

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES



EFFECTO DEL ÁCIDO INDOL-ACÉTICO (AIA) EN EL ENRAIZAMIENTO DE
ESTACAS JUVENILES DE "CAPIRONA" *Calycophyllum spruceanum* (Benth)
Hook F. Ex., INSTALADOS EN CÁMARA DE SUB – IRRIGACIÓN

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES

BELIN BEQUER SALCEDO PALACIOS

PROMOCIÓN 2006 – I

Tingo María – Perú

2009

F04

S18

Salcedo Palacios, Belin Bequer

Efecto del Ácido Indol - Acético (AIA) en el enraizamiento de Estacas Juveniles de "CAPIRONA" *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., Instalados en Cámara de Sub-Irrigación. Tingo María, 2009

83 h.; 11 cuadros; 9 fgrs.; 30 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales)
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad
de Recursos Naturales Renovables.

ENRAIZAMIENTO / CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM (BENTH) HOOK
F. EX. / CAMARA DE SUB - IRRIGACIÓN / ÁCIDO INDOL - ACÉTICO
TINGO MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 23 de Julio de 2009, a horas 06:20 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

EFECTO DEL ÁCIDO INDOL-ACÉTICO (AIA) EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS JUVENILES DE “CAPIRONA” *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., INSTALADOS EN CÁMARA DE SUB - IRRIGACIÓN

Presentado por el Bachiller: **BELIN BEQUER SALCEDO PALACIOS**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**MUY BUENO**”.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 18 de agosto de 2009

Mcbigo. M.Sc. **CESAR SAMUEL LOPEZ LOPEZ**
Presidente



Ing. **WARREN RIOS GARCIA**
Vocal

AUSENTE

Ing. M.Sc. **TANIA E. GUERRERO VEJARANO**
Vocal

Ing. M.Sc. **LUIS ALBERTO VALDIVIA ESPINOZA**
Asesor

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|--|--------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 12 |
| 2.1. Características generales de la especie <i>Calycophyllum</i> <i>spruceanum</i> (Benth) Hook F. Ex..... | 12 |
| 2.2. Propagación de especies vegetales..... | 13 |
| 2.2.1. Propagación vegetativa..... | 14 |
| 2.2.1.1. Propagación por estaca..... | 14 |
| 2.3. Preparación de las estacas..... | 16 |
| 2.4. Formas de aplicación de las auxinas..... | 17 |
| 2.5. Concentraciones..... | 18 |
| 2.6. Uso del enraizador y siembra de las estacas..... | 18 |
| 2.7. Sustancias promotoras del enraizamiento..... | 19 |
| 2.7.1. Ácido indol - acético (AIA)..... | 19 |
| 2.7.2. Ácido indol – 3 - butírico (AIB)..... | 19 |
| 2.7.3. Ácido naftalenacético (ANA)..... | 20 |
| 2.8. El microambiente de propagación..... | 20 |
| 2.9. Formación de raíces adventicias..... | 21 |
| 2.10. Fisiología de las raíces adventicias..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 2.11. Influencias en el proceso de enraizamiento..... | 25 |
| 2.11.1. Época del año..... | 25 |
| 2.11.2. Tipo de estaca..... | 25 |
| 2.11.3. Posición de la estaca..... | 26 |
| 2.11.4. Tratamiento con reguladores del crecimiento..... | 26 |
| 2.11.5. Condiciones ambientales..... | 27 |
| 2.12. Transplante de las estacas enraizadas a fase vivero..... | 28 |
| 2.13. Experiencias de propagación vegetativa mediante estacas juveniles..... | 30 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 33 |
| 3.1. Características generales..... | 33 |
| 3.2. Materiales y equipos..... | 35 |
| 3.3. Metodología..... | 36 |
| IV. RESULTADOS..... | 42 |
| V. DISCUSIÓN..... | 53 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 61 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 63 |
| VIII. ABSTRACT..... | 65 |
| IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 66 |
| ANEXOS..... | 71 |

DEDICATORIA

A **DIOS**, por guiarme e iluminarme cada instante de mi vida para culminar mi carrera profesional.

A mi padres **Clemente y Delia**, con el amor y cariño de siempre, mi eterno agradecimiento por sus apoyo moral y abnegado sacrificio, que hicieron posible mi formación profesional.

A mis hermanos **Juneth, Liz y Herson**, con cariño y gratitud, pensar en ellos representó estímulo indeclinable de superación.

A mi queridísima sobrina **Kyara Jazmín**, por su apoyo con el cariño de siempre.

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Tiempo de enraizamiento..... | 42 |
| 2 | Tiempo de enraizamiento con (T ₁ :200 ppm de AIA)..... | 43 |
| 3 | Tiempo de enraizamiento con (T ₂ :400ppm de AIA)..... | 44 |
| 4 | Tiempo de enraizamiento con (T ₀ : Testigo)..... | 45 |
| 5 | Comparación del tiempo de enraizamiento de estacas juveniles de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook F. Ex. entre los tres tratamientos: (T ₁ :200 ppm de AIA), (T ₂ : 400 ppm de AIA) y (T ₀ : Testigo)..... | 46 |
| 6 | Porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento..... | 47 |
| 7 | Análisis de variancia para el enraizamiento de estacas juveniles de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook F. Ex. | 48 |
| 8 | Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$)..... | 48 |
| 9 | Incremento promedio de altura en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles por tratamiento..... | 49 |
| 10 | Incremento promedio de diámetro en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles por tratamiento: (T ₁ :200 ppm de AIA), (T ₂ : 400 ppm de AIA) y (T ₀ : Testigo)..... | 50 |
| 11 | Porcentaje de mortandad y supervivencia de plántulas | |

enraizadas a partir de estacas juveniles en fase vivero, por
tratamiento: (T₁:200 ppm de AIA), (T₂: 400 ppm de AIA) y (T₀:
Testigo).....

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Tiempo de enraizamiento con (T ₁ :200 ppm de AIA)..... | 43 |
| 2 | Tiempo de enraizamiento con (T ₂ :400ppm de AIA)..... | 44 |
| 3 | Tiempo de enraizamiento con (T ₀ : Testigo)..... | 45 |
| 4 | Comparación del tiempo de enraizamiento de estacas juveniles entre los tres tratamientos: (T ₁ :200 ppm de AIA), (T ₂ : 400 ppm de AIA) y (T ₀ : Testigo)..... | 46 |
| 5 | Porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento: (T ₁ :200 ppm de AIA), (T ₂ : 400 ppm de AIA) y (T ₀ : Testigo)..... | 47 |
| 6 | Incremento promedio de altura en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles por tratamiento: (T ₁ :200 ppm de AIA), (T ₂ : 400 ppm de AIA) y (T ₀ : Testigo)..... | 49 |
| 7 | Incremento promedio de diámetro en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles por tratamiento: (T ₁ :200 ppm de AIA), (T ₂ : 400 ppm de AIA) y (T ₀ : Testigo)..... | 50 |
| 8 | Porcentaje de mortandad de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles en fase vivero..... | 51 |
| 9 | Porcentaje de supervivencia de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles en fase vivero..... | 52 |

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en el vivero de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para ello, se utilizó dos concentraciones de fitohormona a 200 ppm y 400 ppm (partes por millón) de ácido indolacético (AIA) en el enraizamiento de estacas juveniles de "capirona" *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., instalados en cámara de sub irrigación, tuvo como finalidad evaluar el tiempo de enraizamiento de estacas, porcentaje de estacas enraizadas e incremento en altura y diámetro de brotes en plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles llevadas a fase de vivero. La investigación fue de tipo experimental, para la cual se utilizó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos y seis repeticiones por tratamiento. De los resultados obtenidos se concluye que, existe efecto enraizador relativamente aplicando las dos concentraciones de la auxina AIA sobre estacas de esta especie, como también en el tiempo de enraizamiento en comparación con el testigo. Asimismo las variables altura y diámetro de los brotes con el T₂: 400 ppm de AIA (8,70 mm altura) y T₁:200 ppm de AIA (0,11 mm de diámetro) respectivamente, obtuvieron los más satisfactorios resultados con respecto al T₀: Testigo, presentando una relación inversamente proporcional. En cuanto a mortandad y supervivencia el T₀: Testigo evidenció mayor porcentaje de mortandad en los brotes de estacas enraizadas en fase de vivero (42 %), teniendo mejores efectos en el porcentaje de supervivencia en los T₁ (74 %) y T₂ (69 %).

I. INTRODUCCIÓN

La presión del hombre sobre los bosques para obtener productos tangibles promueve la desaparición y degradación de ecosistemas. Por esta razón el manejo forestal se debe llevar a cabo desde una perspectiva de sustentabilidad ecológica y para ello la silvicultura debe ser compatible con las estrategias de regeneración de las plantas. Es aquí donde la propagación vegetativa y en particular el de estacas pueden usarse como una herramienta para producir material genético de alto valor que podría emplearse para el enriquecimiento de bosques (SANTELICES y CABELLO, 2006).

Por ello, existe el interés en promover este tipo de estudios tendentes a buscar técnicas de multiplicación en especies de potencial importancia económica. Una practica muy utilizada es el enraizamiento por medio de estacas juveniles instalados en cámara de sub-irrigación, la cual es una forma asexual de multiplicación donde se pueden obtener ciertas características como la uniformidad en el material genético y el acortamiento del periodo juvenil, así como las fases de floración y fructificación (HARTMANN y KESTER, 1998). El éxito de todo proceso de clonación radica en la obtención de plantas de buen enraizamiento, ya que valores inferiores al 70 % limitan su uso a gran escala por razones económicas (CARPINETI, 1996). Aplicando fitohormonas aceleramos el proceso de enraizamiento de las estacas, en

consecuencia ¿Cuál es el efecto que tendría el ácido indol acético usando concentraciones de 200 y 400 ppm en el enraizamiento de la especie forestal capirona?

La presente investigación tiene por objetivo evaluar el efecto del ácido indol acético (AIA) a concentraciones de 200 y 400 ppm (partes por millón) en el enraizamiento de estacas juveniles de capirona *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., y de alguna manera ante la escasez de información sobre este tipo de técnicas de propagación en estacas de capirona, contribuir a obtener resultados para estudios posteriores.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Determinar el efecto del ácido indol acético (AIA) en el enraizamiento del crecimiento inicial en estacas juveniles de "capirona" *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., usando cámara de sub - irrigación.

1.1.2. Específicos

- Determinar el tiempo de enraizamiento en estacas juveniles de "capirona" *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., usando cámara de sub irrigación, aplicando dos concentraciones de ácido indol acético (AIA).

- Determinar el porcentaje de estacas juveniles enraizadas de "capirona" *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., usando cámara de sub irrigación, aplicando dos concentraciones de ácido indol acético (AIA).

- Evaluar el incremento en altura y diámetro de las plantas enraizadas a partir de estacas juveniles de "capirona" *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., en fase de vivero.

- Evaluar el porcentaje de mortandad y supervivencia de las plantas en estudio, en fase de vivero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características generales de la especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex.

La capirona se encuentra en los departamentos de Amazonas, San Martín, Huánuco, Loreto, Madre de Dios y Ucayali. Se encuentran en los bosques primarios y secundarios en terrenos periódicamente inundados en las formaciones ecológicas de bosques secos tropicales, en bosque húmedo tropical o bosque muy húmedo tropicales. A veces crece en comunidades – mánchales, llamadas capironales. El clima preferido por esta especie es el Tropical húmedo con una temperatura media anual de 22 °C = 26 °C y precipitación pluvial entre 1100 – 3400 mm anuales. Además se desarrolla muy bien, en suelos arenosos y arcillosos que presentan un contenido medio o alto de materia orgánica. Prefiere suelos con p^H de 7 y saturación de aluminio menor de 30 %. No prospera en suelos extremadamente ácida con p^H de 4-4.5. Puede utilizarse en estructuras, vigas, columnas, en pisos machihembrados postes, mangos de herramienta, ebanistería, artículos de deporte, escultura, arcos, propiedades medicinales: Su corteza, en infusión es útil para infecciones oculares, la diabetes y males ováricos, en emplastos es muy buen cicatrizante y antimicótico. La savia de este árbol tiene propiedades cosméticas, borra las

manchas y cicatrices en la piel y previene las arrugas. Su potencial medicinal le otorga muchas posibilidades de desarrollo en la industria médica y farmacéutica. La propagación se realiza por semillas sexuales, en forma natural las semillas se dispersan profusamente en los suelos inundables. Se recomienda transplantar a viveros de adaptación plántulas de 5 = 15 cm de altura (KEMBER, 2001; citado por FLORES, 2002).

CRONQUIST (1984); citado por MUÑOZ (2005), clasifica a la especie de la siguiente manera:

| | |
|---------------|---|
| División | : MAGNOLIOPHYTA |
| Clase | : MAGNOLIOPSIDA (Dicotiledónea) |
| Sub – Clase | : Asteridae |
| Orden | : Rubiales |
| Familia | : RUBIACEAE |
| Género | : <i>Calycophyllum</i> |
| Especie | : <i>Spruceanum</i> |
| N. Científico | : <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook F. Ex. |
| N. Vulgar | : "Capirona" |

2.2. Propagación de especies vegetales

La propagación de las plantas se lleva a cabo mediante dos formas fundamentales: Reproducción sexual o germinativa, se refiere a la propagación por medio de semillas, en la cual existe una recombinación genética de los progenitores, logrando así la posibilidad de una variabilidad entre las nuevas plantas (ROCHA, 1998).

En la reproducción asexual o vegetativa se obtienen plantas hijas a partir de porciones de órganos de la planta madre, por lo que no se produce recombinación de genes y las plantas obtenidas serán idénticas a la planta madre (HARTMANN y KESTER, 1998).

2.2.1. Propagación vegetativa

Reproducción vegetativa o agámica (asexual), es la capacidad que tienen algunos órganos vegetales de una planta para formar un individuo completo desde el punto vista morfológico y funcional (BALDINI, 1992).

De esta misma forma ROCHA (1998), clasifica los métodos de propagación vegetativa en cuatro grandes grupos: Por división, acodos, injertos y esquejes o estacas, señala que dentro de la propagación por estacas existe una nueva subdivisión en estacas de hoja, yema, raíces y tallos.

2.2.1.1. Propagación por estaca

Este método de propagación por estacas consiste en promover la formación de raíces adventicias a partir de un órgano o un fragmento de éste (brotes, ramas, hojas o raíces), dándoles las condiciones adecuadas y así obtener una nueva planta (YUSTE, 1998; citado por RUIZ, 1998).

CORNEJO (1997), también señala que la estaca puede ser un trozo de raíz, tallo y yema, agrega además que esta puede estar estructurada por una porción de meristema. Es así, entonces que, para el caso de estacas de tallo, recibe el nombre de estaca aquella porción de tallo que es cortada desde la planta madre provista de yemas caulinares e inducida a formar raíces

y brotes a través de manipulaciones químicas, mecánicas y/o ambientales. La estaca una vez enraizada se llama barbado y en la mayoría de los casos la nueva planta producida es un clon, la cual es idéntica a la planta madre (BALDINI, 1992; HARTMANN y KESTER, 1998).

La capacidad de regenerar la estructura entera de la planta la poseen esencialmente todas las células vegetales vivientes. Esta capacidad depende de dos características fundamentales: Una es la totipotencia, que significa que cada célula vegetal contiene la información genética necesaria para reconstituir todas las partes de la planta y sus funciones, es decir que una célula no embrionaria tiene el potencial de diferenciarse en una célula embrionaria y después desarrollarse en una planta nueva completa si el ambiente es favorable. Se presenta totipotencialidad parcial cuando se desarrollan raíces adventicias a partir de células del tallo (ROSS y SALISBURY, 1994; HARTMANN y KESTER, 1998).

La segunda es la dediferenciación, que se refiere a la capacidad de células maduras de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo. Como estas dos características son más pronunciadas en algunas células y parte de la planta en otras, el investigador debe efectuar algunas manipulaciones para proporcionar condiciones apropiadas para el enraizamiento (HARTMANN y KESTER, 1998).

2.3. Preparación de las estacas

Las estacas que vienen del tocón deben tener un largo aproximado de 20 cm para evitar que sufra un estrés hídrico severo o se marchite (VALVERDE *et al.*, 2005).

En el invernadero, las estacas se cortan hasta dejarlas de un tamaño de unos 4 – 6 cm, procurando que incluyan al menos 2 nudos y eliminando el ápice o entrenudo Terminal (últimos 1 - 2 cm), porque por lo general es demasiado succulento y propenso al marchitamiento (MESÉN, 1998).

Por lo general no se recomienda propagar las estacas muy lignificadas o cercanas a la base del brote, ya que presentan mayor dificultad para enraizar. Las hojas deben ser eliminadas completamente, excepto las últimas dos, que se recortan hasta dejarlas aproximadamente a 1/3 de su lámina foliar. Sin embargo, si en el área de enraizamiento se observa la aparición de musgo en la superficie, es necesario permitir que aumente la entrada de luz mediante una reducción aún mayor de la lámina foliar. La preparación de las estacas debe realizarse siempre a la sombra y las estacas deben permanecer húmedas el mayor tiempo posible. La preparación de las estacas puede realizarse fuera del invernadero, bajo un cobertizo cómodo y bien ventilado. Por lo general, el ambiente dentro de los invernaderos es sumamente caluroso y húmedo, lo que limita al personal en esta importante labor. Toda la labor de preparación de las estacas, su desinfección, inmersión en el enraizador y siembra en la bandeja o pellet puede ser realizada fuera del invernadero (VALVERDE *et al.*, 2005).

2.4. Formas de aplicación de las auxinas

Las auxinas pueden ser aplicadas de varias formas, pero en general, los métodos más utilizados son la aplicación en polvo en mezcla con talco neutro, la inmersión rápida en soluciones concentradas, remojo en soluciones acuosas diluidas y, exclusivamente para fines experimentales, la aplicación con micro jeringa.

Las mezclas en polvo se preparan mezclando la auxina pura con talco neutro en la concentración deseada o se pueden obtener comercialmente ya preparadas. Tienen las ventajas de que son fáciles y rápidas de utilizar; basta con introducir la base humedecida de la estaca en el polvo, sacudir el exceso e introducir la estaca inmediatamente en el medio de propagación. Al utilizar este método, se deben tomar pequeñas cantidades del producto y colocarse en un recipiente aparte que se utilizará para aplicar el tratamiento a las estacas. Cualquier sobrante debe ser desechado, pues si se introduce de nuevo al recipiente original, puede contaminar el producto y acelerar su deterioro. Las desventajas de este método de aplicación son que es difícil lograr una aplicación uniforme, requerida por ejemplo para comparaciones de dosis a nivel experimental y es difícil tratar más de una estaca a la vez, además del alto costo de los preparados comerciales.

La técnica de inmersión rápida consiste en introducir la base de la estaca en una solución concentrada de la auxina por pocos segundos e insertar inmediatamente la estaca en el medio de propagación. Cuando se utiliza AIB o ANA, la auxina debe diluirse en alcohol puro, lo cual requiere la evaporación

del alcohol mediante la aplicación de una corriente de aire (por ejemplo, mediante un ventilador común) antes de introducir la estaca en el medio de enraizamiento. Esta técnica es rápida, permite tratar varias estacas a la vez y es más económica en comparación con el uso de preparados comerciales en polvo. Cuando se utiliza alcohol como solvente tiene la desventaja de que es necesaria la acción adicional de evaporar el alcohol y es difícil controlar la cantidad absorbida por las diferentes estacas (BLAZICH, 1988).

2.5. Concentraciones

La concentración óptima de auxina varía con la clase utilizada, la especie a propagar, el tipo de material vegetativo, el método de aplicación, el sistema de propagación, etc. Esto se determinará para cada caso en particular mediante una simple prueba preliminar donde se evalúe un rango amplio de concentraciones bajo un diseño experimental apropiado (MESÉN, 1998).

2.6. Uso del enraizador y siembra de las estacas

La base de las estacas se introduce en el enraizador hasta lograr que la auxina en polvo blanco se adhiera. La estaca se sacude ligeramente para eliminar el exceso de enraizador y se siembra directamente en el hoyo hecho en la cámara de sub-irrigación. Una vez sembradas todas las estacas se deben mojar ligeramente con el sistema de riego que se esté utilizando. Se puede conseguir también en el mercado un estimulante para el enraizamiento que viene en una presentación líquida y se puede aplicar el producto directamente a los ambientes de propagación previo a la siembra, incluso al agua con la que se mojan (NIETO, 1992).

2.7. Sustancias promotoras del enraizamiento

El propósito de tratar las estacas con reguladores del crecimiento es aumentar el porcentaje de enraizamiento, reducir el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radical formado. Existe gran cantidad de sustancias naturales sintéticas que han mostrado su capacidad como promotores del enraizamiento, pero los siguientes son los más comunes (HARTMANN y KESTER, 1998).

2.7.1. Ácido indol - acético (AIA)

El AIA es la auxina natural que se encuentra en las plantas. Su efectividad como promotor del enraizamiento es generalmente menor que la de otros compuestos sintéticos. Esto se debe a que las plantas poseen mecanismos que remueven el AIA de sus sistemas, conjugándolo con otros compuestos o destruyéndolo, lo cual reduce su efectividad; también, al ser soluble en agua es fácilmente lavado del sitio de aplicación, con lo cual obviamente deja de ejercer su efecto (BLAZICH, 1988).

Además, las soluciones no estériles de AIA son rápidamente destruidas por microorganismos y por la luz fuerte del sol (HARTMANN y KESTER, 1998).

2.7.2. Ácido indol – 3 - butírico (AIB)

El AIB es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva que cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora del enraizamiento.

Tiene las ventajas de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto.

2.7.3. Ácido naftalenacético (ANA)

El mismo autor sostiene que el ANA es también una sustancia sintética con poder auxínico y es, junto al AIB, una de las promotoras del enraizamiento más utilizadas en la actualidad. Posee las mismas ventajas de estabilidad del AIB y también ha probado ser más efectiva que el AIA. Su desventaja principal es que generalmente ha mostrado ser más tóxica que el AIB bajo concentraciones similares.

2.8. El microambiente de propagación

La cámara de sub irrigación según LEAKEY *et al*, (1991), consiste básicamente en un marco de madera o de metal rodeado por plástico transparente para hacerlo impermeable. Los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes (6 a 10 cm de diámetro), piedras pequeñas (3 a 6 cm) y grava, y los últimos 5 cm se cubren con un sustrato de enraizamiento (arena fina, aserrín, etc.). Los 20 cm basales se llenan con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantendrá húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel, se utiliza una sección de bambú o cualquier otro material insertado verticalmente a través de las diferentes capas de material. Internamente se utilizan marcos de reglas que le dan apoyo a la estructura y a la vez proporcionan subdivisiones que permiten el

uso de sustratos diferentes dentro de la misma cámara. La caja se cubre con una tapa que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna. El agua de la cámara debe cambiarse al menos cada seis meses.

El microambiente ideal debe mantener niveles óptimos de irradiación, temperaturas adecuadas en el aire, el sustrato y las hojas y buen balance de agua en las estacas (LOACH, 1988). El microclima de las cámaras de sub irrigación es comparable al de otros sistemas más sofisticados. En una comparación del sistema de sub irrigación con el de nebulización, encontró valores menores de humedad relativa, temperatura foliar y temperatura del aire en el sistema de sub irrigación. Además, en este último, el aire se satura en horas de la noche, lo cual resulta en condensación de agua en las hojas y humedecimiento del follaje. Gran cantidad de agua se condensa también en el plástico de la tapa, y su caída contribuye además al humedecimiento de las hojas (MESÉN, 1998).

2.9. Formación de raíces adventicias

Las raíces adventicias son de dos tipos: Raíces preformadas y producidas a partir de lesiones. Las primeras se desarrollan naturalmente en los tallos o ramas cuando todavía están adheridas a la planta madre, pero no emergen sino hasta después de que se corta la porción de tallo. Las raíces de lesiones se desarrollan solo después de que se ha hecho la estaca, en respuesta al efecto de la lesión al preparar la misma. En las estacas de tallo de plantas leñosas perennes, en las cuales hay una o mas capas de xilema y

floema secundario, usualmente las raíces adventicias se originan de células de parénquima vivientes primordialmente en el xilema secundario joven, pero a veces lo hacen de otros tejidos como el cámbium, los radios vasculares, el floema, lenticelas o la medula.

Cuando una estaca se coloca en condiciones ambientales favorables para el enraizamiento generalmente se desarrolla cierta cantidad de callo en su extremo basal, evolucionando ciertas células o células meristemáticas de tipo primario originando luego un meristema de tipo radical. Entendiendo que los meristemas corresponden a zonas que aseguran una proliferación celular no especializada en el origen, es posible señalar que los meristemas primarios se encuentran en sitios tales como: Ápices de las raíces, yemas apicales, yemas axilares y son responsables del crecimiento en longitud. En cuanto a los secundarios se ubican generalmente en las partes de más edad de la planta y aseguran el crecimiento en espesor (HARTMANN y KESTER, 1998; CABALLERO Y DEL RÍO, 1999).

Enraizamientos pobres en estacas de tallo de ciertas especies leñosas han sido correlacionadas con una extensiva esclerificación (DAVIES, 1988; citado por RUIZ, 1998).

2.10. Fisiología de las raíces adventicias

El proceso de enraizamiento resulta de la interacción de factores morfológicos, fisiológicos, de condiciones internas y externas favorables. De este modo el proceso de enraizamiento es controlado por un balance entre

promotores e inhibidores en conjunción con cofactores de enraizamiento y complejos enzimáticos (CHONG, 1986; citado por RUIZ, 1998).

FONTANAZZA (1996), señala que el potencial rizogénico esta fuertemente influenciado por factores genéticos variando significativamente de una variedad a otra desde un 100 % hasta un enraizamiento escaso o nulo.

WESTWOOD (1982), menciona que las estacas tanto en reposo como con hojas, son susceptibles de enraizar lo que se relaciona con un compuesto producido en las hojas y traslocado basípetamente por el tallo, así se descubre que el etileno estimula la formación de raíces adventicias y que la auxina (AIA) es importante para el enraizamiento.

Las estacas de ciertas plantas de enraizamiento difícil pueden no llegar a enraizar debido a la presencia de inhibidores de ocurrencia natural formados en las raíces y acumulados en los tallos, por otra parte aquellas especies cuyas estacas enraízan con facilidad poseen un contenido de inhibidores más bajos (HARTMANN y KESTER, 1998).

Lo antes mencionado se complementa con el estado de madurez de la planta madre, así los árboles maduros enraízan con mayor dificultad que árboles en estados más juveniles, sin embargo es posible mejorar la habilidad de enraizamiento al mantener las estacas en un ambiente caluroso y aplicar reguladores de crecimiento (WAREING, 1987).

El proceso de rizogénesis se divide en dos etapas, una de inducción y la otra de diferenciación (GASPAR y THORPE, 1977; citados por RUIZ, 1998).

Se desconoce con exactitud el mecanismo fisiológico de la inducción y diferenciación de raíces adventicias, sobre todo el rol de los reguladores de crecimiento, sin embargo, consideran que ambas etapas presentan requerimientos hormonales muy diferentes, indicando que solo la segunda etapa de la rizogénesis es influenciada por la auxina y por los cofactores sinérgicos de estas. Más aún, indican que en la primera etapa, la cual aproximadamente dura seis horas, la auxina tiene un efecto negativo en la estimulación de raíces adventicias, también indica que el ácido indolacético es una auxina activa y el ácido indolbutírico se convierte directamente sin intermediarios en ácido indolacético. Agrega que el ácido indolbutírico penetraría directamente en la estaca vía xilema.

Otro factor fisiológico que interviene en la formación de raíces adventicias, es un adecuado nivel de hidratos de carbono durante el proceso de rizogénesis (RUIZ, 1998).

HARTMANN y KESTER (1998), señalan que a su vez que un estado fisiológico adecuado del tejido puede asociarse con ciertas relaciones carbohidrato / nitrógeno, lo que influirá en el desarrollo de las raíces. Por tanto, un contenido elevado de carbohidratos y moderado nitrógeno es mejor para lograr un enraizamiento óptimo.

2.11. Influencias en el proceso de enraizamiento

Considerándose una especie y variedad particular, con sus propias características respecto a la facilidad y logro de enraizamiento, este puede ser influenciado por numerosos factores, tanto del medio como del estado fisiológico de las partes puestas a estacar, del tratamiento que reciban y de factores genéticos de cada una (CALDERÓN, 1990; FONTANAZZA, 1996).

2.11.1. Época del año

La noción de época está en estrecha relación con la fisiología del vegetal y depende del clima. En periodos más favorables se considera el periodo de plena vegetación y periodo de plena actividad cambial, ya que a partir del cámbium nacen las raíces de neoformación (BROUSSE y LOUSSERT, 1980).

2.11.2. Tipo de estaca

Hay muchas posibilidades de escoger el tipo de material a usar, abarcando (en perennes leñosas) desde las ramas muy suculentas del crecimiento en curso hasta grandes estacas de madera dura de varios años de edad, por lo cual se hace imposible establecer algún tipo de material que sea mejor para todas las especies, ya que lo que puede ser ideal para una planta puede resultar en una falla en otra.

2.11.3. Posición de la estaca

Las estaquillas que poseen los mejores resultados para la emisión de raíces son las situadas en la base o en el medio del tallo, las cuales se denominan estaquillas basales y medias respectivamente, en relación a las terminales; por tener marcadas diferencias químicas (BROUSSE y LOUSSERT, 1980).

2.11.4. Tratamiento con reguladores del crecimiento

La emisión de las raíces de neoformación a partir de células cambiales, esta inducida por auxinas y se basa en el nivel trófico de las células. Es así, para que las primeras divisiones celulares y el crecimiento radicular pueda comenzar, es preciso que el nivel trófico de las células próximas sea incipientemente elevada.

Otro aspecto importante que influye en el enraizamiento de las estacas es la concentración de auxina empleada, variando en sentido negativo el porcentaje de enraizamiento al superar el punto crítico que indica la inversión de tendencia de su actividad biológica. TREBY, (1983); citado por RUIZ, (1998), señala que a medida que aumenta el nivel de auxina aplicado a las estacas, mejora la respuesta al enraizamiento hasta llegar a un óptimo y luego decae, produciéndose decaimiento, causando problemas toxicidad en las estacas, las cuales manifiestan clorosis y caída de hojas.

2.11.5. Condiciones ambientales

Las condiciones climáticas afectan claramente el crecimiento de las plantas madres y el enraizamiento de las estacas en ambientes de propagación. El ambiente en la cama de propagación puede ser controlado sólo aproximadamente dependiendo del tiempo reinante. Por ende, el éxito del enraizamiento varía, especialmente cuando hay muy grandes diferencias entre años. Sin embargo, si la época de la toma de estacas es adaptada a las etapas de desarrollo de las plantas, los factores ambientales son de importancia secundaria. La diferencia principal vista entre temporadas es el tiempo necesario para el enraizamiento, y no cuántos de los clones forman raíces (STRAUCH, ROTH y GRÜPPE, 1985; citados por RUIZ, 1998).

2.11.5.1. La luz.- Es de importancia primordial como fuente de energía para la fotosíntesis, ya que los productos de esta son importantes para la iniciación crecimiento de las raíces. Los efectos de la luz pueden deberse a la intensidad (radiancia), al fotoperiodo (longitud del día) y a la cantidad de la luz.

2.11.5.2. Neblina.- En la propagación por medio de estacas con hojas, uno de los principales problemas es evitar que éstas se marchiten antes que formen las raíces. Esto se logra manteniendo el aire circundante alas estacas a una humedad relativa elevada (HARTMANN y KESTER, 1998).

2.11.5.3. Temperatura ambiente.- Hay una relación directa entre la temperatura ambiente y temperatura del sustrato. Una gran diferencia entre

ellas tiene efectos negativos sobre la rizogénesis (CABALLERO y DEL RÍO, 1999).

2.11.5.4. Temperatura basal.- La aplicación de calor basal consiste en una técnica en la cual se somete la base de las estacas a calentamiento de modo que se acelere la formación de las raíces (BALDINI, 1992).

2.11.5.5. Medio de propagación.- El medio de propagación puede afectar al tipo de sistema radica que se origina de las estacas, así algunas especies producen raíces largas, no ramificadas, gruesas y quebradizas si se hacen enraizar en arena, pero al utilizar mezclas como arena y musgo turboso o perlita y musgo turboso, desarrollan raíces bien ramificadas, delgadas y flexibles (HARTMANN y KESTER, 1998).

2.12. Transplante de las estacas enraizadas a fase vivero

LÓPEZ (1996), señala que la fase mas difícil es el transplante, para lo cual se debe suspender progresivamente las nebulizaciones.

El cambio de estacas enraizadas bajo niebla a un ambiente más seco debe hacerse con cuidado, de otra manera se presenta con rapidez la caída de las hojas y la deterioración de las raíces. Es así que en algunas épocas del año y variedades se debe realizar un endurecimiento de las estaquillas en pequeños vasos alargando los intervalos entre nebulizaciones cada día y después mantenerlas durante un cierto tiempo en un lugar sombreado.

Los sombreados, proporcionan sombra en el exterior y protegen las plantas de altas temperaturas y elevada luminosidad del verano. Estos tienen múltiples usos, en particular en la relación con el trasplante y el mantenimiento de plantas de sombra o delicadas (HARTMANN y KESTER, 1998).

El sustrato ya no ha de ser inerte pero conviene que sea ligero, con buen drenaje. Esta fase puede durar de 1 a 3 semanas a cuyo termino se ha debido producir al menos un brote de un par de hojas, señal que indica que el sistema radicular ha comenzado a cumplir su función y por lo tanto es el momento de transplantar a bolsas de plásticos las estacas. Un medio utilizado en esta fase es la arena limosa, pero se mejora con adición de turba y también abonos de liberación lenta.

Una vez realizado el trasplante adquiere importancia el riego aplicado a las estacas, siendo lo mejor mantener el suelo a contenidos de humedad muy cercanas a capacidad de campo (CABALLERO y DEL RÍO, 1999).

El trasplante a bolsas ofrece garantías de éxito y permite realizar la plantación en casi cualquier época. Como contrapartida las plantas son en este caso más caras, su manipulación y transporte mas trabajosa y difícil ya que necesariamente tiene que individualizar (GIL, 1995).

2.13. Experiencias de propagación vegetativa mediante estacas juveniles

MORENO Y GUERRERO (1997), estudiaron al yatago (*Trichantera gigantea* (Bonpl.) Nees) que es una especie con amplia distribución en Venezuela, con tradición de uso entre los pobladores andinos, como estrategia para su propagación vegetativa. Quienes al hacer pruebas con ácido indolacético (AIA) y Ácido Naftalenacético (ANA) al 0,2 y 0,4 % encontraron que la aparición de las primeras yemas foliares ocurre entre 15 y 17 días después de la siembra, encontrando que ocurre en las estacas con menor diámetro, sin importar si están sometidas a la hormona o no. Mientras que el enraizamiento ocurre a los 30 días en las pruebas con AIA al 0.4 % y a los 42 días con el ANA. En conclusión el uso de la auxina no influye el prendimiento, por lo que su utilización incrementa los costos de establecimiento con esta especie.

GARCÍA y DEZA (1996), en una investigación para analizar los efectos de la aplicación de 3 tipos de auxinas: Ácido indol-3-acético (AIA), Ácido Indol-3-Butírico (AIB) y Ácido B Naftalénacético (ANA) sobre el enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cuyas dosis fueron: 100, 200, 300, 400 y 500 ppm respectivamente, obteniendo resultados que indican la emisión de pequeñas cantidades de raíces en las estacas aplicando la auxina AIA en la dosis de 500 ppm sin que se manifestara en las otras repeticiones. Estas raicillas aparecieron a los 25 días de sembradas las estacas originándose el cilindro central y de una estaca proveniente de la parte media de una rama de abanico. Los otros tratamientos, incluyendo al testigo no

dieron resultados positivos. Si bien es cierto, la propagación por estaca es efectiva dada la facilidad y el éxito que se obtiene, esto requiere de varios años para que una planta madre pueda proporcionar el suficiente material, situación que se agrava cuando se dispone de un bajo número de dichas plantas madres. El presente estudio realizado entre los meses de mayo y agosto de 1994, en el Vivero Frutícola de la Universidad Nacional de Tumbes.

LEMES *et al.*, (2001), estudiaron en *Rosmarinus officinalis* L (romero) diferentes vías para su multiplicación, empleando 3 tipos de estacas: Yemas terminales, intermedias, y con talón, aplicando concentraciones de 0,50 y 100 ppm de AIA, AIB y ANA, en diferentes sustratos: Tierra y materia orgánica; materia orgánica y gravilla de roca silicea; zeolitas; materia orgánica provenientes de tronco descompuesto de palma real y meollo, Los resultados mostraron que la zeolita fue el mejor sustrato, así como las estacas de yemas terminales con las que se pudo obtener un elevado número de plántulas de excelente calidad y su propagación durante todo el año. Con los reguladores de enraizamiento y crecimiento y las concentraciones experimentadas no se lograron resultados satisfactorios.

PATTNAIK y CHAND (1997), en brotación de estacas de caoba han observado respuestas diferentes según el uso de auxinas solas o combinadas con otras. Altas concentraciones de auxinas estimulan una mayor formación de brotes a partir de estacas juveniles, sin embargo los brotes producidos se caracterizan por ser de poca longitud, entrenudos cortos y hojas mal formadas. El efecto de la interacción entre auxinas al combinar AIA con

ANA a 500 ppm, se produce mayor número de brotes con mayores alturas, mientras que AIB a concentraciones de 500 ppm produce igual número de brotes pero de menor altura. Así mismo manifiestan que, el ANA estimula el alargamiento de los brotes, ya que producto de su interacción con el AIA, siempre se obtienen los brotes de mayor altura. Sin embargo en otras especies al igual que en caoba, las altas concentraciones de auxinas aumentan el número de brotes a expensas de una disminución significativa de su altura.

ESCOBAR (2004), al investigar la aptitud de enraizamiento de estacas semileñosas de olivo y la sobrevivencia de las estacas transplantadas a bolsas bajo el efecto de la combinación de dos tipos de estacas (apical y basal), dos fechas (febrero y marzo del 2000) y cuatro concentraciones de AIA (0, 2500, 4000 Y 5000 ppm), reporta a los 120 días de iniciado la investigación, que para estacas apicales en promedio la mejor respuesta de incremento en diámetro de brotes se logra con dosis de 2500 ppm (2,58 mm promedio), mientras que en estacas basales el testigo (3,63 mm promedio) estadísticamente es similar a las 2500 ppm (3,39 mm promedio) y esta a su vez similar a las 4000 y 5000 ppm (3,17 y 3,19 mm) promedio respectivamente. La investigación se llevó a cabo en las dependencias del centro regional de investigación Carillanca del Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). Temuco Chile.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características generales

3.1.1. Ubicación

La investigación se realizó en el vivero que pertenece a la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la margen derecha del río Huallaga a 1.5 km. de la carretera Tingo María – Huánuco. Encontrándose políticamente localizado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. La provincia de Leoncio Prado está ubicada al Noreste del departamento de Huánuco. Geográficamente el desarrollo correspondiente al presente trabajo se ubica entre las coordenadas:

Altitud, 678 m.s.n.m.

390352 Este

8970782 Norte

3.1.2. Fisiografía

La provincia de Leoncio Prado presenta una fisiografía definida, al ser atravesada de Sur a Norte por el río Huallaga, el cual discurre entre la Cordillera Central (Alturas mayores a 1800 m.s.n.m.). Formando con todos sus

tributarios un complejo de lomas; así mismo, presenta formaciones aluviales, aguajales y valles convergentes a su cuenca hidrográfica.

3.1.3. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1986), el Alto Huállaga corresponde a la zona de vida, bosque muy húmedo Pre = Montano Tropical (bmh-PMT).

3.1.4. Climatología

La provincia de Leoncio Prado presenta, temperatura promedio de 24°C, siendo la máxima 30°C, y la mínima 18°C. El descenso de temperatura, se presenta en los meses de junio a agosto, regionalmente se le conoce como los fríos de San Juan, debido a una corriente de aire frío que corre del continente Sur. La precipitación promedio anual es de 3300 mm/año; la época de mayores lluvias denominadas invierno se presenta en los meses de noviembre a marzo; la época lluviosa se interrumpe durante un periodo corto de sequía, que se presenta desde fines de diciembre hasta mediados de febrero. Mientras que la humedad relativa media fluctúa entre 80 y 90 %.

3.1.5. Suelos

Los suelos de la zona de estudio, varían por presentar una compleja topografía, diferentes edades de formación y variabilidad de formaciones ecológicas. Se aprecia que, del 10 % a 15 % de los suelos están ubicados en terrazas inundables llamadas playas o barricales; del 2 % a 20 % son suelos pobremente drenados, y de 20 % a 55 % son suelos ácidos bien

drenados, ubicados en las planicies formando sedimentos aluviales antiguos; y del 20 % al 27 % del área son suelos ácidos con pendiente pronunciada y sujetos a erosión que predominan en la región.

3.1.6. Vegetación

La zona tiene gran cantidad de áreas boscosas, en donde destacan árboles como: Palo balsa, cético, tornillo, ishpingo, capirona, bolaina, cedro, caoba, etc. También se han registrado gran cantidad de palmeras entre las cuales están: Aguaje, palmera hawaiana, palmito y otras.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material genético

Se contó con 216 estacas juveniles de "capirona" *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., la cuales se obtuvieron dentro de la provincia de Leoncio Prado.

3.2.2. Material de campo

Auxina (Ácido indol - acético (AIA)), libreta de campo, tablero, caja de teknopor, hielo, tijera podadora, wincha, pala, machetes, balde, madera, clavos y mica.

3.2.3. Material de gabinete

Material de escritorio.

3.2.4. Equipos de campo

Cámara fotográfica, GPS.

3.2.5. Equipos de gabinete

Computadora pentium 4, impresora.

3.3. Metodología

Se desarrolló según la metodología efectuada en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE; Programa de Investigación, Proyecto de Semillas Forestales – PROSEFOR, Turrialba, Costa Rica, propuesto por (MESÉN, 1998).

3.3.1. Fase I: De pre campo

Consistió en determinar y desarrollar la estadística de la investigación. Las variables a estudiar fueron:

3.3.1.1. Variable independiente

Concentraciones de 200 ppm de Ácido Indol-Acético (AIA), 400 ppm Ácido Indol-Acético (AIA) y un testigo (cada fitohormona aportó con 200 y 400 ppm por tratamiento).

3.3.1.2. Variables dependientes

Tiempo de emisión de raíces.

Porcentaje de plántulas (estacas) enraizadas.

3.3.1.3. Diseño experimental

La investigación es de tipo experimental, para la cual se utilizó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos y seis repeticiones por tratamiento.

3.3.1.4. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de variancia para los tres tratamientos; asimismo, una prueba de Tukey y un análisis de correlación entre las variables dependientes para determinar los grados de correlación y su regresión lineal, con ecuaciones predictorias.

3.3.1.5. Esquema del ANVA

| Fuentes de variación | G. L. |
|----------------------|----------------|
| Tratamientos | $n - 1 = 2$ |
| Error | $n (r-1) = 15$ |
| TOTAL | $nr-1 = 17$ |

Donde: $n = 3$ (tratamientos) $r = 6$ (repeticiones)

3.3.1.6. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = j-ésima observación del i-ésimo tratamiento

μ = Media poblacional

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

3.3.1.7. Tratamientos

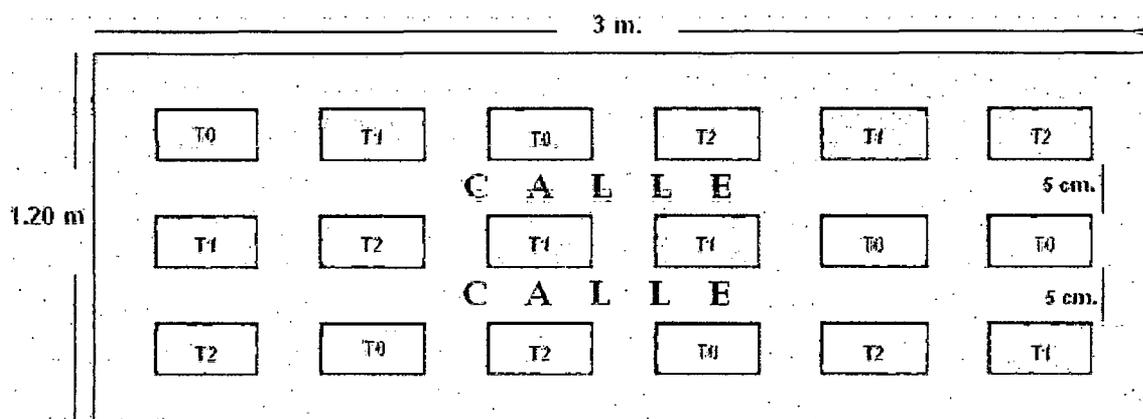
Concentraciones de 200 ppm Ácido Indol=Acético (AIA), 400 ppm Ácido Indol-Acético (AIA), y un testigo (cada fitohormona aportará con 200 ó 400 ppm por tratamiento).

T_1 = 200 ppm Ácido Indol-Acético (AIA).

T_2 = 400 ppm Ácido Indol-Acético (AIA).

T_0 = Testigo.

3.3.1.8. Croquis del experimento



3.3.1.9. Descripción del diseño experimental

| | | |
|-----------------------------------|---|---------------------|
| N° de unidades experimentales | : | 18 |
| Ancho de calle | : | 5 cm |
| Ancho de unidad experimental | : | 0.30 m |
| Longitud unidad experimental | : | 0.40 m |
| N° de plantas/unidad experimental | : | 12 |
| Área neta experimental | : | 2.16 m ² |
| Área total experimental | : | 3.6 m ² |

3.3.2. Fase II: De campo

3.3.2.1. La localización de de los clones

Los árboles de "capirona" (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex.) se seleccionaron considerando las características externas sobresalientes como fuste recto, sin bifurcaciones ni torceduras en espiral, de ramas delgadas horizontales libre de enfermedades y plagas, dicha plantación está ubicada en el km. 4 del centro poblado de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado.

3.3.2.2. Adquisición de los árboles

Los árboles se adquirieron de una plantación de "capirona" (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex.) localizada en el centro poblado de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado.

3.3.2.3. Inducción al brote

La inducción al brote se realizó con el fin de estimular la regeneración de brotes en árboles en pie, mediante cortes en forma de "V" invertida en la corteza de la base del árbol. El corte interrumpe el flujo basípeto de auxinas y otras sustancias, en ocasiones estimula la brotación de yemas juveniles dormantes que se encuentran por debajo del corte. El corte se realizó con un ancho de 4 cm, para evitar que cierre demasiado pronto y regenere de nuevo el flujo de sustancias (MESÉN, 1998).

3.3.2.4. Construcción de la cámara de sub irrigación

Consistió en el armado de una caja de madera (tornillo) con dimensiones de 1,20 metros de ancho, 0,5 metros de altura en la parte de adelante cubierta en su totalidad todo el perímetro y 1 metro de altura en la parte posterior de la caja y 3 metros de largo, cubierto por plástico transparente todo el interior de la caja en forma uniforme para impedir la pérdida del agua y para hacerlo impermeable, los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes (6 a 10 cm de diámetro), piedras pequeñas (3 a 6 cm) y grava, y los últimos 5 cm arena fina, los 20 cm basales se llenan con agua, para introducir el agua u observar su nivel, se utiliza tubo de PVC de 3 pulgadas para medir la altura de agua y el control del agua que no baje de los 20 cm.

3.3.2.5. Preparación y desinfección del sustrato

La desinfección del sustrato se realizó mediante lavado de cada una de la capas con la aplicación de agua caliente como medio desinfectante y con la aplicación de fungicida (antracol) de tres cucharadas por mochila de 15 Lt. la aplicación se realizó en forma paralela con el acomodo de las diferentes capas.

3.3.2.6. Corte y preparación de estacas juveniles

Las estacas fueron dimensionadas con una longitud de 15 - 20 cm y 1.5 – 2.0 cm de diámetro, con el corte en la zona apical, dejando 2 yemas y 1 de hojas por cada estaca, a las cuales fue necesario cortar dos tercios de la

superficie foliar, disminuyendo la superficie de evaporación, sin afectar en gran medida las reservas de la estaca.

3.3.2.7. Establecimiento de estacas con fitohormonas

Las estacas se establecieron aplicando fitohormona a 200 y 400 p.p.m. de ácido indol acético (AIA) en polvo en la base de la estaca, para la siembra se hizo perforaciones con la ayuda de un repicador en cada una de la diferentes unidades muestrales.

3.3.2.8. Evaluación del tiempo y porcentaje de enraizamiento

La evaluación se realizó en forma diaria por 02 meses con el fin de recabar información sobre el tiempo en que toma enraizar en los diferentes tratamientos y el tratamiento que obtenga mayor porcentaje de enraizamiento.

3.3.2.9. Establecimiento de plántulas en camas de cría

El establecimiento de las plántulas se realizó en bolsas de polietileno, previo riego del sustrato, perforando con un repicador y se procedió a la siembra.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación del tiempo de enraizamiento *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex. por medio de estacas juveniles, aplicando dos concentraciones de fitohormona

Del cuadro 1 se deduce que, el T₁ y T₀ empezaron a enraizar a los 21 días de instalado con 31 y 19 estacas, respectivamente, mientras que T₂ a los 23 días con 13 estacas; teniendo enraizamiento progresivo en los tres tratamientos hasta los 42 días.

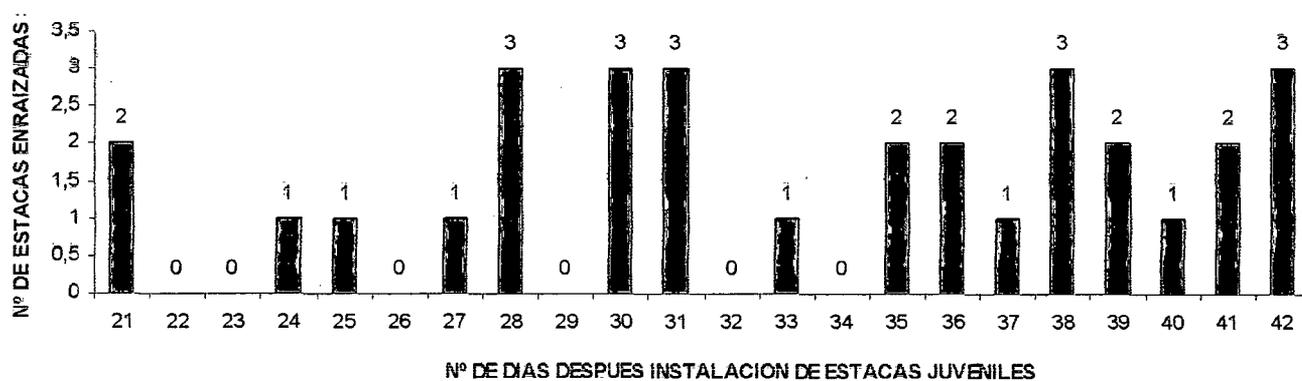
Cuadro 1. Tiempo de enraizamiento

| TRAT. | Nº DE DÍAS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE ESTACAS JUVENILES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TOTAL | |
|----------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | | 42 |
| T ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 31 |
| T ₁ | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| T ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| T ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| T ₁ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| TOTAL | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| T ₂ | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| TOTAL | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | |
| T ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| T ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₀ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₀ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| T ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| TOTAL | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | |

En el cuadro 2 y figura 1 se muestran el número de estacas enraizadas, con el T₁:200 ppm de AIA, el cual el máximo fue de tres, siendo estos en los días 28, 30, 31, 38 y 42, después de haber instalado las estacas.

Cuadro 2. Tiempo de enraizamiento con (T₁:200 ppm de AIA)

| Nº DE DÍAS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE ESTACAS JUVENILES | | TOTAL |
|---|---|-------|
| TRAT. | | |
| | 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 | |
| T ₁ | 2 0 0 1 1 0 1 3 0 3 3 0 1 0 2 2 1 3 2 1 2 3 | 31 |



■ T₁

Figura 1. Tiempo de enraizamiento con (T₁:200 ppm de AIA)

En el cuadro 3 y figura 2 se muestran el número de estacas enraizadas, con el T₂:400 ppm de AIA, el máximo fue de tres, siendo estos en el día 31, después de haber instalado las estacas.

Cuadro 3. Tiempo de enraizamiento con (T₂:400ppm de AIA)

| | N° DE DÍAS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE ESTACAS JUVENILES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TOTAL | | |
|----------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|
| TRAT. | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 13 |

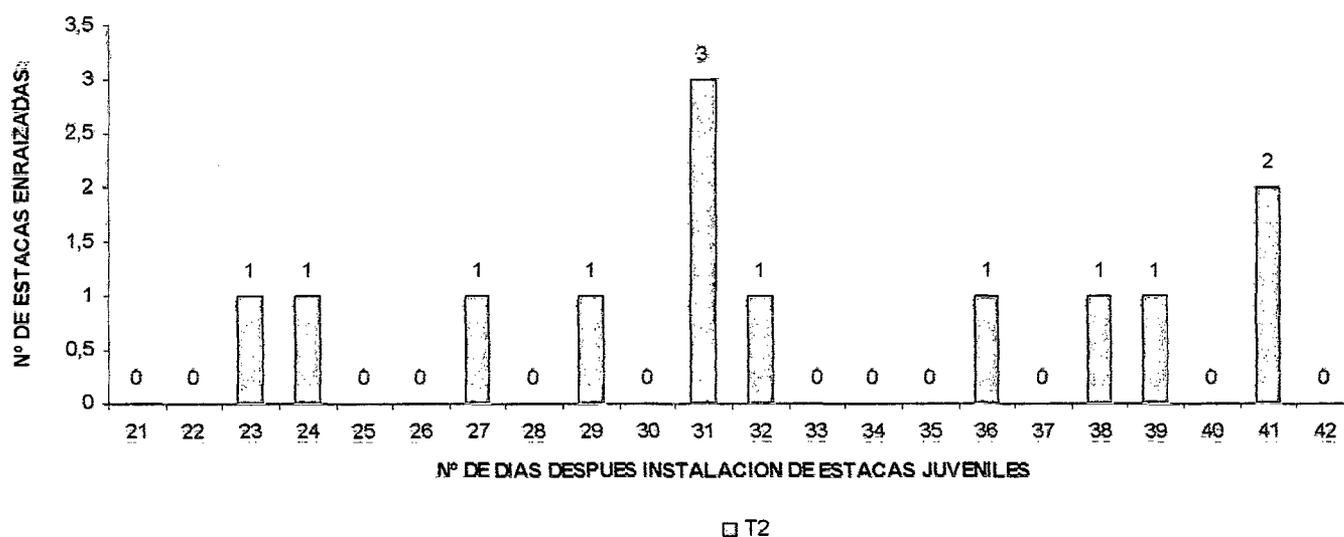


Figura 2. Tiempo de enraizamiento con (T₂:400ppm de AIA)

El número máximo de estacas enraizadas en T₀: Testigo por día es de cuatro, ocurriendo esto en el día 33 después de instalado las estacas, lo que se muestra en el cuadro 4 y figura 3.

Cuadro 4. Tiempo de enraizamiento con (T₀: Testigo)

| Nº DE DÍAS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE ESTACAS JUVENILES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| TRAT. | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | TOTAL |
| T ₀ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 19 |

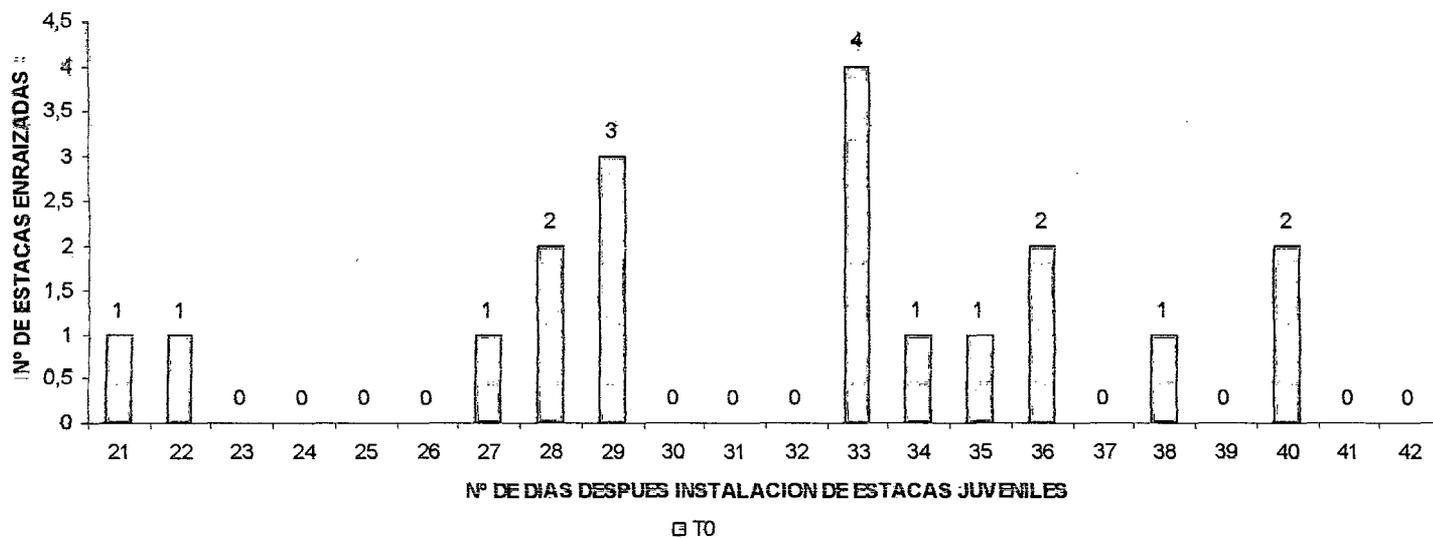


Figura 3. Tiempo de enraizamiento con (T₀: Testigo)

El cuadro 5 y figura 4 muestra a los tres tratamientos (T_1 : 200 ppm de AIA), (T_2 : 400 ppm de AIA) y (T_0 : Testigo), el tiempo en que enraizaron y la cantidad que enraizaron desde el día 21 hasta el día 42. Teniendo al T_1 con mejores resultados que los T_2 y T_0 .

Cuadro 5. Comparación del tiempo de enraizamiento de estacas juveniles de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., entre los tres tratamientos: (T_1 : 200 ppm de AIA), (T_2 : 400 ppm de AIA) y (T_0 : Testigo)

| TRAT. | Nº DE DÍAS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE ESTACAS JUVENILES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TOTAL | | |
|-------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | | 41 | 42 |
| T_1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 31 |
| T_2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 13 |
| T_0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 19 |

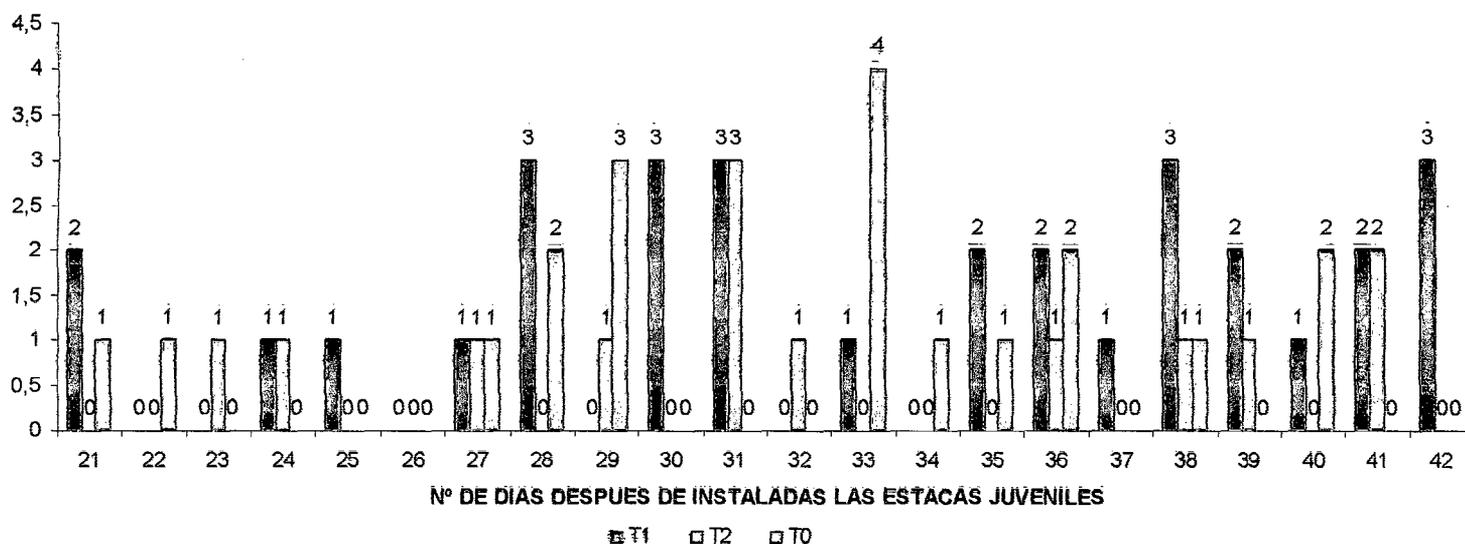


Figura 4. Comparación del tiempo de enraizamiento de estacas juveniles entre los tres tratamientos: (T_1 : 200 ppm de AIA), (T_2 : 400 ppm de AIA) y (T_0 : Testigo)

4.2. De la determinación del porcentaje de estacas juveniles enraizadas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., aplicando dos concentraciones de fitohormona

El porcentaje de enraizamiento se muestra en el cuadro 6 y figura 5, teniendo con mayor estaca enraizada al T₁:200 ppm con 43 %, seguido por T₀: Testigo con 26 % y T₂: 400 ppm de AIA con 18 %.

Cuadro 6. Porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento

| TRATAMIENTO | Nº DE ESTACAS INSTALADAS | Nº DE ESTACAS ENRAIZADAS | % DE ESTACAS ENRAIZADAS |
|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| T ₁ | 72 | 31 | 43 |
| T ₂ | 72 | 13 | 18 |
| T ₀ | 72 | 19 | 26 |
| TOTAL | 216 | 63 | 29 |

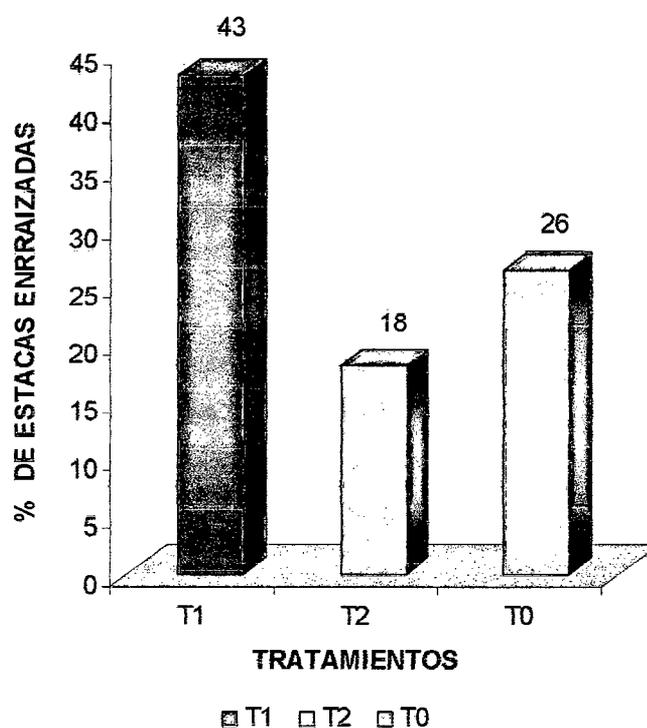


Figura 5. Porcentaje de estacas enraizadas por tratamiento: (T₁:200 ppm de AIA), (T₂: 400 ppm de AIA) y (T₀: Testigo)

En el cuadro 7 se observa el análisis de varianza que nos indica que existe alta significancia estadística entre los tratamientos a un nivel 95 % de confiabilidad, se puede afirmar que al menos un tratamiento tiene efecto diferente en el enraizamiento de las estacas de capirona.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el enraizamiento de estacas juveniles de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex.

| FUENTE DE VARIACIÓN | GL | SC | CM | Fcal | Ftab |
|---------------------|----|---------|--------|-------|--------|
| Tratamientos | 2 | 98,925 | 49,463 | 6,322 | 3,68** |
| Error Experimental | 15 | 117,363 | 7,824 | | |
| Total | 17 | 216,288 | | | |

** Altamente sig. CV % = 22.75
 $\alpha = 0.05$
 Ho: $t_1=t_2=t_3$
 Ha: $t_1 \neq t_2 \neq t_3$

El cuadro del ANVA nos indica que existe alta significancia estadística entre los tratamientos a un nivel 95% de confiabilidad se puede afirmar que al menos un tratamiento tiene efecto diferente en el enraizamiento de las estacas de capirona.

El cuadro 8 muestra la prueba TUKEY, de lo cual se puede deducir que el T_1 es superior al tratamiento T_0 y T_2 , pero no hay diferencias significativas entre T_1 y T_0 .

Cuadro 8. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$)

| TRATAMIENTOS | PROMEDIOS (DATOS TRANSFORMADOS) | | SIGNIFICACIÓN |
|--------------|------------------------------------|----------|---------------|
| T_1 | *43,1 | (15,397) | a |
| T_2 | *18,1 | (11,758) | a b |
| T_0 | *26,4 | (9,730) | b |

* (Datos transformados al arco seno de \sqrt{x})

Para TUKEY, podemos mencionar que T_1 es superior al tratamiento T_0 y T_2 , pero no hay diferencias significativas entre T_1 y T_0

4.3. Del incremento de altura y diámetro de brotes en plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., en fase de vivero

4.3.1. Del incremento promedio de altura en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles en fase de vivero

Del cuadro 9 y figura 6 se deduce que el tratamiento con mayor promedio en altura de brotes en estacas enraizadas es el T₂: 400 ppm de AIA con 8,70 mm, seguido por T₀: Testigo y T₁:200 ppm de AIA), con 7,94 mm y 7,13 mm respectivamente.

Cuadro 9. Incremento promedio de altura en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles por tratamiento

| TRATAMIENTO | Nº DE ESTACAS ENRAIZADAS | INCREMENTO PROM. DE ALTURA (mm) DE BROTES EN ESTACAS ENRAIZADAS (FASE DE VIVERO) |
|----------------|--------------------------|--|
| T ₁ | 19 | 7,94 |
| T ₂ | 31 | 7,13 |
| T ₀ | 13 | 8,70 |

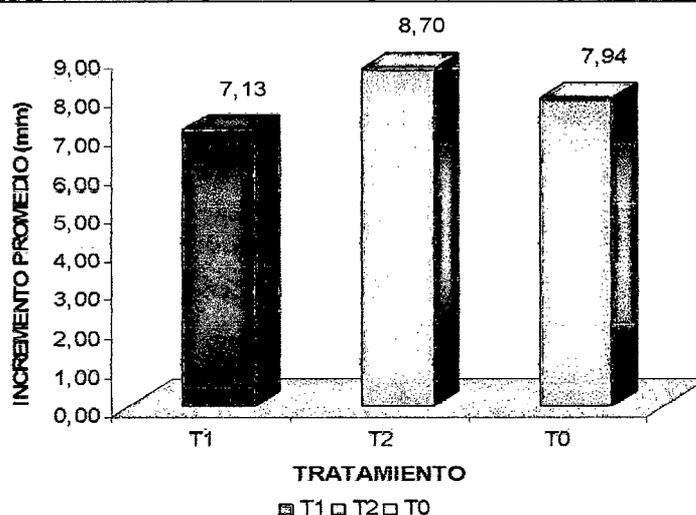


Figura 6. Incremento promedio de altura en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles por tratamiento: (T₁:200 ppm de AIA), (T₂: 400 ppm de AIA) y (T₀: Testigo)

4.3.2. Del incremento de diámetro en brote de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., en fase de vivero

El Incremento promedio de diámetro en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles se muestra en el cuadro 10 y figura 7, siendo el T₁: 200 ppm de AIA que tuvo mayor diámetro con 0,11 mm, seguido por los T₀: Testigo y T₂: 400 ppm de AIA con 0,08 mm y 0,06 mm respectivamente.

Cuadro 10. Incremento promedio de diámetro en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles por tratamiento: (T₁:200 ppm de AIA), (T₂: 400 ppm de AIA) y (T₀: Testigo)

| TRATAMIENTO | Nº DE ESTACAS ENRAIZADAS | INCREMENTO PROM. DE DIÁMETRO (mm.) DE BROTES EN ESTACAS ENRAIZADAS (FASE DE VIVERO) |
|----------------|--------------------------|---|
| T ₀ | 19 | 0,08 |
| T ₁ | 31 | 0,11 |
| T ₂ | 13 | 0,06 |

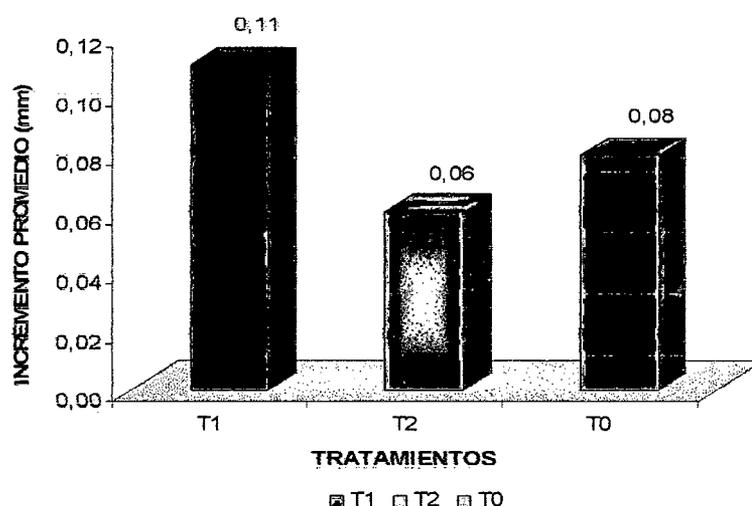


Figura 7. Incremento promedio de diámetro en brotes de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles por tratamiento: (T₁:200 ppm de AIA), (T₂: 400 ppm de AIA) y (T₀: Testigo)

4.4. Del porcentaje de mortandad y supervivencia de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., en fase de vivero

Del cuadro 11, figuras 8 y 9 se deduce que el tratamiento que tuvo el mayor porcentaje de mortandad fue el T₀: Testigo con 42 %, seguido por los T₂: 400 ppm de AIA y T₁:200 ppm de AIA con 31 % y 26 %, respectivamente. Siendo el porcentaje de supervivencia para el T₁ de 74 %, seguido por el T₂ con 69 % y el T₀ con 58 %

Cuadro11. Porcentaje de mortandad y supervivencia de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles en fase vivero, por tratamiento: (T₁:200 ppm de AIA), (T₂: 400 ppm de AIA) y (T₀: Testigo)

| TRATAMIENTO | Nº DE ESTACAS ENRAIZADAS FASE VIVERO | Nº DE ESTACAS ENRAIZADAS MUERTAS FASE VIVERO | % DE ESTACAS ENRAIZADAS MUERTAS FASE VIVERO | % DE ESTACAS ENRAIZADAS VIVAS FASE VIVERO |
|----------------|--------------------------------------|--|---|---|
| T ₀ | 19 | 8 | 42 | 58 |
| T ₁ | 31 | 8 | 26 | 74 |
| T ₂ | 13 | 4 | 31 | 69 |

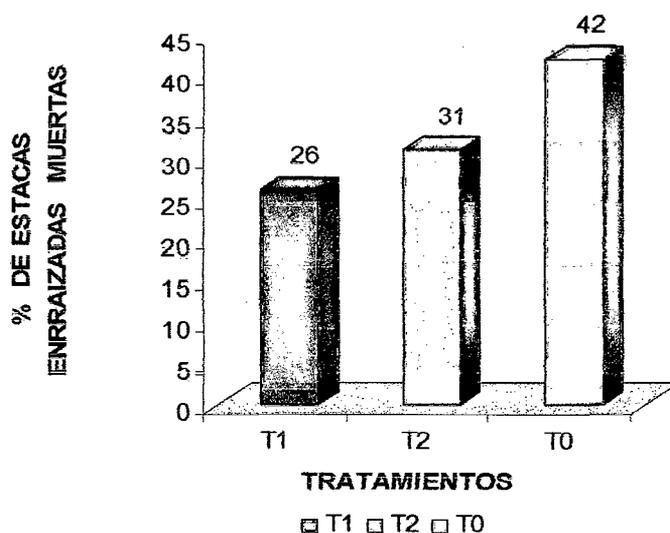


Figura 8. Porcentaje de mortandad de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles en fase vivero.

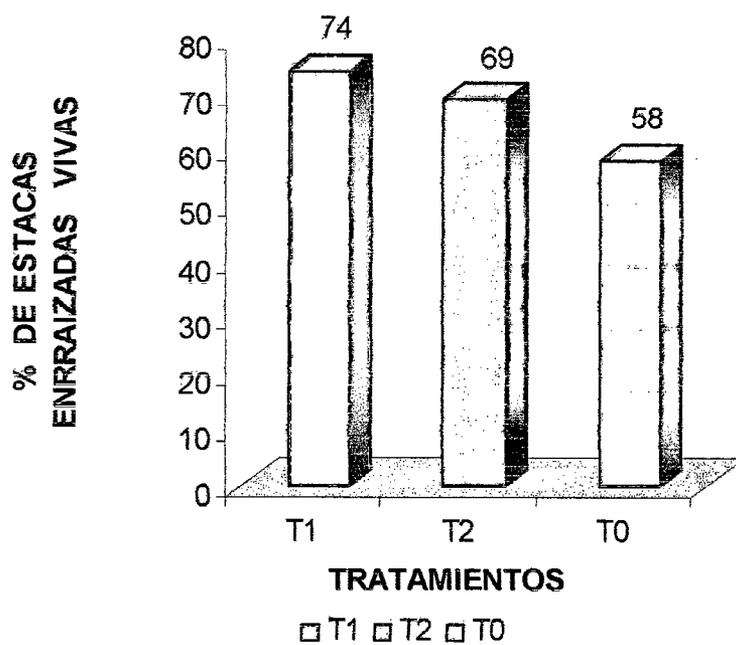


Figura 9. Porcentaje de supervivencia de plántulas enraizadas a partir de estacas juveniles en fase vivero.

V. DISCUSIÓN

5.1. Del tiempo de enraizamiento de las estacas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex

El tiempo que enraizaron las estacas juveniles de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex, del tratamiento 1 (T_1 :200 ppm de AIA) y tratamiento 0 (T_0 : Testigo) fueron a los 21 días después de haber sido instaladas según se observa en el cuadro 1, teniéndose relativamente mayor rapidez en comparación con el tratamiento 2 (T_2 :400ppm de AIA) que inicio a enraizar a los 23 días de ser instalado. En general con los tres tratamientos se obtuvieron enraizamiento progresivo hasta los 42 días posteriores al establecimiento de las estacas, teniendo efecto enraizador de la auxina durante aproximadamente 21 días. Respecto al número máximo de estacas enraizadas por día es de cuatro, las que corresponden al T_0 (Cuadro 4 y Figura 3), mientras en T_1 y T_2 el número máximo de estacas enraizadas es de tres (Cuadros 2 y 3 y Figuras 1 y 2).

Al respecto MORENO Y GUERRERO (1997), en estudios de brotación de *Trichantera gigantea* (Bonpl.) Nees, como estrategia para su propagación vegetativa en Venezuela, quienes al hacer pruebas con ácido indolacético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA) al 200 y 400 ppm encontraron

que la aparición de las primeras yemas foliares ocurre entre 15 y 17 días después de la siembra, se encontró que ocurre en las estacas con menor diámetro, sin importar si están sometidas a la hormona o no. Mientras que el enraizamiento ocurre a los 30 días en las pruebas con AIA al 400 ppm y a los 42 días con el ANA. El efecto de la hormona no representa un factor de influencia sobre la brotación, pero sí para el enraizamiento que en altas concentraciones se obtiene mejores resultados. Si bien los resultados obtenidos coinciden relativamente con estos autores, con respecto al tiempo de enraizamiento HARTMANN y KESTER (1998), indicaron que no existe una mezcla de enraizamiento universal o ideal para las estacas, el medio de propagación para usar depende de la especie de la planta, tipo de estaca, estación, tipo de sistema de propagación, costo y disponibilidad de los componentes del medio.

5.2. Del porcentaje de estacas juveniles enraizadas

Luego de 42 días de evaluación las estacas del T₁ alcanzaron el máximo porcentaje de enraizamiento, con un 43 %, seguido por los tratamientos T₀ y T₂, con 26 % y 18 % respectivamente (Cuadro 6 y Figura 5). Según el análisis de varianza (Cuadro 7), se logran efectos de enraizamiento diferenciados en las estacas juveniles al menos con una concentración de fitohormona, ya que las evidencias estadísticas son suficientes para aceptar lo mencionado. Con los datos transformados al arcoseno de \sqrt{x} , en el (Cuadro 8), se observa que entre los tratamientos T₀ y T₂ no existe diferencia significativa. No existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con el

T_1 se logre un enraizamiento diferente al T_2 . Sin embargo, existe evidencia estadística para aceptar que con el T_1 se logre mejor efecto en el enraizamiento respecto al testigo (T_0). Por lo tanto con el tratamiento 1 se observa un mejor comportamiento, evidenciando así el efecto de la auxina consistente en la aplicación de 200 ppm del ácido indol acético para facilitar el enraizamiento de estacas juveniles de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex, ya que los resultados que se obtuvo muestra mayor rapidez en el enraizamiento, mayor porcentaje de plántulas enraizadas, podría ser que estadísticamente no muestra diferencia significativa entre concentraciones de 200 ppm y 400 ppm (T_1 y T_2), respectivamente, se muestra un mejor comportamiento del T_1 , es decir, puede asegurarse que 200 ppm de AIA estimulan mejor la actividad enraizadora en *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex. En consecuencia, corroborando con los resultados obtenidos por GARCÍA y DEZA (1996), en una investigación para analizar los efectos de la aplicación de 3 tipos de auxinas: Ácido indol-3-acético (AIA), ácido indol-3-butírico (AIB) y ácido naftalénacético (ANA) sobre el enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cuyas dosis fueron: 100, 200, 300, 400 y 500 ppm respectivamente, los resultados indicaron la emisión de pequeñas cantidades de raíces con el fitorregulador ácido indol-3-acético en la dosis de 500 ppm sin que se manifestara en las otras repeticiones. Estas raicillas aparecieron a los 25 días de sembradas las estacas. Los otros tratamientos, incluyendo al testigo no dieron resultados positivos. Por otra parte MORENO Y GUERRERO (1997), no observaron diferencias en cuanto al prendimiento logrado. Lo mismo sucede con los resultados obtenidos por LEMES *et al.*, (2001),

en estudios de multiplicación vegetativa de *Rosmarinus officinalis* L (romero) aplicando concentraciones de 0,50 y 100 ppm de AIA, AIB y ANA, en diferentes sustratos, mostraron que con los reguladores de crecimiento y las concentraciones experimentadas no se lograron resultados satisfactorios, lo que sí sucedieron con los sustratos de zeolita así como las estacas de yemas terminales.

En síntesis, de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en esta investigación con la aplicación en altas concentraciones de AIA no favoreció el incremento del número de estacas enraizadas lo que ratifica una vez más lo importante que es el medio utilizado para su propagación. No obstante KUMAR, (1980); citado por LEMES *et al.* (2001), hace referencias que probando con reguladores de crecimiento en estacas de romero alcanzó hasta un 95 % de estacas enraizadas cuando se trataron con 5000 ppm de ANA Y AIA.

5.3. Del incremento de altura y diámetro

En cuanto al incremento de la variable altura de los brotes en fase de vivero PATTNAIK y CHAND (1997), observaron que el efecto de la interacción entre auxinas al combinar AIA con ANA a 500 ppm, se producen mayor número de brotes con mayores alturas, mientras que AIB a concentraciones de 500 ppm produce igual número de brotes pero de menor altura. Así mismo manifiestan que, el ANA estimula el alargamiento de los brotes, ya que producto de su interacción con el AIA, siempre se obtienen los brotes de mayor altura. Sin embargo en otras especies al igual que en caoba, las altas concentraciones de auxinas aumentan el número de brotes a expensas de una disminución significativa de su altura.

SHIBATA *et al.*, (1996), también observaron que durante la micropropagación de *Croton sublyratus* el paso de los brotes por una fase de desarrollo antes del enraizamiento, provocó el alargamiento de éstos, favoreciendo su aptitud al enraizamiento, también notaron que en la aplicación de bajas concentraciones de auxinas específicamente AIA durante el proceso de esta fase no permitieron un buen desarrollo de los brotes.

Si bien es cierto el objetivo de esta investigación no permitió evaluar combinaciones de auxinas, se destaca el resultado obtenido por PATTNAIK y CHAND, (1997), considerando al ANA en combinación con AIA para lograr mayores alturas de los brotes en altas concentraciones (500 ppm), lo que es corroborado por (SHIBATA *et al.*, 1996). Esta relación se observa en Cuadro 9 y Figura 6 teniendo el tratamiento 0 (T_0 : Testigo) y el tratamiento 1 (T_1 : 200 ppm de AIA) un incremento promedio de altura de 7,94 mm y 7,13 mm respectivamente, resultando estos valores los más bajos con respecto al tratamiento 2 (T_2 : 400ppm de AIA) que alcanzó el mayor incremento de altura (8,70 mm). Es bien conocido una vez que las estacas empiezan a brotar, los sistemas aéreo y radical comienzan a utilizar los nutrimentos minerales, grasas, almidón y proteínas presentes en las células de almacenamiento y la plántula juvenil depende de estas reservas alimenticias (ROSS y SALISBURY, 1994).

El incremento de la variable diámetro de brotes en estacas enraizadas se midió a los 55, 70, 85 y 100 días de colocadas en fase de vivero, se tiene una relación inversamente proporcional con el incremento de altura en brotes de estacas enraizadas, dado que a mayor incremento de

altura, menor incremento de diámetro. Se puede demostrar lo mencionado, en los Cuadros 9 y 10, notándose que el tratamiento 2 (T_2) tuvo mayor incremento de altura (8,70 mm), mientras en diámetro tuvo el menor incremento (0,06 mm); por su parte el tratamiento 1 (T_1) experimentó un incremento de altura 7,13 mm), frente a un incremento de diámetro (0,11 mm). Mientras que el incremento de altura del testigo (T_0) obtuvo un valor (7,94 mm), y diámetro de (0,08 mm).

ESCOBAR (2004), al distinguir el efecto dado por la interacción tipo de estacas de olivo = dosis de AIA a los 120 días de iniciado la investigación, al realizar las comparaciones múltiples obtuvo que para estacas apicales en promedio la mejor respuesta de incremento en diámetro de brotes se logra con dosis de 2500 ppm (2,58 mm promedio), mientras que en estacas basales el testigo (3,63 mm promedio) estadísticamente es similar a las 2500 ppm (3,39 mm promedio) y está a su vez similar a las 4000 y 5000 ppm (3,17 y 3,19 mm promedio), respectivamente.

En contraste con los resultados obtenidos a los 100 días de evaluación de la variable diámetro de brotes de las estacas de la especie capirona, se concuerda con lo manifestado por el autor antes mencionado ya que no existe diferencias significativas al aplicar altas y bajas concentraciones de la auxina AIA, dicho autor menciona que la mayor respuesta en cuanto al incremento en diámetro de brotes de las estacas basales podría deberse a la marcada diferencia en la composición química, hormonal y carbohidratos de las ramas desde la base a la punta por lo cual en estacas tomadas de distintas

partes de las ramas observó variabilidad en la producción de raíces y por tanto en el desarrollo de la parte aérea

Por otro lado RUIZ (1994); citado por ESCOBAR (2004), encontró significancia al evaluar estacas semileñosas de olivo a los 60 días de iniciado el ensayo. Las propagadas en sustrato de vermiculita mostraron un diámetro significativamente superior (1,07 a 1,10 cm). En relación con las propagadas en aserrín mas arena (1:1), mientras que a los 90 días de iniciado el ensayo se mantuvo la diferencia de diámetro, por lo que no se observó un aumento o disminución en el. Esto indica una vez más, lo importante que es el tipo de sustrato que se emplea para que la especie pueda crecer y desarrollarse mejor, ya que en la presente investigación fue solamente arena de río que nos sirvió como sustrato.

5.4. Del porcentaje de mortandad y supervivencia

De acuerdo al (cuadro 11, figuras 8 y 9); el testigo (T_0) evidencia porcentajes más altos de estacas muertas (42% de mortandad y 58% de supervivencia), seguido por T_2 (31% de mortandad y 69% de supervivencia) y T_1 (26% de mortandad y 74% de supervivencia), se presume que dicha respuesta de mortandad sea a que no tuvieron un adecuado enraizamiento. Un aspecto importante que influye en el enraizamiento y mortandad de las estacas es la concentración de auxina empleada, variando en sentido negativo el porcentaje de enraizamiento al superar el punto crítico que indica la inversión de tendencia de su actividad biológica, a medida que aumenta el nivel de auxina aplicado a las estacas, mejora la respuesta al enraizamiento hasta

llegar a un óptimo y luego decae, produciéndose decaimiento, causando problemas toxicidad en las estacas, las cuales manifiestan clorosis y caída de hojas (TREBY, 1983; citado por RUIZ, 1998).

El incremento en la mortalidad de las estacas al aumentar las concentraciones de auxina se ha asociado a efectos tóxicos que tienden a producir pérdida de la turgencia celular. Concentraciones de auxinas más altas de las que pueden encontrarse en los tejidos pueden causar la muerte celular (HARTMANN Y KESTER, 1998).

VI. CONCLUSIONES

1. El ácido indol-acético (AIA), presentó relativamente mayor eficiencia en el tiempo y porcentaje de enraizamiento de estacas *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex, en comparación a los resultados obtenidos en el tratamiento testigo (T₀).
2. Las estacas *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex, tratadas con ácido indol-acético (AIA) en una concentración de 200 ppm (T₁), presentan menor tiempo de enraizamiento (a 21 días de su establecimiento), y mayor porcentaje de enraizamiento (43 %).
3. El tratamiento T₂, alcanzó el mayor incremento en altura de brotes de estacas enraizadas (fase de vivero), con 8,70 mm.
4. El tratamiento T₁ obtuvo el mayor incremento en diámetro de brotes en estacas enraizadas (fase de vivero), con 0,11 mm.
5. El incremento de altura de brotes en estacas enraizadas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex, en fase de vivero, presenta una relación inversamente proporcional con el incremento de diámetro en brotes de las mismas estacas, en los tres tratamientos, respectivamente.

6. El testigo T₀ evidenció mayor porcentaje de mortandad en los brotes de estacas enraizadas en fase de vivero (42 %).
7. La presencia de la fitohormona AIA en brotes de estacas enraizadas, tiene mejores efectos en el porcentaje de supervivencia en T₁ (74 %) y T₂ (69 %) en fase de vivero.

VII. RECOMENDACIONES

1. Manipular el material vegetal (estacas juveniles) con mucha asepsia, para no alterar en los resultados.
2. Instalar las estacas en la cámara de subirrigación al día de la obtención de las mismas y bajo sombra
3. Utilizar la cámara de subirrigación para el enraizamiento de estacas en diferentes especies forestales, considerándose sus propias características, el tipo de sustrato, ya que son factores muy importantes para lograr resultados promisorios.
4. Establecer la cámara en ambientes donde no haya manipulación antrópica ajenas a la investigación, para evitar contacto que afecte negativamente en los resultados
5. Emplear altas concentraciones (200 ppm a más) de auxinas solas o combinadas para el enraizamiento, tomando en cuenta la fisiología de la especie.

6. Ejecutar investigaciones similares con otras especies, diferentes tipos de estacas, etc., obteniendo información necesaria, lo cual proporcionaría un mejor conocimiento de la especie en estudio.

VIII. ABSTRACT

The present study was carried out in the nursery of the Ability of Renewable Natural Resources of the Agrarian National University of the Forest, for it, it was used two fitohormona concentrations to 200 ppm and 400 ppm (parts for million) of acid indolacético (AIA) in the enraizamiento of juvenile stakes of "capirona" *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex., installed in camera of sub irrigation, had as purpose to evaluate the time of enraizamiento of stakes, percentage of taken root stakes and I increase in height and diameter of buds in plántulas taken root starting from juvenile stakes taken to nursery phase. The investigation was of experimental type, for which a Design was used totally at random with three treatments and six repetitions by treatment. Of the obtained results you concludes that, effect enraizador exists applying the two concentrations of the auxina AIA on stakes of this species relatively, as well as in the time of enraizamiento in comparison with the witness. Also the variable height and diameter of the buds with the T₂: 400 ppm of AIA (8,70 mm height) and T₁:200 ppm of AIA (0,11 mm of diameter) respectively, they obtained the most satisfactory results with regard to the T₀: witness, presenting a relationship inversely proportional. As for death toll and survival the T₀: witness evidenced bigger percentage of death toll in the buds of stakes taken root in nursery phase (42 %), having better effects in the percentage of survival in the T₁ (74 %) and T₂ (69 %).

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDINI, L. M. 1992. Arboricultura general. Editorial Mundi Prensa S. A. Madrid España. 379 p.
- BLAZICH, F.A. 1988. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. In Adventitious Root Formation in Cuttings. (Eds. David, T.D., Haissig, B.E. y Sankhla, N.). Portland, Oregon. Dioscorides Press. 132-149 p.
- BROUSSE, G., LOUSSERT, R. 1980. El olivo. Mundi – Prensa. España. 533 p.
- CABALLERO, J., DEL RÍO, C., 1999. Métodos de Multiplicación. El cultivo de olivo. Mundi – Prensa. Madrid. 112 p.
- CALDERÓN, A. 1990. Manual del fruticultor moderno. Limusa México. 565 p.
- CARPINETI, L. 1996. Importancia de la Silvicultura Clonal. [En línea]: (<http://www.itcr.ac.cr/revistakuru/anteriores/anterior6/pdf/Solucion%201.pdf> ; 20 Feb. 2007).
- CORNEJO, P. 1997. Propagación vegetativa en olivo (*Olea europea* L.) cv. Liguria. Tesis Ing. Agr. Concepción. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chile. 25 p.

- ESCOBAR, B. 2004. Enraizamiento de estacas semileñosas de olivo y la sobrevivencia de estacas transplantadas a bolsas bajo efectos de invernadero y diferentes concentraciones de auxinas. INIA. Temuco Chile. 90 p
- FLORES B. Y. 2002. Semilla de especies forestales de importancia económica en la región ucalyali. Primera edición. INIA. Pucallpa, Perú. 81p.
- FONTANAZZA, G. 1996. Propagación vegetativa intensiva mecanizada. Edagricole. 312 p.
- GARCÍA, S. R. DEZA N. C. 1996. Acción de dos fitorreguladores en el enraizamiento de estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tumbes. Perú. 123 p.
- GIL, F. 1995. Tratado de arboricultura frutal. Mundi-Prensa. Madrid. España. 136 p.
- HARTMANN, H. T., KESTER D.E., 1998. Propagación de plantas. VI Impresión. Editorial Continental. México. 760p.
- LEAKEY, R.R.B., MESÉN, F. 1991. Propagación vegetativa de especies forestales: enraizamiento de estacas suculentas. In Manual sobre mejoramiento genético con referencia especial a América Central. (Eds. Cornelius, J.; Mesén, F. y Corea, E.) CATIE, Turrialba, Costa Rica. 133 p.

- LEMES, H. C., RODRÍGUEZ, F. C., ACOSTA, L. L. 2001. Multiplicación Vegetativa de *Rosmarinus officinalis* L. (romero). Estación Experimental de Plantas Medicinales "Dr. Juan Tomás Roig". Revista Cubana de Plantas Medicinales. Editorial Científico – Técnica. Habana. Cuba. 82 p.
- LOACH, K. 1988. Controlling environmental conditions to improve adventitious rooting. In Adventitious Root Formation in Cuttings. (Eds. Davis, T.D., Haissig, B.E. y Sankhla, N.). Portland, Oregon. Dioscorides Press. 248-273 p.
- LÓPEZ, C. 1996. Propagación vegetativa en especies forestales (I parte). Chile Forestal. 271 p.
- MESÉN, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de cámaras de sub irrigación. Turrialba, Costa Rica. 35 p.
- MORENO, F., GUERRERO, A. 1997. Evaluación de la brotación de *Trichantera gigantea* (Bonpl.) Nees, como estrategia para su propagación vegetativa. UNET. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Venezuela. 133 p.
- MUÑOZ, C. 2005. Almacenamiento y contenido de humedad de las semillas. [En línea]: (<http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n2/3.htm>; 27 abr. 2007).
- NIETO, M. E. 1992. Respuesta rizogénica de esquejes foliados, a tres concentraciones de ácido indolbutírico. III Cong. Nac. Hort. Orn. Marzo. Cuernavaca, Morelos. Memoria. 35 p.

- PATTNAIK, S. K., CHAND, P. K. 1997. rapid clonal propagation of three mulberries of apical shoot buds and nodal explants from mature trees. Plant Cell Reports. 508 p.
- ROCHA, G. 1998. Manual de propagación de plantas. Segunda Edición. Editorial Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 209 p.
- ROSS, C.; SALISBURY, F. 1994. Fisiología vegetal. Iberoamericana. México. 759 p.
- RUIZ, S. 1998. Efecto de fecha de recolección y tratamientos auxínicos sobre la propagación por estacas semileñosas de olivo (*Olea europea* L.). Tesis Ing. Agr. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de ciencias Agrarias y Forestales. 70 p.
- SANTELICES, C., CABELLO, A. 2006. efecto del ácido indolacético, el tipo de cama de arraigamiento, sustrato y árbol madre en la capacidad de arraigamiento de estacas de especies forestales. Rev. Chilena Historia Natural. 145 p.
- SHIBATA, W., MURAI, F., AKIYAMA, T., SIRIPHOL, M., MATSUNAGA, E., MORIMOTO, H. 1996. Micropropagación vegetativa del *Croton sublyratus* Kurz, y su importancia medicinal. 152 p.
- VALVERDE, Y., GAMBOA, O. 2005. Enraizamiento de estacas de especies forestales. Soluciones Tecnológicas. Kurú: Revista Forestal. Editorial Porvenir. Costa Rica. 125 P.

WAREING, P. 1987. Propagación vegetativa [En línea]:

(<http://www.monografias.com/trabajos13/propaveg/propaveg.shtml#bases>; 14 may. 2008).

WESTWOOD, M. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Mundi – Prensa.

Madrid. España. 461 p.

ANEXOS

Cuadro 14. Tiempo de enraizamiento de las estacas

| TRAT. | Nº DE DÍAS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE ESTACAS JUVENILES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TOTAL |
|----------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | |
| T ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 31 |
| T ₁ | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| T ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| T ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| T ₁ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| TOTAL | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| T ₂ | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| T ₂ | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| TOTAL | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | |
| T ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| T ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₀ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₀ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| T ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| T ₀ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| TOTAL | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | |

Anexo 3

Cuadro 15. Datos de las estacas enraizadas

| | TRATAMIENTOS | | |
|--------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₀ |
| REPETICIONES | 3 | 2 | 2 |
| | 6 | 1 | 3 |
| | 6 | 2 | 5 |
| | 7 | 3 | 5 |
| | 4 | 4 | 1 |
| | 5 | 1 | 3 |
| yi. | 31 | 13 | 19 |
| ȳi. | 5.167 | 2.167 | 3.167 |

Cuadro 16. Análisis de varianza

| FUENTE DE VARIACIÓN | GL | SC | CM | Fcal | Ftab |
|---------------------|----|---------|--------|-------|--------|
| Tratamientos | 2 | 98.925 | 49.463 | 6.322 | 3.68** |
| Error Experimental | 15 | 117.363 | 7.824 | | |
| Total | 17 | 216.288 | | | |

** Altamente sig.

CV % = 22.750235

 $\alpha = 0.05$ Ho: t₁=t₂=t₃Ha: t₁≠t₂≠t₃

El cuadro del ANVA nos indica que existe alta significancia estadística entre los tratamientos a un nivel 95% de confiabilidad se puede afirmar que al menos un tratamiento tiene efecto diferente en el enraizamiento de las estacas de capirona.

Cuadro 17. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$)

| TRATAMIENTOS | PROMEDIOS | | SIGNIFICACIÓN |
|----------------|-----------------------|----------|---------------|
| | (DATOS TRANSFORMADOS) | | |
| T ₁ | 43.1 | (15.397) | a |
| T ₂ | 18.1 | (11.758) | a b |
| T ₀ | 26.4 | (9.730) | b |

* (Datos transformados al arco seno de \sqrt{x})

Para TUKEY, podemos mencionar que T₁ es superior al tratamiento T₀ y T₂, pero no hay diferencias significativas entre T₁ y T₀

Anexo 4

Cuadro 17. Evaluación del incremento de diámetro de los brotes para: (T₁:200 ppm de AIA)

| N° | Diámetro de brote (mm) | | | | Incremento promedio |
|----------|------------------------|------------|------------|------------|---------------------|
| | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | |
| 1 | 1.73 | 1.78 | 1.92 | 1.94 | 0.21 |
| 2 | 2.22 | 2.34 | 2.35 | 2.41 | 0.19 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 5 | 2.47 | 2.54 | 2.6 | 2.63 | 0.16 |
| 6 | 2.83 | 2.85 | 2.86 | 2.92 | 0.09 |
| 7 | 1.65 | 1.68 | 1.72 | 1.76 | 0.11 |
| 8 | 1.88 | 1.91 | 1.94 | 1.98 | 0.10 |
| 9 | 2.84 | 2.86 | 2.9 | 2.93 | 0.09 |
| 10 | 3.23 | 3.27 | 3.32 | 3.34 | 0.11 |
| 11 | 2.74 | 2.78 | 2.8 | 2.83 | 0.09 |
| 12 | 2.48 | 2.49 | 2.53 | 2.56 | 0.08 |
| 13 | 1.66 | 1.67 | 1.69 | 1.72 | 0.06 |
| 14 | 3.5 | 3.58 | 3.59 | 3.61 | 0.11 |
| 15 | 2.37 | 2.39 | 2.4 | 2.44 | 0.07 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 19 | 2.25 | 2.28 | 2.3 | 2.31 | 0.06 |
| 20 | 2.7 | 2.71 | 2.76 | 2.78 | 0.08 |
| 21 | 1.63 | 1.66 | 1.66 | 1.68 | 0.05 |
| 22 | 3.28 | 3.33 | 3.34 | 3.34 | 0.06 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 24 | 2.96 | 2.99 | 3.3 | 3.35 | 0.39 |
| 25 | 3.6 | 3.67 | 3.68 | 3.7 | 0.10 |
| 26 | 1.72 | 1.73 | 1.73 | 1.76 | 0.04 |
| 27 | 2.24 | 2.28 | 2.31 | 2.34 | 0.10 |
| 28 | 3.2 | 3.24 | 3.27 | 3.28 | 0.08 |
| 29 | 3.2 | 3.22 | 3.25 | 3.3 | 0.10 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| promedio | | | | | 0.11 |

Cuadro 18. Evaluación del incremento de diámetro de los brotes para: (T₂: 400 ppm de AIA)

| Diámetro de brote (mm) | | | | | |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 2 | | | | | |
| Nº | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 2 | 2.33 | 2.33 | 2.36 | 2.37 | 0.04 |
| 3 | 1.24 | 1.26 | 1.29 | 1.3 | 0.06 |
| 4 | 2.4 | 2.44 | 2.45 | 2.45 | 0.05 |
| 5 | 2.51 | 2.54 | 2.55 | 2.58 | 0.07 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 7 | 1.86 | 1.87 | 1.87 | 1.92 | 0.06 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 10 | 3.23 | 3.26 | 3.27 | 3.27 | 0.04 |
| 11 | 2.11 | 2.15 | 2.17 | 2.18 | 0.07 |
| 12 | 1.58 | 1.58 | 1.63 | 1.65 | 0.07 |
| 13 | 2.36 | 2.39 | 2.41 | 2.44 | 0.08 |
| promedio | | | | | 0.06 |

Cuadro 19. Evaluación del incremento de diámetro de los brotes para: (T₀: Testigo)

| Diámetro de brote (mm) | | | | | |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 0 | | | | | |
| Nº | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | 1.69 | 1.72 | 1.74 | 1.77 | 0.08 |
| 2 | 1.37 | 1.38 | 1.41 | 1.44 | 0.07 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 4 | 1.22 | 1.23 | 1.25 | 1.26 | 0.04 |
| 5 | 2.34 | 2.34 | 2.38 | 2.41 | 0.07 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 8 | 1.88 | 1.92 | 1.96 | 1.97 | 0.09 |
| 9 | 2.63 | 2.68 | 2.69 | 2.72 | 0.09 |
| 10 | 2.7 | 2.74 | 2.75 | 2.79 | 0.09 |
| 11 | 1.48 | 1.49 | 1.54 | 1.57 | 0.09 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 13 | 1.65 | 1.67 | 1.68 | 1.72 | 0.07 |
| 14 | 2.42 | 2.46 | 2.49 | 2.53 | 0.11 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 18 | 2.67 | 2.68 | 2.73 | 2.74 | 0.07 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| promedio | | | | | 0.08 |

Anexo 5

Cuadro 20. Evaluación del N° de hojas de los brotes para: (T₁:200 ppm de AIA)

| N° de hojas de brote | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 1 | | | | | |
| Nº | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | 2 | 5 | 4 | 4 | 3.75 |
| 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4.5 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 6 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 7 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4.25 |
| 8 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2.75 |
| 9 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3.25 |
| 10 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3.25 |
| 11 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2.75 |
| 12 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3.25 |
| 13 | 2 | 4 | 4 | 6 | 4 |
| 14 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.75 |
| 15 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3.5 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2.5 |
| 20 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3.25 |
| 21 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2.75 |
| 22 | 2 | 5 | 5 | 5 | 4.25 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 4 | 4 | 4 | 6 | 4.5 |
| 25 | 2 | 5 | 6 | 6 | 4.75 |
| 26 | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| 27 | 2 | 2 | 4 | 5 | 3.25 |
| 28 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3.5 |
| 29 | 2 | 2 | 4 | 6 | 3.5 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| promedio | | | | | 3.62 |

Cuadro 21. Evaluación del N° de hojas de los brotes para: (T₂: 400 ppm de AIA)

| N° de hojas de brote | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 2 | | | | | |
| N° | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 |
| 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3.5 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3.25 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3.75 |
| 11 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4.25 |
| 12 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2.75 |
| 13 | 2 | 4 | 4 | 5 | 3.75 |
| promedio | | | | | 3.47 |

Cuadro 22. Evaluación del N° de hojas de los brotes para: (T₀: Testigo)

| N° de hojas de brote | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 0 | | | | | |
| N° | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 6 | 4.5 |
| 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.75 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2.75 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2.75 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2.75 |
| 9 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 10 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2.75 |
| 11 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3.25 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 2 | 4 | 4 | 5 | 3.75 |
| 14 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2.75 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4.5 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| promedio | | | | | 3.50 |

Anexo 6

Cuadro 23. Evaluación de la altura de los brotes para: (T₁:200 ppm de AIA)

| Altura de brote (mm) | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 1 | | | | | |
| Nº | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | 28.6 | 29.2 | 33.2 | 35.2 | 6.60 |
| 2 | 26.3 | 28.3 | 28.7 | 32.2 | 5.90 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 5 | 37.4 | 38.4 | 40.2 | 43.5 | 6.10 |
| 6 | 19.6 | 22.7 | 25.2 | 28.6 | 9.00 |
| 7 | 25.5 | 26.3 | 28.4 | 29.3 | 3.80 |
| 8 | 34.7 | 37.4 | 38.8 | 42.3 | 7.60 |
| 9 | 30.2 | 32.2 | 34.5 | 38.2 | 8.00 |
| 10 | 33.7 | 35.7 | 39.2 | 42.5 | 8.80 |
| 11 | 23.8 | 26.3 | 29.2 | 34.7 | 10.90 |
| 12 | 28.3 | 31.4 | 32.3 | 34.4 | 6.10 |
| 13 | 17.5 | 20.2 | 22.4 | 25.6 | 8.10 |
| 14 | 26.7 | 27.8 | 29.3 | 33.8 | 7.10 |
| 15 | 35 | 38.5 | 40.2 | 43.7 | 8.70 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 19 | 42.3 | 44.4 | 47.2 | 48.6 | 6.30 |
| 20 | 33.4 | 33.8 | 36.4 | 38.7 | 5.30 |
| 21 | 25.4 | 27.8 | 29.4 | 33.1 | 7.70 |
| 22 | 25.8 | 26.7 | 28.6 | 31.5 | 5.70 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 24 | 14.6 | 16.3 | 17.8 | 20.7 | 6.10 |
| 25 | 25.7 | 26.4 | 28.8 | 32.4 | 6.70 |
| 26 | 23.5 | 24.8 | 26.6 | 29.7 | 6.20 |
| 27 | 36.8 | 39.4 | 42.2 | 44.7 | 7.90 |
| 28 | 35.2 | 37.2 | 38.4 | 41.5 | 6.30 |
| 29 | 16.3 | 19.1 | 23.4 | 25.5 | 9.20 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| promedio | | | | | 7.13 |

Cuadro 24. Evaluación de la altura de los brotes para: (T₂: 400 ppm de AIA)

| Altura de brote (mm) | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 2 | | | | | |
| Nº | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 2 | 34.4 | 37.9 | 42.1 | 44.2 | 9.80 |
| 3 | 38.2 | 41.3 | 44.2 | 46.7 | 8.50 |
| 4 | 33.7 | 37.8 | 39.5 | 40.3 | 6.60 |
| 5 | 17.3 | 21.2 | 25.4 | 27.8 | 10.50 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 7 | 22.2 | 24.1 | 27.5 | 32.1 | 9.90 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 10 | 27.6 | 29.4 | 31.7 | 35.4 | 7.80 |
| 11 | 36.4 | 38.2 | 41.3 | 44.8 | 8.40 |
| 12 | 38.7 | 42.2 | 45 | 47.4 | 8.70 |
| 13 | 24.3 | 27.6 | 28.7 | 32.4 | 8.10 |
| promedio | | | | | 8.70 |

Cuadro 25. Evaluación de la altura de los brotes para: (T₀: Testigo)

| Altura de brote (mm) | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 0 | | | | | |
| Nº | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | 18.4 | 21.4 | 24.2 | 26.2 | 7.80 |
| 2 | 16.3 | 18.6 | 19.7 | 22.7 | 6.40 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 4 | 32.4 | 33.7 | 35.4 | 38.8 | 6.40 |
| 5 | 24.7 | 27.3 | 28.7 | 32.4 | 7.70 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 8 | 15.5 | 18.5 | 21.4 | 24.2 | 8.70 |
| 9 | 23.4 | 25.2 | 28.4 | 30.8 | 7.40 |
| 10 | 24.6 | 28.6 | 30.7 | 33.3 | 8.70 |
| 11 | 37.3 | 38.8 | 41.2 | 44.1 | 6.80 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 13 | 33.5 | 37.2 | 38.4 | 41.7 | 8.20 |
| 14 | 44.2 | 47.5 | 49.6 | 53.3 | 9.10 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 18 | 25.3 | 28.4 | 32.6 | 35.4 | 10.10 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| promedio | | | | | 7.94 |

Anexo 7

Cuadro 26. Evaluación de mortandad para: (T₁:200 ppm de AIA)

| Nº | Plantas muertas | | | | promedio |
|-------|-----------------|------------|------------|------------|----------|
| | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | |
| 1 | | | | | 0 |
| 2 | | | | | 0 |
| 3 | 1 | | | | 1 |
| 4 | | 1 | | | 1 |
| 5 | | | | | 0 |
| 6 | | | | | 0 |
| 7 | | | | | 0 |
| 8 | | | | | 0 |
| 9 | | | | | 0 |
| 10 | | | | | 0 |
| 11 | | | | | 0 |
| 12 | | | | | 0 |
| 13 | | | | | 0 |
| 14 | | | | | 0 |
| 15 | | | | | 0 |
| 16 | | 1 | | | 1 |
| 17 | 1 | | | | 1 |
| 18 | 1 | | | | 1 |
| 19 | | | | | 0 |
| 20 | | | | | 0 |
| 21 | | | | | 0 |
| 22 | | | | | 0 |
| 23 | 1 | | | | 1 |
| 24 | | | | | 0 |
| 25 | | | | | 0 |
| 26 | | | | | 0 |
| 27 | | | | | 0 |
| 28 | | | | | 0 |
| 29 | | | | | 0 |
| 30 | 1 | | | | 1 |
| 31 | | 1 | | | 1 |
| Total | | | | | 8 |

Cuadro 27. Evaluación de mortandad para: (T₂: 400 ppm de AIA)

| Plantas muertas | | | | | |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 2 | | | | | |
| Nº | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | | 1 | | | 1 |
| 2 | | | | | 0 |
| 3 | | | | | 0 |
| 4 | | | | | 0 |
| 5 | | | | | 0 |
| 6 | 1 | | | | 1 |
| 7 | | | | | 0 |
| 8 | | 1 | | | 1 |
| 9 | | 1 | | | 1 |
| 10 | | | | | 0 |
| 11 | | | | | 0 |
| 12 | | | | | 0 |
| 13 | | | | | 0 |
| Total | | | | | 4 |

Cuadro 28. Evaluación de mortandad para: (T₀: Testigo)

| Plantas muertas | | | | | |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| tratamiento 0 | | | | | |
| Nº | 13/11/2008 | 27/11/2008 | 11/12/2008 | 25/12/2008 | promedio |
| 1 | | | | | 0 |
| 2 | | | | | 0 |
| 3 | 1 | | | | 1 |
| 4 | | | | | 0 |
| 5 | | | | | 0 |
| 6 | | 1 | | | 1 |
| 7 | 1 | | | | 1 |
| 8 | | | | | 0 |
| 9 | | | | | 0 |
| 10 | | | | | 0 |
| 11 | | | | | 0 |
| 12 | | 1 | | | 1 |
| 13 | | | | | 0 |
| 14 | | | | | 0 |
| 15 | 1 | | | | 1 |
| 16 | | 1 | | | 1 |
| 17 | | | 1 | | 1 |
| 18 | | | | | 0 |
| 19 | | 1 | | | 1 |
| Total | | | | | 8 |

Anexo 8

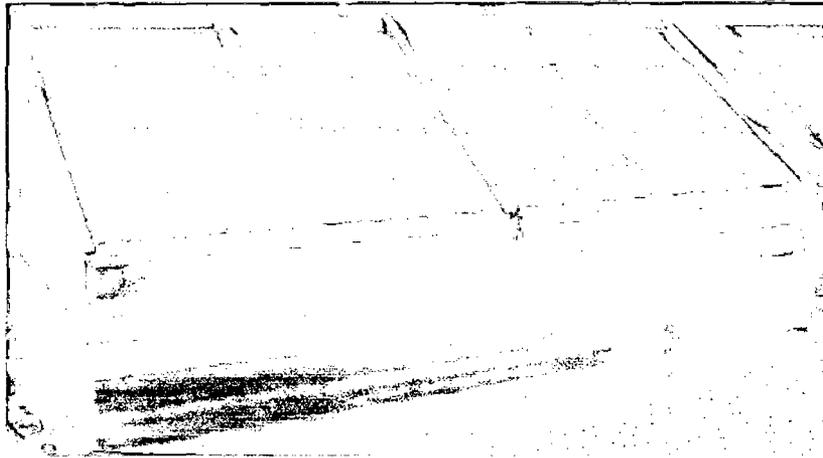


Figura 10. Cámara de sub irrigación.



Figura 11. Inducción y corte de los brotes.



Figura 12. Construcción de la cámara de sub irrigación.



Figura 13. Preparación del sustrato.



Figura 14. Preparación de las estacas juveniles de capirona.



Figura 15. Instalación de las estacas en la cámara de subirrigación.



Figura 16. Evaluación del enraizamiento.



Figura 17. Brotación de nuevas hojas.



Figura 18. Estaca enraizada e instalada en cama de almacigo.