

**PROPAGACIÓN ASEXUAL DE CASCARILLO (*Ladenbergia oblongifolia*,
Mutis) EN CONDICIONES DE VIVERO EN EL MUNICIPIO DE POPAYAN EN
EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**MARÍA DEL MAR GALLEGO SOTELO
YASMIN STELLA DÍAZ URBANO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN, CAUCA
2008**

**PROPAGACIÓN ASEJUAL DE CASCARILLO (*Ladenbergia oblongifolia*,
Mutis) EN CONDICIONES DE VIVERO EN EL MUNICIPIO DE POPAYAN EN
EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**MARÍA DEL MAR GALLEGO SOTELO
YASMIN STELLA DÍAZ URBANO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al Título de
Ingeniero Forestal**

**Director
Roman Ospina Montealegre
Ingeniero Forestal**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN, CAUCA
2008**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Mg. ROMÁN OSPINA M.
Director del Trabajo de Grado

Mg. LEONIDAS ZAMBRANO POLANCO
Jurado

Mg. OSCAR DARIO BERMUDEZ
Jurado

Popayán, 24 de noviembre de 2008.

DEDICATORIA

*En el cielo Dios es el camino, la luz y la esperanza.
Pero en la tierra hay una persona a quien debo todo. Por tu amor,
tu esfuerzo y dedicación, por tus grandes enseñanzas, por tu apoyo incondicional.
¡GRACIAS! Por hacer de mi una persona de bien; por eso este triunfo es para
ti MAMÁ. Te quiero mucho.*

Dedicado a Mirtha O. Sotelo

*A DIOS por ser el guía de mis días y mis noches, por ser mi ángel de la guarda,
a mis padres Placido Díaz y Mercedes Urbano y a mi hermano Fidencio Díaz,
quienes con gran esfuerzo y dedicación lograron sacarme adelante, quienes sin
importar las condiciones siempre estuvieron a mi lado y siempre tuvieron una frase de
aliento para que continuara y lograra ser una profesional, y a John Escobar quien
con su amor, confianza y apoyo incondicional ha sido una luz en mi vida para
continuar hacia el camino de la felicidad.
"ESTE TÍTULO ES PARA USTÉDES" ...los QUERO MUCHO...*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar nuestros caminos y llenar nuestras vidas de fe y esperanza.

Al Ingeniero Román Ospina, por su interés, asesoría y colaboración en todo el desarrollo del trabajo.

A la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), por facilitar las instalaciones del vivero La Florida y el suministro de materiales e insumos para el desarrollo del trabajo.

Al ingeniero Luis Carlos Montoya por la asesoría brindada durante el desarrollo del experimento, también a los empleados del vivero La Florida quienes contribuyeron con trabajo al desarrollo del experimento.

A la Señora Adielá Rojas propietaria de la finca por su colaboración para la recolección del material.

A los biólogos Leonidas Zambrano y Oscar Bermudez por la colaboración en la evaluación del trabajo.

A todo el cuerpo de docentes (Ingenieros, Licenciados y demás) quienes contribuyeron para nuestra formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE	15
1.1.1 Antecedentes	15
1.1.2 Clasificación Taxonómica y sinónimos de <i>L. oblongifolia</i>	16
1.1.3 Características de la especie	17
1.1.4 Usos de la especie	19
1.1.5 Ecología de la especie	20
1.1.5.1 Temperaturas y precipitación pluvial	20
1.1.5.2 Suelos aptos para la especie	20
1.2 PROPAGACIÓN VEGETATIVA	20
1.2.1 Principales usos de la propagación vegetativa	21
1.2.2 La propagación vegetativa natural	21
1.2.2.1 Por tallo	21
1.2.2.2 Por bulbos	21
1.2.2.3 Por raíces	22
1.2.2.4 Por hojas	22
1.2.2.5 Por estaca	22
1.2.2.6 Por acodo	22
1.2.2.7 Por injerto	22
1.2.3 Protocolos o procedimientos para la propagación vegetativa	22
1.2.3.1 Selección de árboles	22
1.2.3.2 Estructuras de propagación vegetativa	23
1.2.3.3 Escogencia de las estructuras de propagación vegetativa en plantas vasculares	23
1.2.4 Enraizamiento de segmentos	23
1.2.4.1 Cortes de hojas	24
1.2.4.2 Cortes de raíz	24
1.2.4.3 Cortes de ramas	24
1.2.5 Obtención de estacas	24
1.2.6 El Sustrato para el enraizamiento de estacas	25
1.2.7 Preparación de las estacas	25
1.2.8 Enraizamiento y establecimiento	26

1.2.9 Inducción del enraizamiento	26
1.3 LOS FITORREGULADORES	26
1.3.1 Función Principal de los fitorreguladores	27
1.3.1.1 Auxinas	27
1.3.1.2 Giberelinas	27
1.3.1.3 Ácido Abscísico	27
1.3.1.4 Citoquininas	27
1.3.2 Hormonagro	27
1.4 SÁBILA (<i>Aloe vera</i>)	28
2. METODOLOGIA	29
2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
2.2 PREPARACIÓN EN VIVERO	30
2.3 RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS ESTACAS	31
2.4 TRANSPORTE DEL MATERIAL VEGETAL	32
2.5 SIEMBRA	32
2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	34
2.6.1 Fuentes de variación	35
2.6.2 Variables de respuesta	35
2.6.3 Análisis estadístico	35
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
ANEXOS	42
BIBLIOGRAFÍA	45

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación Taxonómica y sinónimos de <i>Ladenbergia oblongifolia</i> .	16
Cuadro 2. Descripción del diseño experimental aleatorizado en arreglo factorial 2 ² de la propagación vegetativa por medio de estacas de <i>L. oblongifolia</i> .	35
Cuadro 3. Resultados en porcentajes de la propagación vegetativa de <i>L. oblongifolia</i> a partir de estacas en un diseño aleatorizado en arreglo factorial 2 ²	36
Cuadro 4. Medias de los porcentajes de los tratamientos del ensayo de propagación asexual por medio de estacas de <i>L. oblongifolia</i> en condiciones de vivero.	37

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotografía de la copa de <i>L. oblongifolia</i> (Mutis) tomada en la vereda Ventanas del municipio de Caldone, departamento del Cauca	18
Figura 2. Fotografía de las hojas de <i>L. oblongifolia</i> tomada en la vereda Ventanas del municipio de Caldone, departamento del Cauca	18
Figura 3. Fotografía del fuste de <i>L. oblongifolia</i> tomada en la vereda Ventanas del municipio del Caldone, departamento del Cauca	19
Figura 4. Fotografía de la fuente semillera de <i>L. oblongifolia</i> identificada por CONIF ubicada en la vereda Ventanas del municipio de Caldone Cauca	29
Figura 5. Fotografía de la preparación del sustrato para la siembra de las estacas de <i>L. oblongifolia</i>	30
Figura 6. Fotografía de la inmersión de las estacas de <i>L. oblongifolia</i> en el gel de <i>Aloe vera</i>	31
Figura 7. Fotografía de la inmersión de las estacas de <i>L. oblongifolia</i> en parafina derretida	32
Figura 8. Fotografía de la siembra de las estacas de <i>L. oblongifolia</i> en el vivero La Florida de la C.R.C	33
Figura 9. Fotografía de las estacas de <i>L. oblongifolia</i> con raíces	33
Figura 10. Fotografía de las estacas de <i>L. oblongifolia</i> con yemas o brotes	34
Figura 11. Gráfico que muestra los promedios de los porcentaje de raíces, mortalidad, sobrevivencia y yemas en los tratamientos del ensayo de propagación vegetativa de <i>L. oblongifolia</i>	37

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Resultados del ensayo de propagación asexual por medio de estacas de <i>L. oblongifolia</i> en condiciones de vivero.	42

RESUMEN

El presente trabajo fue efectuado entre marzo y agosto de 2008 en las instalaciones del vivero La Florida de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), consistió en propagar vegetativamente por medio de estacas la especie nativa *Ladenbergia oblongifolia* y determinar la viabilidad técnica de la propagación asexual de la especie en condiciones de vivero, mediante el uso de dos factores: enraizador (A) (sábila y ANA al 0.40%) y la estructura del árbol de donde se obtuvieron las estacas (B) (tocón y ramas) y la combinación de estas modalidades generaron cuatro tratamientos que fueron: tocón-ANA, tocón-sábila, ramas-ANA y ramas-sábila; para realizar una comparación se tomaron dos tratamientos como testigos absolutos de tocón y ramas a los cuales no se les adicionó ningún enraizador. Se hicieron evaluaciones de porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de mortalidad y porcentaje de brotes durante cuatro meses después de la siembra, el porcentaje de enraizamiento se evaluó al finalizar el ensayo.

Los resultados obtenidos para la especie *L. oblongifolia* indican que la propagación mediante estacas no es muy efectiva, pero es posible que en posteriores estudios y teniendo en cuenta diversos factores como las condiciones medioambientales, variables como la longitud y el diámetro de las estacas y la implementación de otro tipo de tratamientos hormonales conlleve a mejorar los resultados. El porcentaje promedio de estacas enraizadas fue de 3.33% que corresponde al tratamiento tocón-ANA, el porcentaje promedio de mortalidad fue de 71.67%, 71.67%, 73.33% y 76.67% para los tratamientos tocón-sábila, tocón-ANA, ramas-sábila y ramas-ANA respectivamente; el porcentaje promedio de sobrevivencia fue de 28.33%, 28.33%, 26.67% y 23.33% para los mismos tratamientos respectivamente, y el porcentaje promedio de yemas fue de 6.67%, 6.67%, 1.11% y 1.11% para los mismos tratamientos respectivamente. Los mejores resultados en porcentaje de yemas y porcentaje de sobrevivencia, se presentaron en los tratamientos tocón-sábila y tocón-ANA y en el único tratamiento que se presentó formación de raíces fue en tocón-ANA. Las estacas provenientes de ramas no arrojaron buenos resultados con ningún enraizador, no hubo formación de raíces, la presencia de yemas y sobrevivencia del material fue mínima y el mayor porcentaje de mortalidad se presentó en las estacas provenientes de ramas, aunque se les adicionó el enraizador (sábila, ANA).

Palabras clave: ANA, sábila, tocón, ramas, porcentaje de enraizamiento, porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de mortalidad y porcentaje de yemas o brotes.

INTRODUCCIÓN

La demanda de madera en el país es cada vez mayor por lo que la presión sobre los bosques naturales se está incrementando, debido a esto es necesario realizar estudios relacionados con la conservación de especies nativas para garantizar su permanencia a través del tiempo. Por lo planteado anteriormente ha surgido la idea de conservar una especie nativa encontrada en la región caucana como es la especie cascarillo (*Ladenbergia oblongifolia* Mutis), ya que no es muy conocida en la región y considerando que en otras regiones del mundo como Europa se le da diversidad de usos tanto medicinales como maderables. *L. oblongifolia* es una especie que se caracteriza por crecer fácilmente por medio de la regeneración natural y no hay estudios referentes a la propagación asexual.

La región norte del altiplano de Popayán, estuvo cubierta hace algunos años por un tipo de selva subandina según Cuatrecasas (1958) y que corresponde a bosque húmedo premontano de acuerdo al sistema de Holdridge (1978), en donde la especie *Ladenbergia oblongifolia* Mutis L. Andersson fue dominante¹.

La especie *L. oblongifolia* fue encontrado inicialmente en Bolivia, Perú y Ecuador y en el año de 1772 se conoció la existencia de esta especie en Colombia principalmente en la zona Andina, la cual presenta condiciones medioambientales favorables para el desarrollo de ella². Requiere de climas cálidos, húmedos, con precipitaciones abundantes, persistentes y nubosidad casi todo el año donde la precipitación pluvial anual debe ser hasta 2,000 mm y soporta temperaturas bajas de hasta 6.5 °C y altas hasta 25 °C; las zonas altas con topografía ondulada y empinada favorecen el desarrollo de esta³.

A partir de plantas propagadas y adaptadas en vivero, en un futuro se busca producir masivamente ejemplares de *L. oblongifolia* para el abastecimiento de programas de reforestación para conservar la especie en zonas donde actualmente habita.

¹ CAJAS B, Fernando Augusto. "Biología de la reproducción de la especie arbórea nativa. *Ladenbergia oblongifolia* (Mutis) L. Andersson". (1997)

² KIRKBRIDE, J. 1982

³ ANACAFÉ. 2004

Para propagar la especie se escogió el método de propagación asexual por medio de estacas, colectadas a partir de tocones y ramas existentes en el área, como objetivo se busca propagar la especie en condiciones de vivero por medio de la evaluación de cuatro tratamientos y establecer cual es el mejor para el enraizamiento de las estacas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el método de propagación asexual por medio de estacas de cascarillo (*Ladenbergia oblongifolia*, Mutis) en condiciones de vivero en el municipio de Popayán, departamento del Cauca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar diferentes tratamientos en la propagación vegetativa de estacas de *L. oblongifolia*.
- Determinar la viabilidad técnica de la propagación asexual por medio de estacas de *L. oblongifolia* en condiciones de vivero en el municipio de Popayán.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

L. oblongifolia es una especie que habita en el municipio de Caldoño Cauca, la cual se encuentra actualmente en extinción por la sobre explotación que le ha dado el hombre por ser una especie maderable muy apreciada por la diversidad de usos que se le pueden dar, lo que la hace muy valiosa y costosa.

1.1.1 Antecedentes. Los estudios realizados relacionados con esta especie nativa *L. oblongifolia* son acerca de la biología de la reproducción y las asociaciones micorríticas de la especie.

La especie presenta abundante regeneración natural a consecuencia de la fácil germinación de las semillas ya que por ser pequeñas y aladas, se dispersan fácilmente en el medio, estas se producen entre finales de junio y finales de agosto, sin embargo su cosecha es difícil y dispendiosa. Al colectarse deben guardarse en un recinto fresco, seco y aireado, no deben almacenarse en bolsas plásticas y se recomienda usar recipientes aireados como bolsas de papel o sacos de malla fina, antes de su almacenamiento deben limpiarse cuidadosamente tratando de eliminar otras partes de los frutos, insectos y otras impurezas. En la literatura se encuentra un estudio relacionado con la biología de la reproducción de esta especie arbórea nativa, el cual se basó en la caracterización de las condiciones ecológicas del medio donde se desarrolla la especie, considerando aspectos edáficos y bióticos para plantear una alternativa de manejo racional del recurso vegetal; teniendo en cuenta aspectos como la caracterización morfológica y fisiológica de las semillas considerando tamaño, peso, color, viabilidad, vigor, germinación y contenido de humedad, además de un análisis fisionómico y estructural de un relicto de bosque donde predomina la especie arbórea nativa *L. oblongifolia*, que se encuentra asociada con especies como *Cupania sp*, *Erythrina sp*, *Cecropia sp*, *Hedyosmum racemosum*, entre otras. En las pruebas de germinación realizadas a semillas de *L. oblongifolia* se encontraron porcentajes muy bajos (8%) debido a que es muy difícil colectarlas de buena calidad porque son muy susceptibles al ataque de insectos, otros factores que se deben tener en cuenta son la disponibilidad de luz, bajo contenido de humedad y condiciones de almacenamiento; por otro lado el porcentaje de viabilidad promedio es alto para semillas almacenadas durante un mes y va disminuyendo para semillas

almacenadas a través del tiempo (9 meses).⁴

Otros estudios muestran una gran capacidad de adaptación del cascarillo a las zonas que presentan un relieve con pendientes muy fuertes y a los suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes, además de la identificación de unas esporas de hongos que en términos generales no formaban asociaciones micorríticas de tipo específico con el cascarillo en su estado natural, debido a que este está asociado en su entorno con otras especies vegetales, lo que hace suponer que estas otras especies también se benefician de este tipo de esporas.⁵

1.1.2 Clasificación Taxonómica y sinónimos de *L. oblongifolia*, (Mutis) L. Anderson. La clasificación taxonómica y sinónimos de la especie se muestra en el cuadro 1.⁶

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica y sinónimos de *Ladenbergia oblongifolia*.

Phylum	<i>Tracheophyta</i> Sinnott, 1935 ex Cavalier-Smith, 1998 - Vascular Plants
Clase	<i>Magnoliopsida</i> Brongniart, 1843 – Dicotyledons
Subclase	<i>Lamiidae</i> Takhtajan ex Reveal, 1992
Orden	<i>Rubiales</i> Dumortier, 1829
Familia	<i>Rubiaceae</i> (rich-AR-dee-uh) A.L. de Jussieu, 1789 - Coffee Family
Género	<i>Ladenbergia</i>
Nombre científico	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L.Andersson
Sinónimos	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Buena magnifolia</i> (Ruiz & Pav.) Wedd. - <i>Buena nitida</i> (Benth.) Wedd. - <i>Cascarilla caduciflora</i> (Humb. & Bonpl.) Wedd. - <i>Cascarilla gavanensis</i> Schltldl. - <i>Cascarilla magnifolia</i> (Ruiz & Pav.) Wedd. - <i>Cascarilla magnifolia</i> var. <i>caduciflora</i> (Humb. & Bonpl.) Wedd. - <i>Cascarilla magnifolia</i> var. <i>rostrata</i> (Wedd.) Wedd. - <i>Cascarilla magnifolia</i> var. <i>vulgaris</i> Wedd. - <i>Cascarilla nitida</i> (Benth.) Wedd. - <i>Cascarilla oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) Wedd. - <i>Cascarilla rostrata</i> Wedd.

⁴ CAJAS B, Fernando Augusto. Op. Cit., p.12

⁵ CABEZAS C, Henry Antonio. "Evaluación y reconocimiento de micorrizas nativas en el cascarillo (*Ladenbergia magnifolia*)". (2005)

⁶ Zipcodezoo.com

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Cinchona caduciflora</i> Humb. & Bonpl. - <i>Cinchona cuatrecasasii</i> Standl. ex Steyererm. - <i>Cinchona grandifolia</i> Ruiz & Pav. ex Poir. - <i>Cinchona heterocarpa</i> H.Karst. - <i>Cinchona lutescens</i> Ruiz ex Vitman - <i>Cinchona lutescens</i> Vell. - <i>Cinchona magnifolia</i> Ruiz & Pav. - <i>Cinchona nitida</i> Benth. - <i>Cinchona oblongifolia</i> Humb. ex Mutis - <i>Ladenbergia gavanensis</i> (Schltdl.) Standl. - <i>Ladenbergia magnifolia</i> (Ruiz & Pav.) Klotzsch - <i>Ladenbergia nitida</i> (Benth.) Klotzsch - Quina roja, Mutis
--	--

Fuente: zipcodezoo.com

1.1.3 Características de la especie. *Quino (cascarillo)* es un nombre genérico que reciben diversas especies (más de una veintena) de árboles originarios de América, pertenecientes al género *Cinchona*, de cuya corteza, denominada quina, se extraen diversas sustancias, entre ellas la quinina, utilizada para combatir el paludismo. Los quinos más apreciados son los que crecen en la provincia de Loja, en Ecuador. También se llama cascarillero, cascarilla y cuarango⁷.

L. oblongifolia, Mutis pertenece a la familia Rubiaceae. Es un árbol de 18 a 20 m de alto, muy ramificado; estípulas 2-3 cm de largo, seríceas, base connada, ápice agudo; hojas oblongo-lanceoladas u oblongo-ovadas, glabras, coriáceas, con la margen íntera, 8 pares de nervios, largamente peciolada, pecíolo 3.7 cm de largo; lámina de color verde claro, 15-20 cm de largo, 10.5-12.5 cm de ancho; inflorescencia en panículos largamente pedunculados, flores blancas muy abundantes, cáliz 4-5 cm lobulado, triangular, ovado, agudo, tomentoso, con la corola de más o menos 1.5 cm de largo, lóbulos lanceolados, agudos, pubescente; frutos linear-oblongos, glabros, con 2 valvas, de unos 4.5 cm de largo y 5 mm de diámetro; en las figuras 1, 2 y 3 se muestran fotografías de la copa con sus inflorescencias, las hojas y el fuste del árbol respectivamente⁸.

⁷ ANACAFÉ. Op. Cit., p.12

⁸ RODRIGUEZ, Luis Ernesto y ARIZA, Jorge Eliecer. "Proyecto conjunto de las facultades de Ingeniería de Sistemas y Biología de la Universidad INCCA de Colombia". 1998.

Figura 1. Fotografía de la copa de *L. oblongifolia* (Mutis) tomada en la vereda Ventanas del municipio de Caldon, departamento del Cauca



Fuente: Los Autores

Figura 2. Fotografía de las hojas de *L. oblongifolia* tomada en la vereda Ventanas del municipio de Caldon, departamento del Cauca



Fuente: Los Autores

Figura 3. Fotografía del fuste de *L. oblongifolia* tomada en la vereda Ventanas del municipio de Caldono, departamento del Cauca



Fuente: Los autores

1.1.4 Usos de la especie. *L. oblongifolia* es considerada como maderable, siendo de buena calidad para tablas y mueblería; no se raja ni se descompone fácilmente en el campo, por esta razón es usada como puntales en las minas. La madera es de color rosado, es flexible, ideal para ebanistería⁹.

Tiene otros usos como: maceración en agua fría, y luego la hierven: resulta un líquido o poción de color rojo vinoso, que dan al enfermo de fiebres. La corteza se emplea como tónico y eupéptico, por lo que se utiliza como preventiva y curativa del paludismo. La cocción de la corteza o bien el sulfato de *L. oblongifolia* es antifermentativo en los catarros crónicos del estómago con fermentación ácida¹⁰.

También se usa para acelerar el trabajo en el parto. Al exterior como tónico del cabello¹¹.

⁹ ANACAFÉ, Op. Cit., p.17

¹⁰ Ibid., p.17

¹¹ RODRIGUEZ, Luis Ernesto y ARIZA, Jorge Eliecer. Op. Cit., p.17

1.1.5 Ecología de la especie. El árbol de *L. oblongifolia* requiere de climas cálidos, húmedos, con precipitaciones abundantes y persistentes y nubosidad casi todo el año¹².

1.1.5.1 Temperaturas y precipitación pluvial. La precipitación pluvial anual debe ser un poco menos de 2,000 mm y una evapotranspiración potencial promedio de 865 mm/año, habita en una altitud de 900 hasta 2.100 m.s.n.m y tiene un rango de distribución con un óptimo de 1600 m.s.n.m¹³.

Para *L. oblongifolia* las áreas muy altas son inadecuadas debido a las heladas nocturnas ya que esta soporta temperaturas bajas de hasta 6.5 °C y altas hasta 25 °C, estas variaciones de temperatura y precipitación están en función de la altitud y latitud.¹⁴

1.1.5.2 Suelos aptos para la especie. Según estudios realizados los suelos más adecuados para las plantaciones de *L. oblongifolia*, son aquellos de origen volcánico intemperizado y bajo una jungla virgen, y cuanto más joven sea el suelo, mejor será el cultivo, estos suelos son profundos, desmoronables, fértiles y bien drenados, con una espesa cubierta de materia orgánica y una elevada capacidad retentiva de humedad, son extremadamente ricos en bases, particularmente el calcio para el cual el cascarillo (quina roja) tiene una gran exigencia, el pH de estos suelos varía de 4.6 a 6.5, puede crecer en una amplia variedad de tipos de suelo, pero para el mejor desarrollo de los árboles los suelos se deben aproximar a las exigencias anteriormente dichas. Los suelos donde se encuentra esta especie se clasifican como coluviales y aluviales; se establecen en topografías onduladas con escasa área suave, generalmente en laderas y en zonas predominantemente empinadas, las especies del género *Ladenbergia* se pueden encontrar asociadas con especies vegetales como: Romerillo, cedro de altura, nogal, guayacán, zarzamora.¹⁵

1.2 PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Se entiende por propagación vegetativa, la reproducción asexual de plantas a partir de partes de raíz, tallo, hojas o ramas, originando plantas genéticamente iguales a la planta original en donde la parte propagada contiene la misma

¹² ANACAFÉ, Op. Cit., p.19

¹³ RODRIGUEZ, Luis Ernesto y ARIZA, Jorge Eliecer. Op. Cit., p.19

¹⁴ Ibid., p.19

¹⁵ Ibid., p.19

información genética del árbol del cual son obtenidas, lo que permite la conservación de recursos genéticos y presentan ventajas para la producción de material vegetal con características preconocidas como el volumen, calidad de frutos, vigor, resistencia a enfermedades entre otras¹⁶.

La propagación vegetativa es muy limitada para especies forestales debido al desconocimiento sobre el comportamiento de muchas de estas, hacen falta programas de investigación que determinen la viabilidad de ser propagadas vegetativamente por algún sistema como el cultivo de tejidos debido a los altos costos de producción.¹⁷

1.2.1 Principales usos de la propagación vegetativa. Se usa para el establecimiento de colecciones de clones con el fin de conservar los recursos genéticos de muchas especies que están en peligro de extinción. También para propagar algunas especies que no son fáciles de reproducir por métodos sexuales o son de muy escasa o espaciada reproducción.¹⁸

1.2.2 La propagación vegetativa natural. La propagación vegetativa dependiendo de la parte de la planta que intervenga se clasifica en varios tipos, como son por tallo, por bulbos, por raíces, por hojas, por estacas, por acodo y por injerto.¹⁹

1.2.2.1 Por tallo. Si son horizontales y crecen por encima de la tierra, se llaman estolones. Si los tallos crecen por debajo de la tierra, es decir, subterráneos, se llaman rizomas, como el jengibre. Los rizomas y los estolones forman raíces.²⁰

1.2.2.2 Por bulbos. Son tallos subterráneos modificados a partir de los cuales surgen nuevas plantas.²¹

¹⁶ TRUJILLO NAVARRETE, Enrique. "Manejo de semillas, viveros y plantación inicial: semillas, viveros, propagación vegetativa, plantación y arborización urbana". s.l. : CEDETRABAJO. Sin Fecha.

¹⁷ LAMPRECHT, Hans. "Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas Forestales en los Bosques Tropicales y sus especies arbóreas: Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido". 1990.

¹⁸ TRUJILLO NAVARRETE, Enrique, Op. Cit., p.21

¹⁹ TAIARIOL, Dario. "Propagación vegetativa". 2005

²⁰ Ibid., p.21

²¹ Ibid., p.21

1.2.2.3 Por raíces. Las raíces horizontales de varias plantas sirven como medio de propagación vegetativa, de la misma forma que lo hacen los estolones y los rizomas, pero no forman raíces.²²

1.2.2.4 Por hojas. En algunas plantas, cuando las hojas verdes caen, pueden desarrollar raíces, crecer y convertirse en nuevas plantas.²³

1.2.2.5 Por estaca. La estaca es una rama pequeña con nudos y yemas, después que se separa de la planta y se siembra en la tierra, inmediatamente, le salen raíces que se desarrollan rápidamente y se convierten en una nueva planta. Comúnmente se usa el tallo, pero el uso de fragmentos de cualquier parte de la planta para la propagación, también puede considerarse dentro de esta técnica.²⁴

1.2.2.6 Por acodo. Consiste en doblar una rama de una planta, enterrarla y cuando tenga raíces, separarla de la planta madre. La acodadura se diferencia de la estaca, en que la formación de las raíces ocurre antes y no después de la separación.²⁵

1.2.2.7 Por injerto. Consiste en introducir un fragmento de tallo a otra planta, ambas de la misma especie o género, pero generalmente de una variedad diferente. Esto es posible debido a que las plantas pueden soldarse cuando están en íntimo contacto. Esta reproducción es ventajosa en el caso de los árboles frutales que al ser sembrados por semillas, o no dan frutos o tardan mucho tiempo en fructificar.²⁶

1.2.3 Protocolos o procedimientos para la propagación vegetativa. Para la propagación vegetativa se deben tener en cuenta la selección de los árboles, las estructuras de propagación, y la escogencia de las estructuras de propagación.²⁷

1.2.3.1 Selección de árboles. La silvicultura clonal se basa en la selección de árboles sobresalientes con las características deseadas para el mejoramiento y en la propagación por métodos vegetativos para obtener copias genéticamente idénticas de cada uno, para que puedan ser utilizadas en programas de

²² Ibid., p.21

²³ Ibid., p.21

²⁴ Ibid., p.21

²⁵ Ibid., P.21

²⁶ Ibid., P.21

²⁷ MESÉN, F. "Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación". 1998.

reforestación comercial, un árbol sobresaliente será aquel dominante o codominante, de fuste recto, sin bifurcaciones ni torceduras en espiral, de ramas delgadas y horizontales y libres de enfermedades y plagas, estas características podrán variar dependiendo del objetivo final de la plantación, por ejemplo, en una especie para leña no interesa la rectitud del fuste, pero si el vigor y la producción de ejes múltiples, y si el interés es la producción de frutos, ese sería el principal parámetro de selección; tampoco es posible hablar de una edad mínima absoluta para la selección de los árboles, ya que esta también podrá variar de acuerdo con la especie, el objetivo de la plantación, la disponibilidad de material y otros factores.²⁸

1.2.3.2 Estructuras de propagación vegetativa. Varias especies de plantas vasculares, en su mayoría especies cultivadas, no producen semillas aunque presentan flores, por lo que es necesaria su multiplicación por medio de la propagación vegetativa que implica el enraizamiento y la separación de una parte de la planta original que se desarrolla directamente en nuevos individuos.²⁹

1.2.3.3 Escogencia de las estructuras de propagación vegetativa en plantas vasculares. En virtud de la capacidad para formar yemas y raíces adventicias, casi cualquiera de los órganos de una planta vascular tiene relación con su propagación vegetativa al sufrir modificaciones anatómicas y funcionales que le permiten desarrollarse en un organismo vegetal completo e independiente, con las mismas características genéticas de la planta progenitora.³⁰

1.2.4 Enraizamiento de segmentos. Esta técnica de propagación tiene muchas ventajas y se emplea exitosamente sin necesidad de gran inversión económica, la técnica más común es la inducción de la formación de raíces en una sección del tallo o de la rama, de manera que se origine una planta independiente; en los casos en que se ha experimentado propagar árboles mediante el enraizamiento a partir de segmentos se ha tenido éxito en más de 80 por ciento y según la parte de la planta de donde se obtienen los segmentos (cortes o fragmentos) se ha dividido en cortes de: hojas, de brotes o renuevos, de raíz y de ramas; la selección de cualquiera de ellos depende básicamente de las características inherentes a cada especie, de las facilidades para obtener y manipular los cortes (en función del estado fenológico de la planta), del propósito de la propagación y de la disponibilidad de recursos económicos.³¹

²⁸ Ibid., p.22

²⁹ Ibid., p.22

³⁰ MAJÍA, Mercedes. "Propagación sexual y asexual de algunas especies promisorias de la Amazonía Colombiana". Sin fecha

³¹ SAN MIGUEL, Francisco *et al.* "Enraizamiento de estacas de Onoto". 1999

1.2.4.1 Cortes de hojas. Algunas especies herbáceas, como las violetas africanas y las peperonias, producen raíces a partir de sus hojas y posteriormente tallos; sin embargo, esto no ocurre con facilidad en la mayoría de los árboles. Los cortes que incluyen además de la hoja una yema axilar y un fragmento de rama son adecuados para propagar algunas especies leñosas y también se utilizan para propagar árboles cuando la cantidad disponible de otro tipo de segmentos es escasa.³²

1.2.4.2 Cortes de raíz. La capacidad de muchos árboles de producir ramas a partir de sus raíces (en condiciones adecuadas de crecimiento) se utiliza para propagar algunas plantas, como los plátanos y los guayabos.³³

1.2.4.3 Cortes de ramas. La propagación vegetativa mediante segmentos de ramas o brotes es uno de los métodos más usados para propagar plantas leñosas en vivero. Según las características de madurez de la madera de donde se obtienen las ramas o brotes, los cortes pueden ser: de maderas duras, semiduras y suaves; aunque las diferentes fases de maduración se presentan de manera continua, generalmente se distinguen por la forma y el color de las hojas y por los cambios de coloración del tallo o ramas. Las técnicas de propagación de árboles por medio de cortes de ramas se dividen en cortes de segmentos foliados y de segmentos defoliados, cada uno de éstos utiliza cortes de madera con un grado de maduración diferente, y como proceden de árboles de contrastante ciclo fenológico, esta diferencia se relaciona con la acumulación de reservas en los tejidos del tallo.³⁴

1.2.5 Obtención de estacas. La forma más tradicional de obtener plantas de trozos de la planta madre, es por medio de estacas o "podos", en ciertas plantas puede ser por medio de trozos de hojas o incluso de porciones de raíz, pero no es lo más frecuente. Al cortar estacas de una determinada planta siempre se elige la madera joven, porque los tejidos, cuanto más nuevos son, con más facilidad se diferencian, si estas estacas son demasiado tiernas, se corre el riesgo de que antes de formar raíces, se pudran y al obtener y manipular adecuadamente las estacas deben tomarse en cuenta la alta humedad del aire, la intensidad moderada de luz, con temperaturas estables, un medio favorable de enraizamiento, y una protección adecuada contra el viento, las plagas y las enfermedades, sobre todo debe evitarse la deshidratación, pues los cortes con hojas pierden rápidamente agua por medio de la transpiración, aun cuando exista

³² Ibid., p.23

³³ Ibid., p.23

³⁴ Ibid., P.23

una alta humedad relativa, como no tienen raíces, la absorción de agua es mucho más lenta, y esto afecta el estado de hidratación de la estaca.³⁵

La obtención de ramas de la planta donante debe realizarse por la mañana o por la tarde (antes de las 10 am o después de las 4 pm), con la finalidad de evitar la pérdida de agua durante las horas de mayor insolación, es conveniente que la poda de las ramas elegidas (con crecimiento vertical) se realice a la altura de los 10 nudos o menos, como en el caso de los brotes obtenidos de tocones, cuando se dificulte distinguir el número de nudos es recomendable tomar como criterio una altura del brote o rama, desde 10 cm hasta 1 m, para asegurar una mayor capacidad de enraizamiento.³⁶

1.2.6 El Sustrato para el enraizamiento de estacas. El enraizamiento de estacas requiere un sustrato especial para tal fin, que dependerá principalmente de si se cuenta o no con un sistema de riego, y si se desea que en el mismo medio de enraizamiento sea luego transferida la nueva plántula al sitio de plantación, si no se tiene un sistema de riego automático nebulizado, entonces deberá utilizarse un sustrato capaz de retener la humedad, entre otros, tierra con arena (50:50), tierra pura o con un 10% de granza de arroz, y los pellets o pastillas silvícolas³⁷.

1.2.7 Preparación de las estacas. La identificación de las estacas es uno de los aspectos más importantes de todo el proceso, ya que no debe mezclarse material procedente de diferentes clones. Por lo tanto, es recomendable establecer una organización del personal y del equipo (baldes, pellets, bandejas, etc.), de modo que se garantice que el material de cada clon se procesará de manera independiente y debidamente identificado durante todo su proceso. Las estacas que vienen del tocón deben tener un largo aproximado de 20 cm para evitar que sufra un estrés hídrico severo o se marchite³⁸.

En el invernadero, las estacas se cortan hasta dejarlas de un tamaño de unos 4-6 cm, procurando que incluyan al menos 2 nudos y eliminando el ápice o entrenudo terminal (últimos 1-2 cm), porque por lo general es demasiado succulento y propenso al marchitamiento, no se recomienda propagar las estacas muy lignificadas o cercanas a la base del brote, ya que presentan mayor dificultad para enraizar y la preparación de las estacas debe realizarse siempre a la sombra y

³⁵ HILDEBRANDT, Teodorico. "Propagación vegetativa". 2006

³⁶ Ibid., p.25

³⁷ BADILLA, Yorlenny, y MURILLO, Olman. "Revista Forestal Kurú (Costa Rica) 2(6)". 2005

³⁸ SAN MIGUEL, Francisco *et al.* Op. Cit., p.23

estas deben permanecer húmedas el mayor tiempo posible, se puede realizar fuera del invernadero, bajo un cobertizo cómodo y bien ventilado.³⁹

1.2.8 Enraizamiento y establecimiento. El área donde se colocarán las estacas para el enraizamiento debe ser fresca y sombreada, la temperatura óptima para que ocurra se encuentra entre los 20 y 25°C; cuando las temperaturas suben arriba de 30°C la humedad relativa de la atmósfera o contenido de vapor de agua presente en el aire tendrá que ser muy alto (más de 90%) para impedir que las plantas pierdan demasiada agua al incrementarse su transpiración y terminen marchitándose. La sombra se puede producir con materiales de origen vegetal como hojas de palma, paja, ramas secas, o con mallas plásticas especiales diseñadas para ese propósito, el material utilizado para esto debe transmitir una luz que sea apropiada para activar la fotosíntesis de las plantas⁴⁰.

1.2.9 Inducción del enraizamiento. No todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, por lo que a veces es necesario aplicar sustancias fitoregulatoras que provoquen la formación de raíces como las auxinas y que en dosis muy pequeñas, regulan los procesos fisiológicos de las plantas; las hay de origen natural, como el ácido indolacético (AIA), y sintéticas, como el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA), todas estas estimulan desarrollo de las raíces cuando se aplica en la base de las estacas. La mayoría de las especies forestales enraízan adecuadamente con AIB, aunque se ha observado que para algunos clones la adición de ANA resulta más benéfica.⁴¹

1.3 LOS FITORREGULADORES

Se entiende por fitoreguladores aquellas sustancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el desarrollo ó metabolismo del vegetal. El término "sustancias reguladoras del crecimiento" es más general y abarca a las sustancias tanto de orígenes naturales como sintetizados en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo ó desarrollo en la planta. Los fitoreguladores y las enzimas cumplen funciones de control químico en los organismos multicelulares, las plantas no sólo necesitan para crecer agua y nutrientes del suelo, luz solar y bióxido de carbono atmosférico, ellas, como otros seres vivos, necesitan fitoreguladores para lograr un crecimiento armónico. Los

³⁹ MESÉN, F. Op. Cit., p.22

⁴⁰ BADILLA, Yorlery, y MURILLO, Olman. Op. Cit., p.25

⁴¹ LÓPEZ, Alfredo; BURGOS, Angela, y CENÓZ, Pedro. "Regulador de crecimiento en el prendimiento de estacas de anís de campo (*Ocimum selloi*)". 2004

fitorreguladores pertenecen a cinco grupos conocidos de compuestos que ocurren en forma natural las fitohormonas que son: auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico.⁴²

1.3.1 Función principal de los fitorreguladores. El desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos como luz, nutrientes, agua y temperatura, entre otros, e internos como fitorreguladores. Estos fitorreguladores son compuestos naturales que poseen la propiedad de regular procesos fisiológicos en concentraciones muy por debajo de la de otros compuestos (nutrientes, vitaminas) y que en dosis más altas los afectarían como son las auxinas, las giberelinas, ácido abscísico, citoquininas.⁴³

1.3.1.1 Auxinas. La auxina mejor conocida es el ácido indolacético que determina el desarrollo de la planta y favorece la maduración del fruto.⁴⁴ Las auxinas son fitorreguladores que influyen en numerosos aspectos del desarrollo, se incluye en el desarrollo vascular, iniciación de raíces laterales, dominancia apical, fototropismo, gravitropismo, embriogénesis, maduración de frutos, senescencia, abscisión, floración, elongación y multiplicación celular.⁴⁵

1.3.1.2 Giberelinas. Determinan el crecimiento excesivo del tallo e inducen la germinación de la semilla.⁴⁶

1.3.1.3 Ácido Abscísico. Propicia la caída de las hojas, detiene el crecimiento del tallo e inhibe la germinación de la semilla.⁴⁷

1.3.1.4 Citoquininas. Incrementan el ritmo de crecimiento celular y transforma unas células vegetales en otras.⁴⁸

1.3.2. Hormonagro. Es un bioestimulante, preventivo y correctivo de la caída prematura de botones, flores y frutos no maduros que contiene como ingrediente activo ácido naftalenacético (ANA) en una concentración de 0.40%, ayuda al

⁴² PARRA, Rocio. "Hormonas de las plantas". 2002

⁴³ Ibid., p.27

⁴⁴ Ibid., p.27

⁴⁵ VIDALES F, Ignacio. Efecto de los reguladores de crecimiento en los procesos de organogénesis y embriogénesis somática de aguacate (*Persea americana* Mill). 2002

⁴⁶ PARRA, Rocio. Op. Cit., p.27

⁴⁷ Ibid., p. 27

⁴⁸ Ibid., p.27

desarrollo de raíces, y es altamente asimilable por las plantas, es un activador enzimático que promueve la multiplicación celular en estructuras vegetativas y reproductivas, regula la maduración, dando lugar a cosechas más uniformes y mantiene las semillas en estado de germinación.⁴⁹

1.4 SÁBILA (*Aloe vera*)

En la composición química del gel de *Aloe*, se encuentra el fosfato de manosa, su principal función es que actúa como agente de crecimientos de los tejidos. El ácido ascórbico se considera benéfico para el crecimiento, ya que puede retrasar la formación de sustancias semejantes a la melanina, que inhiben el crecimiento.⁵⁰

⁴⁹ COLINAGRO REVITALIZA LA AGRICULTURA.. "Hormonagro". 2003

⁵⁰ HERNANDEZ G, René *et al.* Algunas experiencias en la utilización del Aloe vera L. en la preparación de medios de cultivo

2. METODOLOGIA

El desarrollo del trabajo comprendió inicialmente una fase de campo que consistió en la cosecha de las estacas de manera adecuada para evitar la muerte de estas la cual se realizó en el Municipio de Caldono, Vereda Ventanas en la fuente semillera de cascarillo identificada por la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), la siguiente fase consistió en el establecimiento del material el cual se preparó debidamente para la realización de la siembra en el vivero La Florida de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) en el municipio de Popayán. Durante el ensayo no fue posible controlar las variables del medio ambiente, se trabajó a la intemperie.

2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La recolección de las estacas se hizo en la fuente semillera de *L. oblongifolia* identificada por CONIF ubicada en el municipio de Caldono, vereda Ventanas en el departamento del Cauca con un área de 0.65 Ha a 1.650 m.s.n.m. En la figura 4 se muestra la fotografía de la fuente semillera. El establecimiento del ensayo se realizó en el vivero La Florida de la C.R.C ubicado a 1700 m.s.n.m. en el municipio de Popayán, donde se hicieron las labores necesarias, consistentes en la preparación del sustrato, el llenado de bolsas, selección del área y siembra de las estacas.

Figura 4. Fotografía de la fuente semillera de *L. oblongifolia* identificada por CONIF, ubicada en la vereda Ventanas en el municipio de Caldono, departamento del Cauca



Fuente: Los Autores

2.2 PREPARACIÓN EN VIVERO

Para garantizar que el sustrato para la siembra tuviera una buena infiltración y retención de humedad se utilizó tierra negra cernida y arena cernida (1:1); con esta mezcla se llenaron 450 bolsas de polietileno necesarias para el establecimiento del ensayo, el sustrato fue igual para todos los tratamientos.

Cada bolsa contenía aproximadamente 2261 cm³ de sustrato, que previamente fue desinfectada con basamid con ingrediente activo Dazomet: 3,5- dimetil-(2H)-tetrahydro-1,3,5 tiadazina-2-tiona al 98% (500 g x m³), esto con el fin de evitar daños por hongos, insectos u otros patógenos; antes de realizar el llenado de las bolsas se dejó el sustrato cubierto con un plástico negro durante ocho días en los cuales se revolvió constantemente, para permitir la acción desinfectante del basamid. En la figura 5 se muestra la fotografía de la preparación del sustrato en vivero.

Figura 5. Fotografía de la preparación del sustrato para la siembra de las estacas de *L. oblongifolia*



Fuente: Los Autores

2.3 RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS ESTACAS

La cosecha del material se hizo con un previo reconocimiento de campo en la fuente semillera de la vereda Ventanas del municipio de Caldon (Cauca) donde se tuvieron en cuenta aspectos de los árboles como: fuste recto, sin bifurcaciones ni torceduras en espiral, de ramas delgadas y horizontales, libres de enfermedades y plagas, para la obtención del material no se tuvo en cuenta ni la longitud de las estacas, ni el diámetro ya que fue muy difícil homogeneizar el material, pero si se tuvo en cuenta incluir en cada estaca al menos tres nudos, estas se empacaron en papel periódico humedecido y envuelto en plástico, el corte de las estacas se hizo biselado con una tijera podadora de buen filo, la base de las estacas se cortó transversal alrededor del primer nudo y el ápice se llenó con parafina debido a que el tallo es hueco. En las figuras 6 y 7 se muestran las fotografías de la preparación del material.

Figura 6. Fotografía de la inmersión de las estacas de *L. oblongifolia* en el gel de *Aloe vera*



Fuente: Los Autores

Figura 7. Fotografía de la inmersión de las estacas de *L. oblongifolia* en parafina derretida



Fuente: Los Autores

2.4 TRANSPORTE DEL MATERIAL VEGETAL

El transporte del material se hizo desde el lugar de recolección hasta el vivero donde se realizó la siembra, en condiciones adecuadas para que las estacas no sufrieran ningún daño. El material fue envuelto en papel periódico bien humedecido y empacado en bolsas de polietileno, para transportarlas en una nevera de icopor para su conservación.

2.5 SIEMBRA

Para el proceso de siembra se prepararon las estacas de *L. oblongifolia* con los respectivos tratamientos, se utilizaron dos estacas con punta para realizar los huecos donde se sembraron las estacas de cascarillo con una inclinación, posteriormente se apretó el sustrato para evitar la formación de cámaras de aire; cabe anotar que el material se manejó todo al aire libre. En las figuras 8, 9 y 10 se muestran las fotografías del proceso de siembra, enraizamiento y brotes de *L. oblongifolia*.

Figura 8. Fotografía de la siembra de las estacas de *L.oblongifolia* en el vivero La Florida de la C.R.C



Fuente: Los Autores

Figura 9. Fotografía de las estacas de *L. oblongifolia* con raíces



Fuente: Los autores

Figura 10. Fotografía de estacas de *L. oblongifolia* con yemas o brotes



Fuente: Los autores

2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el ensayo se utilizó un diseño experimental aleatorizado en arreglo factorial 2^2 con dos factores A y B, el factor A corresponde al enraizador (sábila – hormona “ANA”) y el factor B corresponde a la estructura de la parte del árbol de donde se obtienen las estacas (tocón - rama). La combinación de las modalidades de los factores A y B dio origen a cuatro tratamientos que se replicaron tres veces cada uno, para el caso de la modalidad tocón se utilizaron 20 estacas por réplica y para la modalidad ramas se utilizaron 30 estacas por cada réplica. Los tratamientos consistieron en: sábila – tocón (1), ANA – tocón (2), sábila – rama (3), ANA – rama (4).

Se utilizó un testigo absoluto para posteriormente realizar comparaciones con los demás tratamientos, el cual se combinó con material proveniente de tocones y ramas, se hicieron tres replicas con 20 y 30 estacas respectivamente. En el cuadro 2 se muestra la descripción del diseño experimental aleatorizado con arreglo factorial 2^2 .

Cuadro 2. Descripción del diseño experimental aleatorizado en arreglo factorial 2² de la propagación vegetativa por medio de estacas de *L. oblongifolia*

Tratamientos	Factor		R1	R2	R3	Niveles
	A	B				
Sábila-tocón	-	-	20 ESTACAS	20 ESTACAS	20 ESTACAS	1
ANA-tocón	+	-	20 ESTACAS	20 ESTACAS	20ESTACAS	A
Sábila-ramas	-	+	30 ESTACAS	30 ESTACAS	30 ESTACAS	B
ANA-ramas	+	+	30 ESTACAS	30 ESTACAS	30 ESTACAS	Ab
Testigo absoluto-tocón			20 ESTACAS	20 ESTACAS	20 ESTACAS	
Testigo absoluto-ramas			30 ESTACAS	30 ESTACAS	30 ESTACAS	

Fuente: Los autores

2.6.1 Fuentes de variación. Para el experimento se tuvieron en cuenta dos fuentes de variación: la estructura del árbol donde se obtuvieron las estacas (tocón y ramas) y el enraizador (sábila y ANA al 0.40%). Para este ensayo se controló el sustrato y todo el material estuvo expuesto a la intemperie durante la realización del experimento.

2.6.2 Variables de respuesta. Como variables de respuesta del experimento se determinó el porcentaje de enraizamiento donde se contó el número de estacas con raíces por tratamiento y por cada réplica, al finalizar el ensayo; el porcentaje de brotes el cual se midió a partir del número de estacas con brotes por tratamiento y por cada réplica, realizando mediciones cada mes, durante cuatro meses; el porcentaje de sobrevivencia donde se contaron las estacas vivas por cada tratamiento y cada réplica, durante los cuatro meses y el porcentaje de mortalidad en el cual se contaron las estacas muertas por cada tratamiento y cada réplica, durante los cuatro meses.

2.6.3 Análisis estadístico. Para evaluar el efecto de los tratamientos se analizaron los datos mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de significancia, y a continuación se realizó el análisis con el test de Tukey de comparación de medias entre tratamientos con el fin de compararlos con las medias del testigo absoluto y establecer la significancia o no de estos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los porcentajes de enraizamiento, mortalidad, sobrevivencia y yemas o brotes, se encuentran resumidos en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados en porcentajes de la propagación vegetativa de *L. oblongifolia* a partir de estacas con un diseño aleatorizado en un arreglo factorial 2²

Tratamientos	Factor		% de enraizamiento			% de mortalidad			% de sobrevivencia			% de yemas o brotes		
	A	B	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Sabila-tocon (1)	-	-	0	0	0	70	65	80	30	35	20	10	10	0
ANA-tocon (2)	+	-	5	5	0	75	75	65	25	25	35	5	10	5
Sabila-ramas (3)	-	+	0	0	0	73,3	70	76,7	26,7	30	23,3	0	0	3,33
ANA-ramas (4)	+	+	0	0	0	80	73,3	76,7	20	26,7	23,3	0	3,33	0
Testigo absoluto-tocón			0	0	0	65	80	70	35	20	30	15	5	10
Testigo absoluto-ramas			0	0	0	73.3	76,7	76,7	26,7	23,3	23,3	3.33	0	0

Fuente: Los autores

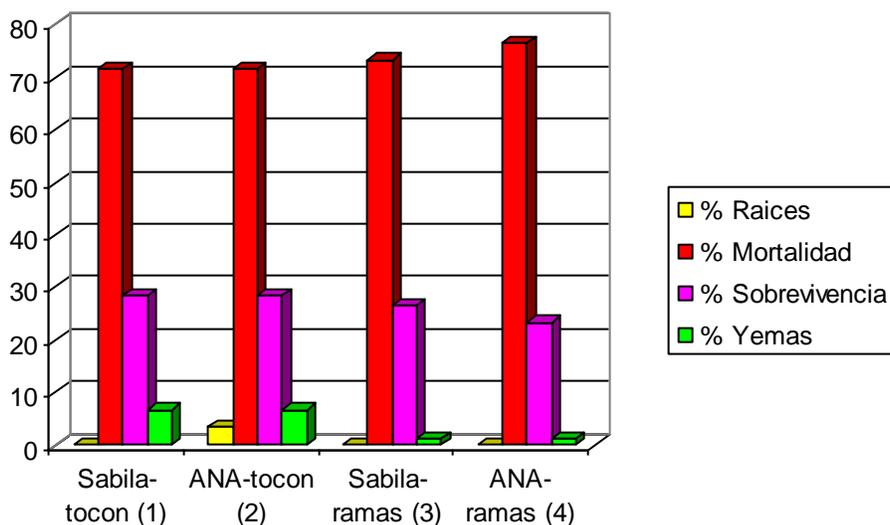
Se puede notar claramente en el cuadro 4 y la figura 11 que el tratamiento ANA – tocón fue el único donde hubo formación de raíces correspondiente al 3.3 %; los porcentajes de mortalidad obtenidos en los tratamientos sábila-tocón, ANA-tocón, sábila-ramas y ANA-ramas fueron del 71.67%, 71.67%, 73.33% y 76.67% respectivamente, los porcentajes de sobrevivencia del material que fueron 28.33%, 28.33%, 26.67% y 23.33% respectivamente para los tratamientos anteriormente mencionados; por último el porcentaje de yemas presentó los siguientes porcentajes 6.67%, 6.67%, 1.11% y 1.11% respectivamente para los mismos tratamientos. Por lo anterior se pudo establecer una mejor respuesta para el porcentaje de yemas y porcentaje de sobrevivencia en los tratamientos sábila-tocón y ANA-tocón y una mayor mortalidad en los tratamientos sábila-ramas y ANA-ramas.

Cuadro 4. Medias de los porcentajes de los tratamientos del ensayo de propagación asexual por medio de estacas de *L. oblongifolia* en condiciones de vivero.

Tratamientos	% de enraizamiento	% Mortalidad	% Supervivencia	% Yemas
Sabila-tocon (1)	0	71.67	28.33	6.67
ANA-tocon (2)	3.33	71.67	28.33	6.67
Sabila-ramas (3)	0	73.33	26.67	1.11
ANA-ramas (4)	0	76.67	23.33	1.11

Fuente: Los autores

Figura 11. Gráfico que muestra los promedios de los porcentajes de raíces, mortalidad, supervivencia y yemas en los tratamientos del ensayo de propagación vegetativa de *L. oblongifolia*.



Fuente: Los autores

El análisis de varianza (ANOVA) para las variables de respuesta (porcentajes de enraizamiento, mortalidad y supervivencia) que se muestra en el anexo A, reportó que no existen diferencias significativas en la acción de los tratamientos en la propagación vegetativa de *L. oblongifolia*, esto pudo ser debido a que en el establecimiento del material no hubo control de las condiciones medioambientales, no se controlaron las variables diámetro y longitud de estacas las cuales pasaron a ser una fuente de variación del experimento lo que generó un error experimental mayor hasta el punto de no hacer notar la diferencia entre tratamientos; ya que esta variación no fue cuantificada. Otro factor que no se tuvo en cuenta fue la composición de nutrientes en el suelo de la zona donde habita la especie, con el

fin de compensar los nutrientes faltantes en el sustrato donde se estableció el ensayo.

Según el ANOVA para el porcentaje de yemas o brotes mostrado en el anexo A, se establecieron diferencias significativas en los cuatro tratamientos, para determinar la existencia de diferencia entre las medias de los tratamientos. La prueba de Tukey arrojó resultados significativos para el porcentaje de yemas ver anexo A.

La utilización de ANA o sábila como enraizador no afectó el desarrollo de yemas, lo que significa que es indiferente utilizar sábila o ANA; en las variables de sobrevivencia y mortalidad los efectos del factor enraizador no fueron influyentes ya que la muerte o sobrevivencia de las estacas dependió probablemente de las condiciones del medio que no fueron controladas. Por otra parte la estructura del árbol de donde se obtienen las estacas es determinante para la reproducción asexual (rama, tocón), ya que se presentaron mejores resultados en las estacas provenientes de tocón.

El control de las concentraciones de los fitoreguladores utilizados (ANA y sábila) no fue tenido en cuenta, por lo que no se pudo identificar si la cantidad suministrada fue adecuada o sobrepasó los requerimientos para el proceso de rizogénesis.

Una posible explicación a los bajos resultados del porcentaje de enraizamiento puede estar relacionada con algunas sustancias que inhiben la formación de raíces las que impiden el efecto de los fitoreguladores independientemente de la concentración aplicada a las estacas, lo que pudo haber ocasionado que en el experimento el porcentaje de raíces haya sido bajo; como en el caso de *Nothofagus pumilio* estudiado por Romero M (2000), quien considera que la alta concentración de fenoles solubles totales inhibe la formación de raíces adventicias en esta especie, muchos de los compuestos fenólicos promueven el enraizamiento si se encuentran en bajas concentraciones, porque su toxicidad tiene límites cercanos a las concentraciones óptimas para inducir al enraizamiento.⁵¹

La presencia de brotes fue mayor en las estacas provenientes de tocón utilizando sábila y fitorregulador ANA, esto no quiere decir que todas estas presentaron desarrollo radicular. En el caso de la sábila según estudios realizados en la Habana Cuba se encontraron efectos estimulantes del desarrollo de raíces con la

⁵¹ ROMERO, M. Propagación vegetativa de lenga (*Nothofagus pumilio*). 2000

utilización de extractos del gel de *A. vera* en especies como *Matricaria recutita* L., *Melissa officinalis* L., *Mentha x piperita* L., *Mentha citrata* L., *Artemisia absinthium* L., *Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq y en especies arboreas como *Myrciaria dubia*, (H.B.K.) MacVaugh, este hecho demostró la posible presencia de actividad auxínica en el mismo; en los resultados expuestos se percibe la existencia de efectos estimuladores del crecimiento. El gel de *A. vera* es una fuente rica en aminoácidos (ácido glutámico y arginina, en particular), lactatos y ácidos orgánicos, componentes también conocidos como materiales hidrofílicos que incrementan la hidratación de los tejidos, evitando el desecamiento de las estacas⁵².

Es importante anotar que a pesar que el porcentaje de brotes fue significativo para algunos tratamientos (ANA-tocón y sábila-tocón), no quiere decir que hubo formación de raíces en todas las estacas que presentaron brotes y lo que interesa para la propagación de la especie es la formación de raíces, ya que los brotes se pueden presentar por algunas reservas que contienen las estacas, sin descartar que son importantes para el proceso de fotosíntesis.

⁵² RODRIGUEZ G, Horacio; HECHEVARRÍA S, Isabel. Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de *Aloe vera* (L.) N.L. Buró. 2004

CONCLUSIONES

En el único tratamiento en que la formación de raíces fue positiva aunque no se superó el 5% del total de las estacas del experimento fue ANA-tocón.

Las estacas provenientes de ramas no arrojaron buenos resultados con ningún enraizador, no hubo formación de raíces, la presencia de yemas y sobrevivencia del material fue mínima.

Los mejores resultados obtenidos para la producción de yemas o brotes y sobrevivencia se encontraron en el material proveniente de tocones con cualquiera de los enraizadores aplicados (ANA, sábila).

El mayor porcentaje de mortalidad se presentó en las estacas provenientes de ramas, aunque se les adicionó el enraizador (sábila, ANA).

En este ensayo se utilizó parafina derretida en el extremo superior de la estaca, por ser esta hueca lo que pudo afectar los tejidos debido a que se aplicó caliente, además no sirvió para la protección de la lluvia, y en algunas ocasiones obstruyeron el desarrollo de brotes.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de propagación vegetativa por medio de estacas de *L. oblongifolia* se puede decir que es posible alcanzar mejores resultados en estudios posteriores, si se tienen en cuenta diversos factores como la implementación de otro tipo de tratamientos hormonales en diferentes concentraciones y homogenizar variables como longitud y diámetro de las estacas.

Para posteriores estudios se recomienda controlar las condiciones medioambientales, esto puede ser bajo invernadero con el fin de lograr que estas sean similares a las condiciones del medio donde se desarrolla la especie *L. oblongifolia* naturalmente.

Para propagar la especie mediante la reproducción asexual, se recomienda que el material provenga de tocones de los árboles, o de las partes más jóvenes de los árboles, para evitar que las estacas estén muy lignificadas y no haya pérdida de material y tiempo.

Se sugiere para otras investigaciones con la especie *L. oblongifolia* para la propagación asexual ensayar con varios tipos de sustrato; si es posible establecer ensayos en la zona donde se desarrolla la especie, con el fin de tener condiciones óptimas para esta.

El transporte del material debe hacerse en condiciones óptimas, tratando de mantener este con una humedad similar a la encontrada en el árbol para evitar el desecamiento y muerte de tejidos vegetales.

La siembra debe realizarse máximo al día siguiente de la cosecha de las estacas o si es posible el mismo día de cosecha, con el fin de evitar la deshidratación del material.

ANEXOS

ANEXO A Resultados del ensayo de la propagación asexual por medio de estacas *L. oblongifolia* en condiciones de vivero.

Efecto de los factores: Enraizador y la estructura del árbol de donde proviene la estaca en la propagación asexual de *L. oblongifolia*.

	% de enraizamiento	% Mortalidad	% Supervivencia	% Yemas o brotes
A: Efecto ppal de A	1,67	1,67	-1,67	0,00
B: Efecto ppal de B	-1,67	3,33	-3,33	-5,56
AB: Efecto interaccion de B	-1,67	1,67	-1,67	0,00
Contraste A (Efecto total de A)	10,00	10,00	-10,00	0,00
Contraste B (Efecto total de B)	-10,00	20,00	-20,00	-33,34
Contraste AB (Efecto total de AB)	-10,00	10,00	-10,00	0,00

Fuente: Los autores

Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento de la propagación asexual por medio de estacas de *L. oblongifolia* en condiciones de vivero.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	F Tabulado (95%)
A	8,33	1	8,33	4	5,32
B	8,33	1	8,33	4	5,32
AB	8,33	1	8,33	4	5,32
Error	16,67	8	2,08		
Total	41,67	11			

Fuente: Los autores

Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de la propagación asexual por medio de estacas de *L. oblongifolia* en condiciones de vivero.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	F Tabulado (95%)
A	8,33	1	8,33	0,29	5,32
B	33,33	1	33,33	1,17	5,32
AB	8,33	1	8,33	0,29	5,32
Error	227,82	8	28,48		
Total	277,82	11			

Fuente: Los autores

Análisis de varianza del porcentaje de sobrevivencia de la propagación asexual por medio de estacas de *L. oblongifolia* en condiciones de vivero.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	F Tabulado (95%)
A	8,33	1	8,33	0,037	5,32
B	33,33	1	33,33	1,17	5,32
AB	8,33	1	8,33	0,29	5,32
Error	227,82	8	28,48		
Total	277,82	11			

Fuente: Los autores

Análisis de varianza del porcentaje de yemas de la propagación asexual por medio de estacas de *L. oblongifolia* en condiciones de vivero.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	F Tabulado (95%)
A	0	1	0	0	5,32
B	92,63	1	92,63	7,55	5,32
AB	0	1	0	0	5,32
Error	98,12	8	12,26		
Total	190,75	11			

Fuente: Los autores

Prueba de Tukey para evaluar el porcentaje de yemas en la propagación asexual por medio de estacas de *L. oblongifolia* en condiciones de vivero.

% YEMAS O BROTES	X1 - X2	TUKEY COMPARADOR
		7,932292801
1-2	0	
1-3	5,556666667	
1-4	5,556666667	
1-5	-3,333333333	
1-6	5,556666667	
2-3	5,556666667	
2-4	5,556666667	
2-5	-3,333333333	
2-6	5,556666667	
3-4	0	
3-5	-8,89	
3-6	0	
4-5	-8,89	
4-6	0	
5-6	8,89	

Fuente: Los autores

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACIÓN NACIONAL DE CAFÉ. (2004). Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera. [En línea]. Disponible en Internet: <<http://www.portal.anacafe.org/portal/documents/documents/2004-12/33/21/cultivo%20de%20quina.pdf>>.

Bay science foundation. (2004-2008). [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.zipcodezoo.com/plants/ladenbergia_oblongifolia/>.

BADILLA, Yorleny y MURILLO, Olman. (2005). Revista Forestal Kurú (Costa Rica) 2(6). [En línea]. Disponible en Internet: <<http://www.itcr.ac.cr/revistakuru/anteriores/anterior6/pdf/solucion%201.pdf>>.

CABEZAS CABEZAS. Henry Antonio. Evaluación y reconocimiento de micorrizas nativas en el cascarillo (*Ladenbergia magnifolia*). Cali, 2005. 80 p. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Biólogo con énfasis en Botánica. Universidad del Valle. Departamento de Biología.

CAJAS BURBANO, Fernando Augusto. Biología de la reproducción de la especie arbórea nativa *Ladenbergia oblongifolia* (Mutis) L. Andersson. Popayán, 1997. 79 p. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Licenciado en Educación, especialidad biología. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

COLINAGRO REVITALIZA LA AGRICULTURA. (2003). Hormonagro. Escrita de: COLINAGRO. [en línea]. Disponible en Internet: <<http://www.colinagro.com.co/herramientas/download2/hormonagro%20.pdf>>.

GUTIÉRREZ, J. y RINCÓN, L. (1998). Ciencias de la Naturaleza y Tecnología 4. Caracas: Editorial Básica C.A. Venezuela: Editorial Premier S.R.L. [en línea]. Disponible en Internet: <<http://www.bibliotecavirtual.com.do/Biologia/Lasalgas.htm>>.

HERNANDEZ G, René. (s.f). Algunas experiencias en la utilización del *Aloe vera* L. en la preparación de medios de cultivo. [en línea]. Disponible en Internet: <<http://www.buscagro.com/www.buscagro.com/biblioteca/Maria-Jo-Garcia/Aloe-vera-medios-de-cultivo.pdf>>.

HILDEBRANDT, Teodorico. (2006). Propagación vegetativa. En: Clase/pp%20ESTACAS.pdf. [en línea]. Disponible en Internet: <<http://www.lamolina.edu.pe/Agronomia/horticultura/Htm/apuntes>>.

LAMPRECHT, Hans. Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas Forestales en los Bosques Tropicales y sus especies arbóreas: Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Alemania, 1990. 335p.

LÓPEZ, Alfredo; BURGOS, Angela, y CENÓZ, Pedro. (2004). Regulador de crecimiento en el prendimiento de estacas de anís de campo (*Ocimum selloi*). En: Cátedra de cultivos III, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias. Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste (Argentina). Resumen: A-030. [en línea]. Disponible en Internet: <<http://www.biocity.iespana.es/fisveg/fv8.htm>>.

MAJÍA, Mercedes. (s.f.). Propagación sexual y asexual de algunas especies promisorias de la Amazonía Colombiana. Universidad de la Amazonía. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.bus.sld.cu/revistas/vol6_3_01/pla01301.htm>.

MESÉN, F. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE. Proyecto de Semillas Forestales. (Serie Técnica. Manual Técnico No.30). Turrialba, 1998. 36 p.

PARRA, Rocio. (2002). Hormonas de las plantas. En: Apuntes de clase biología molecular. Actualizado en octubre de 1999 [en línea]. Disponible en Internet: <<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxina.htm>>.

RODRIGUEZ, Luis Ernesto y ARIZA CALDERÓN, Jorge Eliécer. Proyecto conjunto de las facultades de Ingeniería de Sistemas y Biología de la Universidad INCCA de Colombia. 1998.

RODRIGUEZ G, Horacio y HECHEVARRÍA S, Isabel. (2004). Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de *Aloe vera* (L.) N. L. Burm. San Antonio de los Baños. Provincia La Habana, Cuba. RECIBIDO: 29 de abril de 2004. Aprobado: 12 de mayo de 2004. [en línea]. Disponible en Internet: <http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol9_2_04/pla06204.htm>.

ROMERO, M. (2000). Propagación vegetativa de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser). Tesis Ingeniería. Forestal. Universidad de Chile. Santiago. 85p. [en línea]. Disponible en Internet: <<http://biblioteca.uct.cl/tesis/patricia-saez/tesis.pdf>>.

SAN MIGUEL, Francisco *et al.* (1999). Enraizamiento de estacas de Onoto. En: *Agronomía Tropical* 49(1): 69-79. Trabajo financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela. Profesores. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Venezuela. RECIBIDO: agosto 04, 1998. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/revistascientificas/Agronomia%20Tropical/at4901/arti/sanmiguel_f.htm>.

TAIARIOL, Dario. (2005). Propagación vegetativa. [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.omega.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/sec_6.htm>.

TRUJILLO NAVARRETE, Enrique. Manejo de semillas, viveros y plantación inicial: semillas, viveros, propagación vegetativa, plantación y arborización urbana. s.l.: CEDETRABAJO. Sin Fecha.

VIDALES F, Ignacio. (2002). Efecto de los reguladores de crecimiento en los procesos de organogénesis y embriogénesis somática de aguacate (*Persea americana* Mill). Tecoman, Colima, Mexico. 170 p. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias: Área Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad de Colima. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. [en línea]. Disponible en Internet: <http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Ignacio_Vidales_Fernandez.pdf>.