



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Reproducción vegetativa por estacas en *Amomyrtus luma* (luma), *Amomyrtus meli* (meli) y *Luma apiculata* (arrayán) mediante el uso de plantas madres jóvenes y adultas**

Patrocinante: Dr. Rubén Peñaloza W.

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

**PEDRO CRISTIAN SOTO FIGUEROA**

VALDIVIA  
2004

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sr. Rubén Peñaloza Wagencknecht	<u>7,0</u>
Informante:	Srta. Paulina Hechenleitner Vega	<u>6,5</u>
Informante:	Sr. Jaime Büchner Oyarzo	<u>6,8</u>

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.

-----  
Sr. Rubén Peñaloza Wagencknecht

## **AGRADECIMIENTOS**

En este momento tan importante de mi vida, en donde culmino una etapa que significó años de esfuerzo, sacrificios, altos y bajos, pero sobre todo en donde pude conocer y aprender las herramientas que me servirán para forjar mi futuro, deseo agradecer de manera especial a cada ser, que sin lugar a dudas fueron pilares importantes de este logro que hoy día puedo disfrutar.

A mi profesor patrocinante, doctor Rubén Peñaloza agradezco sinceramente, su constante apoyo y preocupación, en el desarrollo de este trabajo, que al final dio sus frutos, aportado al conocimiento. Gracias por darme la oportunidad de realizar esta investigación.

A mis profesores informantes por apoyarme en cada momento que lo necesite.

Quiero agradecer de manera especial a CEFOR S.A, por facilitar sus instalaciones para llevar a cabo este estudio, en nombre de la señora Nery Carrasco que me presto su ayuda en cada momento que lo necesité.

También muchas gracias al personal del Arboretum, don Luis y don Bernardo por ayudarme a coleccionar mis estacas y a mi compañero José Luis Palma.

Por último a todos mis amigos, por su apoyo y preocupación constante, Marcelo, sandro, Perry, Jano, Mauricio, Jorge y muchos más que estarán siempre en mi corazón.

## DEDICATORIA

*Mamá, gracias por guiarme en la vida y darme tu amor incondicional, hoy subimos otro peldaño de los muchos que seguiremos subiendo, que el señor te bendiga siempre.*

*Alberto y Yessenia, gracias por ser los mejores hermanos y estar siempre apoyándome.*

*Mamá Sylvita, no se como agradecer todo el amor que me has entregado, gracias por ayudarme a cumplir mi sueño, toda mi vida estaré agradecido de ti y estarás en mi corazón. Nunca te lo dije, pero muchas veces te quise llamar madre, se que tengo dos madres en la vida y una eres tú, por siempre gracias y que dios te bendiga por ese gran corazón.*

*Familia Rosas Ramírez, estaré siempre agradecidos de ustedes, gracias por su confianza y apoyo.*

*A mi lejana Patagonia, mi tierra soñada, un sueño en el fin del mundo, hoy volveré a tus brazos y te podré contemplar otra vez, tu hijo te da las gracias.*

*A ti amor, por ser incondicional y paciente para esperar este momento, gracias por tu apoyo, y por darle sentido a esta vida. Un beso.*

*Por último a ti omnipotente, padre sabio que me guías, gracias por iluminarme el camino, darme fuerzas y entender que querer es poder.*

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Generalidades sobre propagación vegetativa	3
2.2 Propagación por estacas	4
2.2.1 Raíces adventicias	4
2.3 Factores que afectan la rizogénesis en estacas	5
2.3.1 Edad de la planta madre y condición fisiológica	5
2.3.2 Tipo de estaca de tallo	6
2.3.3 Época de recolección de las estacas	6
2.3.4 Reguladores de crecimiento	7
2.3.5 Condiciones ambientales	7
2.3.6 Sustrato de enraizamiento	8
2.4 Descripción de especies	8
2.4.1 <i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret	8
2.4.2 <i>Amomyrtus luma</i> (Mol.) Legr. et Kausel	9
2.4.3 <i>Amomyrtus meli</i> (Phil.) Legr. et Kausel	10
2.5 Antecedentes sobre estudios anteriores en las especies	11
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	12
3.1 Diseño experimental	12
3.1.1 Parámetros evaluados	12
3.1.2 Modelos estadísticos	13
3.1.3 Análisis estadístico	14
3.2 Áreas de recolección	15
3.3 Selección de árboles	16
3.4 Recolección de estacas	16
3.5 Ubicación y duración del estudio	16
3.5.1 Características del invernadero	17
3.6 Sustrato	17
3.7 Preparación de bandejas	17
3.8 Instalación de estacas	17
3.9 Actividades post establecimiento	17

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1	Análisis para el Porcentaje de Enraizamiento	19
4.1.1	Análisis descriptivo	19
4.1.2	Análisis inferencial	21
4.2	Análisis para el Número de Raíces	25
4.2.1	Análisis descriptivo	25
4.2.2	Análisis inferencial	27
4.3	Análisis descriptivo de los parámetros restantes	30
4.3.1	Porcentaje estacas vivas	30
4.3.2	Porcentaje de estacas con callo	30
4.3.3	Largo de la raíz adventicia principal	30
4.3.4	Porcentaje de estacas con raíces secundarias	33
4.3.5	Diámetro del sistema radicular formado	34
4.4	Análisis de correlación	36
5.	CONCLUSIONES	38
6.	BIBLIOGRAFÍA	40

#### ANEXOS

1	Abstract
2	Esquema de distribución de tratamientos en la bandeja
3	Datos Largo raíz adventicia principal
4	Datos porcentaje de estacas con raíces secundarias
5	Datos promedio del sistema radicular formado

## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Tratamientos empleados	12
Cuadro 2.	Estadística descriptiva para el Porcentaje de Enraizamiento	19
Cuadro 3.	Análisis de varianza, para el arcoseno ( $\sqrt{\% \text{enraizamiento}/100}$ )	22
Cuadro 4.	Comparaciones múltiples de Duncan y Ranking de tratamientos para el porcentaje de enraizamiento	23
Cuadro 5.	Parámetros descriptivos para el Número de Raíces	25
Cuadro 6.	Análisis de varianza, para el Log(Número de raíces + 0,5)	27
Cuadro 7.	Comparaciones múltiples de Duncan y Ranking de tratamientos	28
Cuadro 8.	Matriz de correlaciones entre los diferentes parámetros evaluados	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Melí de planta madre joven con aplicación hormonas	29
Figura 2.	Largo promedio de raíz adventicia principal por tratamiento	31
Figura 3.	Largo promedio raíz adventicia principal en los niveles Especie, Edad y Hormona	32
Figura 4.	Longitud de raíces de melí joven con hormona	32
Figura 5.	Porcentaje promedio de raíces secundarias por tratamiento	33
Figura 6.	Promedio de raíces secundarias a nivel de especie, edad y hormona	34
Figura 7.	Diámetro promedio del sistema radicular a nivel de tratamientos	35
Figura 8.	Diámetro promedio del sistema radicular en los niveles de especie, edad y hormona	36

## RESUMEN EJECUTIVO

Se efectuó un estudio sobre reproducción vegetativa por estacas en *Amomyrtus luma* (luma), *Amomyrtus meli* (melí) y *Luma apiculata* (arrayán), todas especies interesantes de reproducir por su importancia en la producción de miel. El objetivo general del trabajo fue determinar si existen diferencias en la capacidad de rizogénesis en estacas de tallo que provinieron de dos tipos de plantas madres (jóvenes y adultas). Para el logro de este objetivo se plantearon los objetivos específicos: determinación del porcentaje de supervivencia de las estacas, presencia de callo y caracterización del sistema radicular formado.

El diseño fue de tipo factorial considerando especie (3), edad planta madre (2) y aplicación de ácido indolbutírico (0-6000 ppm), lo cual dió origen a 12 tratamientos con tres repeticiones cada uno.

La recolección de estacas se realizó en el mes de junio del 2004 desde árboles sanos y vigorosos de dos áreas, Arboretum de la Universidad Austral de Chile (arrayán y luma) y Cuesta Cero, cruce a Camán, salidad sur de Valdivia (melí).

La reproducción vegetativa se realizó en un invernadero de última tecnología propiedad del Centro de Producción y Experimentación Forestal S.A. (CEFOR S.A.), usando cama caliente y las óptimas condiciones de ambiente controlado.

Las estacas fueron desinfectadas e instaladas en una mezcla de sustrato en partes iguales de arena, turba y corteza de pino compostada, al cual se desinfectó y adicionó fertilizantes para aportar macronutrientes (N,P,K).

Al cabo de 5 meses se realizó la evaluación del estudio, registrando el valor de los parámetros: estacas vivas; estacas con callo; enraizamiento y estacas con raíces secundarias, todos en porcentaje. Largo de la raíz adventicia principal y diámetro del sistema radicular formado; se registraron en cm y por último el número de raíces por estaca.

A los parámetros número de raíces y porcentaje de enraizamiento se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de Fischer y el test de comparaciones múltiples de Duncan, en tanto que los parámetros restantes sólo se analizaron descriptivamente. De manera adicional se realizó un análisis de correlación entre algunos parámetros.

Del análisis de los datos se obtiene que el 100% de las estacas formaron callo, independiente de la edad y hormona. El porcentaje de enraizamiento alcanza valores sobre el 51%, siendo melí la mejor especie con un valor superior al 90%.

En porcentaje de estacas con raíces secundarias, sobre el 90% de las estacas de melí presentan éstas, en arrayán sobre el 80% y luma supera levemente el 50%. Se concluye que este parámetro está fuertemente correlacionado con el

porcentaje de enraizamiento. Porcentaje de estacas vivas no presentó buenos resultados.

El diámetro del sistema radicular en melí supera los 2 mm, arrayán supera el mm y luma presenta un menor desarrollo con sólo 0,5 mm. El largo promedio de la raíz adventicia principal en melí es superior a 1,4 mm, arrayán se acerca a 1,2 mm y luma no supera los 0,6 mm. Melí presenta en promedio 16 raíces por planta, arrayán 7 y luma sólo 3.

Se concluye finalmente que la edad de la planta madre ejerce una fuerte influencia en la capacidad de las estacas para formar raíces, independiente de la especie. El mejor material fue aquel obtenido de plantas jóvenes, como se puede apreciar en este trabajo en el comportamiento de los parámetros analizados. Esto puede mejorar si se aplica una adecuada concentración de hormonas. En este caso la aplicación de 6000 ppm de AIB resultó ser una buena dosis. Esto queda respaldado por la alta significancia que se obtiene al considerar la interacción edad/especie y edad/hormona.

**Palabras Claves:** Propagación Vegetativa de Melí, Luma y Arrayán.

## 1. INTRODUCCIÓN

Acciones antrópicas han sido la causa principal de alteraciones y pérdidas en la vegetación natural del país. Esto motivado por uso del suelo, preferentemente forestal, para actividades agrícolas o pecuarias de escasa productividad hoy en día. Las pérdidas de suelo en la zona centro-sur por uso indiscriminado para producción de granos, ganado o frutales, han impactado fuertemente el ecosistema forestal.

En la actualidad, surge interés por recuperar muchas de estas especies vegetales, producto muchas veces de nuevos descubrimientos sobre propiedades y usos de estas, lo cual promueve la investigación sobre estrategias de propagación entre otras cosas.

Debido a la dificultad que presentan algunas especies para su reproducción, dependiendo esta de la especie y familia a la cual pertenecen, condiciones ambientales, condiciones físico-químicas de las mismas plantas y sobre todo por el periodo de maduración sexual para la obtención de semillas y frutos, la reproducción asexual ó vegetativa adquiere importancia, ya que a partir de porciones de una planta madre es posible la obtención de nuevos individuos constituidos genéticamente igual a esta, además de acelerar la obtención de flores y frutos ya que es posible mantener la edad fisiológica de la planta madre.

Dentro de la familia de las Mirtáceas en Chile existen 64 especies autóctonas<sup>1</sup>, destacando por la dureza de su madera, flores muy vistosas y gran producción de frutos, algunos de ellos comestibles y utilizados en la elaboración de diferentes productos como dulces y licores en el caso de *Ugni molinae* (murta), otros destacan por propiedades medicinales, usos en la confección de herramientas, producción de néctar y polen para la apicultura y usos ornamentales como en el caso de las especies luma, melí y arrayán, lo cual les da a estas especies un atractivo particular, ya que es posible darles variados usos. En este sentido la propagación vegetativa es una herramienta que permite multiplicar estas especies autóctonas, antes que se pierdan producto de la expansión de la población, que trae consigo el habilitamiento de superficies que antes ocupaban.

En la actualidad, son escasos los estudios realizados sobre propagación vegetativa por estacas de tallo en especies de Mirtáceas nativas, especialmente aquellos donde se estudien diferentes épocas de recolección, tipos de sustratos, aplicación de hormonas y uso de camas de propagación. Los resultados obtenidos a la fecha han demostrado que la propagación por esta vía en algunas especies es posible, pero se hace necesario seguir investigando para obtener mejores resultados, sobre todo con las especies luma, melí y arrayán donde existe poca información. En tal sentido, aún no existen antecedentes verificables sobre ensayos con estas especies, que consideren la edad de la planta madre como variable determinante para el éxito del enraizamiento de estacas de tallo y con hormonas que estimulen el desarrollo radicular.

---

<sup>1</sup> Información personal Prof. Dr. Carlos Ramírez G. INSTITUTO BOTANICA – UACH

Esto se hace cada vez más necesario si se pretende aumentar significativamente la producción apícola de exportación.

En efecto, en los últimos años se ha incrementado fuertemente la exportación de miel y otros productos derivados. Para contribuir al incremento de superficies con especies forestales melíferas, se requiere el uso de aquellas que ya tienen un mercado ganado por la excelente calidad y precio de la miel que de ellas se obtiene. Este es el caso de las mirtáceas que se usan en este trabajo.

El presente estudio pretende abordar esta problemática y aportar con mayor información sobre propagación vegetativa por estacas, para lo cual se propagaron vegetativamente por medio de estacas de tallo tres especies de mirtáceas autóctonas (nativas), correspondiendo estas a *Amomyrtus luma* (luma), *Luma apiculata* (arrayán) y *Amomyrtus meli* (melí). Como objetivo general del trabajo se buscó determinar si existen diferencias en la capacidad de rizogénesis en estacas de tallo provenientes de dos tipos de plantas madres (jóvenes y adultas).

Como objetivos específicos del trabajo se plantean:

- ✓ Determinación del porcentaje de supervivencia de las estacas.
- ✓ Determinación de la presencia de callo en las estacas.
- ✓ Caracterización del sistema radical formado.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Generalidades sobre propagación vegetativa**

La propagación vegetativa ó asexual, consiste en el empleo de partes vegetativas de una planta original y hacer que se genere el resto de la estructura faltante, sean estas raíces, tallos u hojas. Esto es posible ya que cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una planta entera (Hartmann y Kester, 1999).

Baldini (1992), señala que la propagación vegetativa agámica (asexual), es la capacidad que tienen algunos órganos vegetativos de una planta para formar raíces y de esta manera originar un nuevo individuo completo desde el punto de vista morfológico y funcional.

Esta capacidad, es una propiedad que poseen esencialmente todas las células vegetales vivientes y depende de dos características fundamentales. Una es la totipotencia celular, que significa que cada célula contiene la información genética necesaria, para reconstituir todas las partes de la planta y sus funciones. La segunda es la dediferenciación, o sea, la capacidad de las células parenquimáticas de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo. Como estas dos características son más pronunciadas en algunas células y en algunas partes de la planta que en otras, el propagador debe efectuar algunas manipulaciones para proporcionar las condiciones apropiadas para el enraizamiento (Hartmann y Kester, 1999).

En la actualidad existen varios métodos de propagación vegetativa tales como: acodos, injertos, estacas, cultivos de tejidos, propagación por medio de tallos y raíces especializadas (Baley, 1974; Hutchinson, 1980; Hartmann y Kester, 1999).

El uso de estos métodos de propagación vegetativa se fundamenta por el hecho de reproducir a exactitud características genéticas de cualquier planta, además de muchas otras ventajas adicionales.

Baldini (1992), indica que los procedimientos de propagación vegetativa ofrecen dos ventajas substanciales con respecto a la propagación por semillas: la primera, es la obtención de plantas que no tienen que superar un largo periodo juvenil y que pueden, por tanto, comenzar a fructificar bastante precozmente; y la segunda, es el originar descendencias homogéneas desde el punto de vista genético e idénticas a la planta de la que se a tomado el material de propagación. Por el contrario y como desventaja, a estas descendencias agámicas se les transmite las eventuales enfermedades virales de las cuales las plantas madres pueden estar afectadas.

Hartmann y Kester (1999), señalan la importancia de la propagación vegetativa en la reproducción de especies que no producen semillas viables, además señalan que durante el periodo juvenil las plantas originadas de semilla no sólo no producen flores y frutos sino que ha menudo muestran características morfológicas diferentes.

En general, la propagación en masa por medios vegetativos no es más económica que la propagación por semillas, pero su empleo se justifica por la superioridad y uniformidad de los individuos obtenidos. 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 madures reproductiva (Hartmann y Kester, 1999).

Muchos de los métodos de propagación vegetativa convencionales no son comercialmente viables, por lo que el desarrollo de técnicas que utilizan estacas y micropropagación son particularmente interesantes.

## **2.2 Propagación por estacas**

Es un método preferido en la propagación vegetativa, para árboles y arbustos tanto forestales como ornamentales. Este es rápido y económico, se puede obtener gran número de individuos a partir de una única planta madre, sin cambios genéticos (Toribio y García, 1989; Hartmann y Kester, 1999).

Este es uno de los métodos de propagación más utilizados y consiste en la separación de un trozo de planta con yemas activas, capaces de regenerar una nueva planta. Frecuentemente se utilizan estacas de tallo, en las cuales ya existe un sistema aéreo y sólo se necesita la formación del sistema radical, lo cual se logra colocando las estacas en ciertas condiciones ambientales favorables para inducir la formación de raíces (Romero y Alberdi, 1996; Hartmann y Kester, 1999).

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

### *2.2.1 Raíces adventicias*

Toogood (2000), señala que en la multiplicación a partir de estacas, las raíces desarrolladas se denominan raíces adventicias.

Estas son aquellas que se originan de cualquier parte de la planta, diferente a las raíces del embrión (Essau, 1985; Hartmann y Kester, 1999).

En la formación de estas intervienen una serie de factores internos o endógenos que interactúan en forma compleja y generan un amplio rango de efectos sobre el metabolismo, crecimiento y diferenciación (Gutiérrez, 1995).

Las raíces adventicias se desarrollan naturalmente en muchas especies, pudiendo ser estas del tipo preformadas o provocadas por lesiones. Se desarrollan naturalmente en los tallos y ramas cuando todavía están adheridas a la planta madre, surgiendo sólo luego que se corta la porción de tallo o rama. Las de lesión se forman sólo después que se ha extraído la estaca (Hartmann y Kester, 1999).

En las plantas perennes leñosas, en las que hay una o más capas de xilema y floema secundarios, las raíces adventicias de las estacas de tallo por lo general se

originan en el tejido del floema joven, secundario, aunque esas raíces también pueden originarse de otros tejidos como los radios vasculares, el cambium, la médula o de las lentécelas (Hartmann y Kester, 1999).

Los primordios radicales que se pueden formar, cuando se encuentran en condiciones favorables crecen atravesando 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 radicales, puede estar acompañada de la formación de un tejido parenquimático cicatrizal en la base de las estacas, denominado callo, cuya presencia es sin duda útil ya que impide el ingreso de patógenos al interior de las estacas. Con frecuencia las primeras raíces aparecen a través de él, pero cabe señalar que el callo no tendría influencia en el proceso de formación de raíces (rizogénesis), en donde no participa directa ni activamente (Baldini, 1992; Hartmann y Kester, 1999).

### **2.3 Factores que afectan la rizogénesis en estacas**

El éxito en el enraizamiento de las estacas depende de una serie de factores tanto internos como externos, los que varían según la especie, un adecuado conocimiento de ellos permitirá alcanzar mejores resultados en la propagación.

Entre los principales factores se encuentran la edad de la planta madre y condición fisiológica, tipo de estaca de tallo, época de recolección de las estacas, reguladores de crecimiento, condiciones ambientales (temperatura y humedad), sustrato de enraizamiento y condición sanitaria del material (Hartmann y Kester, 1999).

#### *2.3.1 Edad de la planta madre y condición fisiológica*

Algunos autores han demostrado que las estacas de plantas jóvenes enraízan con mayor facilidad que las que provienen de plantas adultas, debido al aumento de productos inhibidores y fenólicos al aumentar la edad de la planta madre. No obstante esto se ha superado por medio de etiolación previo a la cosecha, uso de brotes de tocón, almacenamiento en frío posterior a la colecta o por medio del rejuvenecimiento con estaquillados sucesivos.

El estado fisiológico puede estar asociado con la relación carbono/nitrógeno, jugando un papel fundamental en la iniciación de raíces. En general, el estado nutricional de la planta madre es importante para el enraizamiento de las estacas (Hartmann y Kester, 1999).

Varios investigadores han correlacionado positivamente los niveles de carbohidratos en las estacas con su capacidad para iniciar primordios radicales, reconociendo que una adecuada reserva de hidratos de carbono, en combinación con una relación carbono nitrógeno alta, favorece el enraizamiento (Gutiérrez, 1995).

La selección de un material adecuado para la obtención de estacas, en cuanto al contenido de carbohidratos, puede determinarse por la robustez del tallo. Los que están pobres en carbohidratos se presentan suaves y flexibles, en tanto los ricos en carbohidratos son macizos y rígidos y se rompen tronando antes de doblarse. Sin embargo, esta condición puede confundirse con la robustez debido a la maduración de los tejidos, causada por el engrosamiento y la lignificación de las paredes celulares (Hartmann y Kester, 1999).

### 2.3.2 *Tipo de estaca de tallo*

Se puede trabajar con material para estaca proveniente de ramas terminales suculentas, de crecimiento en curso, hasta ramas lignificadas de varios años. Además es importante la posición de la estaca dentro del brote, en general no existe un material que resulte exitoso para todas las especies, siendo necesario el estudio de cada especie en particular para evaluar si es más adecuado el uso de estacas de madera dura, semidura o suave (Hartmann y Kester, 1999).

Otra consideración de importancia es la presencia de hojas y yemas que influyen favorablemente en el enraizamiento de las estacas. Las hojas son las principales áreas fotosintéticas de la planta y de aquí que debiera esperarse que la respuesta de enraizamiento sea proporcional al área de estas. Además los efectos estimulantes de las hojas y las yemas en el enraizamiento se deben principalmente a la producción de auxinas, y se sabe que estos órganos son poderosos productores de auxinas y otros materiales esenciales para el crecimiento. Al respecto Awad (1993), encontró que al enraizar estacas de *Lomatia ferruginea* (Cav.) R.Br. el número de raíces aumenta significativamente con el incremento de yemas por nudo presentes en la estaca. Sin embargo, en relación a la presencia de hojas en la estaca, se recomienda reducir el área foliar cuando esta es muy grande, ya que así se reduce la pérdida de humedad y se facilita su plantación (Hartmann y Kester, 1999).

### 2.3.3 *Época de recolección de las estacas*

La cantidad de reservas alimenticias y de sustancias cofactoras del enraizamiento de estacas, depende también de la época del año en la cual se colecten y del tipo de planta, perenne o caduca, ya que el contenido de carbohidratos almacenado muestra una mayor variación en las plantas caducas que en las perennes.

En algunos casos, la época del año en la cual se toman las estacas puede ejercer una influencia en el enraizamiento, ya que se relaciona con los balances hormonales internos de la planta madre y a la relación de cofactores e inhibidores endógenos presentes en las estacas cuando son recolectadas (Hartmann y Kester, 1999).

#### 2.3.4 *Reguladores de crecimiento*

Para la iniciación de raíces adventicias en estacas, es evidente que ciertos niveles de sustancias naturales vegetales de crecimiento son más favorables que otros. Se ha dedicado mucho estudio a esas relaciones. Hay varios grupos de tales sustancias, entre ellos las auxinas, las citoquininas y las giberelinas. De éstas, las auxinas son las de mayor interés respecto a la formación de raíces en las estacas.

Las auxinas están implicadas en actividades fisiológicas muy diversas como crecimiento del tallo, abscisión de hojas y frutos, activación de las células del cambium y muchas otras. Por otra parte ellas son sintetizadas principalmente en las yemas apicales y en las hojas jóvenes. De manera normal se moviliza en la planta de ápice a base. Sin embargo, es posible cierta traslocación masiva hacia arriba, probablemente y en forma principal en el xilema.

Hay una variedad de compuestos químicos sintéticos que tienen actividad de auxina. Varios de ellos, incluyendo el ácido indolacético, que tienen actividad auxínica, han sido aislados o se ha demostrado que existen en tejidos vegetales. Hay otros compuestos químicos con actividad auxínica que no se han aislado de tejidos vegetales entre ellos está el ácido indolbutírico (AIB).

Con el uso de ácido indolbutírico se han obtenido buenos resultados en el enraizamiento de estacas, acelerando la iniciación del proceso, aumentando el número y calidad de las raíces producidas. Por otro lado se descompone relativamente lento por acción enzimática y se moviliza pausadamente dentro de la planta.

Existen tres formas de aplicar auxinas en la base de las estacas de tallo. Uso de soluciones con concentración superior a 1000 ppm por unos pocos segundos diluida en alcohol, concentraciones entre 10 a 500 ppm por sobre 24 horas y uso de soluciones en polvo con concentraciones de la parte activa entre 500 a 1000 ppm. Por lo general concentraciones relativamente bajas de auxinas estimulan el crecimiento, en cambio las muy altas lo inhiben, aunque la concentración óptima depende de la especie y del tipo de tejido (Hartmann y Kester, 1999).

#### 2.3.5 *Condiciones ambientales*

Hartmann y Kester (1999), en su extraordinario libro sobre propagación de plantas, establecen una serie de condiciones ambientales que se deben tener en cuenta para lograr el enraizamiento de estacas:

Un adecuado enraizamiento se logra entre otras cosas, controlando la temperatura, humedad e incluso en algunos casos la luminosidad.

La temperatura ambiental debe ser controlada según muchos autores entre 20 a 27°C para el caso de la diurna y alrededor de los 15°C la nocturna.

Para reducir la pérdida de humedad de las estacas, se recomienda la utilización de niebla, que se logra asperjando niebla de agua sobre las hojas de las estacas logrando disminuir la temperatura de las hojas y lograr una alta humedad relativa entre 80 a 100%.

Producto de la alta humedad, temperatura y al material vegetal existente, es de importancia la limpieza de las camas de enraizamiento para evitar la aparición de hongos. Se recomienda la aplicación de productos fungicidas para la prevención de éstos.

En las camas de propagación la aplicación de alguna forma de calentamiento a las estacas es benéfico, para mantener la temperatura en la base de las mismas más alta que en las yemas. Esta técnica de calentamiento basal, acelera la formación de raíces, gracias a la constitución de un gradiente térmico, las raíces pueden desarrollarse antes que los brotes.

La luz es fuente primordial de energía para la fotosíntesis, en el enraizamiento de estacas los productos de esta son importantes para la iniciación y crecimiento de las raíces. Los efectos de luz en él pueden deberse a la intensidad, fotoperíodo y a la cantidad de luz. Estos efectos pueden ser ejercidos tanto en las plantas madres de las que se obtiene el material para estacas, como de las mismas estacas durante el proceso de enraizamiento.

#### 2.3.6 *Sustrato de enraizamiento*

El sustrato empleado para el enraizamiento puede ser de muchos tipos, pero este debe cumplir tres funciones: mantener a la estaca en su lugar durante el periodo de enraizamiento, proporcionar la humedad necesaria y permitir la penetración de aire, además debe estar libre de patógenos que puedan afectar el éxito en la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1999).

## 2.4 Descripción de especies

### 2.4.1 *Luma apiculata (DC.) Burret.*

**Nombres vulgares.** Arrayán, Palo colorado.

Árbol de hasta 20 m de alto, copa globosa, muy ramificado. Tronco de hasta 50 ó más cm de diámetro; corteza lisa, verde-cenicienta cuando es joven y rojiza, ferrugínea o rojo-vinosa cuando adulto, que se desprende periódicamente dejando sectores más claros. Follaje denso. Hojas perennes, simples, opuestas, casi sésiles, aromáticas, coriáceas de forma aovada a oblonga, elíptica a elíptico-lanceolada, acuminada y apiculada en el ápice, pilosa cuando joven. Flores hermafroditas, pediceladas, blancas, de más o menos 1,5 cm de diámetro. Fruto una baya redondeada, de 1-1,5 cm de diámetro, rojiza en un comienzo a negro brillante en plena madurez y con los sépalos persistentes en el ápice. Semilla de frutos bien

desarrollados 3-6, arriñonadas, lisas, brillantes, de 4,5-5 mm de largo (Rodríguez *et al.*, 1983).

### **Distribución geográfica.**

Árbol endémico de los bosques subantárticos. En Chile crece entre la Provincia de Valparaíso (V Región) y la Provincia de Aysén (XI Región), desde casi el nivel del mar hasta los 1000 m.s.n.m. en ambas cordilleras y en el valle central (Rodríguez *et al.*, 1983).

### **Condiciones ecológicas.**

Especie higrófila que crece normalmente a orillas de lagos, ríos y otros cursos de agua, formando a veces asociaciones más o menos puras donde se presentan bosquesillos de considerable espesura, bordeando las aguas corrientes. Componente secundario de la Selva Valdiviana, donde crece asociado a *Eucryphia cordifolia*, *Gevuina avellana*, *Laurelia sempervirens*, *Drymys winteri*, *Lomatia ferruginea*, *Weinmannia trichosperma* y *Nothofagus dombeyi*, entre los más importantes.

Su mayor floración es durante los meses de enero a mayo, aunque en algunos lugares se encuentran ejemplares floridos en distintas épocas del año. Fructifica desde fines de febrero a mayo (Rodríguez *et al.*, 1983).

### **Usos.**

Hermoso árbol ornamental. Su madera muy dura y resistente se utiliza para fabricar mangos de herramientas y utensilios domésticos rurales.

#### *2.4.2 Amomyrtus luma (Mol.) Legr. et Kausel*

### **Nombre vulgar.** Luma.

Es un árbol de hasta 20 m de alto, ramoso. Tronco recto, de hasta 50 cm de diámetro; corteza lisa, pardo-clara a grisácea, decorticante en placas redondeadas. Ramas numerosas y ascendentes. Sus hojas son perennes, simples y opuestas, muy aromáticas, apiculadas en la punta, coriáceas, con un pecíolo piloso y rojizo. Flores hermafroditas, blancas y aromáticas. El fruto es una baya redondeada brillante de 5-9 mm de diámetro. Semilla en número variable entre 3-6, de color café, con una testa delgada que por transparencia permite ver el embrión recurvado (Rodríguez *et al.*, 1983).

### **Distribución geográfica.**

Árbol endémico de los bosques subantárticos. En Chile crece desde la Provincia de Talca (VII Región) hasta la Provincia de Aysén (XI Región).

### **Consideraciones ecológicas.**

Habita en sitios húmedos, generalmente a orillas de los cursos de agua. Especie secundaria de los bosques sureños y australes, crece asociada especialmente a otras Mirtáceas. Esta especie llega hasta los 650 m.s.n.m. Se puede encontrar en flor desde septiembre a noviembre, fructificando entre diciembre y febrero (Rodríguez *et al.*, 1983).

### **Usos.**

Madera muy dura, pesada y flexible, útil para la confección de mangos de herramientas, utensilios de labranza, ejes y rayos de carreta, bastones, palos de carabineros e incluso descansos de máquinas. También se utiliza para leña, pues genera altas calorías. Los cauchaus o frutos son comestibles, y también usados para preparar vino y chicha. Árbol ornamental de gran belleza (Hoffmann, 1982).

#### *2.4.3 Amomyrtus meli (Phil.) Legr. et Kausel*

### **Nombre vulgar. Melí.**

Árbol que alcanza hasta los 20 m de altura, de copa piramidal. Su tronco es recto y de hasta 60 cm de diámetro; corteza lisa, blanco-cenicienta, decorticante en placas irregulares. Ramas rectas y ascendentes. Hojas perennes, simples, opuestas, muy aromáticas, acuminada y apiculada en el ápice, con un pecíolo glabro café-rojizo. Flores hermafroditas, blancas y aromáticas. Fruto una baya redondeada de 8-10 mm de diámetro. Semillas 1-3, reniformes, lisas y brillantes (Rodríguez *et al.*, 1983).

### **Distribución geográfica.**

Árbol endémico de Chile; se encuentra desde la Provincia de Arauco (VII Región) hasta la Provincia de Chiloé (X Región), en ambas cordilleras.

### **Consideraciones ecológicas.**

Especie hidrófila, crece en lugares húmedos a orilla de cursos de agua ó bajo el dosel de otras especies. Florece de noviembre a diciembre y fructifica desde enero hasta marzo.

### **Usos.**

Su madera es muy dura ocupándose en la confección de utensilios agrícolas rústicos y para mangos de herramientas.

## 2.5 Antecedentes sobre estudios anteriores en las especies

Sabja (1980), experimentó el efecto que tiene el material vegetativo, tipo de sustrato y época de recolección, sobre la propagación vegetativa de estacas de arrayán. Los resultados más satisfactorios los obtuvo con estacas semiduras con talón, recolectadas en otoño y colocadas en sustrato de enraizamiento de arena-tierra de hojas (1:1) durante 150 días, logrando un 95% de sobrevivencia y un 5% de enraizamiento.

Rademacher (2001), estudia la aplicación de ácido indolbutírico (AIB), como estimulante del enraizamiento de estacas de luma, melí, arrayán y *Myrceugenia exsucca* (patagua). Realiza dos ensayos uno en verano y otro en otoño, como sustrato empleó una mezcla de arena y turba en partes iguales, en el ensayo de verano utiliza 5 diferentes concentraciones siendo la más alta una de 4000 partes por millón (ppm) de AIB en líquido, en otoño utilizó 7 concentraciones la más alta correspondió a 8000 ppm, luego de 65 días de establecido el ensayo se evaluaron los diferentes tratamientos.

En el ensayo de verano luma enraizó en un 53.3% con 2000 ppm, arrayán alcanzó un 71% de enraizamiento sin diferencias significativas entre las diferentes dosis, en tanto melí no mostró respuesta positiva al uso de auxinas.

En el ensayo de otoño sólo se obtuvieron resultados de enraizamiento en luma pero estos no fueron significativos.

Vásquez (1998), propagó vegetativamente a luma en dos épocas de recolección, en el mes de diciembre (verano) y en abril (otoño), utilizó un invernadero sin calefacción artificial y sin sistema de neblina, como sustrato empleó arena de río al 100%, se probaron cuatro concentraciones de AIB (0, 1000, 2000 y 4000 ppm) en polvo, utilizando cama de propagación fría y caliente. No se obtuvieron resultados de enraizamiento en ninguna época, esto causado probablemente por factores fisiológicos y/o anatómicos.

Ojeda (1998), entre otras especies propagó vegetativamente por estacas de tallo a arrayán, dentro de sus tratamientos empleó dos épocas de recolección (verano y otoño); camas de propagación caliente y fría y cuatro concentraciones de AIB (0, 1000, 2000 y 4000 ppm). Como resultado se obtuvo una buena respuesta con las épocas estudiadas, siendo favorable la aplicación de las mayores concentraciones, como de calor de fondo en la cama de propagación.

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El siguiente capítulo trata sobre el material y la metodología empleada en el desarrollo del estudio.

#### 3.1 Diseño experimental

Se empleó un diseño factorial contemplando los factores especie (3), edad de la planta madre (2) y aplicación de hormona (con y sin hormona). La combinación de éstos dio origen a 12 tratamientos, repitiéndose tres veces cada uno en forma completamente al azar, cada tratamiento formado por un total de 15 estacas, ver anexo 2.

A continuación se presentan los diferentes tratamientos del estudio:

Cuadro 1. Tratamientos empleados

Tratamientos	Especie	Planta madre	Aplicación de hormona (6000 ppm AIB)
T 1	Luma	Adulta	Si
T 2	Luma	Adulta	No
T 3	Luma	Joven	Si
T 4	Luma	Joven	No
T 5	Arrayán	Adulta	Si
T 6	Arrayán	Adulta	No
T 7	Arrayán	Joven	Si
T 8	Arrayán	Joven	No
T 9	Melí	Adulta	Si
T 10	Melí	Adulta	No
T 11	Melí	Joven	Si
T 12	Melí	Joven	No

##### 3.1.1 Parámetros evaluados

En el estudio se evaluaron los siguientes parámetros para las especies en cuestión.

- ✓ Porcentaje de estacas vivas (%)
- ✓ Porcentaje de estacas con callo (%)
- ✓ Porcentaje de enraizamiento (%)
- ✓ Número de raíces por estaca

- ✓ Largo de la raíz adventicia principal (cm)
- ✓ Porcentaje de estacas con raíces secundarias (%)
- ✓ Diámetro promedio del sistema radicular formado (cm)

Del total de parámetros evaluados al final del estudio, sólo porcentaje de enraizamiento y número de raíces fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) de Fischer, comparándose los promedios mediante el Test de Duncan, esto porque eran los de mayor relevancia ó variación dentro del total de los parámetros que se evaluaron. Para los parámetros restantes sólo se determinó estadística descriptiva.

Para efectos de la aplicación del análisis estadístico se transformaron los parámetros de la siguiente manera:

- Transformación para datos porcentuales, conocida como “Transformación angular o de arcoseno o de Bliss” :

$$X = \text{arcoseno } \sqrt{(x / 100)} , \text{ siendo } x \text{ el dato porcentual.} \quad (1)$$

- Transformación para datos de conteo, conocida como “Transformación de la raíz” :

$$X = \sqrt{x + 0,5} , \text{ siendo } x \text{ el dato o número.} \quad (2)$$

### 3.1.2 Modelos estadísticos

Se generaron 2 modelos, el modelo 1 para cuantificar los efectos de los factores y sus respectivas interacciones y el modelo 2 para formar grupos de tratamientos (para las interacciones).

A continuación se presentan los modelos estadísticos que se ocuparon.

**Modelo 1:**  $y_{ijkl} = \mu + E_i + ED_j + H_k + ExED_{ij} + ExH_{ik} + EDxH_{jk} + ExEDxH_{ijk} + e_{ij\ kl}$  (3)

donde:

- $y_{ijkl}$  = Es la variable respuesta: % Enraizamiento o Número de Raíces.
- $\mu$  = Efecto medio del ensayo.
- $E_i$  = Efecto de la i-ésima Especie.
- $ED_j$  = Efecto de la j-ésima Edad de la planta madre.
- $H_k$  = Efecto de la k-ésima Hormona.

$ExED_{ij}$  = Es el efecto de la interacción de la i-ésima Especie por la j-ésima Edad de la planta madre .

$ExH_{ik}$  = Es el efecto de la interacción de la i-ésima Especie por la k-ésima Hormona.

$EDxH_{jk}$  = Es el efecto de la interacción de la j-ésima Edad de la planta madre por la k-ésima Hormona.

$ExEDxH_{ijk}$  = Es el efecto de la interacción de la i-ésima Especie por la j-ésima Edad de la planta madre y la k-ésima Hormona.

$e_{ij,kl}$  = es el error

**Modelo 2:**  $y_{ij} = \mu + \text{Tratamiento}_i + e_{ij}$  (4)

donde:

$y_{ij}$  = Es la variable respuesta: % Enraizamiento o Número de Raíces.

$\mu$  = Efecto medio del ensayo.

$\text{Tratamiento}_i$  = Efecto del i-ésimo Tratamiento (especie, edad, hormona y sus respectivas interacciones).

$e_{ij,kl}$  = es el error

El modelo 1 sirve para comprobar la existencia de interacción entre los factores, debido a que los factores (edad y hormona), poseen cada uno un grado de libertad (número de tratamientos – 1), los análisis para las interacciones para formar grupos de tratamientos con medias homogéneas, pueden ser mas reales si se utiliza el modelo 2.

### 3.1.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico se compone de 2 partes:

#### **Análisis descriptivo.**

Se presenta a través de cuadros y figuras. Los cuadros contienen el número de observaciones, valores mínimos, medios, máximos, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación en porcentaje (%), para cada factor e interacción. Las figuras contienen el promedio según factor e interacción, para los diferentes parámetros.

#### **Análisis inferencial.**

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

- Los tratamientos (combinación de Especie\*Edad\*Hormona) tienen que distribuirse normales, se aplicó el test de Chi-cuadrado para normalidad al 95% de confianza.

- Las varianzas entre los tratamientos (Especie\*Edad\*Hormona) deben ser iguales (homogeneidad de varianzas). Se realizó con el test de Barlett, al 95% de confianza.

El porcentaje de enraizamiento se transformó a arcoseno ( $\sqrt{\% \text{enraizamiento}/100}$ ). Si al menos un supuesto no se cumple, se prueban las transformaciones: logaritmo (para el caso de existir valores con cero, se le suma 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 realizan las respectivas comparaciones múltiples, mediante el test de Duncan al 95% de confianza (SAS, 1987; SAS, 1988).

El test de comparaciones múltiples de Duncan permitirá determinar si una media dada (o un grupo de medias) difiere significativamente de otra media dada ó grupo de medias ( Miller y Freund,1973).

De manera de complementar la información obtenida se realizó un análisis de correlación ( $r$ ) de Pearson. Esta correlación es una medida del grado en que dos variables varían conjuntamente o una medida de la intensidad de asociación, varía entre -1 a 1, (Steel y Torrie, 1985). 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:

- Un valor de  $r < 0$  indica una relación lineal inversa entre las dos variables.
- Un valor de  $r > 0$  indica un relación lineal positiva entre las dos variables, es decir, al aumentar una variable, la otra también aumenta.
- Una valor de  $r = 0$  indica que no hay relación lineal entre las dos variables.

La información del análisis inferencial se presenta en cuadros y figuras.

### **3.2 Áreas de recolección**

Para la recolección de las estacas, se seleccionaron dos áreas, una corresponde al Arboretum de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile, ubicado en el sector Isla Teja, desde el cual se obtuvieron las estacas de luma y arrayán. La otra se encuentra en el sector Cuesta Cero, cruce a Camán, salida sur de Valdivia, desde donde se recolectaron las estacas de melí.

Las áreas mencionadas anteriormente fueron seleccionadas de acuerdo a la disponibilidad de individuos de las especies de interés, antecedentes relativos a su edad y además por su fácil acceso y cercanía.

### **3.3 Selección de árboles**

Los árboles desde los cuales se obtuvieron las estacas, fueron seleccionados dentro de la población según vigorosidad, sanidad y forma. Las variables registradas fueron altura total en (m), diámetro de cuello (DAC) en cm, diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm y diámetro de copa en (m). Los instrumentos empleados fueron vara telescópica, forcípula de brazos paralelos y huincha de distancia.

### **3.4 Recolección de estacas**

Esta actividad se realizó dentro del mes de junio del año 2004, periodo en el cual las especies se encuentran en receso vegetativo.

De cada especie se recolectó en total 350 estacas, 175 de árboles jóvenes y 175 de adultos. Este número si bien excede al total de estacas necesarias para los diferentes tratamientos (540), consideró las estacas de la zona de aislación más un porcentaje de estacas extras por problemas que pudieran presentarse. Las estacas se obtuvieron desde el tercio inferior de la copa del árbol y correspondieron a tejido del último crecimiento. Su longitud fue de 10 cm y en su preparación se consideró realizar un corte parejo y limpio (sin talón) en la base de estas, en donde debieron quedar yemas. Además se dejaron las hojas existentes con la finalidad de producir el menor estrés, luego las estacas se almacenaron en un contenedor de plumavit, con esponja humedecida en su interior para minimizar su deshidratación. Cabe señalar que entre la recolección total de las estacas y el montaje del ensayo no transcurrieron más de 24 horas, de manera de no afectar tanto la calidad del material.

Para el desarrollo de la actividad se emplearon tijeras de podar y etiquetas de identificación, además de los contenedores para su transporte.

### **3.5 Ubicación y duración del estudio**

Este se desarrolló en uno de los invernaderos del Centro de Producción y Experimentación Forestal S.A. (CEFOR S.A.), con dirección Avenida Pedro Aguirre Cerda 2150 Valdivia, X región. Su duración fue de 5 meses desde establecidas las estacas (junio 2004).

### 3.5.1 Características del invernadero

El invernadero en donde se llevó a cabo el estudio consta de estructura metálica, cubierta de plástico antigoteo, sistema de calefacción por medio de radiadores con agua caliente, sistema de riego por nebulización con microjet y cama caliente con sustrato de arena, sobre la cual se colocaron las bandejas con los diferentes tratamientos.

### 3.6 Sustrato

Se empleó una mezcla en partes iguales de arena + turba + corteza de pino compostada. Este sustrato fue desinfectado con los fungicidas Captan (10 gr/litro de agua) y Pomarsol (4 gr/litro de agua) e insecticida Karate (6 cc/litro de agua), humedeciéndolo completamente y dejándolo reposar por 24 horas antes de ser usado. Al sustrato se le adicionó los fertilizantes osmocote plus 15-9-12 y trifosfato, 2 kg/m<sup>3</sup> de sustrato y 3kg/m<sup>3</sup> respectivamente. De tal manera de aportar nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K).

### 3.7 Preparación de bandejas

Para el estudio se ocuparon 9 bandejas de plumavit, de 104 cavidades de 80cc de capacidad cada una. Estas se bañaron con una mezcla de látex y oxiclورو de cobre (como referencia 100 litros de látex y 60 Kg de oxiclورو de cobre en 700 litros de agua), lo que permite fijar el sustrato en el envase y actúa, al mismo tiempo, como podador químico de las raíces (Quiroz *et al.*, 2001). Luego se realizó el llenado con el sustrato y posterior riego de ellas, rellenando nuevamente cuando fue necesario.

### 3.8 Instalación de estacas

A todas las estacas antes de ser instaladas se les extrajo las hojas existentes hasta los 5 cm desde su base, luego se desinfectaron de manera preventiva con una solución de Benlate al 5%, para evitar la proliferación de hongos, luego aquellas que llevaron hormona fueron recubiertas en su base por la solución que contiene AIB en una concentración de 6000 ppm, la hormona fue proporcionada por el CEFOR S.A. contemplando el uso de hormona líquida más talco. Una vez realizado esto se instaló cada estaca a una profundidad de 5 cm, asegurándose que la base de la estaca quede en contacto con el sustrato. Cabe señalar que cada unidad experimental formada por 15 estacas tuvo una zona de aislación con 9 estacas en contorno, que llevaron igual tratamiento. Posteriormente se monumentó cada bandeja indicando los tratamientos que se prueban, colocando luego cada bandeja sobre la cama caliente.

### 3.9 Actividades post establecimiento

Se realizaron controles periódicos del ensayo cada 15 días, para observar el desarrollo del proceso de rizogénesis. El control se efectuó con las estacas de la

zona de aislación y la evaluación del ensayo se realizó al final del quinto mes (octubre 2004).

Todos los días se efectuó el riego de las estacas con la finalidad de mantener una adecuada humedad, además una vez por semana se fumigaron las estacas de manera preventiva ante posible ataque de hongos, con una solución de Benlate al 5%.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis para el Porcentaje de Enraizamiento

#### 4.1.1 Análisis descriptivo

En el cuadro 2 se presenta la información relativa a la estadística descriptiva para el parámetro Porcentaje de Enraizamiento.

Cuadro 2. Estadística descriptiva para el Porcentaje de Enraizamiento

<b>Especie</b>	<b>Nº</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>S</b>	<b>CV%</b>
Arrayán	12,0	46,7	<b>80,6</b>	100,0	407,7	20,2	25,1
Luma	12,0	20,0	<b>51,7</b>	80,0	291,9	17,1	33,1
Melí	12,0	73,3	<b>93,9</b>	100,0	84,5	9,2	9,8
<b>Edad</b>							
Adulta	18,0	20,0	<b>66,7</b>	100,0	679,7	26,1	39,1
Joven	18,0	46,7	<b>84,1</b>	100,0	324,9	18,0	21,4
<b>Hormona</b>							
Con AIB	18,0	46,7	<b>81,9</b>	100,0	406,8	20,2	24,6
Sin AIB	18,0	20,0	<b>68,9</b>	100,0	669,3	25,9	37,6
<b>Especie x Edad</b>							
Arrayán Adulta	6,0	46,7	<b>66,7</b>	100,0	355,6	18,9	28,3
Arrayán Joven	6,0	80,0	<b>94,4</b>	100,0	78,5	8,9	9,4
Luma Adulta	6,0	20,0	<b>41,1</b>	60,0	238,5	15,4	37,6
Luma Joven	6,0	46,7	<b>62,2</b>	80,0	136,3	11,7	18,8
Melí Adulta	6,0	73,3	<b>92,2</b>	100,0	149,6	12,2	13,3
Melí Joven	6,0	86,7	<b>95,6</b>	100,0	29,6	5,4	5,7
<b>Especie x Hormona</b>							
Arrayán con AIB	6,0	66,7	<b>90,0</b>	100,0	244,4	15,6	17,4
Arrayán sin AIB	6,0	46,7	<b>71,1</b>	100,0	438,5	20,9	29,4
Luma con AIB	6,0	46,7	<b>58,9</b>	80,0	131,9	11,5	19,5
Luma sin AIB	6,0	20,0	<b>44,4</b>	66,7	385,2	19,6	44,2
Melí con AIB	6,0	86,7	<b>96,7</b>	100,0	31,1	5,6	5,8
Melí sin AIB	6,0	73,3	<b>91,1</b>	100,0	136,3	11,7	12,8
<b>Edad x Hormona</b>							
Adulta con AIB	9,0	46,7	<b>77,8</b>	100,0	500,0	22,4	28,7
Adulta sin AIB	9,0	20,0	<b>55,6</b>	100,0	666,7	25,8	46,5
Joven con AIB	9,0	53,3	<b>85,9</b>	100,0	327,2	18,1	21,1
Joven sin AIB	9,0	46,7	<b>82,2</b>	100,0	355,6	18,9	22,9

Tratamiento	N°	Mínimo	Media	Máximo	S <sup>2</sup>	S	CV%
T1	3,0	46,7	<b>53,3</b>	60,0	44,4	6,7	12,5
T2	3,0	20,0	<b>28,9</b>	40,0	103,7	10,2	35,3
T3	3,0	53,3	<b>64,4</b>	80,0	192,6	13,9	21,5
T4	3,0	46,7	<b>60,0</b>	66,7	133,3	11,5	19,2
T5	3,0	66,7	<b>80,0</b>	100,0	311,1	17,6	22,0
T6	3,0	46,7	<b>53,3</b>	60,0	44,4	6,7	12,5
T7	3,0	100,0	<b>100,0</b>	100,0	0,0	0,0	0,0
T8	3,0	80,0	<b>88,9</b>	100,0	103,7	10,2	11,5
T9	3,0	100,0	<b>100,0</b>	100,0	0,0	0,0	0,0
T10	3,0	73,3	<b>84,4</b>	100,0	192,6	13,9	16,4
T11	3,0	86,7	<b>93,3</b>	100,0	44,4	6,7	7,1
T12	3,0	93,3	<b>97,8</b>	100,0	14,8	3,8	3,9

Los resultados contenidos en el cuadro 2, muestran claramente que a nivel de medias, existen diferencias. El mayor porcentaje de enraizamiento se presenta en estacas que provinieron de plantas madres jóvenes y en donde se aplicó AIB a 6000 ppm.

A nivel de tratamiento, T9 y T7 son los mejores, ambos consideran aplicación de AIB, pero en el primer caso la especie es melí adulta, en tanto que el otro corresponde a arrayán joven. No obstante esto, melí enraizó bien en las dos edades probadas.

A nivel general, melí independiente del tratamiento considerado, es la especie que responde mejor en porcentaje de enraizamiento, con valores medios sobre el 84%, y los menores coeficientes de variación. Luego en importancia sigue arrayán y por último luma.

Con estos resultados, se supera ampliamente a lo obtenido por Sabja (1980), quien obtuvo sólo un 5% de enraizamiento con arrayán, sin dudas este resultado se debe a que no se consideró la edad de la planta madre en este estudio, además de otras consideraciones, a diferencia de lo ocurrido en este trabajo.

Por otro lado, también se supera a lo obtenido por Rademacher (2001) con arrayán, en donde se obtiene un 71% de enraizamiento, en este caso a nivel promedio para esta especie se alcanzó el 81%, en esta diferencia la aplicación de AIB, época y duración de los estudios, es quizás la causa, ya que la autora aplica hasta una dosis de 4000 ppm de AIB, lo realiza en verano y evalúa al cabo de 65 días.

Rademacher (2001), en verano igual propaga a luma obteniendo su mejor resultado con 2000 ppm (53.3%), en el caso de este estudio se obtienen resultados similares con la especie, pero hay que considerar que se propagó en una época distinta, se aplicó mayor concentración de AIB y sin dudas el efecto de la edad de la planta madre está reflejado en los resultados obtenidos.

La misma autora en verano, no obtiene respuesta positiva al uso de auxinas con melí a diferencia de lo obtenido en este trabajo pero en otoño, en donde melí es la mejor especie en cuanto al parámetro porcentaje de enraizamiento. Por otro lado, en su ensayo de otoño sólo obtuvo resultados con luma, pero no significativos. Cabe recordar que la dosis más alta probada en otoño es de 8000 ppm de AIB, en este estudio las tres especies logran enraizar, pero sin dudas hay un claro efecto de la edad de la planta madre y del procedimiento llevado a cabo.

Se concuerda con Ojeda (1998), quien propagó arrayán, en relación a los buenos resultados de enraizamiento que se pueden obtener si se aplican hormonas y usan camas calientes.

Vásquez (1998), que también propagó a luma no obtuvo resultados favorables. Este autor consideró aspectos importantes que también se incluyen en este estudio, como el uso de un invernadero adecuado, en cuanto a control de temperatura y humedad, sustrato, mezcla y con tratamiento químico, aplicación de fertilizante al sustrato entre otras, lo cual ayudó a obtener mejores resultados en esta especie.

#### *4.1.2 Análisis inferencial*

Los tratamientos (combinación: Especie\*Edad\*Hormona) se distribuyeron normales y existió homogeneidad de varianzas.

El análisis de varianza para el modelo planteado, variable  $\arcseno(\sqrt{\% \text{enraizamiento}/100})$ , resultó ser altamente significativo al 99% de confianza ( $p\text{-valor} < 0.01$ ), es decir, el modelo es un buen estimador del porcentaje de enraizamiento.

Los 3 factores (Especie, Edad de la planta madre y Hormona), resultaron ser altamente significativos al 99% de confianza ( $p\text{-valor} < 0.01$ ), por lo tanto dentro de cada factor los promedios del % de enraizamiento son distintos.

Existió una leve interacción (los factores son dependientes) entre: Especie\*Edad y Edad\*Hormona ( $p\text{-valor} < 0.05$ ).

No existió interacción (los factores son independientes) entre Especie\*Hormona y Especie\*Edad\*Hormona ( $p\text{-valor} > 0.05$ ).

En el cuadro 3 se presenta la información del análisis de varianza, para el parámetro porcentaje de enraizamiento.

**Cuadro 3. Análisis de varianza, para el  $\arcseno(\sqrt{\% \text{enraizamiento}/100})$**

<b>Fuente Variación</b>	<b>Grados Libertad</b>	<b>Suma Cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>P-Valor</b>
Modelo	11	3,64319	0,33120	10,54	0,0001**
Especie	2	2,33129	1,16565	37,10	0,0001**
Edad	1	0,44737	0,44737	14,24	0,0009**
Hormona	1	0,33688	0,33688	10,72	0,0032**
Especie*Edad	2	0,25340	0,12670	4,03	0,0309*
Especie*Hormona	2	0,07821	0,03911	1,24	0,306ns
Edad*Hormona	1	0,14145	0,14145	4,50	0,0444*
Especie*Edad*Hormona	2	0,05458	0,02729	0,87	0,4324ns
Error	24	0,75415	0,03142		
Total corregido	35	4,39733			

\* : Significativo al 95% de confianza P-valor<0.05

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

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

El test de comparaciones múltiples Duncan para formar grupos de medias homogéneas y el ranking de tratamientos, es presentado en el cuadro 4.

A nivel de especie el mayor porcentaje de enraizamiento lo obtiene Melí, con un 93,9%.

En cuanto al origen del material, el de plantas madres jóvenes presenta el mayor porcentaje de enraizamiento 84,1%, al igual que las estacas con hormona con un 81,9 % de enraizamiento. En el primer caso se concuerda con lo señalado por Hartmann y Kester (1999), quienes dicen que se ha demostrado que las estacas de plantas madres jóvenes enraízan con mayor facilidad que las que provienen de plantas adultas.

**Cuadro 4. Comparaciones múltiples de Duncan y Ranking de tratamientos para el porcentaje de enraizamiento**

<b>Lugar</b>	<b>Especie</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>% Enraizamiento Promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Melí	12	93,9	a
2	Arrayán	12	80,6	b
3	Luma	12	51,7	c
<b>Lugar</b>	<b>Edad</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>% Enraizamiento Promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Joven	18	84,1	a
2	Adulta	18	66,7	b
<b>Lugar</b>	<b>Hormona</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>% Enraizamiento Promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Con AIB	18	81,9	a
2	Sin AIB	18	68,9	b
<b>Lugar</b>	<b>Especie x Edad</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>% Enraizamiento Promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Melí Joven	6	95,6	a
2	Arrayán Joven	6	94,4	a
3	Melí Adulta	6	92,2	a
4	Arrayán Adulta	6	66,7	b
5	Luma Joven	6	62,2	b c
6	Luma Adulta	6	41,1	c
<b>Lugar</b>	<b>Especie x Hormona</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>% Enraizamiento Promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Melí con AIB	6	96,7	a
2	Melí sin AIB	6	91,1	a
3	Arrayán con AIB	6	90,0	a
4	Arrayán sin AIB	6	71,1	b
5	Luma con AIB	6	58,9	b c
6	Luma sin AIB	6	44,4	c
<b>Lugar</b>	<b>Edad x Hormona</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>% Enraizamiento Promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Joven con AIB	9	85,9	a
2	Joven sin AIB	9	82,2	a
3	Adulta con AIB	9	77,8	a
4	Adulta sin AIB	9	55,6	b

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

Lugar	Tratamiento	N° Observaciones	% Enraizamiento Promedio	Grupos*
1	T7	3	100,0	a
2	T9	3	100,0	a
3	T12	3	97,8	a b
4	T11	3	93,3	a b
5	T8	3	88,9	a b
6	T10	3	84,4	b c
7	T5	3	80,0	b c d
8	T3	3	64,4	c d e
9	T4	3	60,0	d e
10	T1	3	53,3	e f
11	T6	3	53,3	e f
12	T2	3	28,9	f

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

Se desprende del cuadro 4 que los factores especie, edad de la planta madre y aplicación de hormona, presentan diferencias significativas al 95% de confianza entre sus medias y que no forman grupos. La media de Melí joven y adulta no presentan diferencias significativas y forman grupo con arrayán adulta.

En el caso de Especie x Hormona, se mantiene la relación anterior entre melí y arrayán adulta, sin diferencias significativas entre sus medias. En cuanto a edad x hormona, el mejor resultado lo obtiene joven con hormona, formando grupo con joven sin hormona y adulta con hormona. Con estos resultados es evidente la importancia de la edad de la planta madre en la rizogénesis.

Arrayán joven, con hormona, es el mejor tratamiento, seguido de melí adulta con hormona, formando grupo con tres tratamientos más.

## 4.2 Análisis para el Número de Raíces

### 4.2.1 Análisis descriptivo

El cuadro 5 muestra que melí es la especie con mayor número de raíces promedio, seguida de arrayán y luma, estos valores están estrechamente relacionados con el parámetro porcentaje de enraizamiento.

En cuanto a edad de la planta madre y aplicación de hormona, se mantiene la tendencia del parámetro analizado anteriormente, estacas de plantas madres jóvenes y el uso de hormona, aumenta el número de raíces, independiente de la especie.

A nivel de tratamientos existe un relevo en los lugares, los cuatro mejores tratamientos son aquellos que incluyen a melí, dentro de estos existe una fuerte influencia de la edad de la planta madre, independiente de la aplicación de AIB.

Es probable que las especies respondan de manera diferente a la aplicación de 6000 ppm de AIB, y que esta respuesta este reflejada en la cantidad de raíces que formaron, en el futuro será necesario probar más dosis para determinar el efecto en el número de raíces.

Melí, a nivel promedio entre todos los tratamientos en los cuales esta incluida, presenta el doble de raíces por planta que arrayán y 5 veces más raíces que luma.

**Cuadro 5. Parámetros descriptivos para el Número de Raíces**

<b>Especie</b>	<b>Nº</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>S</b>	<b>CV%</b>
Arrayán	180,0	0,0	<b>7,4</b>	49,0	67,5	8,2	110,9
Luma	180,0	0,0	<b>2,9</b>	35,0	18,7	4,3	150,4
Melí	180,0	0,0	<b>15,9</b>	52,0	133,0	11,5	72,6
<b>Edad</b>							
Adulta	270,0	0,0	<b>6,7</b>	47,0	72,1	8,5	126,4
Joven	270,0	0,0	<b>10,7</b>	52,0	124,1	11,1	103,8
<b>Hormona</b>							
Con AIB	270,0	0,0	<b>9,7</b>	51,0	115,7	10,8	110,3
Sin AIB	270,0	0,0	<b>7,7</b>	52,0	86,5	9,3	120,8

<b>Especie x Edad</b>	<b>N°</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>S</b>	<b>CV%</b>
Arrayán Adulta	90,0	0,0	<b>4,6</b>	31,0	29,9	5,5	117,9
Arrayán Joven	90,0	0,0	<b>10,2</b>	49,0	90,4	9,5	93,3
Luma Adulta	90,0	0,0	<b>1,7</b>	12,0	6,7	2,6	150,8
Luma Joven	90,0	0,0	<b>4,0</b>	35,0	28,1	5,3	131,9
Melí Adulta	90,0	0,0	<b>13,8</b>	47,0	101,1	10,1	72,9
Melí Joven	90,0	0,0	<b>18,0</b>	52,0	157,6	12,6	69,8
<b>Especie x Hormona</b>							
Arrayán con AIB	90,0	0,0	<b>9,0</b>	49,0	94,7	9,7	108,1
Arrayán sin AIB	90,0	0,0	<b>5,8</b>	34,0	36,0	6,0	103,1
Luma con AIB	90,0	0,0	<b>3,6</b>	35,0	26,8	5,2	144,3
Luma sin AIB	90,0	0,0	<b>2,2</b>	13,0	9,7	3,1	144,4
Melí con AIB	90,0	0,0	<b>16,7</b>	51,0	140,9	11,9	71,3
Melí sin AIB	90,0	0,0	<b>15,1</b>	52,0	125,4	11,2	74,1
<b>Edad x Hormona</b>							
Adulta con AIB	135,0	0,0	<b>7,8</b>	47,0	82,8	9,1	117,0
Adulta sin AIB	135,0	0,0	<b>5,7</b>	35,0	59,8	7,7	136,7
Joven con AIB	135,0	0,0	<b>11,7</b>	51,0	141,6	11,9	101,6
Joven sin AIB	135,0	0,0	<b>9,7</b>	52,0	105,5	10,3	105,4
<b>Tratamiento</b>							
T1	45,0	0,0	<b>2,3</b>	12,0	7,6	2,8	121,3
T2	45,0	0,0	<b>1,2</b>	11,0	5,5	2,3	198,5
T3	45,0	0,0	<b>4,9</b>	35,0	43,1	6,6	133,7
T4	45,0	0,0	<b>3,1</b>	13,0	12,2	3,5	111,3
T5	45,0	0,0	<b>5,9</b>	31,0	38,8	6,2	106,1
T6	45,0	0,0	<b>3,4</b>	18,0	18,5	4,3	126,6
T7	45,0	2,0	<b>12,1</b>	49,0	132,7	11,5	94,9
T8	45,0	0,0	<b>8,2</b>	34,0	42,4	6,5	79,0
T9	45,0	3,0	<b>15,2</b>	47,0	114,6	10,7	70,4
T10	45,0	0,0	<b>12,4</b>	35,0	85,9	9,3	74,8
T11	45,0	0,0	<b>18,1</b>	51,0	166,2	12,9	71,2
T12	45,0	0,0	<b>17,8</b>	52,0	152,6	12,4	69,2

Las estacas de plantas madres jóvenes responden mejor en número de raíces, que las de plantas adultas, incluso si a estas últimas se les aplica hormona. En el caso de melí no se aprecia un efecto muy claro de la aplicación de AIB, siendo la edad de la planta madre lo más determinante

#### 4.2.2 Análisis inferencial

Al comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza entre los tratamientos, se comprobó que no existía homogeneidad de varianzas, luego, la mejor transformación resultó ser el logaritmo (Log(Número de raíces+0,5)).

El análisis de varianza (cuadro 6) para el modelo planteado, variable LOG(número de raíces+ 0,5), resultó ser altamente significativo al 99% de confianza (p-valor<0.01).

Los 3 factores (especie, edad de la planta madre y hormona), resultaron ser altamente significativos al 99% de confianza (p-valor<0.01), por lo tanto dentro de cada factor los promedios del número de raíces son distintos.

Existe una leve interacción entre: Edad\*Hormona (p-valor<0.05), en cuanto a Especie\*Edad existe una mayor interacción (p-valor<0.01).

No existe interacción entre Especie\*Hormona y Especie\*Edad\*Hormona (p-valor>0.05).

**Cuadro 6. Análisis de varianza, para el Log(Número de raíces+0,5)**

<b>Fuente Variación</b>	<b>Grados Libertad</b>	<b>Suma Cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>P-Valor</b>
Modelo	11	83,58709	7,59883	33,68	0,0001**
Especie	2	65,16308	32,58154	144,42	0,0001**
Edad	1	10,91845	10,91845	48,40	0,0001**
Hormona	1	3,86943	3,86943	17,15	0,0001**
Especie*edad	2	2,10225	1,05113	4,66	0,0099**
Especie*hormona	2	0,46812	0,23406	1,04	0,3551ns
Edad*hormona	1	0,95986	0,95986	4,25	0,0396*
Especie*edad*hormona	2	0,10590	0,05295	0,23	0,7909ns
Error	528	119,11924	0,22560		
Total corregido	539	202,70632			

\* : Significativo al 95% de confianza P-valor<0.05

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

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

En el cuadro 7 se entrega la información del test de comparaciones múltiples de Duncan, a nivel de Especie, Edad y Hormona; existen diferencias significativas al 95% de confianza, no formándose grupos entre las medias.

Melí joven obtiene el mayor número de raíces promedio, no existiendo diferencias significativas con melí adulta, en tanto que arrayán y luma si presentan diferencias significativas entre planta madre joven y adulta.

La aplicación de hormona en melí no muestra diferencias significativas en cuanto al número de raíces a diferencia de las otras especies, se puede decir que arrayán y luma son mas dependientes del uso de hormona.

Al nivel de tratamientos, todos aquellos que incluyen melí lideran en número de raíces, no existiendo diferencias significativas entre ellos.

Los tratamientos con peor resultado son T1 y T2, que corresponde a luma adulta con y sin hormona. En esta especie es mas claro el efecto de la edad de la planta madre y el uso de hormona, ya que T3 y T4 se encuentran en mejor ranking.

**Cuadro 7. Comparaciones múltiples de Duncan y Ranking de tratamientos**

<b>Lugar</b>	<b>Especie</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>N° raíces promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Melí	180	15,9	a
2	Arrayán	180	7,4	b
3	Luma	180	2,9	c
<b>Lugar</b>	<b>Edad</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>N° raíces promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Joven	270	10,7	a
2	Adulta	270	6,7	b
<b>Lugar</b>	<b>Hormona</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>N° raíces promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Con AIB	270	9,7	a
2	Sin AIB	270	7,7	b
<b>Lugar</b>	<b>Especie x Edad</b>	<b>N° Observaciones</b>	<b>N° raíces promedio</b>	<b>Grupos*</b>
1	Melí Joven	90	18,0	a
2	Melí Adulta	90	13,8	a b
3	Arrayán Joven	90	10,2	b
4	Arrayán Adulta	90	4,6	c
5	Luma Joven	90	4,0	c
6	Luma Adulta	90	1,7	d

Lugar	Especie x Hormona	N° Observaciones	N° raíces promedio	Grupos*
1	Melí con AIB	90	16,7	a
2	Melí sin AIB	90	15,1	a
3	Arrayán con AIB	90	9,0	b
4	Arrayán sin AIB	90	5,8	c
5	Luma con AIB	90	3,6	d
6	Luma sin AIB	90	2,2	e
Lugar	Edad x Hormona	N° Observaciones	N° raíces promedio	Grupos*
1	Joven con AIB	135	11,7	a
2	Joven sin AIB	135	9,7	a b
3	Adulta con AIB	135	7,8	b
4	Adulta sin AIB	135	5,7	c
Lugar	Tratamiento	N° Observaciones	N° raíces promedio	Grupos*
1	T11	45	18,1	a
2	T12	45	17,8	a
3	T9	45	15,2	a
4	T10	45	12,4	a b
5	T7	45	12,1	b
6	T8	45	8,2	b
7	T5	45	5,9	c
8	T3	45	4,9	c d
9	T6	45	3,4	d e
10	T4	45	3,1	d e
11	T1	45	2,3	e
12	T2	45	1,2	f

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

En la figura 1 se puede ver una planta de melí con gran número de raíces, las cuales en general no superan el centímetro de longitud, esta imagen fue capturada bajo lupa ya que a simple vista se dificultaba su conteo.



Figura 1. Melí de planta madre joven con aplicación hormonas

### **4.3 Análisis descriptivo de los parámetros restantes**

#### *4.3.1 Porcentaje estacas vivas*

Este parámetro no presentó resultados significativos, ya que fueron muy pocas las estacas que lograron sobrevivir. No obstante de haber alcanzado a enraizar, tal vez el sistema radicular que se formó no fue capaz de mantener el sistema aéreo de la planta, colapsando y finalmente muriendo. Lo importante en todo caso fue la existencia del proceso de rizogénesis, de todas maneras en estudios posteriores será conveniente identificar y aislar otros factores que podrían haber incidido en este resultado.

#### *4.3.2 Porcentaje de estacas con callo*

Este parámetro no presentó diferencias en ningún nivel, ya que se formó callo de cicatrización en el 100% de los casos. Esto independiente que en algunas estacas no se hayan formado primordios radiculares, ya que como lo señalan Hartmann y Kester (1999); este tejido cicatrizal no tendría influencia en el proceso de formación de raíces (rizogénesis).

#### *4.3.3 Largo de la raíz adventicia principal*

En la figura 2 se observa que los diferentes tratamientos presentan diferencias en relación a sus valores medios de longitud de raíces, T11 melí joven con hormona es el mejor tratamiento sobre 2,5 mm de longitud promedio de raíz adventicia principal, luego le sigue planta joven sin hormona. Arrayán en cambio tiene a T7 como el mejor tratamiento, arrayán joven con hormona y luego arrayán adulta con hormona (T5).

Luma al parecer depende más de la aplicación de AIB para tener mayor largo de raíces en material que proviene de plantas madres adultas, sin embargo existe un efecto claro en esta especie de la edad de la planta madre, ya que T4 está bien ubicado.

Arrayán por su parte a nivel promedio alcanza mayor largo de raíces en material de plantas madres jóvenes, pero la longitud radicular se ve favorecida con la aplicación de AIB independiente de la edad, como se puede apreciar en la figura con T5 y T7.

Melí es la especie con mejor respuesta en este parámetro, y se aprecia una clara tendencia de presentar mayor longitud de raíces con material de plantas madres jóvenes, de todas maneras hay un efecto de la aplicación de AIB como lo demuestran T9 y T11.

Las longitudes de las raíces formadas durante los 5 meses que duró el estudio, no superan el centímetro, lo cual dificultó su medición. Esto se superó con el uso de una lupa de alta resolución y aquí como se mencionó anteriormente se pudo

observar que presentaban abundantes raíces pequeñas. Para mas información ver anexo 3.

Como se puede encontrar en anexo 3, luma y arrayán tienen los menores coeficientes de variación para la longitud de raíces en sus tratamientos con plantas jóvenes, valores entre 47 a 93 % de variación con respecto a sus valores medios. Melí en este mismo sentido presenta la mayor variación con plantas madres jóvenes.

Para efecto de un mejor análisis gráfico de la información, el largo de raíces se presenta en mm.

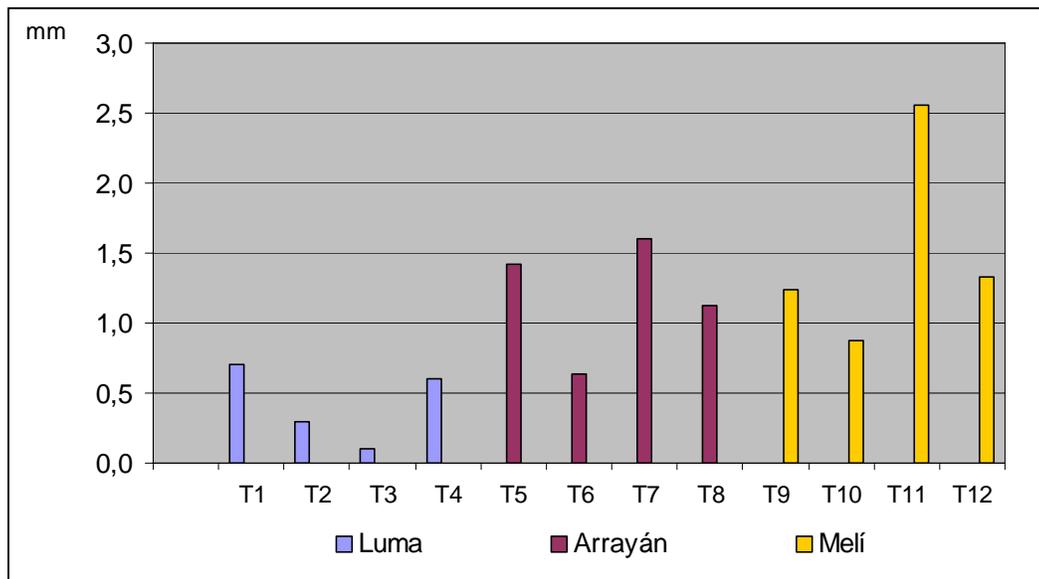


Figura 2. Largo promedio de raíz adventicia principal por tratamiento

La figura 3 muestra información más desagregada en los niveles especie, edad y hormona en cuanto al largo de raíz adventicia principal.

Existe una clara tendencia del comportamiento de la longitud de raíces en cada nivel. Melí es la mejor especie, con longitud promedio por sobre los 1,4 mm, en peor lugar esta luma que no supera en promedio 0,6 mm. Las estacas de plantas madres jóvenes superan ampliamente en longitud de raíces a las que provienen de plantas adultas. Por último hay un efecto claro de la importancia del uso de hormona.

En cuanto a los valores de coeficientes de variación que se encuentran en anexo 3, los valores mas altos se presentan en melí, plantas madres jóvenes y la aplicación de hormona. Esto se debe a la gran dispersión de los valores, ya que existen estacas que forman callo, pero no raíces y por lo tanto no presentan valor de longitud de raíz, pero que se consideraron en el cálculo ya que de no ser así, se tiende a sobre estimar este parámetro.

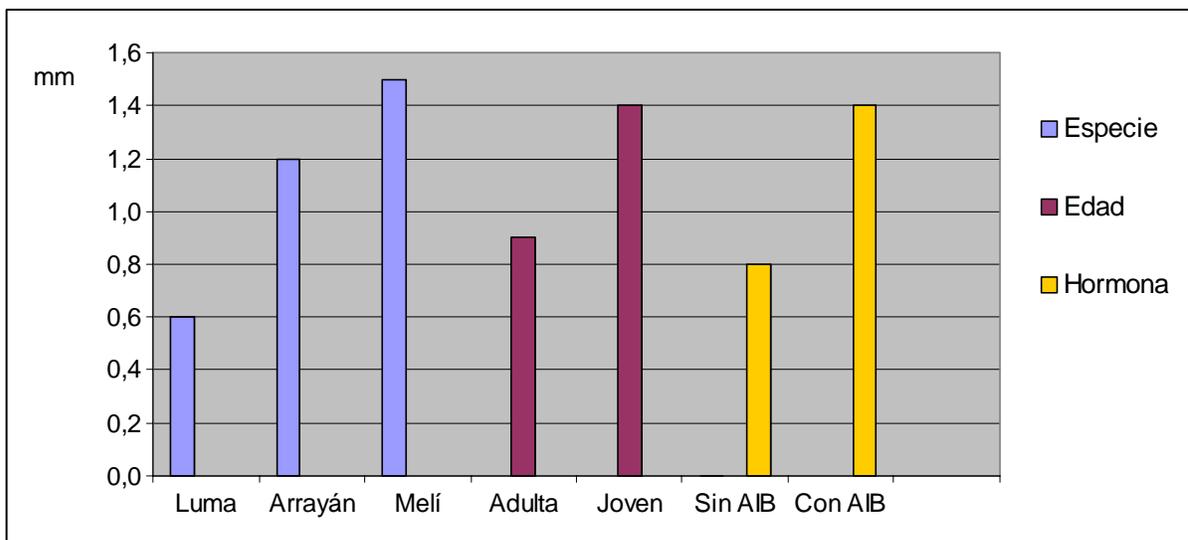


Figura 3. Largo promedio raíz adventicia principal en los niveles Especie, Edad y Hormona

En la figura 4 se puede apreciar la longitud de raíz de una planta de melí joven en donde se aplicó hormona. Claramente se observa una extensa raíz principal y activa por su coloración esta planta además se encontró viva y fue la que dentro del total analizado presentó la mayor longitud de raíz con cerca de 2,5 cm.



Figura 4. Longitud de raíces de melí joven con hormona

#### 4.3.4 Porcentaje de estacas con raíces secundarias

Los resultados del promedio de raíces secundarias en porcentaje se presentan a nivel de tratamiento en la figura 5, aquí se observa que los tratamientos que incluyeron melí fueron los mejores, independiente de los otros factores considerados, en importancia le siguen arrayán y finalmente luma.

Los tratamientos T7 y T9 son los mejores, ambos incluyen aplicación de AIB, en este caso el 100% de las estacas formó raíces secundarias. La formación de estas raíces esta altamente correlacionada con el porcentaje de enraizamiento, como se verá más adelante con el análisis de correlación.

Melí no presenta mucha diferencia en porcentaje promedio de raíces secundarias en función de la edad de la planta madre, al contrario de lo que ocurre con arrayán y luma, en donde en ambos casos los tratamientos que incluyen material de plantas jóvenes superan al de plantas madres adultas.

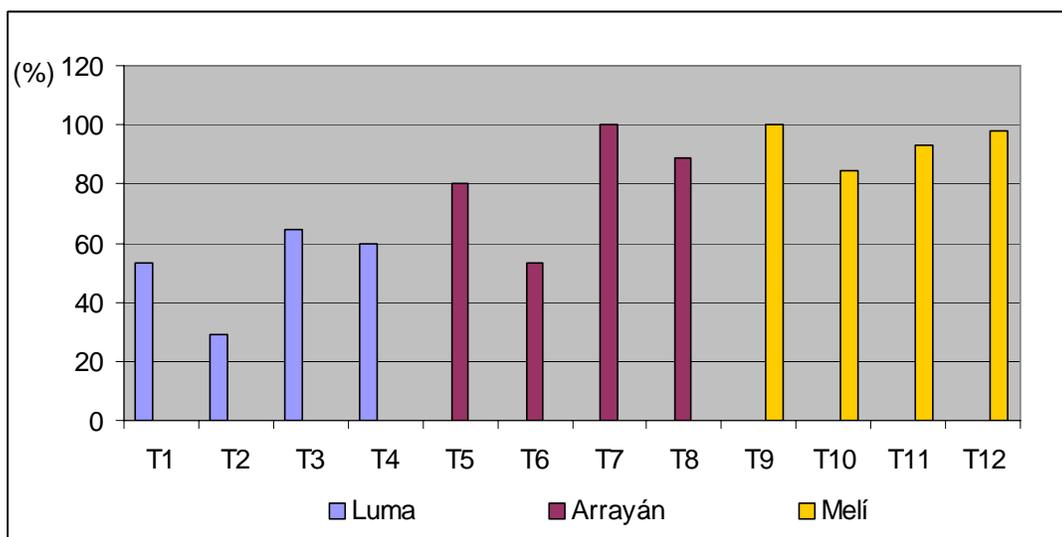


Figura 5. Porcentaje promedio de raíces secundarias por tratamiento

La figura 6 entrega información más puntual en los niveles especie, edad y hormona.

Melí es la mejor especie, sobre el 90% de las estacas forman raíces secundarias, le siguen arrayán con 81% y luego luma con tal sólo 52%.

El 84% de las estacas que provinieron de plantas madres jóvenes, formó raíces secundarias, superando a las de plantas adultas (67%).

En cuanto a la aplicación de AIB, el 82% de las estacas que recibieron este tratamiento formó raíces secundarias, valor superior al que obtienen estacas sin aplicación de hormona, las cuales sólo formaron raíces en el 69% de los casos.

Ver anexo 4 para obtener más información respecto al comportamiento de este parámetro.

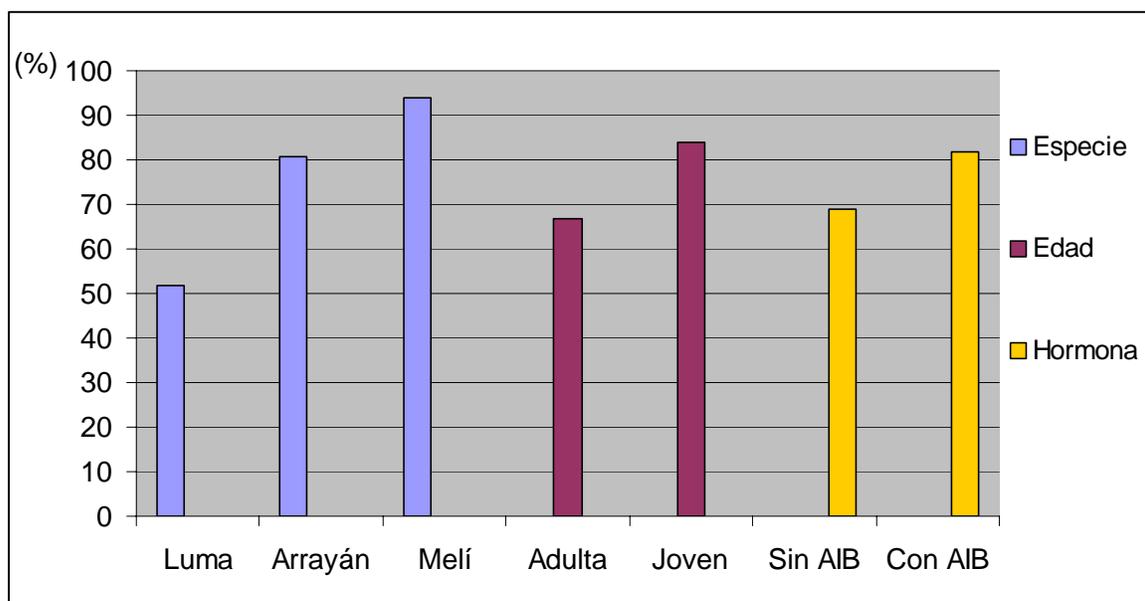


Figura 6. Promedio de raíces secundarias a nivel de especie, edad y hormona

#### 4.3.5 Diámetro del sistema radicular formado

La figura 7, entrega la información relativa a este parámetro a nivel de los diferentes tratamientos que se probaron. Melí en todos los que forma parte presenta los mayores diámetro del sistema radicular a nivel general, incrementándose este considerablemente en los tratamientos que incluyen hormona. Seguido en importancia por arrayán y por último luma.

A nivel de todos los tratamientos se aprecia una clara tendencia de superioridad de los que incluyen hormona respecto a los sin ella, independiente de la edad de la planta madre. Pero sin dudas los mejores resultados entre especies en todos los casos, lo alcanzan aquellos tratamientos que incluyen planta madre joven y aplicación de AIB.

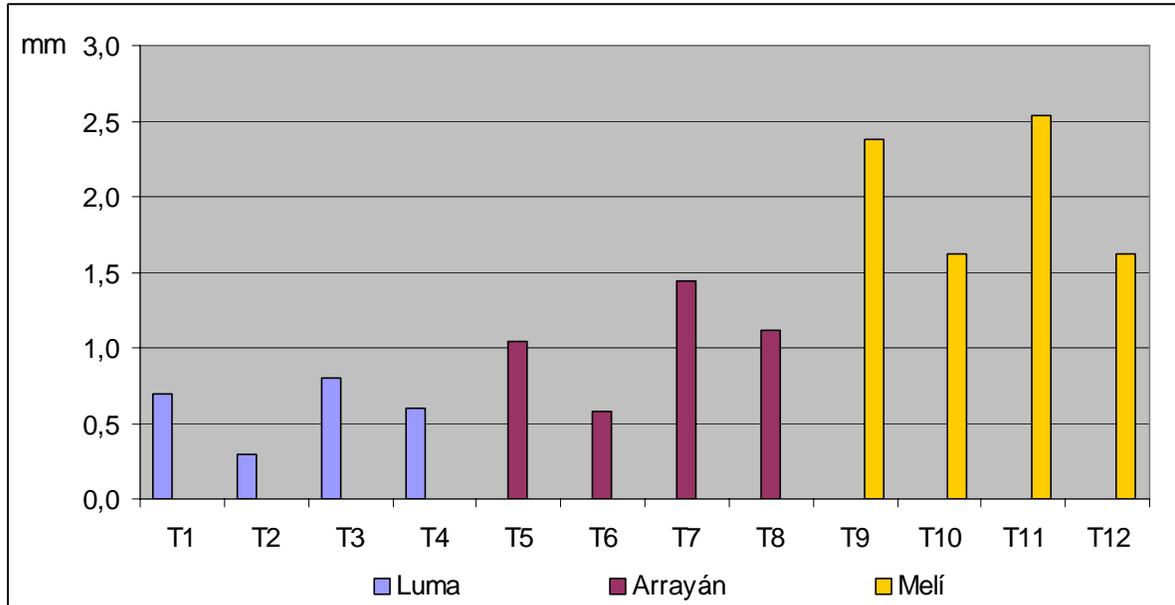


Figura 7. Diámetro promedio del sistema radicular a nivel de tratamientos

En los niveles de especie, edad y hormona se puede disgregar la información para un mejor análisis. En la figura 8 se observa la amplia superioridad de melí, con el doble de diámetro de sistema radicular que arrayán y tres veces superior a luma.

Las estacas que se obtuvieron de plantas madres jóvenes muestran mejor respuesta en relación a este parámetro, con 0,3 mm más de diámetro que las de plantas adultas. La aplicación de hormona mejoró el diámetro del sistema radicular en 0,52 mm, sobre las estacas sin hormona.

De lo anterior se puede decir, que para el parámetro evaluado juega un papel importante la aplicación de hormonas y que las estacas provengan desde plantas madres jóvenes, pero la especie en este caso tuvo mayor importancia.

En relación a esto último, no se cuentan con antecedentes sobre estudios anteriores que hayan evaluado este parámetro como para contrastar lo obtenido, sin embargo se sugiere ampliar este aspecto, considerando que esto sirva de base a estudios posteriores.

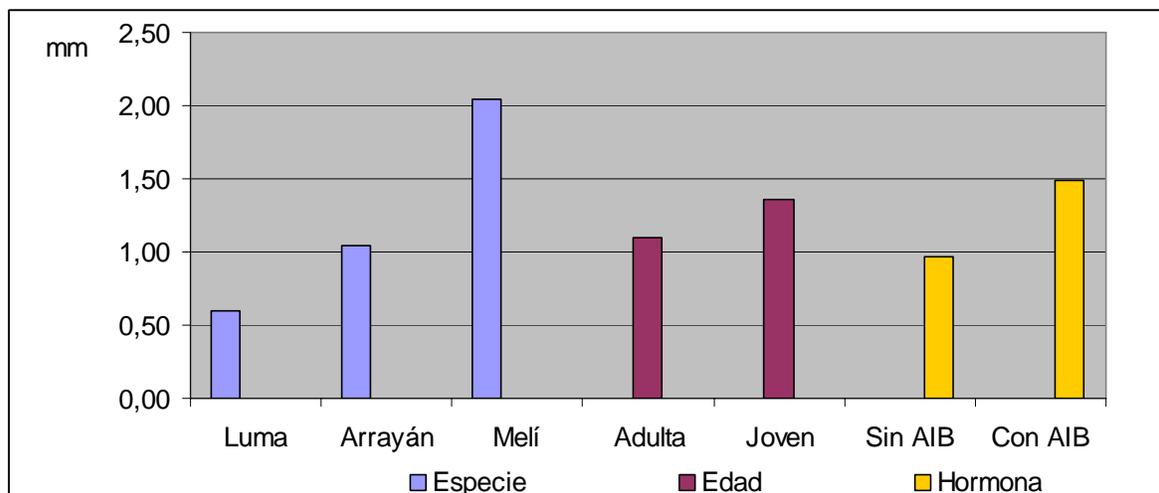


Figura 8. Diámetro promedio del sistema radicular en los niveles de especie, edad y hormona

Para obtener más información ver anexo 5.

#### 4.4 Análisis de correlación

Como se mencionó en la metodología, se realizó un análisis de correlación. En este caso la correlación de Pearson sirvió para determinar que existe una correlación lineal positiva entre las variables, estas resultaron ser altamente significativas al 99% de confianza, ( $p$ -valor $<0.01$ ).

En el cuadro 8 se presenta la matriz de correlaciones, donde se puede apreciar que la relación más fuerte se da entre los parámetros porcentaje de enraizamiento y porcentaje de raíces secundarias, luego en importancia sigue la relación de los parámetros largo de la raíz principal y diámetro promedio del sistema radicular formado.

Cuadro 8. Matriz de correlaciones entre los diferentes parámetros evaluados

	PE	NR	LRP	PRS	DPSR
PE		0,4944**	0,4107**	1,0000**	0,6134**
NR	0,4944**		0,3670**	0,4944**	0,5766**
LRP	0,4107**	0,3670**		0,4107**	0,7698**
PRS	1,0000**	0,4944**	0,4107**		0,6134**
DPSR	0,6134**	0,5766**	0,7698**	0,6134**	

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

Donde:

- PE : Porcentaje de enraizamiento
- NR : Número de raíces por estaca
- LPR : Largo de la raíz adventicia principal
- PRS : Porcentaje de estacas con raíces secundarias
- DPSR : Diámetro promedio del sistema radicular formado

La matriz de correlaciones presentada anteriormente no considera al parámetro porcentaje de estacas vivas, ya que para este no se obtuvieron buenos resultados como se explicó mas arriba. Tampoco se considera el porcentaje de estacas con callo, este parámetro sin dudas se correlaciona linealmente y en forma positiva con todas las variables que se presentan en la matriz del cuadro 8.

## 5. CONCLUSIONES

Con la información obtenida en el presente estudio, es posible concluir lo siguiente:

Siguiendo la metodología planteada en la realización de este trabajo, es posible obtener buenos resultados de enraizamiento en las tres especies estudiadas. En cuanto a la formación de callo, el 100% de las estacas forman este tejido. El porcentaje de enraizamiento para el caso de luma supera el 51%, arrayán el 80% y melí superior al 90%.

El sistema radicular que se forma en las tres especies, se caracteriza por la existencia de un gran número de raíces por planta. Melí a nivel promedio forma el doble de raíces por planta que arrayán y 5 veces más raíces que luma. El largo promedio de la raíz adventicia principal en melí es superior a 1,4 mm, arrayán se acerca a 1,2 mm y luma no supera los 0,6 mm.

En cuanto al porcentaje de estacas con raíces secundarias, sobre el 90% de las estacas de melí presentan este tipo de raíz, en arrayán sobre el 80% y luma supera levemente el 50%. Se concluye que este parámetro está fuertemente correlacionado con porcentaje de enraizamiento.

El diámetro del sistema radicular en melí supera los 2 mm, arrayán supera el mm y luma presenta un menor desarrollo con sólo 0,5 mm.

Para tener buenos resultados de enraizamiento de estacas además de lo mencionado anteriormente, es necesario considerar otros aspectos como aplicación de calor de fondo, época de recolección del material, tratamiento de las estacas, manejo del sustrato y empleo de condiciones de ambiente controlado, tal como se consideró en este trabajo.

La información obtenida, supera ampliamente los resultados de otros autores en estudios preliminares. Con esta información se hace más atractivo el propagar estas especies, pero también se infiere realizar otras investigaciones, para mejorar aún más lo obtenido. En tal sentido, en el caso del efecto de la edad de la planta madre en la rizogénesis, a futuro deben realizarse estudios en donde se determinen rangos de edades, de manera de encontrar en que punto este efecto se rompe, en otras palabras poder determinar cual es la edad en donde los resultados de enraizamiento para cada especie son los mejores y desde que material en relación a su edad no es recomendable obtener estacas .

El porcentaje de sobrevivencia de las estacas no fue significativo, no obstante de producirse rizogénesis, se concluye que el sistema radicular que se formó al cabo de 5 meses no fue capaz de mantener el sistema aéreo de la planta, colapsando y finalmente produciéndose la muerte de la planta. Es posible la interacción en este resultado del efecto de otros factores no considerados en este estudio, a futuro abra que identificar éstos y aislarlos de manera de mejorar este parámetro por su importancia.

Finalmente, se concluye que la edad de la planta madre ejerce una fuerte influencia en la capacidad de las estacas para formar raíces, independiente de la especie, siendo el mejor material aquel obtenido de plantas jóvenes, esto puede mejorar si se aplica una adecuada concentración de hormonas, en este caso la aplicación de 6000 ppm de AIB resultó ser una buena dosis. Esto queda respaldado por la alta significancia que se obtiene al considerar la interacción edad/especie y edad/hormona.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Awad, G. 1993. Propagación vegetativa de seis especies vegetales nativas con posibilidades ornamentales. Tesis Lic. Agronomía Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia. 66 p.
- Bailey, J. 1974. *The Nursery – Manual*. Mc Millan, New York, Estados Unidos. 456 p.
- Baldini, E. 1992. *Arboricultura general*. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 352 p.
- Essau, K. 1985. *Anatomía vegetal*. Tercera edición. Editorial Omega, Barcelona, España. 779 p.
- Gutiérrez, B. 1995. *Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales*. Ciencia e Investigación Forestal 9 (2): 261-277
- Hartmann, T. y Kester, D. 1999. *Propagación de plantas. Principios y Prácticas*. Séptima reimpresión. Compañía Editorial Continental, México. 757 p.
- Harris, J. 1982. *The humex book of propagation*. Macdonald. London. 64 p.
- Hoffmann, A. 1982. *Flora Silvestre de Chile Zona Austral. Árboles, arbustos y enredaderas leñosas*. Ed. Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile. 258 p.
- Hutchinson, W. 1980. *Plant propagation and cultivation*. AVI. Publ. Co. Westport, Conn. 271 p.
- Quiroz, I., Flores, L., Pincheira, M. y Villarroel, A. 2001. *Manual de viverización y plantación de especies nativas zona centro sur de Chile*. Valdivia, INFOR. 159 p.
- Miller, I. y Freund, J. 1973. *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. Ed. Reverté Mexicana, México. 405 p.
- Rademacher, C. 2001. *Propagación vegetativa mediante estaquillado de Mirtáceas autóctonas con propiedades medicinales*. Tesis Lic. en Agronomía. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Agrarias. 79 p.
- Romero, M. y Alberdi, M. 1996. *Manual de experimentos. Ecofisiología Vegetal*. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 126 p.

- Rodríguez, R., Matthei, O. y Quezada, M. 1983. *Flora arbórea de Chile*. Ed. de la U. De Concepción. Concepción. 408 p.
- Sabja, A. 1980. *Métodos de propagación vegetativa de algunas especies leñosas chilenas con posibilidades ornamentales*. Tesis Lic. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 120 p.
- SAS. 1987. *SAS/STAT Guide*. Version 6 Edition. SAS Institute Inc. 1028 p.
- SAS. 1988. *Procedure Guide*. Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc. 441 p.
- Steel, R. y Torrie, J. 1985. *Bioestadística Principios y Procedimientos*. Ed. Mc. Graw-Hill, México. 622p.
- Toribio, A. y García, J. 1989. *Rejuvenecimiento*. In: Pardos, J. (ed.) Mejora genética de especies forestales. Madrid, España. pp. 314-320
- Toogood, A. 2000. *Propagación de Plantas*. Trad. por Domínguez, A. La Isla. Buenos Aires, Argentina. 320 p.
- Vásquez, M. 1998. *Propagación vegetativa de Gevuina avellana Mol., Amomyrtus luma (Mol.) Legr. et Kaus., Tepualia stipularis (Hook. et Arn.) Griseb. y Pilgerodendron uniferum (D. Don.) Flor. et Bout. mediante técnica simples*. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 129 p.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

### **Abstract**

## **Abstract**

A study was carried out on vegetative reproduction by cuttings in *Amomyrtus luma* (luma), *Amomyrtus meli* (melí) y *Luma apiculata* (arrayán). The general aim of the work was to determine if there are differences in the capacity of rizogenesis in cuttings obtained from two types of mother plants (young and adults). In order to reach this aim, the three specific objectives were: determination of the percentage of cuttings survival, presence of callus tissue and root system characterization.

The design was of factorial type considering species (3), age of the mother plant (2) and AIB application (0-6000 ppm), which gave rise to 12 treatments with three repetitions on each one.

The cuttings collection was done in June 2004 from healthy and robust trees in two areas: Arboretum Universidad Austral de Chile (arrayán and luma) and Cuesta Cero, area Camán, southern highway from Valdivia (melí).

This study was carried out in a high technology green-house of the Centro de Producción y Experimentación Forestal S.A. (CEFOR S.A.) and a hot bed under excellent conditions with a controlled environment was used.

Cuttings were disinfected and put in a compost mixture of sand, peat and shredded pine bark, which was disinfected and fertilized with N, P, K.

The study evaluation was done after 5 months registering the values of the following parameters: alive cuttings; callus cuttings; rooting and cuttings with secondary roots, of these in percentages. The main roots length and the root system diameter were registered in cm and finally the number of roots per cuttings.

A Fischer analysis of variance (ANDEVA) and the Duncan test of multiple comparisons was made for the number of roots and rooting percentage, while the other parameters were analysed only descriptively. Additionally, a correlation analysis between some parameters was made.

The data analysis shows that 100% of the cuttings formed callus tissue, independent of age and hormone. The rooting percentage was over 51%, being melí the best species with a value over 90%. Over 90% of the melí cuttings present secondary roots, arrayán presents over 80% and luma over 50%, therefore this parameter is highly correlated with the rooting percentage. The percentage of alive cuttings did not show good results.

The root system diameter in melí surpasses 2 mm, arrayán surpasses 1 mm and luma is under 0,5 mm. The average length of the main root in melí is over 1,4 mm, arrayán is near 1,2 mm, and luma is under 0,6 mm. Melí presents 16 roots per plant, arrayán 7 and luma only 3 in average.

Finally it is conclude that the mother plant age has a strong influence on the rooting capacity of cuttings, whatever the species. The best material was obtained from young plants, as shown in this study. Rooting can be improved by applying an adequate hormones concentration, as the 6000 ppm of AIB used in this work. This is supported by the high significance obtained when considering the interaction age/species and age/hormone.

**Keywords:** Vegetative propagation of Melí, Luma and Arrayán.

## **ANEXO 2**

### **Esquema de distribución de tratamientos en la bandeja**

Figura 1. Esquema de distribución de tratamientos en la bandeja



Nota:

Este esquema es válido para cualquier especie repitiéndose 3 veces para cada una. El perímetro corresponde a la zona de aislamiento (buffer) en este caso para cada tratamiento existen 9 estacas de aislamiento con igual tratamiento, estas serán las que se controlarán periódicamente en el transcurso del estudio, antes de la evaluación final.

## **Anexo 3**

### **Datos Largo raíz adventicia principal**



Cuadro 2. Datos Largo raíz adventicia principal en los diferentes tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Nº</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>S</b>	<b>CV (%)</b>
T1	45	0,000	0,070	0,500	0,009	0,097	136,200
T2	45	0,000	0,029	0,100	0,002	0,046	158,666
T3	45	0,000	0,091	0,300	0,007	0,085	93,079
T4	45	0,000	0,060	0,100	0,002	0,050	82,572
T5	45	0,000	0,142	1,000	0,024	0,156	109,636
T6	45	0,000	0,064	0,200	0,005	0,068	105,428
T7	45	0,100	0,160	0,400	0,006	0,075	46,922
T8	45	0,000	0,113	0,300	0,004	0,063	55,167
T9	45	0,100	0,124	0,400	0,004	0,061	48,926
T10	45	0,000	0,087	0,200	0,003	0,050	58,214
T11	45	0,000	0,256	2,600	0,141	0,375	146,782
T12	45	0,000	0,133	0,600	0,008	0,088	65,929

## **Anexo 4**

### **Datos porcentaje de estacas con raíces secundarias**

**Cuadro 1. Datos porcentaje de estacas con raíces secundarias**

<b>Especie</b>	<b>%</b>	<b>Edad</b>	<b>%</b>	<b>Hormona</b>	<b>%</b>
Arrayán	80,6	Adulta	66,7	Sin AIB	68,9
Luma	51,7	Joven	84,1	Con AIB	81,9
Melí	93,9				
<b>Especie x Edad</b>	<b>%</b>	<b>Especie x Hormona</b>	<b>%</b>	<b>Edad x Hormona</b>	<b>%</b>
Luma Joven	62,2	Luma con AIB	58,9	Adulta sin AIB	55,6
Luma Adulta	41,1	Luma sin AIB	44,4	Adulta con AIB	77,8
Arrayán Joven	94,4	Arrayán con AIB	90,0	Joven sin AIB	82,2
Arrayán Adulta	66,7	Arrayán sin AIB	71,1	Joven con AIB	85,9
Melí Joven	95,6	Melí con AIB	96,7		
Melí Adulta	92,2	Melí sin AIB	91,1		

## **Anexo 5**

**Datos promedio del sistema radicular formado**

Cuadro 1. Datos promedio del sistema radicular formado en los niveles especie, edad y hormona

<b>Especie</b>	<b>N°</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>S</b>	<b>CV (%)</b>
Arrayán	180	0,00	0,10	0,20	0,0043	0,0659	63,1
Luma	180	0,00	0,06	0,40	0,0045	0,0674	112,3
Melí	180	0,00	0,20	1,50	0,0197	0,1404	68,8
<b>Edad</b>							
Adulta	270	0,00	0,11	0,60	0,0117	0,1080	98,5
Joven	270	0,00	0,14	1,50	0,0143	0,1195	87,9
<b>Hormona</b>							
Con AIB	270	0,00	0,15	1,50	0,0179	0,1338	90,1
Sin AIB	270	0,00	0,10	0,50	0,0071	0,0840	86,6
<b>Especie x Edad</b>							
Arrayán Adulta	90	0,00	0,08	0,20	0,0045	0,0669	82,4
Arrayán Joven	90	0,00	0,13	0,20	0,0032	0,0561	43,9
Luma Adulta	90	0,00	0,05	0,40	0,0048	0,0691	144,6
Luma Joven	90	0,00	0,07	0,20	0,0041	0,0636	88,1
Melí Adulta	90	0,00	0,20	0,60	0,0130	0,1142	57,1
Melí Joven	90	0,00	0,21	1,50	0,0266	0,1630	78,4
<b>Especie x Hormona</b>							
Arrayán con AIB	90	0,00	0,12	0,20	0,0039	0,0624	50,1
Arrayán sin AIB	90	0,00	0,08	0,20	0,0040	0,0634	75,1
Luma con AIB	90	0,00	0,08	0,40	0,0061	0,0783	103,7
Luma sin AIB	90	0,00	0,04	0,10	0,0025	0,0500	112,4
Melí con AIB	90	0,00	0,25	1,50	0,0286	0,1690	68,8
Melí sin AIB	90	0,00	0,16	0,50	0,0075	0,0869	53,5
<b>Edad x Hormona</b>							
Adulta con AIB	135	0,00	0,14	0,60	0,0132	0,1150	84,4
Adulta sin AIB	135	0,00	0,08	0,50	0,0087	0,0935	112,7
Joven con AIB	135	0,00	0,16	1,50	0,0224	0,1497	93,1
Joven sin AIB	135	0,00	0,11	0,30	0,0050	0,0709	63,8

Cuadro 2. Datos promedio del sistema radicular formado en los tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Nº</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>S</b>	<b>CV (%)</b>
T1	45	0,000	0,070	0,400	0,007	0,083	123,858
T2	45	0,000	0,029	0,100	0,002	0,046	158,666
T3	45	0,000	0,084	0,200	0,005	0,074	87,298
T4	45	0,000	0,060	0,100	0,002	0,050	82,572
T5	45	0,000	0,104	0,200	0,005	0,067	64,407
T6	45	0,000	0,058	0,200	0,003	0,058	100,980
T7	45	0,100	0,144	0,200	0,003	0,050	34,790
T8	45	0,000	0,111	0,200	0,003	0,057	51,566
T9	45	0,100	0,238	0,600	0,012	0,111	46,839
T10	45	0,000	0,162	0,500	0,011	0,105	64,771
T11	45	0,000	0,253	1,500	0,045	0,213	83,990
T12	45	0,000	0,162	0,300	0,004	0,065	40,055