



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

**Inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles  
seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken  
(laurel) utilizando reguladores de crecimiento**

**TESIS DE GRADO**

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

**AUTOR:**

**ZORRILLA MOREIRA SILVIA MAYLIN**

**DIRECTOR:**

**Ing. For. MSc. MERCEDES CARRANZA PATIÑO**

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR  
2012**



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

**TEMA:**

**Inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles  
seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel)  
utilizando reguladores de crecimiento.**

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. Antonio Véliz, M. Sc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_  
Ing. For. Malena Martinez, M. Sc.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_  
Ing. For. Cesar Cevallos.  
**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 **SILVIA MAYLIN ZORRILLA MOREIRA**, realizó bajo mi dirección la tesis de grado titulada **Inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de Cordia alliodora(Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento**, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.*

---

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

**DIRECTORA DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo **SILVIA MAYLIN ZORRILLA MOREIRA**, 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.

**SILVIA MAYLIN ZORRILLA MOREIRA**

## ***Dedicatoria***

A:

*Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

*A mis padres José y Patricia, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyan. Padre y Madre gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.*

*A mi esposo e hija ya que juntos hemos vivido triunfos. A él que me ha comprendido ¡gracias por apoyarme y confiar en mí! No sé si ya te dije, lo feliz que me hace nuestra familia. Soy feliz por la seguridad que siento al saber que estás a nuestro lado, día tras día, y el saber que estamos juntos con nuestra hija Dayling impartiéndonle nuestro ejemplo a seguir.*

*Mis hermanos, Aracelly y Lenin, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.*

*A mi primo Javier Reyes que me apoyo incondicionalmente y a todos mis amigos y aquellos familiares que siempre estuvieron conmigo.*

## **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. Antonio Veliz, Presidente del Tribunal de Tesis.
  
- ❖ Al Ing. For. Cesar Cevallos, Integrante del Tribunal de Tesis.
  
- ❖ Al la Ing. For M.Sc.Malena Martinez, 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.
  
- ❖ Al Ing. For. Edwin Jimenez por su valioso aporte en la realización de este trabajo.

# ÍNDICE

	Pág.
Carátula.....	i
Hoja de la firma del tribunal.....	ii
Certificación.....	iii
Autoría.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice .....	vii
Índice de cuadros .....	vii
Índice de Anexos.....	vii
Esquema de codificación.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Justificación.....	3
B. Objetivos General .....	3
C. Objetivos Específicos .....	3
D. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
A. Descripción taxonómica de <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pavón) Oken .....	5
B. Dendrología.....	5
1. ÁRBOL.....	5
2. HOJAS.....	6
3. FLORES .....	6
C. Ecología y distribución .....	6
D. Requerimientos Ambientales .....	6
1. TEMPERATURA .....	6
2. PRECIPITACIÓN .....	7
3. SUELOS.....	7
4. TIPO DE BOSQUE .....	7
E. Silvicultura.....	7
1. SEMILLA Y VIVERO.....	8

	2. PREPARACIÓN DEL TERRENO Y REPOBLACIÓN .....	9
	3. FACTORES LIMITANTES PARA EL CRECIMIENTO DEL LAUREL.....	9
<b>F.</b>	Propiedades de la Madera del Laurel .....	9
	1. ORGANOLÉPTICAS .....	9
	2. FÍSICAS.....	10
	3. DURABILIDAD NATURAL.....	10
	3.1 Maderas duras.....	10
	3.2 Maderas blandas .....	11
	4. TRABAJABILIDAD.....	11
	5. ESTABILIDAD DIMENSIONAL.....	11
<b>G.</b>	Usos e Importancia Económica.....	11
<b>H.</b>	Generalidades de la Propagación Vegetativa .....	12
	1. PROPAGACIÓN VEGETATIVA.....	12
	2. BASES FISIOLÓGICAS DE LA INICIACIÓN DE RAÍCES ADVENTICIAS .....	13
	3. EFECTOS DE LAS HOJAS SOBRE EL ENRAIZAMIENTO .....	14
	4. FOTOSÍNTESIS DE LAS ESTACAS .....	14
<b>I.</b>	Reguladores de Crecimiento.....	14
	1. FITOHORMONAS .....	15
	2. AUXINAS.....	15
	3. CITOQUININAS.....	17
	4. ENRAIZAMIENTO .....	18
	a. Juvenilidad .....	18
	5. FACTORES ECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA PROPAGACIÓN POR ESTACA .....	18
	a. Luminosidad.....	19
	b. Temperatura.....	19
	c. Humedad.....	19
	d. Aireación .....	20
	e. Sustrato.....	20
	6. FACTORES INTERNOS QUE INFLUYEN EN LA PROPAGACIÓN POR ESTACAS .....	21

	a.	Especies.....	21
	b.	Tipo de material.....	21
	c.	Nutrición .....	22
	d.	Polaridad .....	23
	e.	Capacidad de enraizamiento.....	23
7.		FUENTE DE MATERIAL .....	23
8.		REBROTOS BASALES.....	23
9.		PASOS Y CRITERIOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA LA RECOLECCIÓN DEL MATERIAL VEGETATIVO.....	24
	a.	Selección.....	24
	b.	Segmentos .....	25
	c.	Tamaño de los segmentos .....	25
	d.	Corte .....	25
	e.	Manejo del brote.....	25
10.		PROPIEDAD DEL FUNGICIDA Y COMPONENTES ACTIVOS.....	25
11.		TRABAJOS REALIZADOS EN PROPAGACIÓN VEGETATIVA CON EL USO DE POLVOS ENRAIZANTES.....	26
III.		MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
	A.	Localización del proyecto.....	28
	B.	Materiales.....	28
		1. Material vegetativo.....	28
		2. Materiales de campo y del invernadero .....	28
		3. Equipos .....	29
		4. Sustrato .....	29
		5. Materiales de Oficina .....	29
		6. Reactivos.....	29
		7. Insumos .....	29
	C.	Metodología .....	30
		1. Primera fase: reconocimiento, identificación de poblaciones e inducción de brotes epicórmicos a partir de árboles adultos de laurel. ....	30

	a.	Variables evaluadas.....	31
		<b>1)</b> Numero de brotes.....	31
		<b>2)</b> Longitud de brotes.....	31
	<b>2.</b>	Segunda fase: Inducción de raíces a partir de brotes epicórmicos.....	32
<b>D.</b>		Diseño experimental.....	32
	<b>A.</b>	Tratamientos aplicados para la inducción de brotes epicórmicos.....	33
		<b>1.</b> Factores en estudio.....	34
	<b>B.</b>	Tratamientos para el enraizamiento de brotes epicórmicos.....	34
<b>E.</b>		Mediciones Experimentales.....	35
	<b>1.</b>	Porcentaje de sobrevivencia.....	35
	<b>2.</b>	Porcentaje de enraizamiento.....	35
	<b>3.</b>	Longitud máxima de brotes.....	35
	<b>4.</b>	Número de brotes.....	35
	<b>5.</b>	Número de raíces.....	36
	<b>6.</b>	Longitud de la raíz.....	36
	<b>7.</b>	Vigor.....	36
<b>F.</b>		Manejo del experimento.....	37
	<b>1.</b>	Selección del Material Vegetativo.....	37
	<b>2.</b>	Preparación de los Enraizadores (ANA y AIB).....	37
	<b>3.</b>	Preparación del sustrato empleado.....	37
	<b>4.</b>	Desinfección del material vegetativo.....	38
	<b>5.</b>	Preparación de los brotes.....	38
	<b>6.</b>	Establecimiento en vivero.....	38
	<b>7.</b>	Riego.....	38
	<b>8.</b>	Trasplante de los rebrotes.....	38
<b>IV.</b>		<b>RESULTADOS</b> .....	39
	<b>1.</b>	Primera fase .-Inducción de brotes epicórmicos.....	39
	<b>2.</b>	Segunda fase. Inducción de raíces en brotes epicormicos.....	39
	<b>A.</b>	Efecto simple del enraizamiento en la variable sobrevivencia.....	39
		<b>1.</b> Hormona ANA.....	39

	2.	Hormona AIB .....	40
<b>B.</b>		Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB .....	40
<b>C.</b>		Efecto simple del enraizamiento en la variable porcentaje de enraizamiento.....	41
	1.	Hormona ANA .....	41
	2.	Hormona AIB .....	41
<b>D.</b>		Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB .....	42
<b>E.</b>		Efecto simple del enraizamiento en la variable número de raíces. ....	43
	1.	Hormona ANA .....	43
	2.	Hormona AIB .....	43
<b>F.</b>		Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB .....	44
<b>G.</b>		Efecto simple del enraizamiento en la variable longitud de raíz. ....	45
	1.	Hormona ANA .....	45
	2.	Hormona AIB .....	45
<b>H.</b>		Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB .....	46
<b>I.</b>		Efecto simple del enraizamiento en la variable vigor. ....	47
	1.	Hormona ANA .....	47
	2.	Hormona AIB .....	47
<b>J.</b>		Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB .....	48
<b>V.</b>		<b>DISCUSIÓN</b> .....	50
	<b>A.</b>	Inducción de brotes epicórmicos.....	50
	<b>B.</b>	Inducción de brotes epicórmicos.....	50
		1. Supervivencia .....	50
		2. Porcentaje de Enraizamiento .....	51
		3. Número de Raíces .....	51
		4. Longitud de raíces.....	52
		5. Vigor.....	52
<b>VI.</b>		<b>CONCLUSIONES</b> .....	54

VII.	RECOMENDACIONES .....	55
VIII.	RESUMEN.....	56
IX.	SUMARY.....	57
X.	BIBLIOGRAFIA .....	58
XI.	ANEXOS .....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

1. Parámetros evaluados en los arboles de acuerdo a cada una de sus características.....	30
2. Análisis de varianza .....	32
3. Análisis de Varianza .....	33
4. Escala de medición en aspecto fisiológico para medir el vigor. ....	36
5. Número y longitud de brotes en la inducción de brotes epicórmicos. ....	39
6. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable sobrevivencia en la inducción y enraizamiento de brotes epicormicos de árboles seleccionados de <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.....	40
7. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable sobrevivencia en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.....	41
8. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable porcentaje de enraizamiento en la inducción y enraizamiento de brotes epicormicos de árboles seleccionados de <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento. ....	42
9. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable porcentaje de enraizamiento en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.....	43

10. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable número de raíces en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento..... 44
11. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable número de raíces en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento..... 45
12. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable longitud en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento..... 46
13. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable longitud de raíces en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento..... 47
14. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable de vigor en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento..... 48
15. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable vigor en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento..... 49

## ÍNDICE DE ANEXOS

1. Análisis de varianza de la variable Número de brotes en la primera fase.	65
2. Análisis de varianza de la variable Longitud de brotes en la primera fase.	65
3. Análisis de varianza para la variable porcentaje de sobrevivencia en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos .....	65
4. Análisis de varianza para la variable porcentaje de enraizamiento en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos .....	66
5. Análisis de varianza para la variable número de raíces en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos .....	66
6. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos .....	66
7. Análisis de varianza para la variable vigor en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos .....	67
8. Fotografías.....	68

<b>(DUBLE CORE) ESQUEMA DE CODIFICACION</b>			
1.	Título / Title	M	Inducción y enraizamiento de brotes epicormicos de árboles seleccionados de <i>Cordia alliodora</i> (laurel), utilizando reguladores de crecimiento.
2.	Creador / Creador	M	Zorrilla S; Universidad Técnica Estatal de Quevedo
3.	Materia / Subject	M	Ciencias Forestales; Inducción y enraizamiento de árboles seleccionados de <i>Cordia alliodora</i> Utilizando reguladores de crecimiento; Sector Plantaciones Forestales.
4.	Descripción / Description	M	La presente investigación se realizo en la Finca Experimental "La Represa" ubicada en el recinto Fayta Km. 7½ vía Quevedo – Babahoyo, cantón Quevedo, provincia de Los Ríos; cuyas coordenadas geográficas son 01°03'18" de latitud Sur y 79°25'24" de longitud Oeste, sector segunda fase en estudio, invernadero del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el campus Ing. Manuel Haz Álvarez, Km 1 ½ vía Quevedo - Santo Domingo de los Tsáchilas. El objetivo principal de la misma consistio. Establecer una metodología para la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de <i>Cordia alliodora</i> (laurel) utilizando reguladores de crecimiento. Con la conclusión que las dosis más altas de citoquininas y bajas en uxinas dieron los más altos resultados en la inducción, y en el enraizamiento las dosis mas altas de auxinas planteadas dieron el mejor resultado.
5.	Edior / Publisher	M	FACAMB; Carrera Ingenieria Forestal; Zorrilla S.
6.	Colaborado / Contributor	O	Laboratorio de Biotecnología
7.	Fecha / Date	M	01/10/2012

8.	Tipo / Type	M	Tesis de Grado; Artículo
9.	Formato / Format	R	.doc MS Word 97; pdf
10.	Identificador / Identifier	M	<a href="http://biblioteca.uteg.edu.ec">http://biblioteca.uteg.edu.ec</a>
11.	Fuente / Source	O	Investigación Ambiental. Inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos
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

El rápido crecimiento demográfico, el desarrollo de la Revolución Industrial y la deforestación de nuestros campos, ha incidido notablemente en los problemas medioambientales (Tablero, 2010), por lo que se torna imprescindible realizar investigaciones y ejecución de proyectos, mediante el uso adecuado de diferentes métodos y tecnologías que permitan reducir los efectos de la contaminación, que aporten a la solución de esta grave problemática que afecta la vida de los seres vivos, tales como realizar labores de conservación y utilización racional de los recursos genéticos forestales, lo que constituye un importante desafío de carácter global (Bastardo y Longar, 2009).

La utilización del bosque y su conservación, a pesar de no ser actividades mutuamente excluyentes, pueden compatibilizar a través del mejoramiento genético forestal. Las estrategias de mejoramiento genético no solo deben velar por obtener ganancias de corto plazo, sino que deben asegurar y conservar una amplia variabilidad genética con el objetivo de disponer de una fuente permanente de genes para satisfacer las necesidades futuras del programa de mejora (Gutiérrez *et al*, 2003).

La especie ***Cordia alliodora*** (laurel), pertenece a la familia de las Boraginaceae, es conocida como laurel, aguardientillo, nogal Cafetero, anacahuite del istmo, nopotapeste, pajarito prieto, palo de hormigas, palo de rosa, rosadillo, solería y palo viga. Es una especie forestal originaria de América tropical y extendida en toda la zona neotropical, presenta crecimiento rápido (Dossier y Lamb, 1997).

La atractiva apariencia de la madera, sus excelentes cualidades físico-mecánicas, el rápido crecimiento al ser productiva desde los 15 años, su abundante regeneración natural, el gran aporte en la captura de carbono y protección al suelo y servicio de doble propósito en usos de agroforestería asociada especialmente con café y cacao, la han convertido en una especie ideal para la reforestación (Murillo *et al*, 2001). Por esta razón los pequeños

productores realizan labores agroforestales que favorecen su regeneración natural (Dossier y Lamb, 1997).

El laurel se adapta fácilmente a una gran variedad de climas, suelos y elevaciones, pudiendo desarrollarse en climas cálidos húmedos con temperaturas desde 18 °C como mínima y 32 °C como máxima, con precipitaciones de 2000 a 4000 mm anuales, lo que ha permitido establecer plantaciones forestales en Centroamérica, América del Sur y Nigeria. Esta especie ha sido muy utilizada en programas de reforestación realizados por Brasil, El Congo, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Costa de Marfil, Puerto Rico, Sierra Leona, Trinidad, Uganda y Venezuela. Además, se han establecido plantaciones permanentes con cultivos asociados de café, cacao, coco, guayaba, poró y cedro y en temporales con plátano, arroz y yuca (Murillo *et al*, 2001).

La propagación vegetativa es una herramienta esencial en mejoramiento genético y ha sido utilizada ampliamente para la conservación de genotipos en bancos clonales. Estudios recientes han utilizado extensamente el enraizamiento de estacas juveniles para plantaciones operacionales de unas pocas especies (Dossier y Lamb, 1997).

Dentro de las ventajas de la reforestación clonal se puede enunciar: la habilidad para capturar y explotar los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genética total, permitiendo la obtención de grandes ganancias genéticas en periodos relativamente cortos; la capacidad de utilizar clones adaptados a sitios específicos o a una amplia variedad de sitios, así como alcanzar mayor simplicidad y flexibilidad para manejar jardines clonales en comparación con los huertos semilleros (Dossier y Lamb, 1997).

## A. Justificación

La propagación de plantas por semilla en función de la recombinación genética no garantiza un individuo con las mismas características seleccionadas de las plantas matrices, al contrario de lo que ocurre en la propagación vegetativa. Cada planta producida vegetativamente, es genéticamente idéntica a la planta madre en la mayoría de las veces, siendo este el principal motivo de su utilización.

La presente investigación está dirigida a la búsqueda de una metodología para la inducción y enraizamiento en *C. alliodora*, con la aplicación de reguladores de crecimiento, cuya técnica ha demostrado tener gran importancia en la propagación asexual o vegetativa de plantas leñosas.

## B. Objetivos General

- Establecer una metodología para la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de ***Cordia alliodora*** (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.

## C. Objetivos Específicos

- Establecer la concentración adecuada de BAP (Benzil Amino Purina) y AIA (Ácido idolacético) que permita inducir el mayor número de brotes epicórmicos de laurel.
- Determinar la concentración adecuada de ANA (Ácido Naftalenacético) y AIB (Ácido Indolbutírico) (solas y combinadas) que permita inducir el mayor número de raíces, longitud de raíces y porcentaje de enraizamiento en brotes epicórmicos de laurel.

- Evaluar el porcentaje de sobrevivencia en los tratamientos de inducción de raíces de laurel.
- Valorar el vigor de las plántulas enraizadas a partir de brotes epicórmicos de laurel.

### **1. Hipótesis**

- Una alta concentración de citoquininas BAP Y otra baja de auxinas AIA influirá positivamente en la inducción de brotes epicórmicos de laurel.
- El uso de las hormonas enraizantes ANA y AIB favorecerán el enraizamiento de los brotes epicórmicos.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1. Descripción taxonómica de *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Tracheobionta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Asteridae

**Orden:** Lamiales

**Familia:** Boraginaceae

**Subfamilia:** Cordioideae

**Género:** Cordia

**Nombre científico:** *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken

**Nombre común:** Laurel (Colombia, Ecuador, Panamá), Palo Santo (Perú), dze-uí (Costa Rica), Pardillo (Venezuela).

#### 2. Dendrología

##### 1. ÁRBOL

El árbol alcanza hasta 25 m de altura y 90 cm de diámetro, presenta un fuste recto, raíces tablares poca o mediamente desarrolladas. La copa es angosta e irregular, con ramas ascendentes, verticiladas en la parte superior, la superficie del tronco es finamente fisuradas, por sectores tienen apariencia parda oscura muy rápidamente después de exponerla al aire (FAO *et al*, 1998).

##### 2. HOJAS

Simple, alternas; de lámina elíptica u oblonga, ápice agudo, base cuneiforme; de 6 a 15 cm de largo y 2,5 a 4,5 cm de ancho, verde amarillento el haz, y

verde más claro el envés; con nervadura pinnada; con peciolo pubescentes de 1 a 2 cm de largo (FAO *et al*, 1998).

### **3. FLORES**

Las flores son hermafroditas; blancas en panículas axilares o terminales de 5 – 15 cm de largo; sésiles o cortamente pediciladas (Torres, 1995).

Inflorescencias en panículas, grandes (10-30 cm de ancho), muy abundante y tangente de color blanco, ubicada en el ápice de las ramas; con flores de 1 cm. Aproximadamente, con corola gamopétala, campanulada; al secarse se tornan del color del tabaco. La floración se presenta en los meses de junio hasta agosto (Torres, 1995).

### **3. Ecología y distribución**

El pardillo se distribuye desde México hasta Bolivia. También se encuentra en las Antillas e introducido en Florida USA.

Su rango altitudinal va desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm. Es una especie abundante en la vegetación secundaria en selvas perennifolias ((FAO *et al*. 1998). En el Ecuador es muy frecuente el laurel en las regiones del Litoral o Costa y Oriental o Amazonía; en ésta última, la madera es más densa y oscura (Torres, 1995).

### **4. Requerimientos Ambientales**

#### **1. TEMPERATURA**

Se desarrolla bien con una media anual de 23 a 25 °C.

## 2. PRECIPITACIÓN

La precipitación óptima para el desarrollo del laurel está entre 1400 y 1900mm, aunque crece bien en zonas de menor y mayor pluviosidad. Hay reportes que crece bien con precipitaciones de 2000 a 5000mm, con excelente drenaje (Torres, 1995)

## 3. SUELOS

Los mejores suelos en los que se desarrolla el laurel son preferentemente de origen aluvial, calcáreos, con buen porcentaje de materia orgánica, bien drenados, profundos, no tolera la baja fertilidad, por lo que los suelos abandonados por colonos deben ser fertilizados previo a la repoblación con esta especie (Torres, 1995)

## 4. TIPO DE BOSQUE

*C.alliodora* es una especie de los bosques mesofíticos. En Cuba, se encuentra en los semicauducifolios y también en los secos. Es megatermófila y heliófila, no tolera la sombra.

En los sitios donde recibe intensa iluminación, es muy agresiva e invasora de los campos abandonados (Betancourt, 1987)

## 5. Silvicultura

***C.alliodora*** es un árbol de los claros en los cuales alcanzan los mejores crecimientos, respondiendo muy bien a los controles de maleza especialmente en los primeros años de vida. La regeneración natural se establece espontáneamente en los claros de bosques, rastrojos y en dinámica sucesional es después del sapán de paloma. Por lo que requiere de un constante control de maleza y su raleo depende de su densidad inicial

recomendable plantar inicialmente de 400 a 500 árboles por hectárea (FAO *et al*,1998).

## 1. SEMILLA Y VIVERO

*C. alliodora* puede ser propagado vía sexual (semilla, pseudoestacas) y asexualmente (estacas). Las semillas parecen nuecesillas de 5-7 mm de largo que conservan los pétalos hasta la madurez, las cuales le sirven de alas en la dispersión. Con semillas maduras se alcanza hasta un 70% de germinación dependiendo del sustrato y de los tratamientos silviculturales. El tiempo que pasan las plántulas en el vivero es de 5 a 7 meses (FAO *et al*,1998).

Según Torres. (1995), el peso de las semillas es variable, pues es muy difícil eliminar los residuos de la flor. Entre 20.000 y 80.000 semillas pesan 1 Kg. La fructificación se presenta en los meses de septiembre a noviembre.

Para la producción de pseudoestacas o tocones, que son plantas de origen sexual que han alcanzado un diámetro de 1 a 3 cm, a los cuales se ha puesto a germinar las semillas a 1 cm de profundidad en surcos separados de 15 a 20 cm, distancia entre ellas de 2 a 3 cm, cubriéndolas con una capa de arena o tierra de 1cm.

Las labores de vivero referentes a riego, controles fitosanitarios, fertilización, etc. Deben ser realizados oportunamente y acorde con la técnica apropiada para esta especie. Las pseudoestacas se preparan cuando el tallo es de 1,5 a 2,0 cm de diámetro; dejando unos 20cm de raíz y 10cm de tallo, luego se empacan para el transporte, protegiéndolas con musgo o hierba. Si la distancia al sitio de plantación es larga, los atados se deben mantener húmedos, especialmente la parte radical (Torres, 1995).

## **2. PREPARACIÓN DEL TERRENO Y REPOBLACIÓN**

Los espaciamientos más utilizados son los de 4x4 m (densidad 625 plantas/ha) 5x5 m (densidad 400 plantas/ha). También se utilizan menores espaciamientos en cuyo caso los raleos son más frecuentes.

La especie suele utilizarse para enriquecer un bosque intervenido, a través del sistema llamado “línea de enriquecimiento” en cuyo caso se prepara el sitio abriendo mangas de 3 ó 4 m de ancho, separadas unos 10 a 14 m, eliminando toda la vegetación para disponer de luz suficiente y nutrientes del suelo. En caso, las pseudoestacas se colocan con un distanciamiento utilizado de 3,5 a 5,0, dentro de las líneas. En cualquier caso, la reposición de individuos debe hacerse preferentemente al primer año de plantación (Torres, 1995).

## **3. FACTORES LIMITANTES PARA EL CRECIMIENTO DEL LAUREL**

Entre las principales tenemos:

Baja fertilidad del suelo, suelos poco profundos, mal drenaje del terreno, insuficiencia de luz, presencia de maleza, compactación del suelo por pastoreo, ataques de insectos especialmente el lepidóptero *Conchylo desdiperteralis* que deshoja los árboles.

Presencia de enfermedades fungosas, como el “cáncer del fuste” producido por el hongo Pucciniacordiae especialmente en densidades altas de plantación (Torres, 1995).

## **6. Propiedades de la Madera del Laurel**

### **1. ORGANOLÉPTICAS**

La madera presenta olor y veteado, albura crema – marrón claro, duramen marrón amarillento, con vetas más oscuras, producidas por los anillos de

crecimientos (leño tardío), en arcos superpuestos visibles claramente en la cara tangencial.

- a. **Olor:** Ausente o no distintivo.
- b. **Sabor:** Ausente o no distintivo.
- c. **Brillo:** Alto a mediano.
- d. **Grano:** Generalmente recto, algo entrecruzado.
- e. **Textura:** Gruesa a mediana.

## 2. FÍSICAS

Densidad básica  $0,47 \text{ g/cm}^3$  ( $0,35 - 0,55 \text{ g / cm}^3$ ) (peso seco al horno y volumen húmedo); densidad seca al aire (12%) entre  $0,45$  a  $0,7 \text{ g/cm}^3$ .

La contracción normal (condición húmeda o seca al aire) tangencial de 4,2% y radial 1,5%.

La contracción tangencial total (condición húmeda a seca al horno) es de 6,8% y la radial total es del 3,4% (Torres, 1995).

## 3. DURABILIDAD NATURAL

La madera es durable a muy durable, especialmente el duramen dependiendo de las condiciones climáticas; Según su dureza, la madera se clasifica en:

**3.1 Maderas duras:** son aquellas que proceden de árboles de un crecimiento lento, por lo que son más densas y soportan mejor las inclemencias del tiempo que las blandas. Estas maderas proceden de árboles de hoja caduca, que tardan décadas, e incluso siglos, en alcanzar el grado de madurez suficiente para ser cortadas y poder ser empleadas en la elaboración de muebles o vigas de los caseríos o viviendas unifamiliares. Son mucho más caras que las blandas, debido a que su lento crecimiento provoca su escasez, pero son mucho más atractivas para construir muebles con ellas. También son muy

empleadas para realizar tallas de madera o todo producto en el cual las maderas macizas de calidad son necesarias. (Wikipedia, 2011).

**3.2 Maderas blandas:** engloba a la madera de los árboles pertenecientes a la orden de las coníferas. La gran ventaja que tienen respecto a las maderas duras, es su ligereza y su precio mucho menor. No tiene una vida tan larga como las duras. La manipulación de las maderas blandas es mucho más sencilla, aunque tiene la desventaja de producir mayor cantidad de astillas. La carencia de veteado de esta madera, le resta atractivo, por lo que casi siempre es necesario pintarla, barnizarla o teñirla.

#### **4. TRABAJABILIDAD**

Fácil de trabajar debido a su grano recto obteniéndose un buen pulimento.

#### **5. ESTABILIDAD DIMENSIONAL**

Una vez secada la madera presenta una buena estabilidad dimensional a los cambios de temperatura y humedad ambiental (Torres, 1995).

#### **7. Usos e Importancia Económica.**

El Laurel es frecuentemente cultivado por su madera y también como una planta ornamental por sus flores abundantes, que son muy visitadas por la abejas. La especie tiene potencial melífero. La madera se emplea en la ebanistería, durmientes, construcción, vehículos, botes, remos, chapas, objetos torneados e instrumentos (FAO *et al.* 1998). Es muy cotizada en el mercado local debido a su nobleza y propiedades tecnológicas favorables y facilidad para trabajar (Torres, 1995).

## **8. Generalidades de la Propagación Vegetativa**

### **1. PROPAGACIÓN VEGETATIVA**

La propagación vegetativa comprende desde procedimientos sencillos, conocidos de tiempos inmemoriales por los campesinos de todo el mundo, hasta procedimientos tecnológicamente muy avanzados, basados en la tecnología del cultivo de tejidos vegetales, mediante los cuales se puede lograr la propagación masiva de plantas genéticamente homogéneas, mejoradas y libres de parásitos. Los procedimientos modernos permiten la obtención de cultivares totalmente libres de agentes patógenos, incluyendo virus, e incluso la fabricación de semillas artificiales por medio de la técnica de embriogénesis somática y encapsulado. Además de la propagación, las técnicas de cultivo de tejidos in vitro también permiten seguir procedimientos modernos de conservación de germoplasma gracias al mantenimiento prolongado de cultivos de crecimiento lento y la crio-preservación de tejidos.

La propagación vegetativa de árboles forestales es ventajosa puesto que captura en su totalidad lo genético y produce rápidos resultados con mejoramiento en los rasgos, aditivos y no aditivos. Es una forma de multiplicar fuentes seleccionadas de semillas (Easley y Lamberth, 1989)

En la multiplicación por estacas solo es necesario que un sistema de raíces adventicias se desarrolle, ya que la estaca posee yemas latentes, con aptitud potencial para desarrollar nuevos vástagos (Hartmann, 1995).

Las raíces adventicias son de dos tipos: raíces preformadas y raíces de herida (inducidas). Las raíces preformadas se forman naturalmente durante los primeros periodos de desarrollo del vástago, pudiendo emerger antes de la selección de la estacas o permaneciendo en dominancia hasta que realicen las mismas y sean colocadas en condiciones ambientales favorables. Las raíces de heridas desarrollan sólo después que la estaca es cortada, por efecto de la herida producida en la preparación de la misma. Estas raíces, son

consideradas como formas de novo (nueva formación) (Davies y Hartmann, 1988).

Cuando se prepara una estaca, las células más cercanas a la superficie son lesionadas y expuestas, comenzándola respuesta de cicatrización de la herida (Cline y nelly, 1983).

En el proceso de regeneración de raíces, ocurren los siguientes tres pasos:

- A medida que las células externas, lesionadas, se mueren, se forma una lámina necrótica que sella la herida con un material suberoso y se taponan el xilema con gomas. Esta lámina ayuda a proteger la superficie del corte de desecamientos y patógenos.
- Por detrás de la lámina, células vivas comienzan a dividirse después de algunos días y una capa de células parenquimatosas (callos), forma una epidermis.
- Ciertas células, en la vecindad del cambium vascular y floema, comienzan a dividirse e inician la formación de raíces adventicias.

## **2. BASES FISIOLÓGICAS DE LA INICIACIÓN DE RAÍCES ADVENTICIAS**

Varias clases de reguladores de crecimiento, tales como auxinas, citoquininas, giberelinas y etileno e inhibidores, como el ácido abscísico y fenólico, influyen sobre la iniciación de raíces. De ellas, la auxina es la que tiene mayor efecto sobre la formación de raíces en estacas (Hartmann, 1995).

El enraizamiento de estacas es uno de los procesos más usados y estudiados dentro de los diferentes métodos de propagación vegetativa. La utilización de las estacas procedentes de tallo es el procedimiento más simple desde el punto de vista de la técnica de trabajo, si se le compara con las empleadas para enraizar estacas de raíces u hojas. Según la presencia o ausencia de yemas terminales en las estacas, se distinguen como estacas con o sin yemas terminales. Según la lignificación se define como estacas lignificadas,

semilignificadas y sin lignificar o de madera dura, semidura o blanda. (Koeing y Melchior, 1978).

### **3. EFECTOS DE LAS HOJAS SOBRE EL ENRAIZAMIENTO**

Es ampliamente conocido que la presencia de las hojas en la estaca, ejerce una fuerte influencia, estimulando la iniciación de las raíces (Hartmann, 1995).

La translocación de carbohidratos desde las hojas sin dudas contribuye a la formación de raíces, sin embargo, la mayor promoción del enraizamiento por efecto de las hojas y yemas, es posiblemente resultado de otros factores más directos (Breen y Muraoka citado por Bermudez, 2006). Hojas y yemas, son conocidas como poderosos centros productores de auxinas, y los efectos son observados directamente por debajo de ellos, demostrando el transporte polar desde el ápice a la base. Estacas de ciertas especies son fácilmente enraizadas, mientras que estacas de otras enraízan con mayor dificultad.

### **4. FOTOSÍNTESIS DE LAS ESTACAS**

La fotosíntesis de las estacas no es un requerimiento absoluto para la formación de raíces. Esto puede ser observado en estacas con muchas hojas, que se llevan a un sitio oscuro y con estacas deshojadas (fotosintetizantes), que enraízan (Davis y Potter, 1981). Pero puede generalizarse que la fotosíntesis en estacas es probablemente más importante después de la iniciación de raíces y ayudaría en el desarrollo y crecimiento más rápido de las raíces (Davis, 1989).

## **9. Reguladores de Crecimiento**

Went y Timan citado por Bidwel (1979), definieron a las hormonas de crecimiento como sustancias que siendo parte de un organismo son transferidos a otro y en esta influyen un proceso fisiológicos específico. Así pues, en las plantas está desarrollado un alto grado el principio de la regulación

hormonal. La integración de las actividades de unos órganos con las de otros se realiza en gran parte gracias a la síntesis, transporte y utilización de mensajeros químicos particulares y específicos que son las hormonas del crecimiento (Loach, 1985).

## **1. FITOHORMONAS**

Llamadas también hormonas vegetales, son sustancias naturales que se forman en diversos tejidos u órganos de las plantas y luego son transportadas por la sabia a otros tejidos u órganos del propio vegetal, donde en pequeñas cantidades cumplen una función importante, ya sea acelerando o retardando el efecto de algún estímulo físico químico. Hay hormonas vegetales que promueven o favorecen el desarrollo básico de los cultivos, tales como las auxinas, giberelina, citoquininas y también el etileno, igualmente se encuentran otras que retrasan o inhiben ciertas funciones, como la abscisina y los inhibidores fenólicos terpénicos (Delvin, 1980).

## **2. AUXINAS**

Las auxinas son un grupo de fitohormonas que funcionan como reguladoras del crecimiento vegetal. Esencialmente provocan la elongación de las células. Se sintetizan en las regiones meristemáticas del ápice de los tallos y se desplazan desde allí hacia otras zonas de la planta, principalmente hacia la base, estableciéndose así un gradiente de concentración. Este movimiento se realiza a través del parénquima que rodea a los haces vasculares.

Las auxinas en efecto interviene en el control de crecimiento del tallo y de la raíz, en la inhibición de las yemas laterales, en la abscisión de las hojas y de los frutos, en el crecimiento de estos y en una veintena de actividades fisiológicas vegetales (Delvin, 1980).

Según Valarezo (1984), citado por García T (2008), indican que las sustancias más utilizadas para estimular el crecimiento radicular de brotes son el Ácido Indol Butírico AIB y el Ácido Naftalen Acético ANA.

Se conoce que la mayor parte o la totalidad de la actividad fisiológica de las plantas está determinada por los reguladores de crecimiento vegetal, las auxinas (del griego auxein, crecer). Estas auxinas se encuentran en muchísimas especies vegetales, principalmente en las plantas superiores de forma natural. Las concentraciones más altas de auxinas se encuentran en los ápices de crecimiento, sin embargo, se pueden encontrar ampliamente distribuidas por toda la planta (Delvin, 1980).

Las pruebas que se han realizado indican que las auxinas son transportadas dentro de las raíces, desde la base hasta el ápice radical, esto es en dirección basipétala hecho confirmado en raíces de muchas especies forestales (Torey, 1976).

La hormona es transportada hacia abajo por un mecanismo especial denominado sistema de transporte polar (Ray, 1977). El ácido indolbutírico se mueve a través de los tejidos estrictamente en dirección basal, sin importar orientación, influencia externa de luz y gravedad.

Por otra parte, es conocido que de acuerdo a las reservas alimenticias que tiene la raíz y la acumulación de AIB, se dispondrá en mayor o menor grado la brotación de raíces y el crecimiento de planta. Cuando se elabora la pseudoestacas se realiza una poda de raíces y hojas que permiten el trasplante de estas al lugar definitivo. De allí que es importante conocer el efecto del AIB en la producción de raíces que definirá el éxito en el crecimiento de las unidades experimentales.

El efecto de las auxinas en las raíces ha resultado ser de gran valor hortícola en la propagación de plantas por estacas. El tratamiento de estas en la época de su preparación con auxinas del tipo AIB (Ácido Indolbutírico), es ahora una práctica generalizada, con ella se aumenta tanto el número de raíces formadas,

así como el porcentaje de brotes. Se incrementa así mismo el vigor y el rendimiento total de la descendencia obtenida por métodos vegetativos (Miller, 1983).

Existen varias auxinas llamadas naturales, que incluyen ácido indol-acético, indol-3-acetonitrilo, carboxialdehído, acetaldehído, entre otros grupos hormonales. De esta la más empleada es el AIA (ácido indol-acético), pero existen otras hormonas sintéticas que cumplen con los mismos propósitos y son de más fácil obtención.

También se utiliza ampliamente en un buen número de sustancias que provocan un efecto fisiológico similar y que se han producido sintéticamente; son las llamadas auxinas sintéticas, entre las cuales el 2,4 D, el ANA (ácido indol-acético) y el AIB (ácido indolbutírico), se encuentra ampliamente disponible y se utiliza normalmente.

En la práctica, el uso de las auxinas es un arte. No es posible establecer una concentración particular de las auxinas que se debe utilizar en un solo caso. Sin embargo, en particular se utiliza el ANA en concentraciones que varían de 0,001 a 10 mg por litro, con un punto óptimo que va desde 1 a 5 mg/L. El AIB generalmente se utiliza en concentraciones levemente mayores de 1 a 10 mg/L (Roca, 1991).

El papel central de las auxinas es el desencadenamiento hormonal de la rizogénesis, que viene sugerido a la vez por las aplicaciones de auxinas exógenas y por las dosificaciones de la hormona.

### **3. CITOQUININAS**

La citoquininas son el grupo de hormonas vegetales menos conocidas, la falta de éxitos en este campo se debe principalmente a la imposibilidad de realizar estudios genéticos ya que por el momento no se han obtenido mutantes con defectos en la biosíntesis de citoquininas (Joaquin y Bieto, 1982).

Las citoquininas son sustancias que promueven la división celular y ejercen otras funciones reguladoras del desarrollo de las plantas de forma similar a las quininas. En las plantas, la citoquininas se encuentra como bases libres. Por el momento se desconoce el mecanismo de acción de la citoquininas, aunque se asume que la unión a un receptor específico, aún no está totalmente caracterizado (Joaquin y Bieto, 1982).

#### **4. ENRAIZAMIENTO**

##### **a. Juvenilidad**

Wise y Caldwell (1992), fueron los primeros en concluir que la capacidad para formar raíces e las estacas de tallo, declina rápidamente después de los tres años de edad de la planta. Ellos probaron 21 especies, entre éstas siete coníferas incluyendo cuatro de pinos; los cuales incluso en aquel tiempo fueron considerados muy difíciles de propagar por estacas. Con un año de edad estos pinos enraizaron razonablemente bien (46 – 98%), y muy pobremente dos años después (0-12%). Los mismos autores afirman que el enraizamiento está más relacionado con la fase de estaca lignificada que con la edad de la planta donante, por tanto la capacidad de enraizamiento varía con la posición de la estaca en el árbol. (García, 2008).

#### **5. FACTORES ECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA PROPAGACIÓN POR ESTACA**

Sin un adecuado control ambiental, el enraizamiento de estacas es muy difícil. Dentro de las condiciones requeridas para la propagación de estacas con hojas es de mantener una atmosfera con baja demanda de evaporación, ya que la transpiración de las estacas es minimizada y se evita cualquier déficit de agua o sustancia en los tejidos (Loach, 1985).

### **a. Luminosidad**

Se necesita una intensidad adecuada de luz, para asegurar la producción de carbohidratos por medio de la fotosíntesis, para satisfacer las necesidades del sistema radicular en desarrollo para la vida continua de los brotes (Garner, 1983).

Ford-Logan (1992), realizó experimentos con estacas de plántulas de seis semanas, encontrando que el tratamiento con luz durante el crecimiento de las plántulas tuvo una influencia más fuerte en el enraizamiento subsecuente, que el tratamiento con luz durante el periodo de enraizamiento. En forma similar, las estacas de plántulas que crecieron con baja intensidad de luz, enraizaron más rápido y formaron más raíces que las estacas de plántulas que crecieron con más intensidad de luz.

### **b. Temperatura**

Generalmente las estacas enraízan mejor en aire frío y húmedo en la parte superior de la estaca y condiciones de calor alrededor de la base. Estos gradientes de temperatura permiten aumentar la actividad en la base, mientras minimizan la respiración y el estrés de humedad en la parte de arriba de la estacas (Ford-Logan, 1992).

### **c. Humedad**

Durante la fase crítica de pre-enraizamiento, las estacas absorben agua de la atmósfera. Estas quizá logran ganar o perder en contenido de agua dependiendo de la disponibilidad en el sustrato de la humedad relativa del aire y de la superficie de la estaca expuesta a la atmósfera. Se han realizado ensayo con diversas especies ornamentales y frutales caducifolios modificando el estado del agua de las estacas por una exposición a humedades relativas entre 60 y 100%. En general, la mayor frecuencia de enraizamiento en la cuarta semana fue asociada con el no cambio o la baja disminución en el contenido de

agua durante los primeros nueve días de propagación (Howard y Harrison, 2000).

#### **d. Aireación**

Las heridas del corte de la estaca producen un aumento en la tasa respiratoria que redundaría en la energía disponible para el proceso de la rizogénesis (Villalobos, 1988).

#### **e. Sustrato**

El medio de enraizamiento se obtiene con arena gruesa, grava fina o tierra de sembrado, debe estar desinfectado, húmedo y bien aireado. Su capacidad de retención es baja y puede mejorar adicionando aserrín.

Los esquejes de diversas especies de plantas enraízan con facilidad en gran variedad de medios, pero en las plantas de difícil enraizamiento el sustrato influye en el porcentaje de enraizamiento y en la calidad de las raíces (Hartmann y Kester, 1995).

Pettao (2007) manifiesta que el mejor sustrato lo constituye la arena, y la edad óptima de los brotes para el proceso de propagación vegetativa es de 45 días. Recomienda utilizar arena como sustrato en la propagación de especies forestales, ya que facilita el drenaje, ya que exceso de agua alrededor de la base de las estacas o brotes obstruyen el paso del oxígeno para el desarrollo de las raíces iniciales.

##### **o Arena**

La arena está formada por pequeños granos de piedra, de alrededor de 0,05 a 2 mm de diámetro, dependiendo su composición mineral de la que tenga la roca madre. En propagación generalmente, se emplea arena de cuarzo. De preferencia se debe fumigar o tratar con calor antes de usarla para esterilizarla.

Virtualmente no contiene nutrientes minerales y no tiene capacidad amortiguadora (Buffer) o capacidad de intercambio catiónico. Casi siempre se usa en combinación con algún material orgánico (Hartmann, 1995).

## **6. FACTORES INTERNOS QUE INFLUYEN EN LA PROPAGACIÓN POR ESTACAS**

Los factores internos principales de la iniciación y desarrollo de raíces adventicias son el carbono, agua, los nutrientes contenidos en las estacas y los reguladores contenidos en las estacas. Estos factores son afectados por la influencia del medio ambiente como la irradiación, la temperatura del aire y del suelo, déficit de la presión de vapor y suministros de nutrientes (Dick *et al*, 1992).

### **a. Especies**

Cada especie por si misma tiene la facilidad o dificultad de desarrollar raíces adventicias debido a características anatómica dentro del tallo de algunas estructuras o relaciones de tejido. Pueden o no facilitar a iniciación de primordios radicales (Hartmann y Kester, 1995).

### **b. Tipo de material**

En la elección del material se debe tener en cuenta la cantidad de reservas en forma de carbohidratos. El tejido juvenil es más fácil de enraizar que el adulto. Las estacas tomadas en partes diferentes de la rama, producen variación en la producción de raíces. Las estacas tomadas de la parte basal de la planta tiene más probabilidad de enraizar que las de la parte terminal. Las ramas laterales son más apropiadas que las terminales (Villalobos, 1988).

Para las estacas blandas la situación es contraria, las estacas tomadas de la punta generalmente enraízan mejor. Dicha diferencia han sido atribuidas al número de raíces preformadas y a los niveles de carbohidratos. Se ha mencionado que el tamaño de las estacas también influye. Las estacas blandas

deben ser cortadas entre 8 y 15 cm de longitud y las estacas duras deben tener mínimo 20 cm (Howard, 1994).

### **c. Nutrición**

Diversos elementos químicos deben estar presentes en los tejidos como el zinc que es un cofactor que ayuda a disparar el sistema enzimático para convertir el triptófano en ácido indolacético. El boro interviene en la formación de raíces adventicias, movilizándolo el ácido cítrico necesario para el enraizamiento e incrementar también la relación de toma y absorción de auxinas en el esqueje. El manganeso es un elemento que activa la enzima ácido indolacético oxidasa en detrimento de las auxinas endógenas.

### **d. Polaridad**

La polaridad se manifiesta en todas las partes de la planta. Cualquier fragmento de tallo, rama, hojas, raíces, desarrollan 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).

### **e. Capacidad de enraizamiento**

No todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, por lo que a veces es necesario aplicar reguladores de crecimiento vegetal (RCV) que provoquen la producción de raíces. Estos reguladores de crecimiento en dosis muy pequeñas regulan los procesos fisiológicos de las plantas. Los hay de origen natural como el ácido indol-acético (AIA) y sintéticos, como el ácido indolbutírico (AIB), y el ácido naftal-acético (ANA). Todos estimulan la formación y el desarrollo de las raíces en la base de la pseudoestaca. (Coello, 2003).

La propagación de la mayoría de las coníferas y maderas duras por enraizamiento de estacas es difícil y variable en éxito. La capacidad de las plantas para formar raíces adventicias es controlado por un complejo de

factores interactuantes, incluida nutrición, medio ambiente, factores genéticos otras, y numerosos componentes endógenos (Ford-Logan, 1992).

## **7. FUENTE DE MATERIAL**

La propagación de un árbol para establecimiento de plantaciones clonales se distingue de la propagación con fines de producción de semilla. En silvicultura clonal no interesa la producción de semilla, sino generar árboles de crecimiento ortotrópico normal, similares al árbol que les dio origen (ortet). Para esto, la técnica más utilizada es la del enraizamiento de estaquitas suculentas, utilizando material fisiológicamente juvenil. Precisamente esta es una de las principales limitaciones prácticas de la silvicultura clonal, ya que la selección de los árboles que se requieren propagar se basa en ciertas características de importancia económica, tales como rectitud del fuste, volumen, hábito de ramificación, densidad de la madera, etc., que se expresan a edades adultas, cuando el árbol ha perdido su condición de juvenil la cual se requiere para este tipo de propagación.

Para superar este problema se han utilizado varias prácticas, por ejemplo:

1. Talar el árbol y utilizar los rebrotes juveniles producidos por el tocón,
  2. Estimular la brotación de yemas de la base de árboles en pie.
  3. Injertar serial
  4. Uso de plántulas producidas por semillas de los árboles seleccionados.
- Cada una de estas prácticas tiene sus ventajas y desventajas. (Mesén, 1998).

## **8. REBROTOS BASALES**

Esta técnica consiste en estimular la regeneración de rebrotes en árboles en pie mediante la realización de cortes en la corteza, normalmente en forma de "V" invertida, en la base del árbol. El corte interrumpe el flujo basípeto de auxinas y otras sustancias y en ocasiones estimula la brotación de yemas juveniles dormantes que se encuentran por debajo de corte. El corte debe ser lo suficientemente ancho, de 4 cm o más, para evitar que cierre demasiado

pronto y regenere de nuevo el flujo de sustancias. Esta técnica funciona para lagunas especies e incluso ocurre a veces en forma natural, cuando se ocasionan heridas accidentales en la base del árbol (e.g. *Alnusacuminata*, *Pachiraquinata*, *Gmelinaarborea*, *Vochysia guatemalensis*, entre otras). Tiene la ventaja de que no involucra la tala del árbol, lo cual mantiene la posibilidad de aplicar otras estrategias basadas en el uso de semilla sexual. Entre las desventajas se señala que funciona con pocas especies, los resultados de prácticas de estimulación han sido irregulares y variables y en ningún caso se logra una generación de brotes tan profusa como en el caso de los rebrotes de tocones. (Mesén, 1998).

En especies que tengan dificultad para producir brotes de tocón (*Alnusacuminata*, *Eucalyptus deglupta* y casi todas las coníferas), o cuando no sea posible talar el árbol plus, se puede intentar la inducción de brotes en el fuste provocados por heridas. Esta técnica se ha empleado sin embargo, con poco éxito en nuestro país, ya que el brote producido ha sido excesivamente succulento y difícil de enraizar. (Murillo *et al*, 2003).

## **9. PASOS Y CRITERIOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR PARA LA RECOLECCIÓN DEL MATERIAL VEGETATIVO.**

El material que se elija para la propagación puede ser apropiado para unas especies y totalmente inapropiado para otras. Según Villalobos 1998, citado por Montoya 1993, para la elección del material se debe tener en cuenta una alta cantidad de reservas de carbohidrato; el tejido juvenil es más fácil de enraizar que el adulto.

### **a. Selección**

Donantes vigorosos y sanos con una alta cantidad de reservas alimenticias, preferentemente de un banco de plantas donantes que han crecido en condiciones de completa iluminación y por lo tanto tienen alta cantidad de reservas alimenticias.

### **b. Segmentos**

Deben ser basales o centrales de las ramas, los cuales tienen más reservas alimenticias para el desarrollo de nuevas raíces, pues de ellos se derivan ramificaciones secundarias. Por esta razón no se deben elegir ramas con entrenudos muy largos o de ramas pequeñas y débiles.

### **c. Tamaño de los segmentos**

Varia de 1,5 a 7,5 cm de largo es decir va a depender de la especie a propagarse.

### **d. Corte**

Se le debe hacer justo debajo de un nudo (sitio donde preferentemente se forman raíces adventicias) y el corte superior se le debe realizar de 1,3 a 2,5 cm arriba del otro nudo.

### **e. Manejo del brote**

Cuidando su orientación, este paso se le realiza con la finalidad de mantener su polaridad y permitir que el flujo de sabia siga su dirección normal. Por esa razón, se marca la base con un corte sesgado o se baña la base con cera, lo cual también ayuda a evitar la pérdida de humedad lo cual podría propiciar enraizamientos pobres.

## **10. PROPIEDAD DEL FUNGICIDA Y COMPONENTES ACTIVOS**

Es un fungicida sistémico que controla y previene el desarrollo de enfermedades que atacan las semillas y plántulas durante la germinación, además de ser un producto que protege y previene, tiene la propiedad de ser absorbido por la semilla cuando germina y translocado a los tejidos que se van formando, concentrándose en las raíces y la parte basal de la planta, asegurando el control de patógenos, no solamente en las semillas sino también

durante el estado de plántula, permitiendo que se forme plantas vigorosas y sanas, sin tener que hacer resiembras. También puede ser usado en tratamientos de semilleros debido al gran efecto adherente del captan.

### **Composición del VITAVAX:**

Ingrediente activo:

- Carboxin 20%
- Captan 20%
- Categoría toxicológica II

### **Beneficios:**

- Preventivo de amplio espectro, protege las semillas y las plántulas durante la germinación.
- No afecta vigor ni germinación.
- Al proteger de patógenos, permite un crecimiento vigoroso de plántulas.
- Su formulación permite una excelente adhesión a las semillas.
- Debido a sus características físico químicas, permite que su manipuleo sea fácil.
- Alta eficacia biológica contra un amplio rango de hongos fitopatógenos.

## **11. TRABAJOS REALIZADOS EN PROPAGACIÓN VEGETATIVA CON EL USO DE POLVOS ENRAIZANTES.**

Chicaiza (2004), en su trabajo concluye que la aplicación de 1500 mg/kg ANA + 1500 mg/kg AIB mejora la habilidad de enraizamiento de Teca (*Tectona grandis*).

Petao (2007), establece que en su trabajo de investigación que el tratamiento que mostro mejor resultado en la variable enraizamiento fue con 1500 mg/kg ANA + 1500 mg/kg AIB establecido en arena, propagando Caoba (*Swietenia macrophylla* King).

Bermúdez (2005), concluye que el tratamiento que mejores resultados mostró en porcentaje de enraizamiento de Melina (*Gmelina arborea* roxb.) fue a base de 1500 mg/kg ANA + 1500 mg/kg AIB.

Acosta (2006), menciona que el mejor resultado obtenido en su investigación para la variable de enraizamiento fue el de 1000 mg/kg ANA + 1000 mg/kg AIB en la propagación de Fernansánchez (*Triplaris guayaquilensis*).

Zobel y Talbert (1988), mencionan que árboles jóvenes enraizaban fácilmente, pero al ensayar los mismos árboles en etapa madura no consiguieron el mismo resultado. Esto es frustrante para el genetista forestal, quien trabaja con genotipos convenientemente probados, porque cuando se espera a que crezcan los árboles lo suficiente para mostrar su valor genético suele ser demasiado tarde para enraizarlos.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **A. Localización del proyecto**

La presente investigación se realizó en dos etapas, la primera en la Finca Experimental La Represa, localizada en el recinto Fayta Km. 7½ vía Quevedo – Babahoyo, cantón Quevedo, provincia de Los Ríos; cuyas coordenadas geográficas son 01°03'18" de latitud Sur y 79°25'24" de longitud Oeste. La segunda fase se realizó en el invernadero del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el campus Ing. Manuel Haz Álvarez, Km 1 ½ vía Quevedo - Santo Domingo de los Tsachilas.

#### **B. Materiales**

##### **1. Material vegetativo**

Para la primera fase se utilizó árboles de laurel seleccionados por sus características fenológicas, aplicando dos dosis de citoquininas BAP y AIA, para la segunda fase se emplearon los brotes regenerados a partir de estos árboles los cuales fueron inducidos con la aplicación de dos dosis de auxinas ANA y AIB.

##### **2. Materiales de campo y del invernadero**

- a) Bandejas
- b) Cinta
- c) Espátula
- d) Fundas plásticas y de papel
- e) Hielera
- f) Machete
- g) Navaja
- h) Pintura en Spray
- i) Piola
- j) Plástico
- k) Zarán 75%

### **3. Equipos**

- a) Autoclave
- b) Balanza
- c) Destilador
- d) GPS

### **4. Sustrato**

- a) Arena

### **5. Materiales de Oficina**

- a) Computador
- b) Hojas de papel
- c) Impresora
- d) Lápiz, entre otros
- e) Marcadores

### **6. Reactivos**

- a) Ácido Indolbutírico (AIB)
- b) Ácido Naftalenacético (ANA)
- c) Alcohol al 70%
- d) Benzil Amino Purina (BAP)
- e) Hidróxido de sodio
- f) Talco

### **7. Insumos**

- f) Fungicida Pilarben.
- g) Fungicida Captan – 80

### C. Metodología

La investigación consistió en dos fases:

#### 1. Primera fase: reconocimiento, identificación de poblaciones e inducción de brotes epicórmicos a partir de árboles adultos de laurel.

Se realizó recorridos en el banco de germoplasma y el sistema agroforestal existente en la finca “La Represa”, con el objetivo de seleccionar los árboles superiores en los cuales fueron promovidos a la proliferación de brotes epicórmicos.

Para la selección de los árboles se aplicó el método aplicado por (Murillo *et al*,2010), que indica los parámetros de evaluación fenotípica de los individuos, de las fuentes candidatas para la selección de material vegetal (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Parámetros evaluados en los arboles de acuerdo a cada una de sus características.

Parámetros	Características	Puntaje
Forma de fuste	Recto	6
	Ligeramente torcido (curva escasa en 1 a 2 planos)	4
	Torcido (curva extrema en un plano)	2
	Muy torcido (curva extrema en más de un plano)	1
Dominancia del eje principal	Dominancia completa en el eje inicial	2
	Dominancia parcial del eje inicial sobre las ramas laterales	1
	Dominancia completa sobre las ramas laterales	0
Angulo de inserción de las	De 0 a 30	1
	De 30 a 60	2

ramas	De 60 a 90	3
Forma de copa	Circular	6
	Circular irregular	5
	Medio circulo	4
	Menos de medio circulo	3
	Pocas ramas	2
	Principalmente rebrotes	1
Diámetro de copa	Copa vigorosa mayor a 10 m	7
	Copa promedio entre 10 y 5m	3
	Copa pequeña menor a 5m	1

Se realizó una herida en el árbol de laurel ubicando el lado este del tronco en forma de semianillo, a una altura aproximada de 30 a 40 cm de altura, asegurando la presencia de la luz y utilizando solamente el 50% del área basal. Dicho corte se realizó en forma de una "U" invertida, a la cual se aplicó la dosis líquida de citoquinina (BAP) con el fin de estimular la activación de las yemas en el tronco (Murillo *et al*, 2001).

**Inducción de brotes.** Una vez emitidos los brotes, luego de 105 días se los evaluó y recolectó evitando que se deshidraten, colocándolos de inmediato en un papel mojado en la hielera para ser trasladados desde el banco de germoplasma al invernadero y continuar con la siguiente fase.

#### **a. Variables evaluadas**

##### **1) Numero de brotes.**

Se evaluó a los 105 días de haber realizado el semianillado, contando cada uno de ellos.

##### **2) Longitud de brotes**

Se midió cada uno de los brotes epicórmicos realizando una sola medición, y luego se trasladaron al Laboratorio de Biotecnología para continuar con la siguiente fase.

## 2. Segunda fase: Inducción de raíces a partir de brotes epicórmicos.

Los brotes epicórmicos de laurel fueron llevados al Laboratorio de Biotecnología, donde se desinfectaron con vitavax en una solución de 1/gr/L, y se colocaron en su base el polvo enraizador, luego fueron ubicados en bandejas germinadoras de 24 orificios conteniendo un sustrato de arena previamente esterilizado a 120<sup>0</sup>C durante 24 horas y ubicados en el invernadero bajo condiciones ambientales controladas o semicontroladas.

### D. Diseño experimental

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 STATISTICA versión 8. Los datos con valores cero fueron transformados con la siguiente fórmula:  $\sqrt{x + 0,5}$

**Primera fase.-** Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con siete tratamientos, tres repeticiones, considerando a cada árbol como una unidad experimental. Para establecer las diferencias estadísticas entre tratamientos se utilizó la prueba de rangos de múltiples de Duncan ( $P \geq 0,05$ ).

**Cuadro 2. Análisis de varianza**

<i>FUENTE DE VARIACION</i>		<i>GRADOS DE LIBERTAD</i>
Tratamiento	t – 1	6
Error	t (r-1)	14
Total	rt – 1 =	20

## A. Tratamientos aplicados para la inducción de brotes epicórmicos

1. (Testigo)
2. 3000mg Kg<sup>-1</sup>Benzil Amino Purina (BAP)
3. 6000mg Kg<sup>-1</sup>Benzil Amino Purina (BAP)
4. 9000mg Kg<sup>-1</sup>Benzil Amino Purina (BAP)
5. 3000mg Kg<sup>-1</sup>Benzil Amino Purina (BAP) + 1000mg Kg<sup>-1</sup>Ácido Indol Acético (AIA)
6. 6000mg Kg<sup>-1</sup>Benzil Amino Purina (BAP) + 2000mg Kg<sup>-1</sup>Ácido Indol Acético (AIA)
7. 9000mg Kg<sup>-1</sup>Benzil Amino Purina (BAP) + 3000mg Kg<sup>-1</sup>Ácido Indol Acético (AIA)

**Segunda fase.**-Se aplicó en diseño bifactorial sobre un diseño completamente al azar (DCA) cada factor con tres diferentes niveles (Factor A 3 niveles) y (Factor B 3 niveles), 5 repeticiones y 5 observaciones por unidad experimental. Para establecer las diferencias estadísticas entre tratamientos se utilizó la prueba de rangos de múltiples de Tukey( $P \geq 0,05$ ).

**Cuadro 3.** Análisis de Varianza

<b>FUENTE DE VARIACION</b>		<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>
Factor A	$a - 1$	2
Factor B	$b - 1$	2
A B	$(a - 1) (b - 1)$	4
Error	$(ab) (r - 1)$	36
Total	$rt - 1 =$	44

## 1. Factores en estudio

### Factor A

- A10mg Kg<sup>-1</sup>
- B21000mg Kg<sup>-1</sup>Ácido Naftaleno Acético (ANA)
- A31500mg Kg<sup>-1</sup>Ácido Naftaleno Acético (ANA)

### Factor B

- B10mg Kg<sup>-1</sup>
- B21000mg Kg<sup>-1</sup> Ácido Indol Butírico (AIB)
- B31500mg Kg<sup>-1</sup> Ácido Indol Butírico (AIB)

## B. Tratamientos para el enraizamiento de brotes epicórmicos

Combinación de los tratamientos en estudio.

NºTratamientos	Descripción
1	A1B1 0 mg kg <sup>-1</sup> ANA + 0 mg kg <sup>-1</sup> AIB
2	A1B2 0 mg kg <sup>-1</sup> ANA + 1000 mg kg <sup>-1</sup> AIB
3	A1B3 0 mg kg <sup>-1</sup> ANA + 1500 mg kg <sup>-1</sup> AIB
4	A2B1 1000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA + 0 mg kg <sup>-1</sup> AIB
5	A2B2 1000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA + 1000 mg kg <sup>-1</sup> AIB
6	A2B3 1000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA + 1500 mgkg <sup>-1</sup> AIB
7	A3B1 1500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA + 0 mgkg <sup>-1</sup> AIB
8	A3B2 1500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA + 1000 mg Kg <sup>-1</sup> AIB
a.	A3B3 1500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg <sup>-1</sup> AIB

## E. Mediciones Experimentales

Se realizaron las siguientes mediciones experimentales:

### 1. Porcentaje de sobrevivencia

Esta variable se evaluó a los 45 días de establecido el experimento contando el número de plantas vivas mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Sobrevivencia} = \frac{\text{Brotos vivos}}{\text{Total brotes}} \times 100$$

### 2. Porcentaje de enraizamiento

Esta variable se evaluó a los 45 días de establecido el experimento contando el número de plantas enraizadas mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Enraizamiento} = \frac{\text{Brotos enraizados}}{\text{Total de brotes}} \times 100$$

### 3. Longitud máxima de brotes

Esta medición se realizó con una regla graduada en centímetros midiendo el brote mayor de cada uno de los explantes a los 45 días.

### 4. Número de brotes

Esta medición se realizó mediante el conteo de los brotes emitidos por planta a los 45 días de establecido el experimento

## 5. Número de raíces

El registro del número de raíces se lo determinó mediante el conteo de cada una de ellas a los 45 días.

## 6. Longitud de la raíz

Esta medición se realizó con una regla graduada en centímetros midiendo la raíz principal de cada uno de los brotes a los 45 días.

## 7. Vigor

Esta medición se realizó mediante la observación de cada una de las plantas al efecto del sustrato y las hormonas utilizadas, la misma que fue evaluada por su aspecto fisiológico y morfológico tal como se indica en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Escala de medición en aspecto fisiológico para medir el vigor.

<b>NIVEL</b>	<b>VIGOR</b>
4	Plantas de buen tamaño con buen número de raíces brotes largos
3	Plantas de tamaño intermedio con raíces y longitud de brote intermedio
2	Plantas con raíces y brotes pequeños
1	Plantas sin raíces de tamaño pequeño
0	Plantas muertas

## F. Manejo del experimento

**1.- Selección del Material Vegetativo:** el material vegetativo fue extraído del banco germoplasma ubicado en la finca “La Represa”, a los que se les indujo la brotación en el fuste mediante heridas y aplicación de citoquininas del tipo BAP (Benzil amino purina) Y AIA (Ácido idolacético) para mejorar la producción de brotes.

Luego se esperó aproximadamente dos meses para recolectar los brotes (material vegetativo), los cuales se transportaron en bolsas de papel humedecidas con abundante agua dentro de una hielera para luego ser trasladados hasta el laboratorio de biotecnología.

**2.- Preparación de los Enraizadores (ANA y AIB):** Se procedió a pesar 30g de talco y las diferentes concentraciones de ácidos naftalenacético (ANA) e indolbutírico (AIB). Estos últimos se disolvió en alcohol al 70% (o con hidróxido de sodio) en un vaso precipitación, luego se mezcló las hormonas, según la concentración a ensayar, con el talco en un plato de aluminio, se mezcló bien hasta lograr una masa homogénea, y para su posterior secado, se llevó al invernadero por un tiempo de 24 horas.

**3.- Preparación del sustrato empleado:** el sustrato utilizado fue arena, en bandejas de 24 orificios, en donde se ubicarán los brotes de esta especie. Luego de la siembra se procedió a la desinfección del sustrato aplicando un fungicida.

**4.- Desinfección del material vegetativo:** los brotes fueron desinfectados con el fungicida Vitavax en una concentración de 1 g/L, durante 5 minutos.

**5.- Preparación de los brotes:** se les realizó un corte biselado en la base de los brotes, además, se eliminará la mitad de la superficie foliar, para disminuir la evapotranspiración. Luego se aplicó el polvo enraizante respectivo en la base de cada brote.

**6.- Establecimiento en vivero:** se colocó los brotes de *C. alliodora* en bandejas ubicadas bajo un túnel de polietileno, en un umbráculo cubierto de zarán que permitirá el paso de 70% de la luz solar, para evitar el estrés en los rebrotes (deshidratación).

**7.- Riego:** se aplicó diariamente riego en frecuencia de 3 veces al día con intervalo de 4 horas, utilizando una regadora manual de 1 litro.

**8.- Trasplante de los rebrotes:** los rebrotes epicórmicos de *C. alliodora* se colocaron en bandejas germinadoras con sustrato de arena, los mismos que se mantuvieron en condiciones de semi-invernadero por un tiempo de 45 días.

## IV. RESULTADOS

### 1. Primera fase .-Inducción de brotes epicórmicos

Una vez realizados los respectivos análisis estadísticos, se obtuvieron los siguientes resultados. En el (Cuadro 5). Para la variable número de brotes se obtuvo diferencias significativas, siendo el promedio más alto el observado en el tratamiento 6 con un promedio de 2,67 brotes. En la variable longitud de brotes no se obtuvo diferencias significativas para ninguno de los tratamientos evaluados.

**Cuadro 5.** Número y longitud de brotes en la inducción de brotes epicórmicos.

	Tratamiento	Numero Brotes	Longitud de Brotes
1	Testigo	0.00 b	0.00 a
2	3000mg Kg <sup>-1</sup> (BAP)	0.00 b	0.00 a
3	6000mg Kg <sup>-1</sup> (BAP)	0.00 b	0.00 a
4	9000mg Kg <sup>-1</sup> (BAP)	0.67 ab	20.33 a
5	3000mg Kg <sup>-1</sup> (BAP)+1000 mg Kg <sup>-1</sup> (AIA)	1.67 ab	25.72 a
6	6000 mg Kg <sup>-1</sup> (BAP)+2000 mg Kg <sup>-1</sup> (AIA)	2.67 a	16.42 a
7	9000 mg Kg <sup>-1</sup> (BAP)+3000 mg Kg <sup>-1</sup> (AIA)	1.00 ab	27.83

### 2. Segunda fase. Inducción de raíces en brotes epicórmicos

#### A. Efecto simple del enraizamiento en la variable sobrevivencia.

##### 1. Hormona ANA

Para el efecto simple de la hormona ANA, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable sobrevivencia, no presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de este factor. (Cuadro 6)

## 2. Hormona AIB

Para el efecto simple de la hormona ANA, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable sobrevivencia, no se ha presentado diferencias significativas entre los diferentes niveles de este factor respectivamente. (Cuadro 6)

**Cuadro 6.** Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable sobrevivencia en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.

<b>Efecto simple de los tratamientos</b>	<b>% Sobrevivencia</b>
A1. 0 mg Kg-1 ANA	<b>44 a</b>
A2. 1000 mg Kg-1 ANA	<b>48 a</b>
A3. 1500 mg Kg-1 ANA	<b>54 a</b>
B1. 0 mg Kg-1 AIB	<b>42 a</b>
B2. AIB 1000 mg Kg-1 AIB	<b>52 a</b>
B3. AIB 1500 mg Kg-1 AIB	<b>57 a</b>

### **B. Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB**

En la interacción de los dos niveles de factores hormona ANA por hormona AIB, a los 45 días de establecido el experimento, se obtuvieron diferencias estadísticas significativas, en el tratamiento (0 mg Kg<sup>-1</sup>), obtuvo el promedio más alto con 94%, finalizando con la concentración de (ANA 1500 mg Kg-1 + 0 mg Kg-1), con un valor más bajo de 11%, a los 45 días de establecido el experimento (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable sobrevivencia en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

<b>Interacción de las hormonas ANA y AIB</b>	<b>% Sobrevivencia</b>
1. 0 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>94.00 a</b>
2. 0 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>38.00bcd</b>
3. 0 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>11.00 d</b>
4. 1000 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>24.00 cd</b>
5. 1000 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>75.00 ab</b>
6. 1000 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>71.00abc</b>
7. 1500 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>16.00 d</b>
8. 1500 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>54.00abcd</b>
9. 1500 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>82.00 ab</b>
<b>CV.%</b>	<b>11,74</b>

### **C.Efecto simple del enraizamiento en la variable porcentaje de enraizamiento.**

#### **1. Hormona ANA**

Para el efecto simple de la hormona ANA, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable porcentaje de enraizamiento, se encontró diferencias significativas entre los niveles de este factor, la concentración 1000mg Kg-1 ANA y 1500mg Kg-1 ANA obtuvieron el mejor efecto con el 18% respectivamente (Cuadro 8).

#### **2. Hormona AIB**

Para el efecto simple de la hormona AIB, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable porcentaje de enraizamiento, se

encontró diferencias significativas entre los niveles de este factor, la concentración (1500mg Kg<sup>-1</sup> AIB) obtuvo el mejor efecto con el 20.56% a diferencia del testigo (0 mg Kg<sup>-1</sup>) con 4,76% respectivamente (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable porcentaje de enraizamiento en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

<b>Efecto simple de los tratamientos</b>	<b>Enraizamiento (%)</b>
A1. 0 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	<b>4.76 b</b>
A2. 1000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	<b>18.00 a</b>
A3. 1500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	<b>18.00 a</b>
B1. 0 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	<b>4.76 b</b>
B2. AIB 1000 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	<b>14.00 ab</b>
B3. AIB 1500 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	<b>20.56 a</b>

#### **D. Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB**

En la interacción de los dos factores hormona ANA por hormona AIB, a los 45 días de establecido el experimento, se encontraron diferencias significativas, en donde la combinación (1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA más 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB), obtuvo el mejor promedio de enraizamiento del 54%, y el promedio más bajo que se observó fue en las combinaciones (0 mg Kg<sup>-1</sup>, 1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA, 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB) con un valor de 0 %, a los 45 días de establecido el experimento (Cuadro 9).

**Cuadro 9. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable porcentaje de**

**enraizamiento en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

<b>Interacción de las hormonas ANA y AIB</b>	<b>Porcentaje de enraizamiento</b>
1. 0 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
2. 0 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>16.00 b</b>
3. 0 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
4. 1000 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>16.00 b</b>
5. 1000 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>25.69 ab</b>
6. 1000 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>10.84 b</b>
7. 1500 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
8. 1500 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>3.29 b</b>
9. 1500 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>54.00 a</b>
<b>CV.%</b>	<b>10.07</b>

#### **E. Efecto simple del enraizamiento en la variable número de raíces.**

##### **1. Hormona ANA**

Para el efecto simple de la hormona ANA, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable número de raíces, se encontró diferencias significativas entre los niveles de este factor, la concentración (1000mg Kg-1 ANA) y(1500mg Kg-1 ANA) obtuvieron el mejor efecto con el 0,38 y 0,52 respectivamente a diferencia del testigo que obtuvo 0.05 respectivamente (Cuadro 10).

## 2. Hormona AIB

Para el efecto simple de la hormona AIB, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable número de raíces, se encontraron diferencias significativas entre los niveles de este factor, la concentración (1500mg Kg<sup>-1</sup> AIB) obtuvo el mejor efecto con 0,54 número de raíces a diferencia del testigo que obtuvo 0.14 respectivamente (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable número de raíces en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

Efecto simple de los tratamientos	Número de raíces
A1. 0 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	0.05 b
A2. 1000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	0.38 a
A3. 1500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	0.52 a
B1. 0 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	0.14 b
B2. AIB 1000 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	0.26 ab
B3. AIB 1500 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	0.54

### F. Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB

En la interacción de los dos factores hormona ANA por hormona AIB, a los 45 días de establecido el experimento, se obtuvo diferencia significativa siendo el promedio más alto el obtenido en el tratamiento 9 (ANA 0 mg Kg<sup>-1</sup> más 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB) con un promedio de 1,78 raíces. Las concentraciones restantes obtuvieron un promedio similar entre 0 y 0.48 raíces por planta. (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable número de raíces en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

<b>Interacción de las hormonas ANA y AIB</b>	<b>Número de raíces</b>
1. 0 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
2. 0 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>0.17 b</b>
3. 0 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
4. 1000 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.05 b</b>
5. 1000 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>0.48 b</b>
6. 1000 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>0.19 b</b>
7. 1500 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
8. 1500 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
9. 1500 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>1.78 a</b>
<b>CV.%</b>	<b>21.28</b>

### **G. Efecto simple del enraizamiento en la variable longitud de raíz.**

#### **1. Hormona ANA**

Para el efecto simple de la hormona ANA, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable longitud, se encontró diferencias significativas entre los niveles de este factor, el testigo y la concentración (1000mg Kg-1 ANA y 1500mg Kg-1 ANA) obtuvieron el mejor efecto de longitud con el 0.38cm y 0,56cm a diferencia del testigo que obtuvo un promedio 0.03cm en el (Cuadro 12).

#### **2. Hormona AIB**

Para el efecto simple de la hormona AIB, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable longitud, se encontró diferencias

significativas entre los niveles de este factor, el testigo y la concentración (1000mg Kg<sup>-1</sup> AIB y 1500mg Kg<sup>-1</sup> AIB) obtuvieron el mejor efecto con el 0.58cm a diferencia del testigo que obtuvo 0.17cm respectivamente (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable longitud en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

<b>Efecto simple de los tratamientos</b>	<b>Longitud de raíz</b>
A1. 0 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	0.03 b
A2. 1000 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	0.38 a
A3. 1500 mg Kg <sup>-1</sup> ANA	0.56 a
B1. 0 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	0.17 b
B2. AIB 1000 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	0.22 b
B3. AIB 1500 mg Kg <sup>-1</sup> AIB	0.58 a

#### **H. Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB**

En la interacción de los dos factores hormona ANA por hormona AIB, a los 45 días de establecido el experimento, se obtuvo diferencia significativa siendo el promedio más alto el obtenido en el tratamiento 9 (ANA 1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA más 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB) con un promedio de 2,59 cm de longitud. Los tratamientos restantes obtuvieron un promedio similar entre 0.00 y 0,58 cm de longitud por planta. (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable longitud de raíces en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

<b>Interacción de las hormonas ANA y AIB</b>	<b>Longitud de raíces</b>
1.0 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
2. 0 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>0.12 b</b>
3. 0 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
4. 1000 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.58 b</b>
5. 1000 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>0.05 b</b>
6. 1000 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>0.12 b</b>
7. 1500 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.00 b</b>
8. 1500 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	<b>0.09 b</b>
9. 1500 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	<b>2.59 a</b>
<b>CV.%</b>	<b>21,26</b>

#### **I. Efecto simple del enraizamiento en la variable vigor.**

##### **1. Hormona ANA**

Para el efecto simple de la hormona ANA, sobre el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable vigor, no se presentó diferencias significativas entre los niveles de este factor respectivamente (Cuadro 14).

##### **2. Hormona AIB**

Para el efecto simple de la hormona AIB, en el enraizamiento de brotes epicórmicos de laurel, para la variable vigor, presentó diferencias estadísticas significativas entre los niveles de este factor, siendo la concentración(1500mg Kg-1 AIB) con promedio más alto 1,60 (Plantas con raíces y brotes pequeños (Cuadro 14).

**Cuadro 14. Promedios del efecto simple de los factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable de vigor en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

<b>Efecto simple de los tratamientos</b>	<b>Vigor</b>
A1. 0 mg Kg-1 ANA	<b>1.04 a</b>
A2. 1000 mg Kg-1 ANA	<b>1.24 a</b>
A3. 1500 mg Kg-1 ANA	<b>1.46 a</b>
B1. 0 mg Kg-1 AIB	<b>0.78 b</b>
B2. AIB 1000 mg Kg-1 AIB	<b>1.40 ab</b>
B3. AIB 1500 mg Kg-1 AIB	<b>1.60 a</b>

**J. Interacción de los factores hormona ANA por hormona AIB**

En la interacción de los dos factores hormona ANA por hormona AIB, a los 45 días de establecido el experimento, se obtuvieron diferencias estadísticas significativas, siendo los tratamientos T5 y T9 los que obtuvieron los promedio más altos 2,46 y 2,49 respectivamente (Plantas de tamaño intermedio con raíces y longitud de brote intermedio)(Cuadro15).

**Cuadro 15. Promedios de interacción de los dos factores, hormona ANA y hormona AIB en la variable vigor en la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavon), Oken (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.**

<b>Interacción de las hormonas ANA y AIB</b>	<b>Vigor</b>
1. 0 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	1.87 ab
2. 0 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	0.99 bcd
3. 0 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	0.44 cd
4. 1000 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	0.60 cd
5. 1000 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	2.46 a
6. 1000 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	1.54 abc
7. 1500 mg Kg-1 ANA + 0 mg Kg-1 AIB	0.16 d
8. 1500 mg Kg-1 ANA + 1000 mg Kg-1 AIB	1.49 abc
9. 1500 mg Kg-1 ANA + 1500 mg Kg-1 AIB	2.49 a
<b>CV.%</b>	<b>17.37</b>

## V. DISCUSIÓN

### A. Inducción de brotes epicórmicos

Los árboles tratados con la concentración  $6000 \text{ mg Kg}^{-1}$  (BAP) +  $2000 \text{ mg Kg}^{-1}$  (AIA) permitió inducir el mayor número de brotes 2,67 con un promedio de longitud de brote de 16,42 cm, lo que no fue posible cuando se aplicó la citoquinina BAP sola. Por lo tanto la técnica empleada garantiza la obtención de brotes epicórmicos.

La respuesta negativa en el caso de los tratamientos con la hormona BAP pudo estar relacionada con el hecho que se necesita un balance adecuado auxina citoquinina para inducir los brotes. Estos resultados concuerdan con lo manifestado por Cob., *et al.* 2012 quienes fundamentan que la elongación caulinar a altas concentraciones de cito-quinina y baja de auxinas favorecen la inducción y formación de puntos de crecimiento redundando en un incremento en la tasa de proliferación de brotes en *Persea lingue* (Lingue). El balance auxina-citoquinina es determinante en el coeficiente de proliferación, por lo que optimizar un balance adecuado reflejará elevadas tasas de proliferación, ampliando la efectividad de la técnica Orellana (1998).

### B. Inducción de brotes epicórmicos

#### 1. Sobrevivencia

A pesar de que el promedio más alto se obtuvo en el tratamiento testigo 94%, no significa que todos los brotes vivos lograron enraizar, se destaca por tanto el porcentaje obtenido en el tratamiento ( $1500 \text{ mg Kg}^{-1}$  ANA +  $1500 \text{ mg Kg}^{-1}$  AIB) con 82%, los mismos probablemente mantuvieron las concentraciones óptimas para inducir raíces. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Chicaiza 2004, quien trabajó con teca, en la concentración  $1500 \text{ mg Kg}^{-1}$  ANA +  $1500 \text{ mg Kg}^{-1}$  AIB con 85,42%. Estos resultados sustentan lo descrito por Hartmann (1995), que menciona que cada planta elabora, en forma natural, diversas sustancias en determinadas concentraciones, con propiedades semejantes a las hormonas (auxinas), las que de una parte de la planta es trasladada a otra parte, donde

producen efectos fisiológicos específicos, como la iniciación de raíces adventicias, lo que permite la sobrevivencia de las mismas.

## **2. Porcentaje de Enraizamiento**

El 54% de enraizamiento obtenido en el tratamiento 9 (1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB) refleja que ambas auxinas tienen un efecto diferencial sobre los demás tratamientos, puesto que, los porcentajes se ven influenciados de manera negativa, con rangos desde el 25 al 0%. Estos resultados son similares a los obtenidos por Bermúdez (2005), quien obtuvo el mejor promedio en el tratamiento 1500 mgKg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB, de 59.73%.

Por otro lado son inferiores a los obtenidos por Ramos (2000), quien trabajó con material rejuvenecido in vitro, los mismos que al ser tratados con el polvo enraizador de 1000 mg/L ANA + 1000mg/L AIB mostraron un promedio de 92,5% de enraizamiento ex vitro en teca. Chicaiza (2004) obtuvo un promedio de 91,6% de enraizamiento con el tratamiento de 1500 mg/Kg de ANA + 1500 mg/Kg de AIB.

(García, 2008), afirma que el enraizamiento está más relacionado con la fase de estaca lignificada que con la edad de la planta donante, por tanto la capacidad de enraizamiento varía con la posición de la estaca en el árbol.

## **3. Número de Raíces**

Los resultados muestran que al determinar el número de raíces, la concentración T<sub>9</sub> (1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB), permitió alcanzar el mejor promedio, Los valores más bajos se observaron en los tratamientos 1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA, 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB y Testigo (Cuadro 11), lo que refleja que tratamientos compuestos de una sola hormona en altas concentraciones, así como la ausencia de las misma, influyen negativamente en el desarrollo de las raíces. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pettao (2007) quien trabajó con caoba, y obtuvo el valor más alto en el tratamiento 1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB con un valor de 0,97. Así mismo, Cruz (2009) señala que el mejor tratamiento que resultó con mayor número de raíces fue el sustrato arena + 1500 mgKg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mgKg<sup>-1</sup> AIB, que obtuvo un promedio de 3,84% raíces en guayacán blanco.

Es de destacar por tanto lo mencionado por (Hartmann, 1995) acerca de que varias clases de reguladores de crecimiento, tales como auxinas, citoquininas, giberelinas y etileno e inhibidores, como el ácido abscísico y fenólico, influyen sobre la iniciación de raíces. De ellas, la auxina es la que tiene mayor efecto sobre la formación de raíces en estacas.

#### **4. Longitud de raíces**

En el cuadro 13, se observa los promedios de la variable longitud de raíces a los 45 días, se reportaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el promedio más alto el observado en el tratamiento T9 (1500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA + 1500 mg kg<sup>-1</sup> 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 1000 ppm 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 laurel 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.

#### **5. Vigor**

Existen un efecto significativo en el T9 (1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB) correspondiendo a la escala 3, considerando las características de estas plantas como de tamaño intermedio con raíces y longitud de brote intermedio, este resultado pudo estar relacionado directamente con el número así como la longitud de raíces, ya que a través de ellas es que la planta obtiene los

nutrientes que necesita para poder desarrollarse. Este resultado fue siendo similar a lo obtenido por Acosta 2006, al multiplicar *Triplaris guayaquilensis* (Fernansánchez), quien obtuvo el mejor resultado de 2,89 en la concentración (1000 mg Kg<sup>-1</sup> ANA + 1000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB).

Lo descrito anteriormente coincide con lo expresado por (Miller, 1983) acerca de que el efecto de las auxinas en las raíces ha resultado ser de gran valor hortícola en la propagación de plantas por estacas. El tratamiento de estas en la época de su preparación con auxinas del tipo AIB (Ácido Indolbutírico), es ahora una práctica generalizada, con ella se aumenta tanto el número de raíces formadas, así como el porcentaje de brotes. Se incrementa así mismo el vigor y el rendimiento total de la descendencia obtenida por métodos vegetativos. Por otro lado Roca 1991 indica que en la práctica, el uso de las auxinas es un arte. No es posible establecer una concentración particular de las auxinas que se debe utilizar en un solo caso Roca 1991.

## VI. CONCLUSIONES

- Se acepta la primera hipótesis planteada en esta investigación, acerca de que la concentración adecuada de citoquininas (BAP y AIA) permitió obtener un mayor número plántulas de *Cordia alliodora enraizadas*.
- Se acepta la segunda hipótesis de que el uso de las hormonas enraizantes ANA y AIB favorecieron el enraizamiento de los brotes epicórmicos.
- La concentración adecuada de ANA (Ácido Naftalenacético) y AIB (Ácido Indolbutírico) a 1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB indujeron el mayor número de raíces, longitud de raíces y porcentaje de enraizamiento en brotes epicórmicos de laurel.
- El porcentaje de sobrevivencia en los tratamientos de inducción de raíces de laurel fue más alto para el testigo con 94% seguido del T91500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB con 82%.
- El vigor más alto en las plántulas de laurel enraizadas a partir de brotes epicórmicos fue en T9 (1500 mg Kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB) obteniendo un promedio de 2,49 correspondientes a plantas como de tamaño intermedio con raíces y longitud de brote intermedio.

## VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar todas las variables de la segunda fase de la etapa de enraizamiento como mínimo a los 45 días, 60 días y 75 días, de tal manera de poder asegurar la máxima respuesta en todas las variables
- Continuar con este tipo de investigaciones en el país con especies forestales de importancia económica tales como cedro, caoba, teca, eucalipto, entre otras.
- A la luz de los resultados obtenidos se recomienda, las concentraciones de entre 1000 mg kg<sup>-1</sup> ANA a 1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA y de 1000 mg Kg<sup>-1</sup> AIB a 1500 mg Kg<sup>-1</sup> AIB, para la propagación exitosa de estacas de *C. alliodora*.

## VIII. RESUMEN

La investigación se realizó en dos etapas, la primera en la Finca Experimental La Represa y la segunda en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el año 2010, con el objetivo de conocer una metodología para la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de árboles seleccionados de ***Cordia alliodora*** (laurel) utilizando reguladores de crecimiento.

Las concentraciones de citoquininas empleadas para la investigación de la primera fase fueron de 0, 3000, 6000, 9000 1500 mg kg<sup>-1</sup> de BAP y 1000, 2000, 3000 mg kg<sup>-1</sup> de AIA. Utilizando un DCA con siete tratamientos y tres repeticiones. Considerando cada árbol como una repetición. Las concentraciones de auxinas empleadas para la investigación de la segunda fase fueron de 0, 1000, y 1500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA y AIB, utilizando un bifactorial con nueve tratamientos, cinco repeticiones y cinco unidades por repetición. Se evaluó la sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud y vigor a los 45 días.

En general, la mejor respuesta de la primera fase de inducción de brotes epicórmicos se obtuvo en las concentraciones de 9000 mg kg<sup>-1</sup> de BAP + 3000 mg kg<sup>-1</sup> de AIA y en la segunda fase de enraizamiento de brotes epicórmicos se obtuvo en las concentraciones de 1500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA + 1500 mg kg<sup>-1</sup> de AIB de todas las variables evaluadas. En esta investigación queda demostrado que el uso de citoquininas (BAP Y AIA) y auxinas (ANA y AIB) resultó ser efectivo para la inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos, el mismo que tiene gran importancia para el mejoramiento genético de especies forestales.

## IX. SUMMARY

The research was conducted in two stages, the first at the Experimental Farm “La Represa” and the second in the Biotechnology Laboratory of Quevedo State Technical University, in 2010, with the aim of developing a methodology for induction and rooting epicormic shoots selected trees of *Cordia alliodora* (laurel) using growth regulators.

The cytokinin concentrations used for the investigation of the first phase were 0, 3000, 6000, 9000 1500 mg kg<sup>-1</sup> of BAP and 1000, 2000, 3000 mg kg<sup>-1</sup> of IAA. Using a DCA with seven treatments and three repetitions. Considering each tree as a repetition. The auxin concentrations used for the investigation of the second phase were 0, 1000, and 1500 mg kg<sup>-1</sup> NAA and IBA, bifactorial design using nine treatments with five replicates and five repeat units. We evaluated the survival, rooting percentage, root number, length and strength at 45 days.

In general, the best response of the first phase of epicormic shoot induction was obtained at concentrations of 9000 mg kg<sup>-1</sup> of BAP + 3000 mg kg<sup>-1</sup> of IAA and in the second phase of epicormic shoot rooting was obtained in concentration of 1500 mg kg<sup>-1</sup> ANA + 1500 mg kg<sup>-1</sup> of IBA for all variables evaluated. This research demonstrates that the use of cytokinins (BAP and IAA) and auxin (NAA and IBA) was effective for induction and epicormic shoot rooting, it has great importance for the genetic improvement of forest trees.

## X. BIBLIOGRAFIA

**ACOSTA, M. 2006.** Propagación Vegetativa de *Triplaris Guayaquilensis* (Fernansánchez) mediante utilización de hormonas. Tesis Ing. For. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. p. 45.

**BASTARDO, M. Y LONGAR, J. 2009.** Ecosistema y Contaminación ambiental, (en línea). Consultado 8 mar. 2010. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/ecosistema-contaminacion/ecosistema-contaminacion.shtml>

**BERMUDEZ, M. 2006.** Propagación Vegetativa de la *Gmelina Arbórea* Roxb. Con el uso de hormonas de enraizamiento (ANA Y AIB) y Establecimiento en campo de parcelas permanentes. Tesis Ing. For. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. p. 40.

**BETANCOURT, A. (1987).** Silvicultura especial de árboles maderables tropicales (2ª edición). La Habana, Cuba: Científico técnico.

COB, José et al. Potencial de la organogénesis como estrategia para la masificación in vitro de *Persea lingue* en la zona centro-sur de Chile. Bosque (Valdivia) [online]. 2010, vol.31, n.3 [citado 2012-10-02], pp. 202-208. Disponible en:

<[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92002010000300004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002010000300004&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0717-9200. doi: 10.4067/S0717-92002010000300004.

**COELLO, P. (2003).** Aplicación de ácido indolbutírico para el enraizamiento y crecimiento de pseudoestacas de *Cordia alliodora* (R & P) Oken, laurel y *Shizolobium parahybum* (Vell) Blake, pachaco con diferentes longitudes de raíz y tallo (Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad Técnica Estatal de Quevedo).

**CONABIO. (1841).** Cordia alliodora Publicado en: *Allgemeine Naturgeschichte* 2(2): México. En línea consultado el 1 de abril de 2008. disponible en [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/16borag1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/16borag1m.pdf)

**CONABIO. (2006).** *Conocimiento de especies forestales*. Consultado en 13/02/2010 en <http://conabio.gob.mx/conocimiento/infoespecies/arboles/doctos/37-melia5m.pdf>.

**CHICAIZA, D. (2004).** Propagación Vegetativa de *Tectona grandis* L. (Teca) a través de estacas enraizadas (Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad Técnica Estatal de Quevedo).

**DELVIN, R. (1980).** *Fisiología Vegetal*. Barcelona - España: Omega.

**DICK, J. MC; DEWAR. R; LEAKEY, R. 1992.** A mechanistic model of rooting for the sustained mass propagation of stem cutting; Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species. France. St Martin's Press, p 59-65.

**DOSSIER, D. Y LAMB, A. 1997.** Cordia alliodora. Genética y mejoramiento de árboles. Tropical Forestry papers 36. Turrialva - Costa Rica. 100p.

**EASLEY, D; LAMBERTH, C. 1989.** Potencial de rebrotamiento y enraizamiento de diferentes especies Amazónicas. Cali, Co. Edición. p. 125.

**FAO-BID-INEFAN (1998).** Manual para la extensión forestal en el occidente de Pichincha. Quito: FAO-BID-INEFAN. Editorial j.

**FORD-LOGAN, J. (1992).** The rooting environment for cutting from forest trees. Applications of vegetative propagation in forestry: Southern Regional

Information Exchange Group Biennial symposium on forest genetics  
Huntsville. P. 97-112.

**FONT QUER, P. 1982.** *Diccionario de Botánica*. Barcelona. Labor.

**GARCÍA, T. (2008).** Empleo de fitohormonas ANA y AIB para la propagación vegetativa de *Cedrela odorata* L. (Cedro) bajo tres sustratos en la zona de Quevedo (Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad Técnica Estatal de Quevedo).

**GARNER, R. (1983).** *Manual del injertador* (4ª edición). Madrid - España: Mundi Prensa.

**GUTIERREZ, B. QUINTERO, P. NIETO, V. Y MURILLO, O. 2003.** Enfoque cooperativo para el mejoramiento genético y la conservación de recursos forestales en Chile, Colombia y Costa Rica. Invest. Agrar.: Recurs. For (2003) 12 (3), 111-122. en línea. Consultado el 14 de Abril del 2008. disponible en [http://www.inia.es/gcontrec/pub/111-122-\(10203\)-Enfoques\\_1073301099109.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/111-122-(10203)-Enfoques_1073301099109.pdf)

**HARTMANN.H.T; KESTER,D.E. 1995.** Propagación de plantas: Principios y prácticas. (5ª edición) Mexico D.F., 760p.

**HOWARD, B.H; HARRISON-MURRAY. R.S. 2000.** Effects of water status on rooting and establishment of leafless winter (hardwood) cutting. En: Acta horticulture. 227:134-141.

**HOWARD, B.; HARRISON, R. Y SEGURA, A. 1994.** Rooting responses to wounding winter cuttings of M 26 apple rootstock. P 13-19.

**JOAQUIN, A. Y BIETO, B. 1982.** *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2ª edición. Chile. Editorial Hispano. p. 343.

**LATSAGUE VIDAL, Mirtha; SAEZ DELGADO, Patricia; HAUENSTEIN BARRA, Enrique y PENA-CORTES, Fernando.** Propagación vegetativa de *Myrceugenia exsucca* y *Blepharocalyxcruckshanksii*, 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>.

**LOACH, K. 1985.** *Controlling environmental conditions to improve adventitious rooting. Adventitious root formation in cuttings.* Oregon - Canadá: Dioscorides Press. 2:248-273.

**MESÉN, F. 1998.** *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación.* Turrialba, Costa Rica: CATIE.

**MILLER, E. 1983.** *Bioquímica* 6ª edición. México D.F. Publicación cultural. P 291-292.

**MONTOYA, L. 1993.** *Manual práctico de propagación de plantas.* Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 106 p.

**MURILLO, O., ROJAS, J.L. & BADILLA, Y. 2001.** *Reforestación Clonal.* Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica 32 p

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

**MURILLO, O. 2004.** *Establecimiento y manejo de Rodales y Huertos Semilleros con el fin de fortalecer la capacidad nacional de producción de material mejorado para la reforestación en Costa Rica Informe II Semestre*

Escuela de Ingeniería Forestal. Proyecto ECOMERCADOS-REFORESTA  
CONSULTORIA: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

**MURILLO, O., VALLEJO, J., BADILLA, Y., PICADO, F. 2010.** Metodología para la selección e Incorporación de Arboles Plus en programas de Mejoramiento Genético Forestal, Publicación Agronomía Costarricense, CR. Vol. 34.

**ORELLANA P. 1998.** Introducción a la propagación masiva. In Pérez JN ed. Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Santa Clara, Cuba. Instituto de Biotecnología de las Plantas. p. 125-132.

**PETTAO, J. (2007).** Propagación vegetativa de *Swietenia macrophylla* King (Caoba) mediante la aplicación de Reguladores de Crecimiento "ANA y AIB"(Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad Técnica Estatal de Quevedo).

**RAY, M. 1977.** *La planta Viviente*. 1ª edición. México. P.272

**ROCA, M. Y A. MROGINSKI. 1991.** *Cultivo de tejidos en la agricultura. Fundamentos y aplicaciones*. Cali, Colombia. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). P 970.

**TABLERO, H. 2010.** Medio Ambiente, (en línea). Consultado 8 mar. 2010. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos15/medio-ambiente-venezuela/medio ambiente-venezuela.shtml>

**TORRES, G. (1995).** *Determinación de área con aptitud para el desarrollo de bosques productivos en la costa*. Guayaquil: INEFANITTO PD/25. 122p

**VILLALOBOS, A. 1988.** *Fisiología del enraizamiento*: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Documento del proyecto "Propagación y mejoramiento de frutales de hoja caduca". Tunja 92p.

**WIKIPEDIA. (2011).** Clasificación de la madera. Consultado en 26/12/11 [http://es.wikipedia.org/wiki/Madera#Dureza\\_de\\_la\\_madera.pdf](http://es.wikipedia.org/wiki/Madera#Dureza_de_la_madera.pdf).

**ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1988.** Técnica de Mejoramiento Genético de Arboles Forestales. México, D.F. Almadia p. 342-346.

# ANEXOS

1. Análisis de varianza de la variable Número de brotes en la primera fase

Los resultados univariados para cada DV (Número de brotes) Sigma-restringida parametrización Descomposición hipótesis Efectiva					
Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados SS	Cuadrados medios MS	Valor de F	Probabilidad p
Intercepción	1	23,45086	23,45086	129,1589	0,000000
TRATAMIENTOS	6	2,50722	0,41787	2,3015	0,093274
Error	14	2,54192	0,18157		
Total	20	5,04914			

2. Análisis de varianza de la variable Longitud de brotes en la primera fase

Los resultados univariados para cada DV (PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA) Sigma-restringida parametrización Descomposición hipótesis Efectiva					
Effect	Grados de	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Intercept	1	140,0707	140,0707	23,54108	0,000256
TRATAMIENTOS	6	58,0485	9,6747	1,62599	0,212244
Error	14	83,3008	5,9501		
Total	20	141,3493			

3. Análisis de varianza para la variable porcentaje de sobrevivencia en la

Los resultados univariados para cada DV (PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA) Sigma-restringida parametrización Descomposición hipótesis Efectiva					
Effect	Grados de libertad	Suma de cuadrados SS	Cuadrados medios MS	Valor de F	Probabilidad p
Intercept	1	44,78060	44,78060	3252,133	0,000000
FACTOR A	2	0,02084	0,01042	0,757	0,476503
FACTOR B	2	0,03870	0,01935	1,405	0,258402
FACTOR A*FACTOR B	4	0,89019	0,22255	16,162	0,000000
Error	36	0,49571	0,01377		
Total	44	1,44544			

4. Análisis de varianza para la variable porcentaje de enraizamiento en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos

Efecto	Los resultados univariados para cada DV (PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO) Sigma-restringida parametrización Descomposición hipótesis Efectiva				
	Grados de libertad	Suma de Cuadrados SS	Cuadrados medios MS	Valor de F	Probabilidad p
Interceptar	1	28,32532	28,32532	4477,194	0,000000
FACTOR A	2	0,06029	0,03014	4,765	0,014594
FACTOR B	2	0,06922	0,03461	5,471	0,008423
FACTOR A*FACTOR B	4	0,27911	0,06978	11,029	0,000000
Error	36	0,22776	0,00633		
Total	44	0,63638			

5. Análisis de varianza para la variable número de raíces en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos

Efecto	Los resultados univariados para cada DV (NUMERO DE RAICES) Sigma-restringida parametrización Descomposición hipótesis Efectiva				
	Grados de libertad	Suma de cuadrados SS	Cuadrados Medios MS	Valor de F	Probabilidad p
Interceptar	1	36,24931	36,24931	988,6265	0,000000
FACTOR A	2	0,56741	0,28371	7,7375	0,001602
FACTOR B	2	0,35018	0,17509	4,7753	0,014473
FACTOR A*FACTOR B	4	1,69567	0,42392	11,5615	0,000004
Error	36	1,31999	0,03667		
Total	44	3,93325			

6. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos

Efecto	Los resultados univariados para cada DV (LONGITUD) Sigma-restringida parametrización Descomposición hipótesis Efectiva				
	Grados de	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Probabilidad
Intercept	1	36,67886	36,67886	1001,580	0,000000
FACTOR A	2	0,69026	0,34513	9,424	0,000511
FACTOR B	2	0,41087	0,20543	5,610	0,007573
FACTOR A*FACTOR B	4	2,37426	0,59357	16,208	0,000000
Error	36	1,31836	0,03662		
Total	44	4,79374			

7. Análisis de varianza para la variable vigor en la inducción de enraizamiento de brotes epicórmicos de *Cordia alliodora*

Efecto	Los resultados univariados para cada DV (VIGOR) Sigma-restringida parametrización Descomposición hipótesis Efectiva				
	Grados de Error	Suma de	Cuadros	Valor de F	Probabilidad p
Interceptar	1	78,40250	78,40250	1491,584	0,000000
FACTOR A	2	0,19276	0,09638	1,834	0,174448
FACTOR B	2	0,82484	0,41242	7,846	0,001485
FACTOR A*FACTOR B	4	3,29896	0,82474	15,690	0,000000
Error	36	1,89228	0,05256		
Total	44	6,20884			

## 8. FOTOGRAFIAS

### Selección de árboles



### Inducción de brotes



### Siembra de brotes epicórmicos



### Brotos epicórmicos en sustrato de enraizamiento

