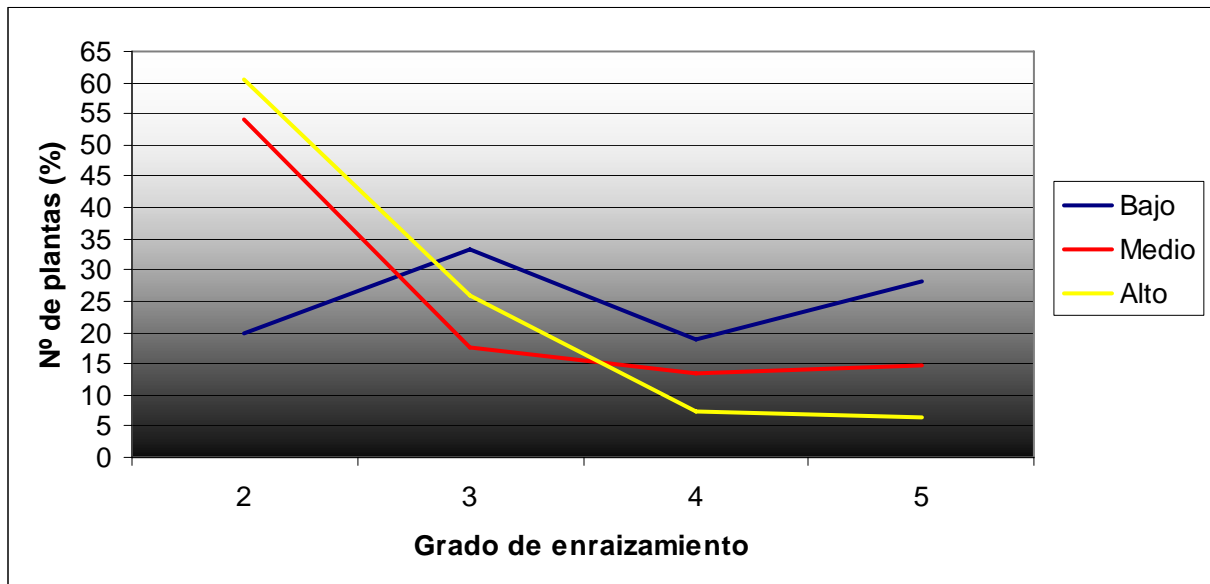


Figura 6. Distribución porcentual según estrato y grado de enraizamiento

En la figura 6, se aprecia claramente la distribución de las plantas según el grado de enraizamiento, presentando menor cantidad de individuos el estrato bajo en los primeros grados. Al contrario, los individuos de los estratos medios y alto presentan menor cantidad de estacas en el mayor grado de enraizamiento.

Por otro lado, estacas colectadas de la parte superior de la copa, son sexualmente maduras, lo cual es una ventaja cuando el objetivo de la propagación es recolectar material de injertación maduro que tenga la habilidad de producir flores y semillas (Geneve, 1995).

Obtener estacas por toda la base del árbol es mucho más efectivo. Por ejemplo, el enraizamiento de estacas del Olmo americano (*Ulmus americana*) va aumentando desde un 38% cerca del ápice de la copa a un 83% a la base (Schriebner y Kawase 1975)

Finalmente, el hecho de que las estacas hayan llegado a formar callo es un indicador de que las condiciones en que estuvieron fueron las adecuadas para el proceso de rizogénesis. Como es sabido, ambos procesos son independientes entre sí pero requieren de condiciones similares para desarrollarse (Priestley y Swingle 1929, Hartmann y Kester 1995, Santelices 1998).

#### 4.1.2 Análisis inferencial

Al comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza entre los estratos (tratamientos), se comprobó que no existía homogeneidad de varianzas entre ellos, luego de probar los diferentes criterios, la mejor transformación resultó ser la logarítmica (LOG).

El análisis de varianza (Cuadro 3) para el modelo planteado, variable LOG(grado de enraizamiento), resultó ser altamente significativo al 99% de confianza (p-valor<0.01), se concluye que el modelo permite predecir el grado de enraizamiento.

Existió homogeneidad en el grado de enraizamiento entre las 3 parcelas (p-valor>0.05), es decir, las 3 parcelas poseen valores promedios similares, se concluye que existió un buen control del error experimental (luz, riego, etc.).

Que el resultado de las parcelas haya dado no significativo indica que, al realizar un estudio de éste mismo tipo y en las mismas condiciones de riego, humedad, sustrato, etc., no es necesario realizar repeticiones; sin embargo siempre se recomienda realizarlos ya que pueden existir factores externos que de alguna forma afecten alguna de las parcelas (ejemplo, pérdida de algún aspersor de riego, rotura de una cama de propagación, etc).

Respecto al estrato (tratamiento), resultó ser altamente significativo al 99% de confianza (p-valor<0.01); luego se concluye que las medias entre estratos son distintas.

Cuadro 3. Análisis de varianza, para el LOG(grado de enraizamiento)

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P-Valor
Modelo	4	0,93214	0,23303	11,4	0,0001**
Parcela	2	0,00815	0,00407	0,2	0,8192ns
Estrato	2	0,92399	0,46199	22,6	0,0001**
Error	283	5,77681	0,02041		
Total Corregido	287	6,70894			

ns: No significativo al 95% de confianza P-valor>0.05

\*\* : Altamente significativo al 99% de confianza P-valor<0.01

Los grupos de medias formados con el test de comparaciones múltiples de Duncan (Cuadro 4) al 95% de confianza, fueron dos:

- **Grupo 1 (letra a):** formado solamente por el estrato bajo con un grado de enraizamiento promedio de 3.55 (se aproxima al grado 4), se concluye que presenta la raíz principal, con pocas raíces secundarias.
- 
- **Grupo 2 (letra b):** formado por el estrato medio (con grado de enraizamiento promedio de 2,89) y el estrato alto (con grado de enraizamiento promedio de 2,59),

si se aproxima estos valores a la categoría 3, se concluye que el estrato medio y alto, no posee raíces secundarias en la raíz principal.

Cuadro 4. Test de comparaciones múltiples de Duncan y ranking de estratos

Lugar	Estrato	NºObs	Grado Enraiz. promedio	Grupos*
1	Bajo	96	3,55	a
2	Medio	96	2,89	b
3	Alto	96	2,59	b

\* grupos diferentes al 95% de confianza ( $p$ -valor<0.05)

## 4.2 Análisis para la Longitud de la raíz principal (mm).

### 4.2.1 Análisis descriptivo

Al observar los datos entregados del análisis descriptivo (Cuadro 5), se nota claramente la dominancia de valores en estrato bajo, presentando la mayor longitud de la raíz principal. Así mismo, se observa como va disminuyendo el tamaño de la raíz a medida que se aumenta en los estratos.

Es importante mencionar que en los tres estratos existieron esquejes con sólo presencia de callo, por esta razón el mínimo de la longitud principal es cero.

Cuadro 5. Parámetros descriptivos según Estrato para la Longitud de la raíz principal (mm)

Estrato (tratamiento)	Num. Obser.	Mínimo	Media	Máximo	Varianza	Desv. Estándar	Coef. Variación %
Bajo	95	0,00	20,82	86,00	366,3896	19,1413	91,9
Medio	96	0,00	12,99	82,00	440,4578	20,9871	161,6
Alto	96	0,00	7,08	58,00	168,5280	12,9818	183,4

Nota: en el estrato bajo se eliminó el valor 144,5, por considerar que no representa un valor normal (valor fuera de rango).

A pesar de que el mayor grado de enraizamiento se presentó en el estrato bajo (Cuadro 6), existió un mayor promedio de longitud de raíz en el nivel 5 del estrato medio, esto se debió a que 5 estacas de la muestra presentaron longitudes superiores a 60 mm, en cambio las longitudes de raíces del estrato bajo se mantuvieron cercanos al promedio.

A la vez ésta diferencia de longitud de raíz se podría deber a que dos de las parcelas del estrato bajo se encontraban cercanas al acceso del invernadero donde pudo existir mayor oscilación de temperatura.

Cuadro 6. Distribución del longitud de raíz principal, según grado de enraizamiento y estrato

Estrato	Grado de enraizamiento			
	2	3	4	5
Bajo	0,00	14,13	26,17	40,57
Medio	0,00	12,76	22,69	52,50
Alto	0,00	10,72	19,29	46,08
Promedio	0,00	12,66	23,71	44,92

Al obtener el promedio de la muestra total por estrato, la tendencia es la disminución de la cantidad de estacas que presentan mayor dimensión de la longitud de la raíz principal a medida que se aumenta en estrato (Figura 7).

Al igual que en el grado de enraizamiento, al realizar un promedio entre el estrato bajo y alto de la longitud de la raíz principal, el valor es muy similar al del estrato medio, siendo en este caso 13,95 el promedio entre ambos estratos y 12,99 el promedio del estrato medio.

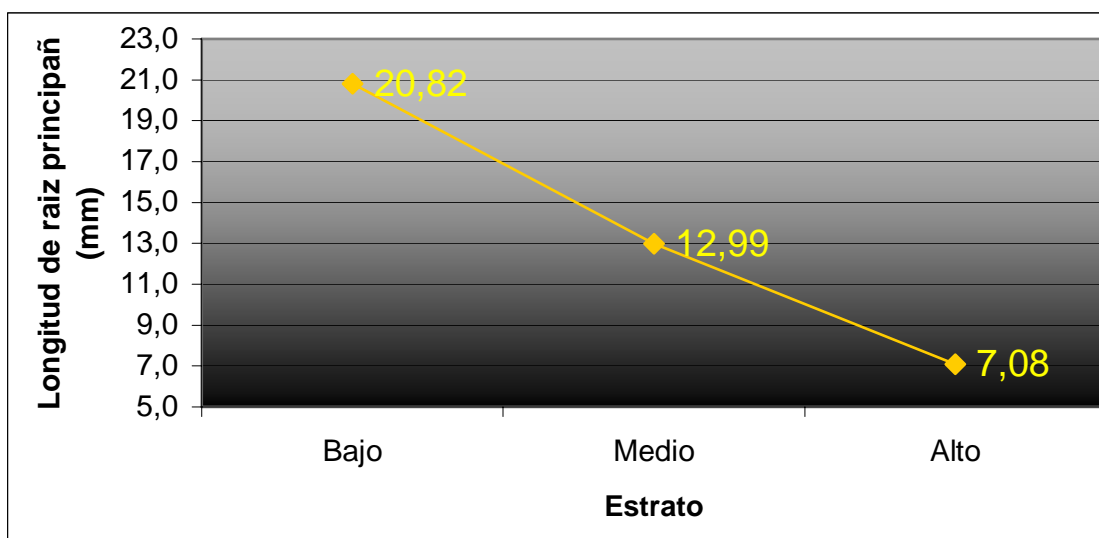


Figura 7. Promedio de longitud de raíz principal respecto al estrato

#### 4.2.2 Análisis inferencial

Al comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza entre los estratos (tratamientos), se comprobó que no existía homogeneidad de varianzas entre los estratos, luego, la mejor transformación resultó ser el logaritmo (LOG (LRP + 0.5)), se sumó 0,5 dado que existieron valores con ceros.

El análisis de varianza (Cuadro 7) para el modelo planteado, variable LOG(Longitud de la raíz principal + 0,5), resultó ser altamente significativo al 99% de confianza (p-valor < 0.01).

Existencia de homogeneidad (valores similares promedios) para los valores de la longitud de la raíz principal entre las 3 parcelas ( $p$ -valor $>0.05$ ).

Respecto al estrato resultó ser altamente significativo al 99% de confianza ( $p$ -valor $<0.01$ ), luego se concluye que las medias entre los estratos son distintas, para la longitud de la raíz principal .

Cuadro 7. Análisis de varianza, para el LOG(LRP+0.5)

Fuente Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	P-Valor
Modelo	4	28,02684	7,00671	11,6	0,0001**
Parcela	2	0,41631	0,20816	0,4	0,7083ns
Estrato	2	27,60017	13,80009	22,9	0,0001**
Error	282	169,98616	0,60279		
Total Corregido	286	198,01300			

ns: No significativo al 95% de confianza  $P$ -valor $>0.05$

\*\* : Altamente significativo al 99% de confianza  $P$ -valor $<0.01$

Donde LRP= Longitud de raíz principal

Se formaron 2 grupos de estratos, al aplicar el test de comparaciones múltiples de Duncan, (Cuadro 8). El primer grupo lo formó el estrato bajo con un valor de LRP promedio de 20.80 mm y el otro grupo de medias los formó el estrato medio (LRP=12.99 mm) y el estrato alto (LRP=7.08 mm), es decir, estadísticamente, el estrato medio y el alto poseen igual longitud de raíz principal.

Cuadro 8. Comparaciones múltiples de Duncan y ranking de tratamientos

Lugar	Estrato	NºObs	LRP promedio	Grupos*
1	Bajo	95	20,82	a
2	Medio	96	12,99	b
3	Alto	96	7,08	b

Grupos diferentes al 95% de confianza ( $p$ -valor $<0.05$ )

### 4.3 Análisis de correlación

La correlación ( $r$ ) de Pearson, es una medida del grado en que dos variables varían conjuntamente o una medida de la intensidad de asociación, varía entre -1 a 1. Se supone que en la población existe una relación lineal entre las variables. La correlación es independiente de las unidades de medida; es una cantidad absoluta o sin dimensión. Algunas características son:

- a) Un valor de  $r < 0$  indica una relación lineal inversa entre las dos variables.
- b) Un valor de  $r > 0$  indica un relación lineal positiva entre las dos variables
- c) Un valor de  $r = 0$  indica que no hay relación lineal entre las dos variables.

#### 4.3.1 Correlación todas las observaciones

Corr(Grado enraizamiento, Longitud raíz principal)= 0.84 (p-valor=0.000)

Se concluye que existe una alta correlación lineal positiva entre el grado de enraizamiento y la longitud raíz principal (Figura 8), es decir, ha medida que aumenta el grado de enraizamiento, aumenta también la longitud de la raíz principal (al 99% de confianza, p-valor<0.01).

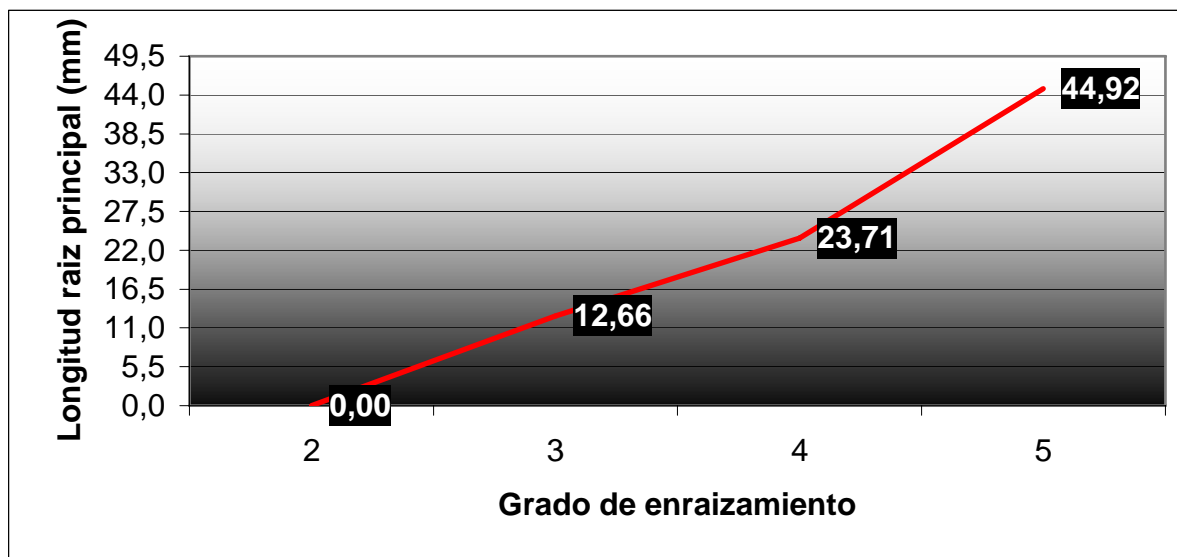


Figura 8. Correlación entre el grado de enraizamiento y longitud de raíz principal

#### 4.3.2 Correlaciones por estrato

Existencia de una alta correlación lineal positiva entre el grado de enraizamiento y la longitud raíz principal (al 99% de confianza, p-valor<0.01), esta correlación va en aumento desde el estrato bajo hasta el estrato alto.

Cuadro 9. Correlaciones según estrato

Estrato	Correlación	p-valor
Bajo	0.77	0.000**
Medio	0.85	0.000**
Alto	0.89	0.000**

\*\* : Altamente significativo al 99% de confianza P-valor<0.01

La diferencia que existe entre la correlación del grado de enraizamiento y longitud de la raíz principal por estrato, puede deberse a que existen diferencias en la composición química de las estacas, desde la punta hasta la base; encontrándose un mayor contenido de carbohidratos en la base de las plantas (Hartmann y Kester, 1998). Esta diferencia explica porqué por lo general, estacas basales poseen una mayor capacidad para desarrollar raíces.

#### **4.4 Análisis de sanidad y sobrevivencia**

Otras de las variables medidas fueron la sanidad y la sobrevivencia, la primera para detectar la presencia o ausencia de hongos y la segunda para evaluar la cantidad de estacas vivas y muertas. Sin embargo, tras realizar las mediciones estos resultados se mantuvieron homogéneos, encontrándose todas las estacas vivas y sin presencia de hongos.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en ésta investigación, se puede concluir lo siguiente:

- El haber obtenido un 100% de sobrevivencia y un 0% de ataque de hongos puede significar que el control de las características medio ambientales, principalmente temperatura y humedad; fueron las indicadas. A su vez el control de maleza hizo que no existiera una mayor competencia entre éstas y las estacas.
- Se notó claramente que existió un mayor porcentaje de enraizamiento en el estrato bajo, existiendo un 84% de estacas con presencia de raíz principal sin considerar la presencia o ausencia de raíces secundarias. Este valor fue disminuyendo a medida que aumentó en la altura de la copa, presentando un 46% el estrato medio y un 39% el estrato alto. Esto demuestra claramente el desarrollo ontogénico en la especie Ulmo.
- Con respecto a la longitud de la raíz principal, ésta se presentó en mayor porcentaje en el estrato bajo, encontrándose raíces de hasta 86 mm; sin embargo existió un mayor promedio en el estrato medio en el grado de enraizamiento 5 (raíz principal con muchas raíces secundarias); esto se debe probablemente; a que la mayoría de las parcelas del estrato bajo se encontraban cercanas a la puerta de acceso del invernadero, en donde pudo existir mayor fluctuación de temperatura.
- Tras obtener los resultados correlacionales entre el grado de enraizamiento y la longitud de la raíz principal, se apreció claramente que al existir una mayor longitud principal, la cantidad de raíces secundarias era mayor.
- Sería aconsejable realizar en el futuro un nuevo estudio de propagación de Ulmo, tomando como variables la edad de los individuos para evaluar el genotipo; y realizar mayor número de estratificaciones en la copa para identificar claramente a que altura existe la mayor juvenilidad ontogénica.
- A pesar de que ésta investigación tuvo como objetivo un análisis biológico sobre la especie Ulmo, los resultados entregados ayudarán de forma económica; disminuyendo los costos al momento de realizar la propagación. Sabiendo que en la base del árbol existe un mayor porcentaje de enraizamiento, será muy útil para la producción de miel de los pequeños y medianos propietarios; acelerando aun más el desarrollo de las flores de la especie.
- Al comparar los resultados obtenidos con respecto a los de otros autores; se concluye que los valores fueron mucho más altos y significativos en éste estudio; esto se puede deber al mejor tratamiento y control medio ambiental.
- Finalmente, por el alto porcentaje de enraizamiento, se determinó que Ulmo no es una especie de difícil enraizamiento, siempre y cuando se obtengan estacas desde la base de la copa del árbol.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ARCE, P. Y BALBOA, O. 1987. Factores que inciden en la propagación por estacas en *Prosopis chilensis*. *Ciencia e Investigación Agraria (Chile)*. 14(1): 51-62.
- CASO, O. 1992. Juvenilidad, rejuvenecimiento y propagación vegetativa de especies leñosas. *Agrisciencia*. España. 9(1): 5-16
- BALDINI, E. 1992. *Arboricultura General*. Madrid. Mundi-Prensa. 379p.
- BONGA, J. 1982. Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity and rejuvenation. *In: Tissue culture of forest tree*. Amsterdam. pp: 387-412
- BOTTI, C. 1999. Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. *In: Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas*. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp 72-82.
- GENEVE, R. 1995. Propagating cuttings: part 4. *American Nurseryman* 181(6): 56-61
- GUTIERREZ, B. 1995. Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. *Ciencia e Investigación Forestal (Chile)*. 9(2): 261-277.
- HARRIS, J. 1982. *The humex book of propagation*. Macdonald. London. 64p.
- HARTMANN, H. Y KESTER, D. 1990. *Propagación vegetativa de Plantas. Principios y Prácticas*. 4 ed. CECSA. México D.F, México. 760 p.
- HERMOSILLA, M. 1996. Utilización de sustratos a base de corteza compostada para propagación vegetativa por medio de estacas de tallo. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. UACH. 55p.
- JAMES, R. 1986. *Propagation media: What a grower needs to know*. Washington, U. S. A. The International Plant Propagators Society. 36: 396 - 399.
- KRAMM, C. 1987. *Propagación vegetativa de cuatro especies arbustivas nativas con posibilidades ornamentales*. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Agrarias. UACH. 56p.
- LEOPOLD, A. 1995. *Auxin and plant growth*. University of California Press. California. 354p.
- MONTALDO, P. 1983. Características climáticas de la ciudad de Valdivia y alrededores. *Agro Sur*. 11(2): 138-139.

- OJEDA, I. 1998. Aplicación de técnicas simples de propagación vegetativa de especies forestales, en la Isla Grande de Chiloé. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. UACH. 63p.
- PATON, D., NICHOLLS, W. Y PRYOR, L. 1970. Rooting of stem cuttings of *Eucalyptus*: A rooting inhibitor in adult tissues. Australia. pp: 175-183.
- PRIESTLEY, J. Y SWINGLE, F.. 1929. Vegetative propagation from the standpoint of the plant anatomy. US Department of Agriculture. Technical Bulletin N° 151. 98 p.
- QUIROZ, I. 1997. Propagación de especies nativas. INTERNET: <http://www.infor.cl> (Mayo 3, 2004).
- RICHARDS, S., WARNEKE, J., Y ALJIBURY, F. 1964. Physical properties of soil mixes used by nurseries. Calif. Agr. 18(5):12-13
- RODRIGUEZ, R., MATTHEI, O. Y QUEZADA, M.; 1984. Flora arbórea de Chile. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 408p.
- ROULUND, H. 1973. The effect of cyclophysis and topophysis on rooting ability of Norway spruce cuttings. Tree improv Arbor. Horsholm. 5(1): 21-41
- SANDOVAL, A. 1997. Propagación vegetativa de *Eucalyptus globulus* a través del enraizamiento de estacas. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. 50 p.
- SANTELICES, R. 1998. Propagación vegetativa del hualo, *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser, mediante estacas procedentes de rebrotes de tocón. Tesis Magíster en Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Postgrado. Santiago, Chile. 108 p.
- SCHRIEBNER, L. y KAWASE, M. 1975. Rooting of cuttings from tops and stumps of American elm. HortScience 10(6): 615.
- SILVA, J. 1987. Propagación sexual y asexual de Ulmo (*Eucryphia cordifolia Cav*) y Tepa (*Laurelia philippiana (phil) Losser*), bajo cuatro gradientes de sombreado artificial. Valdivia. Tesis Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 119p.
- SIVORI, E., MONTALDI, E. Y CASO, O.; 1980. Fisiología Vegetal. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur. 681p.
- SHAMSHAD, S. 1995. Plant/Crops hormones understressful condition. *In*: Handbook of plants and crop physiology. New York. pp. 645-660

- TAPIA, J. 1980. Efectos del medio de propagación en el enraizamiento de claveles (*Dianthus caryophyllus*) C:V: Sir Arthur Sim e influencia del desarrollo radicular al momento del transplante sobre el crecimiento de la planta. In: Recopilación. Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile. pp. 1-9
- TOOGOOD, A. 2000. Propagación de plantas. Buenos Aires. Argentina. 320p
- WEAVER, R. 1976. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. México. Trillas. 622p.
- WELLS, J. 1979. Plant propagation practices. Macmillan Publishing. New York. 344p.
- WESTWOOD, M. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Madrid. Mundi-Prensa. 461p.

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

### ***Summary***

## **ABSTRACT**

Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.) is an endemic species of the sub-Antarctic forests of Chile. Due to its excellent mechanical properties, it is used for external coatings in rural constructions, for firewood and coal. However, one of its main qualities is the excellent quality of the nectar of its flowers, that gives the honey bee a special flavour known as "Ulmo honey".

The National Forest Corporation of Chile (CONAF) is advising small and medium land owners to diversify the species in their plantations, incorporating the Ulmo, which can then be used for honey production.

The aim of this study, which was carried out between May and November 2004, was to determine the rooting percentage of Ulmo cuttings taken at different heights from the tree crown. The cuttings were then propagated in a vegetative form.

The trees were selected according to their phenotypic characteristics, such as height, diameter and crown vigour. After choosing the individuals, each crown was stratified in three equal parts and 10 cm- cuttings were collected. This material was then taken to the greenhouse of the Production and Forest Experimentation Centre (CEFOR S.A..)

Before establishing the cuttings in the propagation bed, the stems were cut to 5 - 7 cm in length, and only 2 to 4 leaves were left in each cutting. A transversal cut was made on the leaves in order to diminish the evapotranspiration.

The cuttings were then submerged in a fungicide solution of Benlate to 5%, left dripping, and then a powdered rooting hormone (Keri root) was applied to promote root and callus formation. Finally, the cuttings were established in the propagation bed, which was made up of disinfected sand with a depth of 8 cm approximately.

The greenhouse temperature fluctuated between 15 and 20°C. It was controlled by a central heating system and with air circulation through lateral windows. The temperature of the substrate was controlled with the same heating system, with a constant temperature of 22°C. The humidity of the air and substrate was provided by a fine water aspersion system.

The following parameters were evaluated: health, survival, length of the main root and rooting degree. The results showed 100% of cuttings survival and a complete absence of pathogens. The highest percentages of length main root and rooting degree were given by those cuttings taken from the base of the crown. These results clearly show the ontogenic effect in the crown stratification.

**Keywords:** *Eucryphia cordifolia* Cav, cuttings, vegetative propagation, ontogenic.

## **ANEXO 2**

### **Planillas de recolección de datos**

Cuadro 1. Planilla de datos parcela 1 estrato bajo

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
ESTRATO BAJO	1	viva	3	43	2	
PARCELA 1	2	viva	3	19	2	
	3	viva	3	3	2	
	4	viva	4	13	2	
	5	viva	4	22	2	
	6	viva	5	56	2	
	7	viva	5	63	2	
	8	viva	4	33,5	2	
	9	viva	5	26	2	
	10	viva	5	17	2	
	11	viva	3	25	2	
	12	viva	3	13	2	
	13	viva	5	27,5	2	
	14	viva	5	86	2	
	15	viva	4	30	2	
	16	viva	5	27,5	2	
	17	viva	5	10,3	2	
	18	viva	4	21,5	2	
	19	viva	3	42	2	
	20	viva	4	20,5	2	
	21	viva	3	14	2	
	22	viva	3	11	2	
	23	viva	3	22	2	
	24	viva	4	14	2	
	25	viva	3	2	2	
	26	viva	4	25	2	
	27	viva	3	3	2	
	28	viva	3	6	2	
	29	viva	5	26	2	
	30	viva	5	38	2	
	31	viva	4	47	2	
	32	viva	5	45	2	

Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos



Cuadro 2. Planilla de datos parcela 2 estrato bajo

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
ESTRATO BAJO	1	viva	4	11	2	
PARCELA 2	2	viva	3	19,5	2	
	3	viva	2	0	2	
	4	viva	3	5	2	
	5	viva	5	27,5	2	
	6	viva	3	1	2	
	7	viva	4	22	2	
	8	viva	3	23	2	
	9	viva	5	59	2	
	10	viva	4	20,5	2	
	11	viva	4	22	2	
	12	viva	3	5	2	
	13	viva	5	32	2	
	14	viva	4	24,5	2	
	15	viva	3	1	2	
	16	viva	2	0	2	
	17	viva	2	0	2	
	18	viva	4	44,5	2	
	19	viva	3	18	2	
	20	viva	3	39	2	
	21	viva	5	42	2	
	22	viva	2	0	2	
	23	viva	3	22,5	2	
	24	viva	2	0	2	
	25	viva	2	0	2	
	26	viva	2	0	2	
	27	viva	5	42	2	
	28	viva	3	12,5	2	
	29	viva	3	5,5	2	
	30	viva	4	27	2	
	31	viva	5	35,5	2	
	32	viva	2	0	2	

## Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

## Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos

Cuadro 3. Planilla de datos parcela 3 estrato bajo

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
<b>ESTRATO BAJO</b>	1	viva	5	42,5	2	
<b>PARCELA 3</b>	2	viva	2	0	2	
	3	viva	2	0	2	
	4	viva	2	0	2	
	5	viva	5	72	2	
	6	viva	5	57,5	2	
	7	viva	2	0	2	
	8	viva	2	0	2	
	9	viva	2	0	2	
	10	viva	3	11	2	
	11	viva	5	144,5	2	
	12	viva	5	26	2	
	13	viva	2	0	2	
	14	viva	2	0	2	
	15	viva	2	0	2	
	16	viva	5	47	2	
	17	viva	5	53	2	
	18	viva	5	48,5	2	
	19	viva	5	22	2	
	20	viva	2	0	2	
	21	viva	4	41	2	
	22	viva	2	0	2	
	23	viva	3	7	2	
	24	viva	3	5	2	
	25	viva	3	6	2	
	26	viva	3	4	2	
	27	viva	3	25	2	
	28	viva	3	18	2	
	29	viva	3	20	2	
	30	viva	3	1	2	
	31	viva	4	32	2	
	32	viva	5	26	2	

## Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

## Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos

Cuadro 4. Planilla de datos parcela 1 estrato medio

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
<b>ESTRATO MEDIO</b>		1 viva	3	1	2	
<b>Parcela1</b>		2 viva	4	16	2	
		3 viva	2	0	2	
		4 viva	2	0	2	
		5 viva	2	0	2	
		6 viva	2	0	2	
		7 viva	3	1	2	
		8 viva	3	21	2	
		9 viva	3	2	2	
		10 viva	2	0	2	
		11 viva	2	0	2	
		12 viva	2	0	2	
		13 viva	4	32	2	
		14 viva	4	31	2	
		15 viva	2	0	2	
		16 viva	2	0	2	
		17 viva	3	4	2	
		18 viva	2	0	2	
		19 viva	2	0	2	
		20 viva	2	0	2	
		21 viva	2	0	2	
		22 viva	3	13	2	
		23 viva	2	0	2	
		24 viva	2	0	2	
		25 viva	4	21	2	
		26 viva	2	0	2	
		27 viva	2	0	2	
		28 viva	4	11,5	2	
		29 viva	2	0	2	
		30 viva	4	12,5	2	
		31 viva	2	0	2	
		32 viva	4	19	2	

## Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

## Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos

Cuadro 5. Planilla de datos parcela 2 estrato medio

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
<b>ESTRATO MEDIO</b>	1	viva	5	72	2	
<b>PARCELA 2</b>	2	viva	2	0	2	
	3	viva	2	0	2	
	4	viva	2	0	2	
	5	viva	4	33	2	
	6	viva	5	36	2	
	7	viva	2	0	2	
	8	viva	2	0	2	
	9	viva	2	0	2	
	10	viva	5	44	2	
	11	viva	5	37	2	
	12	viva	2	0	2	
	13	viva	2	0	2	
	14	viva	4	26	2	
	15	viva	2	0	2	
	16	viva	2	0	2	
	17	viva	2	0	2	
	18	viva	5	82	2	
	19	viva	2	0	2	
	20	viva	2	0	2	
	21	viva	3	24	2	
	22	viva	2	0	2	
	23	viva	2	0	2	
	24	viva	2	0	2	
	25	viva	3	2	2	
	26	viva	3	6	2	
	27	viva	3	8	2	
	28	viva	2	0	2	
	29	viva	2	0	2	
	30	viva	2	0	2	
	31	viva	5	42	2	
	32	viva	5	56	2	

## Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

## Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos

Cuadro 6. Planilla de datos parcela 3 estrato medio

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
<b>ESTRATO MEDIO</b>	1	viva	5	36	2	
<b>PARCELA 3</b>	2	viva	5	24	2	
	3	viva	5	45	2	
	4	viva	3	2	2	
	5	viva	3	2	2	
	6	viva	2	0	2	
	7	viva	2	0	2	
	8	viva	2	0	2	
	9	viva	3	8	2	
	10	viva	2	0	2	
	11	viva	5	41	2	
	12	viva	5	77	2	
	13	viva	5	62	2	
	14	viva	4	22	2	
	15	viva	4	17	2	
	16	viva	3	10	2	
	17	viva	2	0	2	
	18	viva	2	0	2	
	19	viva	3	53	2	
	20	viva	3	55	2	
	21	viva	2	0	2	
	22	viva	2	0	2	
	23	viva	2	0	2	
	24	viva	5	81	2	
	25	viva	4	22	2	
	26	viva	3	5	2	
	27	viva	2	0	2	
	28	viva	2	0	2	
	29	viva	2	0	2	
	30	viva	4	32	2	
	31	viva	2	0	2	
	32	viva	2	0	2	

## Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

## Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos

Cuadro 7. Planilla de datos parcela 1 estrato alto

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
<b>ESTRATO ALTO</b>	1	viva	3	18	2	
<b>PARCELA 1</b>	2	viva	2	0	2	
	3	viva	3	16	2	
	4	viva	2	0	2	
	5	viva	2	0	2	
	6	viva	3	1	2	
	7	viva	2	0	2	
	8	viva	3	7	2	
	9	viva	2	0	2	
	10	viva	2	0	2	
	11	viva	2	0	2	
	12	viva	3	21	2	
	13	viva	3	8	2	
	14	viva	2	0	2	
	15	viva	3	12	2	
	16	viva	2	0	2	
	17	viva	3	16	2	
	18	viva	3	2	2	
	19	viva	2	0	2	
	20	viva	2	0	2	
	21	viva	2	0	2	
	22	viva	3	22	2	
	23	viva	3	31	2	
	24	viva	2	0	2	
	25	viva	2	0	2	
	26	viva	2	0	2	
	27	viva	2	0	2	
	28	viva	2	0	2	
	29	viva	2	0	2	
	30	viva	3	7	2	
	31	viva	3	12,5	2	
	32	viva	2	0	2	

## Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

## Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos

Cuadro 8. Planilla de datos parcela 2 estrato alto

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
<b>ESTRATO ALTO</b>	1	viva	2	0	2	
<b>PARCELA 2</b>	2	viva	2	0	2	
	3	viva	2	0	2	
	4	viva	2	0	2	
	5	viva	2	0	2	
	6	viva	2	0	2	
	7	viva	2	0	2	
	8	viva	3	12	2	
	9	viva	3	2	2	
	10	viva	3	5,5	2	
	11	viva	3	21	2	
	12	viva	2	0	2	
	13	viva	2	0	2	
	14	viva	2	0	2	
	15	viva	4	22	2	
	16	viva	5	43	2	
	17	viva	5	58	2	
	18	viva	4	15	2	
	19	viva	3	2,5	2	
	20	viva	2	0	2	
	21	viva	2	0	2	
	22	viva	2	0	2	
	23	viva	2	0	2	
	24	viva	2	0	2	
	25	viva	2	0	2	
	26	viva	2	0	2	
	27	viva	5	45	2	
	28	viva	2	0	2	
	29	viva	2	0	2	
	30	viva	4	21,5	2	
	31	viva	3	13	2	
	32	viva	2	0	2	

## Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

## Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos

Cuadro 9. Planilla de datos parcela 3 estrato alto

Tratamiento	Muestra	Sobrevivencia	Grado enraiz.	Long. Raíz principal.(mm)	Sanidad	Observaciones
<b>ESTRATO ALTO</b>	1	viva	2	0	2	
<b>PARCELA 3</b>	2	viva	2	0	2	
	3	viva	2	0	2	
	4	viva	2	0	2	
	5	viva	2	0	2	
	6	viva	4	31,5	2	
	7	viva	2	0	2	
	8	viva	5	53	2	
	9	viva	5	37	2	
	10	viva	2	0	2	
	11	viva	2	0	2	
	12	viva	3	1,5	2	
	13	viva	3	25	2	
	14	viva	2	0	2	
	15	viva	2	0	2	
	16	viva	2	0	2	
	17	viva	4	24,5	2	
	18	viva	4	2,5	2	
	19	viva	5	40,5	2	
	20	viva	2	0	2	
	21	viva	2	0	2	
	22	viva	2	0	2	
	23	viva	2	0	2	
	24	viva	2	0	2	
	25	viva	2	0	2	
	26	viva	3	2,5	2	
	27	viva	3	1,5	2	
	28	viva	3	1	2	
	29	viva	3	7	2	
	30	viva	2	0	2	
	31	viva	2	0	2	
	32	viva	4	18	2	

## Grado de enraizamiento

- 1 Sin formación de callos ni raíces
- 2 Sólo callo sin raíz principal
- 3 Raíz (es) principal (es), sin raíces secundarias
- 4 Raíz (es) principal (es), con pocas raíces secundarias
- 5 Raíz (es) principal (es), con muchas raíces secundarias

## Sanidad

- 1 Con presencia de hongos
- 2 Sin presencia de hongos



## **ANEXO 3**

### **Análisis de grado de enraizamiento**

Cuadro 1. Estadística descriptiva para grado de enraizamiento

<b>Estrato</b>	<b>NºObs</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desv.Estd.</b>	<b>Coef. Var(%)</b>
<b>Bajo</b>	96	2,00	3,00	5,00	1,2183	1,1038	36,8
<b>Medio</b>	96	2,00	3,00	5,00	1,2604	1,1227	37,4
<b>Alto</b>	96	2,00	3,00	5,00	0,7701	0,8775	29,3

Cuadro 2. Distribución del número de plantas, según grado de enraizamiento y estrato

<b>Estrato</b>	<b>Grado de enraizamiento</b>				<b>Total</b>
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>Bajo</b>	19	32	18	27	<b>96</b>
<b>Medio</b>	52	17	13	14	<b>96</b>
<b>Alto</b>	58	25	7	6	<b>96</b>
<b>Total</b>	<b>129</b>	<b>74</b>	<b>38</b>	<b>47</b>	<b>288</b>

Cuadro 3. Distribución según porcentaje

<b>Estrato</b>	<b>Grado de enraizamiento</b>				<b>Total</b>
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>Bajo</b>	19,8	33,3	18,8	28,1	100
<b>Medio</b>	54,2	17,7	13,5	14,6	100
<b>Alto</b>	60,4	26,0	7,3	6,3	100

Cuadro 4. Análisis de Duncan

<b>Lugar</b>	<b>Estrato</b>	<b>NºObs</b>	<b>Grado Enraiz. promedio</b>	<b>Grupos*</b>
<b>1</b>	<b>Bajo</b>	96	3,55	a
<b>2</b>	<b>Medio</b>	96	2,89	b
<b>3</b>	<b>Alto</b>	96	2,59	b



Figura 1. Planta con presencia de callo.

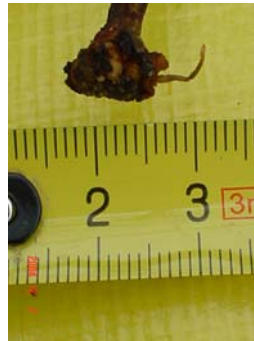


Figura 2. Planta con presencia de longitud principal sin raíces secundarias.



Figura 3. Planta con presencia de longitud principal y pocas raíces secundarias.



Figura 4. Planta con presencia de longitud principal y muchas raíces secundarias.

## **ANEXO 4**

### **Análisis de longitud de raíz principal**

Cuadro 1. Estadística descriptiva de longitud principal

<b>Estrato</b>	<b>NºObs</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desv.Estd.</b>	<b>Coef. Var(%)</b>
<b>Bajo</b>	95	0,00	20,82	86,00	366,3896	19,1413	91,9
<b>Medio</b>	96	0,00	12,99	82,00	440,4578	20,9871	161,6
<b>Alto</b>	96	0,00	7,08	58,00	168,5280	12,9818	183,4

Cuadro 2. Análisis de Duncan

<b>Lugar</b>	<b>Estrato</b>	<b>NºObs</b>	<b>LRP promedio</b>	<b>Grupos*</b>
<b>1</b>	<b>Bajo</b>	95	20,82	a
<b>2</b>	<b>Medio</b>	96	12,99	b
<b>3</b>	<b>Alto</b>	96	7,08	b

Cuadro 3. Largo de raíz según estrato

<b>Estrato</b>	<b>Grado de enraizamiento</b>				<b>Promedio</b>
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>Bajo</b>	0,00	14,13	26,17	40,57	20,82
<b>Medio</b>	0,00	12,76	22,69	52,50	12,99
<b>Alto</b>	0,00	10,72	19,29	46,08	7,08
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>	<b>12,66</b>	<b>23,71</b>	<b>44,92</b>	<b>13,60</b>