



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca).

TESIS DE GRADO

**Previo a la obtención del título de:
INGENIERO FORESTAL**

AUTOR:

DEL VALLE BALDEÓN ALAN RICARDO

DIRECTOR:

Ing. For. M. Sc. MERCEDES CARRANZA P.

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2012**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

TEMA:

Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca)

Tesis de grado presentada al Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Ambientales como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Forestal

APROBADO POR:

Ing. For. Mercedes Carranza, M. Sc.

DIRECTORA DE TESIS

Ing. For. Pedro Suatunce, M. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. For. Fidel Troya, M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. For. Enrique Nieto, Ph D.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

La suscrita Ing. Mercedes Carranza Patiño, Docente de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Ambientales de la **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**, certifica que el egresado **ALAN RICARDO DEL VALLE BALDEÓN**, realizó bajo mi dirección la tesis de grado titulada *Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de Tectona grandis L. F. (teca)*, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. For. Mercedes Carranza Patiño, M. Sc.

DIRECTORA DE TESIS

AUTORÍA

Yo **ALAN RICARDO DEL VALLE BALDEÓN**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, el cual no ha sido presentado por ninguna institución dedicada a la investigación, ni grado o calificación profesional.

ALAN RICARDO DEL VALLE BALDEÓN

Dedicatoria

At Dios

*por darme la
oportunidad de vivir.*

*At la memoria de José,
mi querido e inolvidable
padre, por que desde el cielo
seguirá siendo una luz que me
guiará eternamente.*

*At mi madre Maria, a mis
Abuelos, a mis hermanos y
Tios por su amor, paciencia
y apoyo durante mis estudios.*

Alan

AGRADECIMIENTO

Dejo en constancia mi agradecimiento a las instituciones y personas que me ayudaron a la realización de la presente tesis:

- ❖ Al Ing. Zootecnista. Roque Vivas Moreira, Rector de la UTEQ.

- ❖ Al Ing. For. Gary Ramírez Huila, Decano de la Facultad de Ciencias Ambientales.

- ❖ Al Ing. Francisca Contrera, Subdecano de la Facultad de Ciencias Ambientales.

- ❖ Al Ing. For. Pedro Suatunce, Presidente del Tribunal de Tesis.

- ❖ Al Ing. For. Fidel Troya, Integrante del Tribunal de Tesis.

- ❖ Al Ing. For. Enrique Nieto, Integrante del Tribunal de Tesis.

- ❖ A la Ing. For M.Sc. Mercedes Carranza Patiño, Director de Tesis, por impartir sus conocimientos, en el trabajo de investigación.

- ❖ A la Ing. Ximena Reyes Chancay por su valioso aporte en la realización de este trabajo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para la elaboración de la presente investigación.

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|-------------|
| Carátula..... | i |
| Hoja de la firma del tribunal..... | ii |
| Certificación..... | iii |
| Autoría..... | iv |
| Dedicatoria | v |
| Agradecimiento | vi |
| Índice | vii |
| Índice de cuadros | xi |
| Índice de Anexos..... | xiii |
| Esquema de Codificación..... | xiv |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| A. Justificación..... | 2 |
| B. Objetivos | 3 |
| 1. Objetivo General | 3 |
| 2. Objetivos Específicos | 3 |
| C. Hipótesis | 3 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| A. Características botánicas generales de la teca | 4 |
| 1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA..... | 4 |
| 2. TAXONOMÍA | 4 |
| 3. Características dendrológicas | 5 |
| a. Árbol..... | 5 |
| b. Hojas..... | 5 |
| c. Flores | 6 |
| d. Frutos..... | 6 |
| e. Semillas | 6 |
| f. Madera..... | 7 |
| g. Usos..... | 8 |
| 4. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES | 8 |

| | | |
|----|---|----|
| 5. | IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA TECA EN EL ECUADOR..... | 8 |
| B. | Generalidades de la propagación vegetativa | 10 |
| 1. | IMPORTANCIA Y APLICACIONES | 12 |
| 2. | VENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA | 13 |
| 3. | DESVENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA . | 13 |
| 4. | TIPOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA..... | 14 |
| | a. Propagación por estacas..... | 14 |
| | b. Propagación por injertos..... | 15 |
| | c. Propagación por acodos | 15 |
| 5. | GENERALIDADES DEL ENRAIZAMIENTO | 16 |
| 6. | FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS | 17 |
| | a. Factores de carácter intrínseco | 17 |
| | 1) Época de colecta | 17 |
| | 2) Sustancias reguladoras del crecimiento en las plantas | 17 |
| | 3) Juvenilidad (edad de la planta madre)..... | 18 |
| | 4) Fungicida | 18 |
| | 5) Polaridad | 19 |
| | 6) Niveles de nutrimentos y carbohidratos..... | 19 |
| 7. | FACTORES DE CARÁCTER EXTRÍNSECO..... | 20 |
| | a. Factores ambientales | 20 |
| | 1) Temperatura | 20 |
| | 2) Humedad | 20 |
| | 3) Luz | 21 |
| 8. | SUSTANCIA REGULADORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL | 21 |
| | a. Definiciones | 21 |
| | b. Tipos de hormonas | 22 |
| | c. Auxinas | 23 |
| | d. Citoquininas | 24 |
| | e. Ácido abscísico (ABA) | 24 |
| | f. Giberelinas | 25 |
| 9. | MEDIOS DE ENRAIZAMIENTO..... | 25 |
| | a. Arena | 26 |

| | | | |
|------|----|--|----|
| | b. | Musgo turbosa o turba esfongosa | 27 |
| | c. | Vermiculita | 27 |
| 10. | | TRABAJOS DESARROLLADOS ENPROPAGACIÓN VEGETATIVA DE ESPECIES FORESTALES..... | 27 |
| III. | | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 31 |
| | A. | Localización del proyecto | 31 |
| | B. | Materiales..... | 31 |
| | 1. | MATERIAL VEGETATIVO..... | 31 |
| | 2. | MATERIAL Y HERRAMIENTAS..... | 31 |
| | 3. | MATERIAL DE OFICINA | 32 |
| | 4. | REACTIVOS..... | 32 |
| | 5. | INSUMOS..... | 32 |
| | 6. | SUSTRATO..... | 32 |
| | C. | Tratamientos | 32 |
| | D. | Diseño experimental..... | 33 |
| | E. | Manejo del experimento | 33 |
| | 1. | PREPARACIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL | 33 |
| | 2. | DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO | 34 |
| | 3. | DESINFECCIÓN DE LOS BROTES..... | 34 |
| | 4. | PREPARACIÓN DE HORMONAS..... | 35 |
| | 5. | SIEMBRA DE LOS BROTES | 35 |
| | 6. | RIEGO | 35 |
| | 7. | APLICACIÓN DE NUTRIMENTOS MINERALES | 35 |
| | F. | Mediciones experimentales | 36 |
| | 1. | Número de raíces | 36 |
| | 2. | Longitud de raíz | 36 |
| | 3. | Número de brotes | 36 |
| | 4. | Longitud de brotes | 36 |
| | 5. | Sobrevivencia | 36 |
| | G. | Análisis de costos | 37 |
| IV. | | RESULTADOS | 38 |
| | A. | Número de raíces..... | 38 |
| | B. | Longitud de raíces..... | 40 |
| | C. | Número de brotes..... | 41 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| D. | Longitud de brotes..... | 42 |
| E. | Sobrevivencia..... | 43 |
| F. | EVALUACIÓN ECONÓMICA..... | 44 |
| V. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 46 |
| | a. Conclusiones | 46 |
| | b. Recomendaciones..... | 46 |
| VI. | RESUMEN..... | 47 |
| VII. | SUMMARY | 48 |
| VIII. | LITERATURA CITADA | 49 |
| IX. | ANEXOS..... | 53 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Pág. |
|---|------|
| 1. Precios actuales del m ³ de teca..... | 9 |
| 2. Esquema del análisis de la varianza..... | 33 |
| 3. Promedios de la variable número de raíces en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de <i>Tectona grandis</i> L. F. (teca)”. Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012..... | 40 |
| 4. Promedios de la variable longitud de raíces en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de <i>Tectona grandis</i> L. F. (teca)”. Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012..... | 41 |
| 5. Promedios de la variable número de brotes en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de <i>Tectona grandis</i> L. F. (teca). Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012..... | 42 |
| 6. Promedios de la variable longitud de brotes en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de <i>Tectona grandis</i> L. F. (teca). Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012..... | 43 |

| | | |
|----|---|----|
| 7. | Promedios de la variable sobrevivencia en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de <i>Tectona grandis</i> L. F. (teca). Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012 | 44 |
| 8. | Evaluación económica de los tratamientos..... | 45 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Análisis de varianza para la variable número de raíces a los 30 días | 54 |
| 2. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces a los 30 días | 54 |
| 3. Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 30 días | 54 |
| 4. Análisis de varianza para la variable longitud de brotes a los 30 días | 54 |
| 5. Análisis de varianza para la variable % de sobrevivencia a los 30 días ... | 55 |
| 6. Análisis de varianza para la variable número de raíces a los 60 días..... | 55 |
| 7. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces a los 60 días | 55 |
| 8. Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 60 días | 55 |
| 9. Análisis de varianza para la variable longitud de brotes a los 60 días | 56 |
| 10. Análisis de varianza para la variable % de sobrevivencia a los 60 días | 56 |
| 11. Fotografías..... | 57 |

| (DUBLE CORE) ESQUEMA DE CODIFICACIÓN | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|---|---|
| 1. | Título / Title | M | Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de <i>Tectona grandis</i> L. F. (teca). |
| 2. | Creador / Creador | M | Del Valle A; Universidad Técnica Estatal de Quevedo |
| 3. | Materia / Subject | M | Ciencias Forestales; |
| 4. | Descripción / Description | M | La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el año 2011, con el objetivo de conocer el efecto de diferentes concentraciones hormonales (ANA y AIB) en el enraizamiento de brotes procedentes de ramas basales de la copa de árboles adultos de <i>Tectona grandis</i> (teca). Las concentraciones de auxinas empleadas para la investigación fueron de 0, 500, 1000, 1500 y 2000 mg kg ⁻¹ de ANA y AIB. En general, la mejor respuesta se obtuvo en las concentraciones de 1000 mg kg ⁻¹ de ANA + 1000 mg kg ⁻¹ de AIB en todas las variables evaluadas. |
| 5. | Editor / Publisher | M | FACAMB; Carrera Ingeniería Forestal; Del Valle A. |
| 6. | Colaborado / Contributor | O | Laboratorio de Biotecnología de la UTEQ |
| 7. | Fecha / Date | M | 01/10/2012 |
| 8. | Tipo / Type | M | Tesis de Grado; Artículo |
| 9. | Formato / Format | R | Doc MS Word 2010; pdf |
| 10. | Identificador / Identifier | M | http://biblioteca.uteq.edu.ec |

| | | | |
|-----|-------------------------|---|---|
| 11. | Fuente / Source | O | Investigación Forestal. Propagación vegetativa; 2012 |
| 12. | Lenguaje | M | Español |
| 13. | Relación / Relation | O | Ninguno |
| 14. | Cobertura / Coverage | O | Nacional |
| 15. | Derechos / Rights | M | Ninguno |
| 16. | Audiencia / Audience | O | Tesis de Pregrado / Bachelor Thesis |

I. INTRODUCCIÓN

La *Tectona grandis* L. (teca) es una especie tropical introducida de la India, que en el Ecuador se ha adaptado y adquirido una gran importancia económica y ecológica por su rápido crecimiento, buen acabado de la madera y una alta aportación de biomasa al suelo. Cualidades que han provocado que la teca sea muy apetecible, por ello, es necesario utilizar tecnologías apropiadas para propagar, una de ellas es utilizar plantaciones clonales para obtener el máximo beneficio y aprovechamiento intensivo (Zobel y Talbert, 1988).

La propagación vegetativa juega un papel importante en los programas de plantaciones forestales comerciales como un medio de multiplicación a gran escala de genotipos superiores, ya que permite tener plantaciones con individuos de calidad uniforme (Mesén y Trejos, 1998). Además, permite mantener el genotipo estable, asegurar la conservación de germoplasma valioso y aumentar la ganancia genética al utilizar los componentes genéticos aditivos y no aditivos (Zobel y Talbert, 1988).

La utilización de la técnica de la propagación vegetativa a gran escala, permite reproducir el conjunto de características del árbol madre, además de una mejora en la multiplicación vegetativa del material vegetal seleccionado para la obtención de plantaciones con alto nivel de producción (Compagnon, 1998).

En los sistemas descritos de propagación vegetativa de teca, se ha registrado por lo general una alta tasa de mortalidad en las primeras 15 semanas (Murillo *et al.*, 2003). Cuando un clon alcanza aproximadamente un 70% de enraizamiento se ubica a nivel comercial.

A pesar de los logros obtenidos hasta la fecha, aún no se ha establecido la mejor dosis de la hormona de enraizamiento (ANA y AIB) en brotes de teca de árboles plus. En Costa Rica, se han iniciado ensayos con diferentes dosis (1000, 2500, 5000, 7500 y 10000 ppm), que deberán contestar en poco tiempo esta pregunta (Murillo *et al.*, 2003).

Por los antecedentes mencionados y al ser la teca de importancia económica, la presente investigación está dirigida a determinar la concentración adecuada de Ácido Naftalen Acético (ANA) y Ácido Indol Butírico (AIB), para obtener un enraizamiento aceptable de brotes obtenidos de las ramas más próximas a la base de árboles adultos de teca.

A. Justificación

Debido a la importancia que tiene actualmente el cultivo de teca en el Ecuador, este trabajo de investigación está destinado a estimar mejores concentraciones de reguladores de crecimiento para obtener un enraizamiento aceptable de plantas con características deseables, con lo que se podrá establecer una plantación comercial uniforme.

Consciente de que el desarrollo de la actividad forestal en el país requiere de la presencia de programas científicos que respalden y aseguren la sostenibilidad de estos recursos forestales, el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo se ha propuesto establecer un método de propagación que permita obtener plantaciones más homogéneas, donde se obtengan el mayor número de árboles con características sobresalientes.

La multiplicación asexual de la teca se ha investigado muy poco en el país, por lo que está siendo multiplicado empíricamente por el productor, provocando evidentes problemas de producción de esta especie.

B. Objetivos

1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de diferentes concentraciones hormonales (ANA y AIB) en el enraizamiento de brotes procedentes de ramas basales de la copa en árboles adultos de teca.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración más adecuada de reguladores de crecimiento ANA y AIB en el enraizamiento de brotes a partir de ramas basales de la copa en árboles adultos de teca.
- Evaluar la concentración adecuada de reguladores de crecimiento ANA y AIB que permitan inducir una mayor longitud de los brotes de teca
- Establecer los costos de producción de los tratamientos en estudio

C. Hipótesis

- Al menos unas de las concentraciones de hormonas ANA y AIB aumentara el número de raíces en brotes de teca.
- La combinación de hormonas de ANA y AIB en unas de las concentraciones influirá de manera propicia en la longitud de brotes de los explantes de teca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. Características botánicas generales de la teca

1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La teca es un árbol originario del sur de Asia (India, Tailandia y Laos). En los países tropicales de América Latina se introdujo hace 100 años. Actualmente se estima que el total de plantaciones en el mundo alcanza tres millones de hectáreas (Centeno, 1997; citado por Ramos, 2000).

T. grandis forma parte, en su área de distribución natural, de los bosques tropicales mixtos deciduos, aunque también se encuentra en los semideciduos, mezclados con especies siempre verdes. Esta especie logra su máximo desarrollo y tamaño en un clima tropical cálido y húmedo, con precipitación pluvial de 1.720 a 3.800 mm, aunque puede existir en sitios donde las lluvias no pasen de 760 mm y en las que alcanzan más de 5.000 mm anuales (Haig *et al.*, 1959; citado por Betancourt, 1983).

En nuestro país las plantaciones de teca se encuentran entre 0 y 1000 msnm en zonas tropicales con precipitaciones entre 800 y 2000 mm, pero las mejores plantaciones se ubican en zonas semi-secas con estaciones fijas sin lluvias (tres meses) (Suatunce *et al.*, 2009)

2. TAXONOMÍA

De acuerdo con The Plant List (2010) la clasificación taxonómica de la teca es la siguiente:

Nombre Científico: *Tectona grandis*

Reino: *Plantae*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Lamiales*

Familia: *Lamiaceae*

Género: *Tectona*

Especie: *grandis*

Autor Epíteto Específico: L.F.

3. Características dendrológicas

La teca es una especie de madera fina de alto valor comercial por sus atributos: color y veteado vistosos, alta resistencia mecánica, gran durabilidad frente al ataque biológico (hongos e insectos), resistencia a las enfermedades e incluso al fuego; y además presenta un rápido crecimiento inicial. Tiene la capacidad de autopoda y rebrote (Ecuador Forestal, 2007).

a. Árbol

Los árboles de *T. grandis* son de fustes recto y elevados. En los bosques de área natural de la especie, los árboles dominantes miden entre 25m y 30m de altura y 55cm a 80cm de diámetro; pero se han localizado árboles de mayores dimensiones, con fustes limpios de ramas hasta una altura de 30m y perímetro comprendidos entre 4,5m y 6m (de 1,43m a 1,91m de d.a.p.) (Haig 1959; citado por Betancourt, 1983).

b. Hojas

Son simples y grandes, opuestas, ovales, de color verde oscuro y ásperas en el haz son blanquecinas y tomentosas en el envés, deciduas (Ecuador Forestal, 2007). Las hojas caen durante los meses de enero y febrero y el nuevo follaje aparece con las

primeras lluvias de primavera. En lugares húmedos se demora más su caída; a veces, no se produce hasta principios de marzo. El follaje tierno posee un color rojizo que desaparece poco a poco (Betancourt, 1983).

c. Flores

Inflorescencia en panícula terminales, erectas y ramificadas, de 40 cm a 50cm de largo y más o menos igual ancho. Flores de coloración blanquecina, pequeña y numerosa. Cáliz de color gris, finamente pubescentes, con 6 lóbulos, en forma de campana; corola blanco – cremosa, en forma de embudo, con un tubo corto y 6 lóbulos extendidos; estambres 6, insertos en el tubo de la corola; ovario tetralocular. Flores hermafroditas. La época de floración es, normalmente, de junio a agosto, pero en ciertas ocasiones o lugares, se inicia desde mayo y en otras se prolonga hasta septiembre (Betancourt, 1983).

d. Frutos

Betancourt (1983), indica que las drupas pequeñas son de color castaño claro y forma esférica, como el tamaño de una avellana, tetraloculares; están envueltos en un cáliz membranoso y persistente, semejante a una vejiguilla, plegada irregularmente; miden de 2cm a 3cm de diámetro. La época de maduración de los frutos se extiende desde noviembre hasta enero y caen a finales de abril.

e. Semillas

Es pequeña, de 5mm a 6mm de largo; los frutos contienen desde 1 hasta 4 semillas, pero en la práctica cada fruto se considera como una semilla. Un kilogramo contiene entre 1100 y 1500 frutos (semillas), pero existiendo diferencias en cuanto al tamaño y peso de las semillas de distintas procedencias, así por ejemplo un

kilogramo de semillas procedentes de Birmania o de Java contiene entre 1250 y 1760 frutos secos (semillas); mientras que la misma unidad de peso de semillas procedentes de las provincias centrales de la India se requieren entre 1980 y 3100 frutos (semillas) (Tulstrup, 1956; citado por Betancourt, 1983).

f. Madera

Betancourt (1983), menciona que la Teca produce una de las maderas más valiosas y apreciadas del mundo, a causa de sus excelentes cualidades y múltiples aplicaciones. El duramen, que desde temprana edad ocupa la mayor parte del tronco, es de color amarillento dorado entre los árboles recién cortados, luego se torna a castaño dorado o color oliva, vetado con franjas oscuras. La albura es blanquecina o amarillo crema, en algunos árboles castaño claro. Esta madera contiene cierto aceite aromático, que le da un olor peculiar; es untosa al tacto.

La madera de esta especie es fácil de trabajar, muy resistente y elástica y adquiere buen pulimento. El grano es comúnmente recto y la textura fina y uniforme. Una vez seca la madera no se tuerce, agrieta ni altera. En contacto con el hierro (clavos, tornillos, etc.), no provoca ninguna alteración en este ni en sus propios tejidos; es muy estable bajo cambios de temperaturas y humedad, característica esta que la hace superior a cualquier otra madera, para usos en los cuales sea necesario alternar sequedad y humedad, como son las cubiertas de barcos.

Esta madera tiene una densidad básica aparente que varía entre 0.61 a 0.69 g/cm³, con un promedio de 0.65 g/cm³. Posee propiedades excelentes como alta estabilidad dimensional, alta durabilidad natural y buena trabajabilidad, el secado es fácil pero lento (Herrera et al., 1993; citado por Otárola, 1997).

g. Usos

Se la emplea en cubiertas de aviones y barcos: para pisos, pilotes, construcciones estructurales y navales, construcciones interiores, chapas decorativas para tableros contrachapados, puertas y ventanas, ebanistería, tornería, muebles para interiores y para jardín, en macetas, estacas, entre otros usos (Ecuador Forestal, 2007).

4. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

En su sitio de origen, la especie crece en sitios con temperatura entre 13°C y 35°C, con una media de 24°C (Mahaphol, 1954; citado por Otárola, 1997). Según Flinta (1960) citado por Otárola (1997), para un desarrollo óptimo, requiere una temperatura media de 25°C.

La teca generalmente requiere una precipitación entre 1000 y 1800 mm/año (Flinta, 1960; citado por Otárola, 1997). La experiencia en América Central indica que el rango varía entre 1.250 y 2.500 mm/año con una estación seca de tres a cinco meses (CATIE, 1986).

La especie se adapta a gran variedad de suelos, pero prefiere suelos franco arenoso o ligeramente arcilloso, además con pH neutro o ligeramente ácido (Flinta, 1960; García, 1978; CATIE, 1991; citados por Otárola, 1997).

5. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA TECA EN EL ECUADOR

El valor comercial de la madera de Teca está entre los más altos del mundo. Es una madera exótica muy apetecida nacional e internacionalmente por su vistoso color y vetado, y por sus características tecnológicas (Ecuador Forestal, 2007).

Uno de los mercados que más demandan este tipo de madera es el de la India, que capta más del 96% de la oferta ecuatoriana. La proyección del grupo es contar con un aserradero para el procesamiento de madera, para así también optar por la comercialización con valor agregado. Para ello ya ha llegado a conversaciones con inversionistas hindúes, que estarían interesados en realizar una alianza estratégica (Ecuador Forestal, 2007).

En la actualidad se clasifica a la madera de Teca en 7 clases para su venta de acuerdo al diámetro de los árboles, y así darle su valor comercial por metro cúbico. En el siguiente cuadro se especifica dicha clasificación:

Cuadro 1. Precios actuales del m³ de teca.

| CLASES | Circunferencia (cm) | Precio en \$ por m³ |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 150 | 500,00 |
| 2 | 111 a 150 | 350,00 |
| 3 | 85 a 110 | 290,00 |
| 4 | 70 a 84 | 230,00 |
| 5 | 54 a 69 | 175,00 |
| 6 | 43 a 54 | 130,00 |
| 7 | 35 a 43 | 80,00 |

*Fuente: Oficina Técnica del Ministerio del Ambiente
Quevedo, Los Ríos*

B. Generalidades de la propagación vegetativa

La propagación asexual consiste en la reproducción de individuos a partir de porciones vegetativa de las plantas y es posible porque muchas de estas tienen órganos vegetativos con capacidad de regeneración. (Hartmann y Kester, 1980; citados por Delgado *et al.*, 1986).

La propagación clonal o vegetativa de plantas es una producción a partir de partes vegetativas. Se utilizan tejidos vegetales que conserven la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuevos tallos y raíces a partir de cúmulos celulares presentes en diversos órganos. Este tipo de propagación tiene esencialmente tres variantes, que son: 1) la micropropagación a partir de tejidos vegetales en cultivo *in vitro*; 2) la propagación a partir de bulbos, rizomas, estolones, tubérculos o segmentos (esquejes) de las plantas que conserven la potencialidad de enraizar, y 3) la propagación por injertos de segmentos de la planta sobre tallos de plantas receptoras más resistentes. (Vázquez *et al.*, 1997).

El término propagación vegetativa se usa como sinónimo de reproducción asexual; los diversos tipos de reproducción asexual que se encuentra entre las plantas vasculares pueden ser considerados como formas de propagación vegetativa. Para ello cualquiera de los órganos de una planta vascular pueden actuar como propágulos. (Greulach y Adams, 1970; citados por Delgado *et al.*, 1986). En el campo de la mejora genética forestal, se emplea el término “ortet” para referirse a la planta de la que proviene la unidad vegetativa que se propaga, denominada “ramet”. (Hartmann y Kester, 1980; citados por Delgado *et al.*, 1986).

Los usos más importantes de la propagación vegetativa son: preservación mediante el uso de bancos clonales; multiplicación de genotipos convenientes para usos especiales como huertos semilleros o áreas de investigación; evaluación de genotipos y su interacción con el

ambiente, a través de pruebas clonales, y obtención de máxima ganancias genéticas al utilizar para regeneración en programas operativos de reforestación (Zobel y Talbert, 1988; citado por Bermúdez, M., 2005).

El estudio de la propagación de plantas comprende tres áreas diferentes. La primera, que es fundamental, exige el dominio de las manipulaciones mecánicas y habilidades técnicas, las cuales requieren cierta práctica y experiencia en adquirirse (arte de propagación). La segunda, requiere conocimientos básicos acerca de la estructura y el crecimiento de las plantas (ciencia de propagación). El propagador obtiene parte de esta información trabajando con las mismas plantas y debe complementarla con curso forestales de botánica, horticultura, genética y fisiología vegetal. La comprensión del porque se hacen las cosas permite mejorarlas y superar problemas inesperados. La tercera de esas áreas es el conocimiento de las diferentes especies de plantas y de los diversos métodos con que puedan propagarse. El método seleccionado debe estar en relación con la respuesta esperada en la planta que se propaga y de las situaciones que puedan presentarse (Hartman y Kester, 1980; citados por Delgado *et al.*, 1986)

Van Den Heede (1989); citado por Bermúdez, M., (2005), indica que en la propagación vegetativa no interviene la meiosis si no solamente la mitosis, lo que da lugar a células diploides, es decir, células exactamente iguales en la formación genética de sus cromosomas. La principal ventaja de las plantas propagada vegetativamente sobre aquellas que se propagan por semillas es la uniformidad.

Greulach y Adams (1970); citados por Delgado *et al.* (1986), exponen que la reproducción sexual y la asexual difieren en el grado de variación hereditaria que le son propias. La progenie reproducida sexualmente difícilmente tendrá el mismo genotipo que sus progenitores aunque posea las mismas características de la especie. En cambio, las plantas reproducidas asexualmente, son una parte separada del progenitor y,

exceptuando raras mutaciones, tienen exactamente las mismas potencialidades de aquel. Los descendientes de un individuo producidos asexualmente, sin importar su cantidad, se consideran como extensiones del mismo, constituyendo un clon.

1. IMPORTANCIA Y APLICACIONES

El proceso de reproducción asexual es de especial importancia en mejora de plantas debido a que la composición genética (genotipo) es altamente heterocigota en las plantas más promisorias para ser propagadas y las características que distinguen a estos se pierden de inmediato al propagar por semilla. (Hayes *et al.*, citados por Delgado *et al.*, 1986).

Las condiciones biológicas en que se basa el uso práctico de los métodos de propagación vegetativa son dos:

- La condición fisiológica del árbol padre se mantiene en la parte propagada.
- El mantenimiento de la constancia genética: debido a que la parte propagada es genéticamente idéntica al árbol de donde provino.

En la mejora genética se usa ampliamente la propagación vegetativa entre otros aspectos para:

- El establecimiento de huertos clonales semilleros.
- Establecer bancos clonales donde se efectúe polinización; esto debido a que los trabajos se facilitan al disponer de flores a poca altura.
- La propagación de productos especiales de mejora, como son los híbridos excepcionales; estos últimos se perderían mediante la reproducción sexual.
- Propagación de plantas seleccionada en gran escala. (F.A.O/DANIDA, 1980; citados por Delgado *et al.*, 1986).

2. VENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Rojas *et al.* (2004) explica que la propagación vegetativa es una técnica que ha adquirido gran importancia en la multiplicación y conservación de especies en peligro de extinción o amenazadas, principalmente de especies arbóreas tropicales. Con la propagación vegetativa se pretende:

- Preservar genotipos y complejos genéticos en banco clónales y arboretos.
- Conservar genotipos superiores que determinan características genéticas favorables (resistencia a plagas y/o enfermedades, crecimiento, producción, calidad de frutos, tolerancia a condiciones extremas de humedad o sequía, etc.)
- Propagar especies que sus semillas presentan problemas de germinación o de almacenamiento o que son de ciclo reproductivo largo.
- Obtener plantaciones uniformes o la producción de un determinado número de individuos con identidad genética.

3. DESVENTAJAS DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Según Rojas *et al.* (2004), una limitante de la propagación vegetativa a tener en cuenta es la dispersión de enfermedades, especialmente bacteriales y virales. Una vez una planta se infecta con un virus a menudo a través de los insectos chupadores como los áfidos o mediante el uso de herramientas, puede transmitirse rápidamente dentro del sistema de la planta. De tal manera que si se obtiene un esqueje (estaca, yema, etc.) éste también llevará consigo la enfermedad.

Carpinfti (1996), cita las principales desventaja en la propagación vegetativa:

- Reducción de la diversidad genética.
- Mayores costos.
- Restricciones de orden político y social.

4. TIPOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA

La propagación vegetativa puede realizarse por medio de acodos, injertos, estacas y de éstas, de yema, de hojas y de tallo, ya sea de madera dura, de especies deciduas o de especies siempreverdes, de madera semidura y herbáceas, siendo los tres métodos los que más se han utilizado en la propagación de especies forestales, constituyendo una importante herramienta de apoyo para el desarrollo de programas de mejoramiento genético forestal, encaminado a establecer huertos semilleros clónales, multiplicar individuos de alto valor genético, con la finalidad de propagarlos masivamente y plantarlos, para conservar algún genotipo valiosos, de alto valor económico o de especies que son raras o en peligro de extinción (Prieto, 1992; citado por Hernández, 2006).

d. Propagación por estacas

La propagación por estacas consiste en cortar brotes, ramas o raíces de la planta, las cuales se colocan en una cama enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y brotación de la parte aérea, hasta obtener una nueva planta. No todas las partes vegetativas de la planta arbórea sirven para estacas, las de fácil enraizamiento se obtienen de madera dura y las de difícil enraizamiento de madera tierna. Se define como madera dura, aquellas ramas de uno o más años de edad y madera tierna las ramas menores de un año de edad, que aún se encuentran en proceso de crecimiento y plena actividad fisiológica. Cuando se trate de madera dura, se deben obtener de aquellas ramas más maduras que correspondan a zonas basales de las mismas, debido a que la

garantía de su prendimiento es mayor. La emisión de raíces en plantas que no tienen esta facultad o que el brote de raíces es deficiente, se puede inducir con el uso de productos hormonales. (Rojas *et al.*, 2004).

e. Propagación por injertos

La injertación consiste en conectar dos pedazos de tejido de dos plantas vivientes que al unirse formarán una nueva planta funcional. Es un método de propagación muy antiguo, en donde la base del injerto o planta receptora (patrón) se selecciona de plantas ya establecidas que son resistentes a condiciones desfavorables y/o enfermedades, a la cual se le une un segmento o injerto proveniente de plantas con cualidades como frutos de mejor calidad y mayor producción (Rojas *et al.*, 2004).

f. Propagación por acodos

El principio del acodo es el de colocar una parte del vegetal en condiciones favorables para que emita y desarrolle raíces, es un método fácil, sencillo y seguro de propagación, con el cual se estimula la emisión de raíces en ramas o brotes antes de separarlas de la planta madre. Las raíces que se producen en un acodo tienen el mismo origen que las provenientes de las estacas: Se formarán ya sea a partir de meristemos existentes, donde va a tener lugar una actividad inicial y a continuación una desdiferenciación celular que conducirá a una reorganización o a partir de los islotes meristemáticos, donde las células se van a diferenciar y dar nacimiento a un meristemo radical y entonces las raíces se podrán desarrollar (Rojas *et al.*, 2004).

5. GENERALIDADES DEL ENRAIZAMIENTO

El enraizamiento de estacas puede ser usado en el mejoramiento de árboles en dos formas: para estructurar clones o multiplicar las buenas características (valores) de las semillas que se encuentran en escasa cantidad (Wise y Caldweil, 1992; citado por Chicaiza, 2004).

El éxito de enraizamiento de estaquillas depende de gran cantidad de factores, relacionados con la minimización del déficit hídrico en las estaquillas, la optimización de la fotosíntesis durante el proceso de propagación, así como la utilización de sustratos adecuados y reguladores de crecimiento que favorezcan la iniciación y desarrollo de las raíces (Loach 1988; Leakey *et al.*, 1990; Mesén 1993; citado por Ruiz, 2010).

El tipo y edad de los brotes usados como fuente de estacas afecta gravemente su capacidad de enraizamiento. El manejo de la planta donante se realiza para producir un gran número de estacas de fácil enraizamiento, en forma periódica, durante un periodo de tiempo. La forma de la planta donante varía según la especie, pero generalmente se trata de un tocón de una plántula o de un árbol talado. En ambos caso, las yemas del tocón rebrotan y producen ciertos números de brotes laterales erectos que se pueden utilizar como fuente de estacas (Leakey y Mesen, 1995; citado por Chicaiza, 2004).

6. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS

a. Factores de carácter intrínseco

1) Época de colecta

Para algunas especies la época de recolección es determinante en el proceso de enraizamiento (Hartmann y Kester 1988; Botii, 1999; citado por Ramos, 2004). Ello en especial para estacas verdes, de madera blanda, las que generalmente deben extraerse en primavera o verano (Botii, 1999; citado por Ramos, 2004).

2) Sustancias reguladoras del crecimiento en las plantas

Las hormonas aplicadas en las ramillas actúan acortando el período de formación de raíces, incrementando los porcentajes de enraizamiento, el número y la calidad de las raíces y promoviendo la uniformidad del sistema radical (Gutiérrez 2003; citado por Mata, 2006). Las auxinas son esenciales para la formación de raíces adventicias aún en especies fáciles de enraizar sobre todo en la fase juvenil, ya que mejoran el transporte y la producción de sacarosa en las hojas que actúa como fuente de carbono para la rizogénesis (Hernández y Leal, 1997; citado por Mata, 2006).

El ácido indolbutírico (AIB) es uno de los más utilizados por sus características, pues aunque es químicamente similar al AIA se ha comprobado que es más efectivo, y

no es tóxico en un amplio rango de concentraciones, no es fácilmente degradada por la luz o por microorganismos y no es hidrosoluble, por lo que permanece más tiempo en el sitio de aplicación ejerciendo un mayor efecto (Mesén, 1998).

3) Juvenilidad (edad de la planta madre)

Las estacas obtenidas de plantas jóvenes o de sectores más juveniles tienen mayor capacidad para formar raíces (Dirr y Heuser, 1987; Botti, 1999). Cualquier tratamiento previo que logre rejuvenecer a la planta o mantener la fase juvenil (podas drásticas, aplicaciones de giberelinas, injertos) será efectivo para favorecer el enraizamiento de las estacas. Es posible que con la edad se acumulen inhibidores del enraizamiento, como por ejemplo algunos tipos de fenoles, o bien disminuyan otros fenoles que favorecen el proceso (Botti, 1999; citado por Ramos, 2004).

4) Fungicida

La iniciación de raíces adventicias seguida por la supervivencia de las estacas enraizadas constituye dos fases diferentes. Con frecuencia las estacas forman raíces pero no sobreviven mucho tiempo. Durante el enraizamiento y el período siguiente, las estacas están expuestas a ataques de diversos microorganismos. Los tratamientos con fungicidas prestan cierta protección y conducen tanto a una mayor supervivencia como a una mejor calidad de raíces (Hartmann y Kester, 1988; citado por Ramos, 2004).

Normalmente el material utilizado para la propagación de plantas presenta algún grado de contaminación, especialmente con hongos. Por ello es indispensable desinfectar las estacas antes del tratamiento con reguladores de crecimiento (Botti, 1999; citado por Ramos, 2004).

5) Polaridad

La polaridad se manifiesta en todas las partes de las plantas. Cualquier fragmento de tallo, ramas, hojas o raíces, desarrolla hojas en la parte superior y raíces en la inferior independiente de la influencia de la gravedad o cualquier fenómeno exterior a la planta (Font Quer, 1982; citado por Chicaiza, 2004)

6) Niveles de nutrimentos y carbohidratos

Quizás fueron Kraus y Kraibill (1918); Hartmann y Kester (1988); citado por Hernández (2006), quienes primero mostraron la relación del contenido de carbohidratos y compuestos nitrogenados, con el desarrollo de brotes y raíces. Estos investigadores mostraron que una cantidad razonable de compuestos nitrogenados, más un alto contenido de carbohidratos, fue lo mejor para la buena producción de brotes y raíces en estacas de tomate.

Con frecuencia el material más adecuado para estacas en cuanto al contenido de carbohidratos, se puede seleccionar por la firmeza del tallo.

7. FACTORES DE CARÁCTER EXTRÍNSECO

b. Factores ambientales

1) Temperatura

Cornelius *et al.* (1994) indican que para especies tropicales la temperatura óptima del aire para favorecer el enraizamiento es de 20-25°C, aunque temperaturas mayores de hasta 30°C son aceptables siempre y cuando se mantenga una humedad relativa muy alta (más del 95%). Para lograr estas condiciones, generalmente es necesario utilizar sombra en el área de propagación. Las bajas temperaturas son importantes por dos razones: i) las tasas de evaporación son menores, ii) la capacidad de retención de agua del aire (humedad) es dependiente de la temperatura, por lo cual las temperaturas bajas ayudan a evitar el estrés hídrico al mantener una humedad relativa alta.

2) Humedad

Una alta humedad es esencial para evitar el estrés hídrico en las estacas. Por lo general, entre más alta sea la humedad es mejor. Para mantener una alta humedad se pueden utilizar sistemas sofisticados de nebulización, pero se pueden lograr niveles aceptables a través de otros sistemas más simples Cornelius *et al.* (1994).

3) Luz

La luz afecta los procesos de crecimiento de la planta de manera diferente. La cantidad de luz influencia la tasa de fotosíntesis, mientras que la calidad de luz puede afectar los procesos de desarrollo de la planta a través de un pigmento especial llamado fitocromo. Este pigmento es sensible a la luz roja (longitud de ondas de 360 nm) y a la luz infrarroja (longitud de onda de 730 nm). (Cornelius *et al.*, 1994).

8. SUSTANCIA REGULADORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL

a. Definiciones

La palabra hormona proviene del griego *hormaein*, que significa “exitar”. Sin embargo, en la actualidad, se sabe sin lugar a dudas, que muchas hormonas tienen efectos inhibitorios. Por lo tanto, es más acertado considerarlas reguladores químicos en vez de estimuladores en general. Pero este término necesita puntualizaciones, porque la respuesta de un determinado “regulador” no solo depende de su estructura química, sino también de cómo “reconoce” el receptor (especificidad tisular) (Contreras, 1995).

Hill, (1977); Hartmann y Kester, (1980); citados por Delgado *et al.* (1986), exponen que las hormonas vegetales u hormonas reguladoras del crecimiento vegetal son sustancias orgánicas, distintas de los nutrientes, que son sintetizadas en el interior de las plantas y que, a bajas concentraciones, pueden activar, inhibir o modificar cualitativamente el crecimiento, ejerciendo su acción en un lugar distinto al de su producción.

Los reguladores de crecimiento vegetal u hormonas, desempeñan un papel decisivo en la regulación del crecimiento. El término “hormona” fue acuñado por investigadores que trabajaban en la Fisiología Animal y se refiere a sustancias que se producen en un tejido determinado y se transportan a otro tejido donde su presencia provoca ciertas repuestas fisiológicas. (Contreras, 1995).

Otros autores, como Greulach y Adams (1970); citados por Delgado *et al.* (1986) opinan que el termino sustancia del crecimiento vegetal incluye a las hormonas vegetales naturales del crecimiento y a los diversos compuestos sintéticos, que tienen efectos semejantes a los de las hormonas sobre el desarrollo vegetal.

Sin embargo, coinciden con Hill (1997); citados por Delgado *et al.* (1986) en considerar que las hormonas vegetales naturales son producidas en cantidades mínimas en una parte de las plantas y transportadas a otras partes de ellas donde ejercen efectos específicos sobre el crecimiento.

Hartmann y Kester (1980); citados por Delgado *et al.* (1986) plantean con la finalidad de aclarar esto, que “para distinguir entre hormonas vegetales y reguladores del crecimiento, se puede decir que todas las hormonas regulan el crecimiento pero que no todos los reguladores del crecimiento son hormonas”.

b. Tipos de hormonas

Rojas *et al.* (2004) exponen que el desarrollo normal de una planta depende en gran parte de la interacción de factores externos (luz, nutrientes, agua, temperatura) e internos (hormonas). Las hormonas vegetales o fitohormonas son aquellas sustancias sintetizadas en un determinado lugar de la planta y

que se translocan a otro donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo, reproducción y otras funciones de las plantas. Hay cinco grupos principales de hormonas y reguladores de crecimiento, las auxinas, giberelinas, citoquininas, el ácido abscísico y el etileno.

c. Auxinas

Son sustancias químicamente relacionadas con el Ácido Indolacético (AIA), el cual parece ser la auxina principal de las plantas. Entre sus múltiples efectos están la influencia sobre los tropismos, la estimulación del enraizamiento y el control de la dominancia apical, etc. (Hill, 1977; Greulach y Adams, 1970; Hartmann y Kester, 1980; citados por Delgado *et al.*, 1986).

Las auxinas tienen un efecto variable en la inducción de raíces adventicias. El mayor enraizamiento que promueve el AIB se ha atribuido principalmente a tres factores: su capacidad de inducir el movimiento del AIA desde el epicotilo hacia el hipocotilo (Teale *et al.*, 2006; citado por Flores, 2009); su transformación lenta y continua en AIA (Bartel *et al.*, 2001; Ludwig-Müller, 2000); y su mayor estabilidad química (Gorter, 1961; Nordström *et al.*, 1991; citado por Flores, 2009).

Existen varios tipos de auxinas, algunas son naturales y otras sintéticas, se conocen el ácido indol acético (AIA), ácido Naftalen acético (ANA), ácido indol butírico (AIB), 2,4-diclorofenoxiacético (2, 4,-D) y 2, 4,5-triclorofenoxiacético (2, 4,5-T). El ácido indol-3-acético o AIA es la más conocida, es una hormona natural que se produce en los ápices de los tallos, meristemos y hojas jóvenes de yemas terminales, de allí migra al resto de la planta en forma basipétala (de arriba para abajo) mediante un mecanismo activo, exhibiendo fuerte polaridad durante el transporte a través de las

células del floema y del parénquima presente en el xilema; durante su circulación, la auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical (Rojas *et al.*, 2004).

d. Citoquininas

Se encuentran en forma natural y sintética, las más conocidas son: zeatina (ZEA), kinetina (KIN) y benzilaminopurina (BAP). Son producidas en las zonas de crecimiento, como los meristemas, en la punta de las raíces (zonas próximas del ápice) y son transportadas vía acropétala (de abajo hacia arriba), moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema desde el ápice de la raíz hasta el tallo o brote, estimulando la división celular en tejidos no meristemáticos. Las citoquininas paradójicamente, son inhibidoras de la rizogénesis a fuertes dosis; sin embargo, su presencia es positiva porque actúan en interacción con las auxinas en el papel que ellas ejercen sobre la desdiferenciación y sobre la división celular (Rojas *et al.*, 2004).

e. Ácido abscísico (ABA)

Es un inhibidor natural del crecimiento celular y la fotosíntesis, por lo tanto tiene efectos contrarios a las hormonas de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas). El ácido abscísico se encuentra en todas las partes de la planta, principalmente en la base del ovario, semillas y frutos jóvenes y su síntesis ocurre en las yemas. Este ácido ha sido propuesto como un regulador en respuestas fisiológicas tan diversas como el letargo, abscisión de hojas y frutos y estrés hídrico. Entre las funciones de este ácido se tienen: Promueve la latencia en yemas y semillas, inhibe la división celular, causa el cierre de los estomas, anula el efecto de las giberelinas, inhibe el crecimiento (Rojas, *et al.*, 2004).

f. Giberelinas

Se encuentran naturalmente en las plantas y existen varios tipos, siendo las más comunes: GA1, GA3, GA4, GA7, GA9. Las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas, en las puntas de las raíces y en semillas en desarrollo. No muestra el mismo transporte fuertemente polarizado como el observado para la auxina, aunque en algunas especies existe un movimiento basipétalo en el tallo. Además de ser encontradas en el floema, las giberelinas también han sido aisladas de exudados del xilema, lo que sugiere un movimiento bidireccional de la molécula en la planta. Su principal función es incrementar la tasa de división celular (mitosis) estimulando la división y elongación celular, lo que influye en el incremento del crecimiento en los tallos, interrumpen el período de latencia de las semillas, haciéndolas germinar y movilizando las reservas en azúcares, inducen la brotación de yemas, estimulan la síntesis de ARN mensajero y promueven la floración y el desarrollo de los frutos (Rojas, *et al.*, 2004).

9. MEDIOS DE ENRAIZAMIENTO

Los medios de enraizamiento tienen la función de servir de soporte, proporcionar humedad y permitir una adecuada aireación y permitir la penetración de las raíces. Estos aspectos son importantes, ya que influyen en el porcentaje de enraizamiento y en la calidad del sistema radical formado (Wright, 1976; Macdonal, 1986; citados por Hartmann y Kester, 1988).

Murillo (2003), explica que el enraizamiento de estacas requiere un sustrato especial para tal fin, que dependerá principalmente de si se cuenta o no con un sistema de riego, y de si se desea que en el

mismo medio de enraizamiento sea luego transferida la nueva plántula al sitio de plantación.

Existen numerosos sustratos que pueden utilizarse como medios de enraizamiento, y los criterios para seleccionarlos se basan en que cumplan las características anteriormente mencionadas, que se puedan obtener fácilmente y que tengan buena calidad, definida por un tamaño uniforme de las partículas, ausencia de impurezas y un pH entre 5.5 y 6.5 (Macdonald, 1986; Prieto, 1992; citado por Hernández, 2006).

A continuación se señalan algunas de las características de los medios de enraizamiento más comunes.

a. Arena

Ha sido ampliamente usada por ser barata y fácil de obtener; además se han obtenido buenos resultados, sin embargo, la arena tiene el inconveniente de poseer poca capacidad de retención de la humedad, lo que demanda riegos con más frecuencia (Hartmann y Kester, 1988; citado por Hernández, 2006).

Para plantas siempreverdes como tejos, enebros y tujas, la arena es un medio de enraizamiento satisfactorio; sin embargo, las estacas de algunas especies, cuando se enraízan en arena producen un sistema radical largo, no ramificado y quebradizo, en contraste con el sistema radical fibroso y ramificado que se desarrolla en otros medios; una opción para obtener mejores resultados, es mezclarla con otros sustratos, como la agrolita o vermiculita (Long, 1932; Hartmann y Kester, 1988; citado por Hernández, 2006).

b. Musgo turbosa o turba esfongosa

Macdonald (1986); Prieto (1992); citado por Hernández (2006) indican que este medio de enraíce es el que más se ha utilizado en Norteamérica, y es la base de diferentes medios, al combinarse con arena, vermiculita, agrolita, corteza compostada y aserrín, principalmente. Entre las características más sobresalientes del musgo turboso, destacan el fácil movimiento del agua, el bajo nivel de nitrógeno disponible y el pH, que varía de 3.2 a 4.5.

c. Vermiculita

Según Hartmann y Kester (1988); citado por Hernández (2006). Su empleo es común, se obtienen mejores resultados cuando se mezcla en partes iguales con la agrolita o musgo turboso, que con cualquiera de los dos materiales utilizados en forma individual.

10. TRABAJOS DESARROLLADOS EN PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE ESPECIES FORESTALES.

En el Salvador, Quintanilla (1997); citado por Pérez (1999), realizó una investigación sobre el enraizamiento de estacas de *Eucalypto camaldulensis*. Evaluó el efecto de tres concentraciones de AIB (0, 4.000, 6.000 y 8.000 ppm) para inducir el enraizamiento en las estacas de esta especie bajo condiciones de invernadero. El método de aplicación del regulador fue el de inmersión rápida durante 5 segundos. Las variables que evaluó fueron: número de estacas con brotes, número de raíces y longitud de raíces. Para la primera variable, el número de estacas con brotes fue mayor en el testigo que en las estacas tratadas con AIB. Para la segunda variable, las estacas del tratamiento testigo no emitieron ninguna raíz, caso

contrario, los tres tratamientos de AIB si emitieron raíces, no habiendo diferencia significativa entre ninguno de los tres. Las conclusiones a las que llegó el autor fueron que las concentraciones evaluadas de AIB estimulan el enraizamiento en las estacas de Eucalipto, aunque las concentraciones fueron muy altas y provocaron fitotoxicidad, razón por la cual recomendó evaluar concentraciones entre 500 y 3.000 ppm de AIB para la misma especie.

Mesen, Newton y Leakley (1997); citado por Pérez (1999), trabajaron en Costa Rica sobre la propagación vegetativa de *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavones). La investigación consistió en tres experimentos donde evaluaron en cada uno: concentración de AIB (0%, 0.2%, 0.4%, 0.8% y 1.6%) disuelto en una solución de metanol, sustrato (aserrín, arena fina y grava gruesa), y diferentes tipos de corte; para los últimos dos experimentos, la concentración usada de AIB fue de 1.6%. usaron estacas de hojas, las cuales consistieron en cortes del peciolo de una longitud de 5 cm.

Las variables evaluadas fueron porcentaje de enraizamiento y número de raíces. De las concentraciones de AIB evaluadas, la mejor fue la de 1.6%, ya que fue la que mayor número de raíces produjo; aunque con respecto al porcentaje de enraizamiento, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de 0.8% y 1.6%. Los mejores sustratos fueron los de grava y arena, en ambos no hubo diferencia significativa con respecto al porcentaje de enraizamiento y al número de raíces. En los últimos dos experimentos se pudo observar que si hubo respuesta de las estacas al enraizamiento al aplicarles la concentraciones de 1.6% de AIB.

Vargas (2005), realizó una investigación con el propósito de desarrollar un sistema operativo de propagación vegetativa para *Gmelina arborea* Roxb., en este estudio evaluó el efecto de la concentración de ácido indolbutírico (AIB) en la capacidad de enraizado de diferentes tipos de estacas juveniles de esta especie.

En el ensayo se incluyeron tres tipos de estaca (apical, intermedia y basal) y cuatro concentraciones de AIB (0, 1.0, 1.5 y 2.0 mg g⁻¹), en un diseño factorial completo; evaluó el contenido inicial de azúcares totales en los tres tipos de estaca, así como su capacidad de enraizado, brotación y características de las raíces formadas. Las estacas apicales mostraron mayor capacidad de enraizado (71.8 %) y brotación (54.9 %) que las estacas basales (43.7 y 38.3 %, respectivamente), y formaron 30 % más de raíces. La aplicación de AIB inhibió la capacidad de enraizado en las estacas apicales, pero la estimuló en las estacas intermedias y basales; el mayor porcentaje de enraizado se obtuvo en las estacas apicales sin AIB (80 %) y en las intermedias con 2.0 mg g⁻¹ de AIB (83 %).

Cardona *et al.* (2005), trabajaron en Colombia con dos fitorreguladores sobre la formación de raíces en estacas de caña flecha. La investigación se realizó en la Universidad de Córdoba, Montería, en el año 2004, las concentraciones de auxinas que utilizaron para la investigación fueron de 0, 2000, 4000, 6000 y 8000 ppm de AIB, ANA y la mezcla ANA + AIB. Evaluaron las variables número de raíces, longitud de raíces, masa seca de raíces, porcentaje de enraizamiento y número de brotes, la mejor respuesta se obtuvo con el ácido indolbutírico (AIB) a 2000ppm en todas las variables evaluadas y la combinación (AIB + ANA) a 2000ppm la cual indujo resultados satisfactorio para porcentaje de enraizamiento, longitud máxima de raíces y masa seca de raíces.

Latsague (2008), trabajo en Chile sobre la propagación vegetativa de *Berberidopsis corallina* es una especie endémica de Chile “en peligro de extinción”. Para la propagación vegetativa se colectaron estacas semileños. Las estacas cosechadas se trataron con ácido indolbutírico (AIB) en distintas concentraciones (0, 500, 1.000 y 1.500 mg L⁻¹) como factor de enraizamiento. Después de cinco meses de mantenidas las estacas en cama caliente se obtuvo un 87% de enraizamiento total. La concentración de AIB de 1.000 mg L⁻¹

mostró los mejores resultados respecto al proceso de rizogénesis con un 90% de enraizamiento. Además se encontró el mayor promedio de longitud de raíces en este mismo tratamiento con un promedio de 13,64 cm. El mayor número de raíces se obtuvo en el tratamiento 1.500 mg L⁻¹ con un valor promedio de 38,11 raíces por estaca.

En México, Sánchez (2011), trabajo en la propagación vegetativa de cuatro especies forestales utilizando un propagador de subirrigación, la cual determino el tamaño adecuado de estacas y la dosis de AIB para el enraizamiento de cedro (*Cedrela odorata* L.), caoba (*Swietenia macrophylla* King), macuilis (*Tabebuia rosea* Bertol) y guayacán (*Tabebuia chrysanta*). Las concentraciones evaluadas fueron (0, 500, 1000 y 1500 ppm).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Localización del proyecto

La presente investigación se desarrolló en el invernadero del laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el kilómetro 1½ vía Quevedo - Santo Domingo de los Colorados. El sitio donde se realizó la investigación tiene una altitud de 73 msnm, y está situado 79° 25' 24" de longitud occidental y 1° 03' 18" de latitud Sur. La temperatura promedio anual es 24.6°C, precipitación promedio anual de 2,026 mm, heliofanía de 848.2/h/año y humedad relativa de 86.0% (UNIAGRO 2009).

B. Materiales

1. MATERIAL VEGETATIVO

El material vegetal se colectó en la parcela de teca procedente de Costa Rica de 10 años de edad ubicada en la finca experimental "LA REPRESA", propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).

2. MATERIAL Y HERRAMIENTAS

- Tijera de podar
- Plástico
- Guantes
- Fundas de vivero
- Bandeja de enraizamiento
- Mascarilla desechable
- Nevera
- Balanza
- Cinta diamétrica
- Piola

- Balde
- Hielera
- Sierra podadora

3. MATERIAL DE OFICINA

- Computador
- Resma de papel A4
- Cartucho de impresora

4. REACTIVOS

- Ácido Indol Butírico (AIB)
- Ácido Naftaleno Acético (ANA)
- Talco
- Alcohol 70%

5. INSUMOS

- Fungicida (Vitavax y Captan)
- Fertilizante 10-30-10

6. SUSTRATO

- Arena

C. Tratamientos

T 1. Sin hormonas (control)

T 2. 500 mg kg⁻¹ de ANA + 500 mg kg⁻¹ de AIB

T 3. 1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB

T 4. 1500 mg kg⁻¹ de ANA + 1500 mg kg⁻¹ de AIB

T 5. 2000 mg kg⁻¹ de ANA + 2000 mg kg⁻¹ de AIB

D. Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos, cuatro repeticiones y cuatro unidades experimentales por repetición. Los datos de cada una de las variables se sometieron a un análisis de varianza ANDEVA y separación de medias al 95% de probabilidad, el mismo se realizó con ayuda del programa estadístico MSTAC. Para establecer diferencias estadísticas entre tratamientos se efectuó la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($P \geq 0,05$). Los datos con valores cero fueron transformados con la siguiente fórmula: $\sqrt{x + 0,5}$

Cuadro 2. Esquema del análisis de la varianza

| Fuente de Varianza | G.L | |
|---------------------------|------------|----|
| Tratamiento | t – 1 | 4 |
| Error | t (r – 1) | 15 |
| Total | rt – 1 | 19 |

E. Manejo del experimento

1. PREPARACIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

La recolección del material vegetativo se realizó tomando las ramas más próximas a la base de la copa del árbol seleccionado en horas de la mañana para evitar la deshidratación de las mismas. Posteriormente, las ramas seleccionadas fueron cortadas en estacones de 50 cm de largo y envueltas en papel periódico húmedo para mantenerlas frescas, mientras se llegaba al invernadero. Posteriormente fueron desinfectadas en una solución de Vitavax a 0,1% y sembradas en gavetas que contenía el sustrato arena. Desde la tercera a cuarta semanas se eliminó la yema apical de los brotes emitidos que tenían un tamaño de 6 a 10 cm para estimular el desarrollo del segundo brote.



Estacones de 50 cm. de Long. sembradas en arena.



Estacón con un brote cortado la yema apical

2. DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO

El sustrato utilizado para el enraizamiento de los brotes fue arena, el mismo fue desinfectado con Vitavax a 0,1%. Ocho días antes de la siembra



Gabeas con arena dentro del microtúnel de polietileno

3. DESINFECCIÓN DE LOS BROTES

Se colectaron el segundo brote obtenido de los estacones, y se colocaron en una solución de Vitavax al 0.1% durante 15 minutos.



Estacón con el segundo brote de 6 cm. de long.

4. PREPARACIÓN DE HORMONAS

Inicialmente se pesaron las hormonas puras en concentraciones de 500, 1000, 1500 y 2000 mg Kg⁻¹ de ANA y AIB. Posteriormente se disolvieron en alcohol al 70%, se mezclaron con talco (1Kg⁻¹) y se dejó secar al ambiente durante 24 horas., luego de lo cual se almacenaron en frascos de vidrio debidamente rotulados

5. SIEMBRA DE LOS BROTES

Se colocaron en la parte basal de los brotes el polvo enraizante según sus tratamientos y luego se procedió a sembrarlas en forma vertical en las bandejas germinadoras y que a su vez estuvieron cubiertos por el microtúnel de polietileno.

6. RIEGO

El riego se realizó diariamente con un atomizador para no exceder la cantidad de agua y evitar la pudrición de los brotes

7. APLICACIÓN DE NUTRIMENTOS MINERALES

La aplicación se realizó cada ocho días a la mitad de la concentración de las sales sobre los brotes cuando tenían la primera hoja abierta, emitidos cada ocho días.

F. Mediciones experimentales

Se realizaron las siguientes mediciones experimentales:

1. Número de raíces

El registro del número de raíces se lo determinó mediante el conteo de cada una de ellas a los 30 y 60 días.

2. Longitud de raíz

Esta medición se realizó con una regla graduada en centímetros midiendo la raíz principal de cada uno de los brotes a los 30 y 60 días.

3. Número de brotes

Para obtener el número de brotes se contaron los brotes emitidos por cada estaca, lo cual se realizó a los 30 y 60 días de establecido el experimento.

4. Longitud de brotes

A los 30 y 60 días utilizando una regla graduada en centímetros se procedió a medir la longitud del brote mayor.

5. Supervivencia

Se consideró el número de plantas vivas y por medio de la aplicación de una regla de tres simple se confirmó el porcentaje de supervivencia de las plantas.

G. Análisis de costos

Para poder determinar la relación beneficio costo de los tratamientos, se estableció lo siguiente:

Ingresos: Los ingresos se determinaron con el número total de explantes vivos obtenidos, los mismos que se multiplicó por su precio de venta.

Costos: Se registraron de manera cronológica, para al final clasificarlos en fijos y variables.

Rentabilidad: Se la determinó restando los costos a los ingresos, de lo cual quedó el beneficio neto o pérdida por cada tratamiento. Luego a esto se le aplicó la fórmula de relación beneficio costo, que a continuación se presenta.

$$Rb/c = \frac{\text{beneficio neto}}{\text{costo}} \times 100$$

IV. RESULTADOS

El éxito para lograr la propagación clonal de teca consiste en cortar ramas bajas con buena actividad de crecimiento, y que presenten un comportamiento en reiteración con el eje dominante. Estas ramas se cortaron y se prepararon en estacones de 50 cm de largo, que fueron sembradas en camas de arena dentro del invernadero. Dichos estacones produjeron brotes que sirvieron como material vegetativo para la propagación de esta especie.

En base al análisis realizado en los experimentos de la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

A. Número de Raíces

En el cuadro 3, se observa el promedio del número de raíces a los 30 días donde no se observó diferencias significativas, sin embargo, a los 60 días se reportaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el promedio más alto el observado en el T3 (**1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB**) con un promedio de 1,13 raíces. Estos valores fueron inferiores a los obtenidos por Latsague (2011) en la propagación vegetativa de dos especies forestales dominantes del bosque pantanoso de la depresión intermedia de la región de La Araucanía, Chile, quien utilizó el tratamiento 1500 mg L⁻¹ de AIB obteniendo un promedio de 1,7 raíces en el comportamiento de *Blepharocalyx cruckshanksii* y un promedio de 1,4 raíces en la concentración de 1500 mg L⁻¹ de AIB para *Myrceugenia exsucca*.

Los tratamientos conformados por 0 mg kg⁻¹ de ANA + 0 mg kg⁻¹ de AIB (sin hormona) y 2000 mg kg⁻¹ de ANA + 2000 mg kg⁻¹ de AIB no estimularon la inducción de raíces lo que no ocurre al aplicar la concentración de 500, 1000 y 1500, siendo la media 1000 mg kg⁻¹ de ANA y AIB. Santelices (1993); citado por Cruz (2009), manifiesta que las sustancias más utilizadas para estimular el crecimiento radicular es el ácido Indolbutírico y al ácido indolacético los mismos

que son compuestos orgánicos sintetizado en una parte de la planta y que se translocan a otra parte donde las concentraciones adecuadas induce una respuesta fisiológica. También concuerdan con lo expresado por Santelices y Cabello (2006); citado por Cruz (2009), quienes indican que las miniestacas de ***Nothofagus glauca*** aumentan significativamente el número de raíces al ser tratadas con AIB, además, obtuvieron una disminución del número de raíces al aumentar las concentraciones hormonales, en esta especie vegetal.

En la presente investigación se observaron resultados promedios inferiores al 25%, lo que pudo haber estado relacionado a que la humedad relativa del ambiente no fue favorable para el buen enraizamiento de las estacas.

En concordancia con los resultados obtenidos en esta investigación, Vargas (2005) menciona que al aumentar la concentración de AIB disminuye el número de raíces atribuyendo este resultado a efectos de fitotoxicidad. Además Joublan *et al.*, (1998); citado por Latsague (2008), demuestran que la estimulación en la formación de raíces en presencia de hormona AIB es claramente superior respecto al tratamiento sin hormona en propagación vegetativa de *Hippophae rhamnoides* Juss lo cual coincide con la presente investigación.

Cuadro 3. Promedios de la variable número de raíces en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca)”. Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012.

| Tratamientos | 30 Días Número de raíces | 60 Días Número de raíces |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
| T1. Sin hormonas (testigo) | 0.00a | 0.00 b |
| T2. 500 mg kg ⁻¹ de ANA + 500 mg kg ⁻¹ de AIB | 0.00 a | 0.06 b |
| T3. 1000 mg kg ⁻¹ de ANA + 1000 mg kg ⁻¹ de AIB | 0.50 a | 1.13 a |
| T4. 1500 mg kg ⁻¹ de ANA + 1500 mg kg ⁻¹ de AIB | 0.00 a | 0.06 b |
| T5. 2000 mg kg ⁻¹ de ANA + 2000 mg kg ⁻¹ de AIB | 0.00 a | 0.00 b |
| CV% | 13.19 | 7.86 |

B. Longitud de raíces

En el cuadro 4, se observa los promedios de la variable longitud de raíces a los 30 días, variable que no mostró diferencias significativas, sin embargo, a los 60 días se reportaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el promedio más alto el observado en el tratamiento T3 (1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB) con un promedio de 1,61 centímetros de longitud. Estos resultados son consistentes con lo descrito por Valarezo (1984), quien menciona que las sustancias más utilizadas para estimular el crecimiento radicular en estacas son el ácido indolbutírico y el naftalenacético. Además, estos resultados concuerdan con los de otras especies leñosas tropicales, en las que obtuvo mejores resultados al emplear 1000ppm de AIB para promover un mayor tamaño de raíces en caoba, obteniendo en promedio un resultado de 3,9 cm de longitud (Sánchez, 2011)

Según Hechenleitner *et al.* (2005); citado por Latsague (2010), los bajos porcentajes de enraizamiento ocurren cuando se presenta un estrés hídrico. La incidencia de enraizamiento en teca pudo haber estado relacionada con que la frecuencia de riego o la humedad ambiental no fueron las adecuadas. Los resultados sugieren la necesidad de mantener una alta humedad relativa alrededor de las estacas durante la propagación para minimizar la pérdida de agua.

Cuadro 4. Promedios de la variable longitud de raíces en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca)”. Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012.

| Tratamientos | 30 Días Longitud de raíces | 60 Días Longitud de raíces |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|
| T1. Sin hormonas (testigo) | 0.00 a | 0.00 b |
| T2. 500 mg kg⁻¹ de ANA + 500 mg kg⁻¹ de AIB | 0.00 a | 0.24 b |
| T3. 1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB | 0.74 a | 1.61 a |
| T4. 1500 mg kg⁻¹ de ANA + 1500 mg kg⁻¹ de AIB | 0.00 a | 0.03 b |
| T5. 2000 mg kg⁻¹ de ANA + 2000 mg kg⁻¹ de AIB | 0.00 a | 0.00 b |
| CV% | 15.74 | 9.59 |

C. Número de brotes

Los promedios obtenidos para la variable número de brotes se observan en el cuadro 5, mostrando que a los 30 días no se reportó diferencias significativas, sin embargo, se determinó que a los 60 días existió diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el promedio más alto el observado en el tratamiento T3 (1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB) con un promedio de 0.31 brotes.

Trabajos realizados por Cardona *et al.*, (2005), respecto al efecto de dos fitorreguladores sobre la formación de raíces en estacas de caña flecha (*Gynerium sagittatum* Aubl.) reportan resultados diferentes en este estudio, obteniendo un promedio de 1,71 brotes en una concentración de 2000 ppm de AIB y ANA. Esto demuestra que cada especie se comporta de manera diferente al momento de aplicar las auxinas, lo que concuerda con lo expresado por Cardona *et al.* (2005), quienes indican que el efecto de cada auxina depende de la especie tratada, del estado fisiológico del material utilizado y de la concentración del fitorregulador aplicado.

Cuadro 5. Promedios de la variable número de brotes en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca). Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012.

| Tratamientos | 30 Días Numero de brotes | 60 Días Numero de brotes |
|--|--------------------------------|-----------------------------------|
| T1. Sin hormonas (testigo) | 0.06 a | 0.00 b |
| T2. 500 mg kg⁻¹ de ANA + 500 mg kg⁻¹ de AIB | 0.06 a | 0.06 b |
| T3. 1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB | 0.25 a | 0.31 a |
| T4. 1500 mg kg⁻¹ de ANA + 1500 mg kg⁻¹ de AIB | 0.06 a | 0.06 b |
| T5. 2000 mg kg⁻¹ de ANA + 2000 mg kg⁻¹ de AIB | 0.06 a | 0.00 b |
| CV% | 7.63 | 5.07 |

D. Longitud de brotes

En el cuadro 6, se observa el promedio longitud de brotes a los 30 días no se observó diferencias significativas, sin embargo a los 60 días se reportaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el promedio más alto el observado en el T3 (1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB) con un promedio de 0,68 centímetros de longitud promedio.

Valenzuela (2010) obtuvo 3,50 centímetros de longitud promedio en esta variable en el tratamiento 1500 mg kg⁻¹ de ANA en la evaluación de dos hormonas de enraizamiento en la multiplicación vegetativa de *Centrolobium ochroxylum*. Además, Vargas (2005) indica que en 1.0 mg kg⁻¹ de AIB se reportó un promedio de 4.2 centímetros de longitud.

Cuadro 6. Promedios de la variable longitud de brotes en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca). Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012.

| Tratamientos | 30 Días Longitud de brotes | 60 Días Longitud de brotes |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| T1. Sin hormonas (testigo) | 0.21 a | 0.00 b |
| T2. 500 mg kg⁻¹ de ANA + 500 mg kg⁻¹ de AIB | 0.09 a | 0.13 ab |
| T3. 1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB | 0.46 a | 0.68 a |
| T4. 1500 mg kg⁻¹ de ANA + 1500 mg kg⁻¹ de AIB | 0.06 a | 0.13 ab |
| T5. 2000 mg kg⁻¹ de ANA + 2000 mg kg⁻¹ de AIB | 0.02 a | 0.00 b |
| CV% | 13.63 | 13.03 |

G. Sobrevivencia

En el cuadro 7, se presentan los promedios de sobrevivencia a los 30 días, no se observó diferencias significativas, sin embargo, a los 60 días se reportaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, quedando establecido que el tratamiento con mejor resultado fue el de **(1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB)** con un valor promedio de **25 %** de sobrevivencia, superando a Sánchez (2011) en la propagación de caoba con 15.4% promedio, Latsague (2008) en *Berberidopsis corallina* con un promedio de 16,4%.

Cuadro 7. Promedios de la variable sobrevivencia en el “Efecto de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca). Laboratorio de Biotecnología UTEQ, Quevedo, 2012

| Tratamientos | 30 Días Sobrevivencia (%) | 60 Días Sobrevivencia (%) |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| T1. Sin hormonas (testigo) | 6.25 % a | 0.00 % b |
| T2. 500 mg kg⁻¹ de ANA + 500 mg kg⁻¹ de AIB | 6.25 % a | 6.25 % b |
| T3. 1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB | 25.0 % a | 25 % a |
| T4. 1500 mg kg⁻¹ de ANA + 1500 mg kg⁻¹ de AIB | 6.25 % a | 6.25 % b |
| T5. 2000 mg kg⁻¹ de ANA + 2000 mg kg⁻¹ de AIB | 6.25 % a | 0.00 % b |
| CV% | 7.63 | 5.49 |

H. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el Cuadro 8, se muestra el análisis de beneficio costo de los diferentes tratamientos empleados en el Efectos de diferentes dosis de auxinas ANA (Ácido Naftalen Acético) y AIB (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca). El tratamiento testigo, obtuvo el menor costo de cero debido a que todas las plantas murieron, sin embargo el costo total fue USD 11,15. El mayor costo por planta se observó en el tratamiento T5 (2000 mg Kg⁻¹ ANA + 2000 mg Kg⁻¹ AIB) con USD 5,77

Con respecto a la relación beneficio/costo el mejor tratamiento fue T3 (1000 mg Kg⁻¹ ANA + 1000 mg Kg⁻¹ AIB), por lo que por cada dólar que se invierta se recupera la inversión más \$ 0.05

En cuanto a la rentabilidad en porcentaje el mejor tratamiento fue el T3 (1000 mg Kg⁻¹ ANA + 1000 mg Kg⁻¹ AIB) con un valor de **5.19 %**.

Cuadro 8. Evaluación económica de los tratamientos

| RUBROS | TRATAMIENTOS mg kg ⁻¹ de ANA + mg kg ⁻¹ de AIB | | | | |
|---|---|------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 USD | 500 USD | 1000 USD | 1500 USD | 2000 USD |
| Hormona ANA | | 0,040 | 0,070 | 0,110 | 0,140 |
| Hormona AIB | | 0,040 | 0,070 | 0,110 | 0,140 |
| Alcohol | | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,012 |
| Talco | | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Material vegetal | 0,30 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 |
| Fundas de vivero | 0,14 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 |
| Fungicida Vitavax | 0,02 | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,024 |
| Arena | 0,02 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 |
| Pala | 0,02 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 |
| Machete | 0,02 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 |
| Manguera de agua | 0,15 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 |
| Zarán | 0,57 | 0,570 | 0,570 | 0,570 | 0,570 |
| Atomizador | 0,04 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0,036 |
| Tijera de podar | 0,04 | 0,036 | 0,036 | 0,036 | 0,036 |
| Plástico transparente | 0,49 | 0,490 | 0,490 | 0,490 | 0,490 |
| Guantes | 0,02 | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,024 |
| Bandeja de enraizamiento | 0,49 | 0,490 | 0,490 | 0,490 | 0,490 |
| Hielera | 0,10 | 0,096 | 0,096 | 0,096 | 0,096 |
| Jornales | 7,50 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 |
| Movilización | 1,20 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 |
| Sierra podadora | 0,04 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 |
| COSTO TOTAL | 11,16 | 11,35 | 11,41 | 11,49 | 11,55 |
| Plantas Vivas | 0,00 | 1,00 | 4,00 | 1,00 | 0,00 |
| Valor unitario por planta | 0,00 | 11,35 | 2,85 | 11,49 | 0,00 |
| Valor unitario por planta en el mercado | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Total de ingresos | 0,00 | 3,00 | 12,00 | 3,00 | 0,00 |
| Beneficio Neto | -11,16 | -8,35 | 0,59 | -8,49 | -11,55 |
| Relación beneficio costo | -1,00 | -0,74 | 0,05 | -0,74 | -1,00 |
| Rentabilidad | -100,00 | -73,56 | 5,19 | -73,89 | -100,00 |

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que:

- La concentración de 1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB presentó los mejores resultados para todas las variables evaluadas en esta investigación.
- El porcentaje de sobrevivencia obtenido se considera alto (25%), tomando en cuenta que proceden de brotes rejuvenecidos a partir de árboles adultos.
- El tratamiento con la mayor rentabilidad fue el tratamiento T3 (1000 mg Kg⁻¹ ANA + 1000 mg Kg⁻¹ AIB) con un valor de 5,19%.
- En la presente investigación se aceptan las hipótesis planteadas.

b. Recomendaciones

- Continuar con estudios de multiplicación con esta especie forestal utilizando las hormonas y dosis estudiadas.
- La información obtenida en esta investigación presentan resultados que pueden servir de base para desarrollar investigaciones futuras en la propagación vegetativa de otras especies forestales.

VI. RESUMEN

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el año 2011, con el objetivo de conocer el efecto de diferentes concentraciones hormonales (ANA y AIB) en el enraizamiento de brotes procedentes de ramas basales de la copa de árboles adultos de *Tectona grandis* (Teca). Las concentraciones de auxinas empleadas para la investigación fueron de 0, 500, 1000, 1500 y 2000 mg kg⁻¹ de ANA y AIB, utilizando un diseño completamente al azar con cinco tratamientos, cuatro repeticiones y cuatro unidades por repetición. Se evaluó el número, longitud de raíz, longitud de brotes y sobrevivencia a los 30 y 60 días. En general, la mejor respuesta se obtuvo en las concentraciones de 1000 mg kg⁻¹ de ANA + 1000 mg kg⁻¹ de AIB en todas las variables evaluadas. En esta investigación queda demostrado que el uso de auxinas ANA y AIB resultó ser efectivo para la propagación de esta especie a partir brotes rejuvenecidos de árboles adultos, el mismo que tiene gran importancia económica y ecológica.

VII. SUMMARY

The research was conducted at the Laboratory of Biotechnology of Quevedo State Technical University, in 2011, in order to determine the effect of different hormonal concentrations (NAA and IBA) on rooting of shoots from basal branches of mature trees *Tectona grandis* (teak). Auxin concentrations used for research were 0; 500; 1000; 1500 and 2000 mg kg⁻¹ of NAA and IBA, using a completely randomized design with five treatments, four replications and four repeat units. We evaluated the number, root length, shoot length and survival at 30 and 60 days. In general, the best response was obtained at concentrations of 1000 mg kg⁻¹ ANA + 1000 mg kg⁻¹ of AIB in all variables. This research demonstrates that the use of auxins NAA and IBA was effective for the propagation of this species from tree buds rejuvenated adults, the same which has great economic and ecological importance.

VIII. LITERATURA CITADA

BERMÚDEZ, M. 2005. Propagación Vegetativa de *Gmelina arborea* Roxb. Con el Uso de Hormonas de enraizamiento (ANA y AIB) y establecimiento de campo de parcelas permanentes. Tesis Ing. For. Quevedo, Ecuador. UTEQ. 8-10 p.

BETANCOURT, A. 1983. Silvicultura Especial de Árboles Maderables Tropicales. Ministerio de Cultura Editorial Científica Técnica. La Habana, Cuba. 342-345 p.

CARPINFTI, L. 1996. Propagación agámica de Eucalyptus (en línea). XI Jornadas Forestales de entre Rios, Concordia, Argentina. Consultado 23 jun. 2011. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/.../63-1996-03.pdf>

COMPAGNON, P. 1998. El caucho natural. Biología-Cultivo-Producción. Edición en español. Consejo Mexicano del Hule y CIRAD. México D.F. 700p.

CONTRERAS G, I. 1995. Reguladores del crecimiento vegetal. Guía de estudio. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. s.p.

CORNELIUS, J.P; MESEN, J.F; COREA, E.A. 1994. Mejoramiento genético forestal (en línea). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://www.dfid.gov.uk>

CRUZ, N. 2001. Micropropagación clonal in vitro de *Tectona grandis*. Tesis Ing. For. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 4-6 p.

DELGADO, M.; LUZ, A.; GUERRERO, O.; MIGUEL, A. 1986. Propagación Vegetativa en el Balso *Ochroma pyramidale*. Tesis Ing. For. Mérida, Ve., Universidad de Los Andes. 3-20 p.

ECUADOR FORESTAL. 2007. Ficha Técnica N° 12 TECA (en línea). Consultado 01 junio 2011. Disponible en: <http://www.ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/TECA.pdf>.

FLORES O, C. 2009. Auxinas endógenas, AIA oxidasa y enraizamiento en *Vigna radiata* L. Wilczek inducido por auxina exógena libre y conjugada (en línea). Rev. Fitotec. Mex. Vol. 32 (1). Consultado 23 jun. 2011. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61011105008.pdf>

HERNÁNDEZ, T. 2006. Propagación vegetativa de *podocarpus reichei* buchh. Por medio de estacas, bajo condiciones de invernadero (en línea). Tesis para obtener el título de ingeniero forestal con orientación en silvicultura. Chapingo, Texcoco, estado de México. Consultado 23 jun. 2011. Disponible en <http://www.chapingo.mx>

LATSAGUE, V. M. 2008. Inducción de enraizamiento en estacas de *Berberidopsis corallina* con ácido indolbutírico. BOSQUE 29: 227-230

LATSAGUE VIDAL, Mirtha; SAEZ DELGADO, Patricia; HAUENSTEIN BARRA, Enrique y PENA-CORTES, Fernando. Propagación vegetativa de *Myrceugenia exsucca* y *Blepharocalyx cruckshanksii*, especies dominantes del bosque pantanoso de la Depresión Intermedia de la región de La Araucanía, Chile. *Bosque (Valdivia)* [online]. 2010, vol.31, n.3 [citado 2012-09-23], pp. 247-251. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo>.

MATA, Q. A. 2006. Establecimiento de un sistema de propagación vegetativa de genotipos superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) por medio de ramillas en el CATIE (en línea). Informe presentado a la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar al título de Bachiller en Ingeniería en Biotecnología. Cartago, Costa Rica. Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://bibliodigital.itcr.ac.cr>

MESÉN, F. Y TREJOS, E. 1998. Propagación vegetativa de San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles. Revista Forestal Centroamericana 21: 19-24.

MORANTE, J. 2003. Embriogenesis Somática en *Tectona grandis* L.F. (teca). Tesis Ing. For. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 4-7 p.

MURILLO, O.; ROJAS, J.L; BADILLA, Y. 2003. Reforestación Clonal. Taller de Publicaciones 2 ed. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 36 p.

OTÁROLA, A. 1997. Resultado de 10 años de Investigación Silvicultural del Proyecto MADELEÑA en Nicaragua (en línea). Consultado 07 jun. 2011. Disponible en <http://books.google.com>.

PEREZ, G. 1999. Evaluación de la propagación vegetativa de *Tectona grandis* L. (teca), *Aspidosperma megalocarpon* Muell.- Arg. (chichique), *Cybistax donnell smithii* Rose Seibert (palo blanco), y *Tabebuia rosea* Bertal DC. (matiliguatate). (en línea). Tesis para optar el título de ingeniero Agrónomo en recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado. Guatemala. Consultado 01 jul.2011. Disponible en <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/>

RAMOS, G. L. 2000. Algunos Avances en la Morfogénesis de la teca *Tectona Grandis* L. Tesis para optar por el grado de Master en Ciencias. Universidad de Ciego Ávila, Cuba. 4 p.

RAMOS, V. L. 2004. Propagación vegetativa de *sequoia sempervirens* (d. don) endl. A través de estacas, (en línea). Tesis para obtener el título profesional de ingeniero forestal. Santiago, Chile. Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/ramos/>.

ROJAS, S; GARCÍA, J; ALARCÓN, M. 2004. Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas (en línea). Bogotá, DC – Colombia. Produmedios. Consultado 23 jun. 2011. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/>

RUIZ, H. 2010. Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) (en línea). Agronomía Costarricense 34(2). Consultado 22 de jun. 2011. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v34n02_259.pdf

SUATUNCE, P; DÍAZ, G; TAPIA, C. GONZALEZ, B. 2009. *Tectona grandis* L.F (teca) una madera valiosa. UTEQ. Quevedo, Ecuador. 57 p.

THE PLANT LIST. 2010. Versión 1. Publicado en el internet; <http://www.theplantlist.org>. (Tenido Acceso el 1 de enero, 2010).

UNIAGRO. 2009. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 30

VARGAS, J. 2005. Efecto del Ácido Indolbutírico (AIB) y tipo de estacas en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28: 319 - 326

VASQUEZ, C; OROZCO, A; ROJAS, M; SÁNCHEZ, M; CERVANTES, V. 1997. La reproducción de plantas: Semillas y Meristemos (en línea). México. Consultado 14 de junio 2011. Disponible en <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia>.

ZOBEL B J, TALBERT, J. 1988. Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. Traducción al Español por Manuel Guzmán Ortiz. Editorial LIMUSA. México D. F. Cartago, Costa Rica. 505 p.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable número de raíces a los 30 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,092 | 0,023 | 2,402 | 0,0959 |
| Error | 15 | 0,144 | 0,01 | | |
| Total | 19 | 0,237 | | | |

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces a los 30 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,169 | 0,042 | 2,989 | 0,0533 |
| Error | 15 | 0,212 | 0,014 | | |
| Total | 19 | 0,382 | | | |

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 30 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,030 | 0,008 | 2,25 | 0,1123 |
| Error | 15 | 0,051 | 0,003 | | |
| Total | 19 | 0,081 | | | |

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable longitud de brotes a los 30 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,08 | 0,02 | 1,748 | 0,192 |
| Error | 15 | 0,171 | 0,011 | | |
| Total | 19 | 0,251 | | | |

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable % de sobrevivencia a los 30 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,030 | 0,008 | 2,25 | 0,1123 |
| Error | 15 | 0,051 | 0,003 | | |
| Total | 19 | 0,081 | | | |

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable número de raíces a los 60 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,416 | 0,104 | 26,423 | 0 ** |
| Error | 15 | 0,059 | 0,004 | | |
| Total | 19 | 0.475 | | | |

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces a los 60 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,695 | 0,174 | 27,879 | 0 ** |
| Error | 15 | 0,093 | 0,006 | | |
| Total | 19 | 0.789 | | | |

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 60 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,064 | 0,016 | 7,593 | 0.0015 ** |
| Error | 15 | 0,031 | 0,002 | | |
| Total | 19 | 0.095 | | | |

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable longitud de brotes a los 60 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,146 | 0,037 | 3,553 | 0.0314 * |
| Error | 15 | 0,154 | 0,01 | | |
| Total | 19 | 0.301 | | | |

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable % de sobrevivencia a los 60 días

| Fuente | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Probabilidad |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Tratamiento | 4 | 0,046 | 0,011 | 6,75 | 0.0026 ** |
| Error | 15 | 0,025 | 0,002 | | |
| Total | 19 | 0.071 | | | |

Anexo 11: Fotografías



Reactivos



Pesado de la hormona



Mezcla de hormona y talco



Hormonas preparadas



Sustrato arena



Ramas induciendo brotes



Corte de rebrote



Desinfección de rebrotes



Eliminación de $\frac{3}{4}$ partes de las hojas



Aplicación de hormona



Tratamientos establecidos

Resultados obtenidos en los diferentes tratamientos

