



Propagación por Estaca de las Especies Nativas: *Dipteryx panamensis* y *Peltogyne pubescens*. Usando Diferentes Tipos de Enraizantes Mediante el Uso del Propagador de Sub-Irrigación

Magda Rocío Millán Ortiz y Julián Alberto Márquez Cañaveral

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia
2014

Propagación por Estaca de las Especies Nativas: *Dipteryx panamensis* y *Peltogyne pubescens*. Usando Diferentes Tipos de Enraizantes Mediante el Uso del Propagador de Sub-Irrigación

Magda Rocío Millán Ortiz y Julián Alberto Márquez Cañaverl

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director:

Ph.D., Jhon F. Betancur Pérez

Docente Universidad de Manizales

Asesor:

Ph.D., Rodrigo Hoyos Sánchez

Docente Universidad Nacional, Medellín

Línea de Investigación:

Biosistemas

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Manizales, Colombia

2014

(Dedicatoria o lema)

A mi hija Ángela Vanessa, que siempre estuvo lista para brindarme comprensión y su apoyo.

A mis padres, Leticia Cañaveral Noreña y Jairo Márquez Valderrama, por inculcarme la chispa de la curiosidad.

A Katherine Pérez Usuga, por su paciencia y fe en mí y mis proyectos.

Agradecimientos

Los autores estamos muy agradecidos con todas aquellas personas que de manera directa e indirecta nos ayudaron en este proceso. A nuestros compañeros de grupo en la Maestría, por sus aportes y enseñanzas. A todas esas personas, muchísimas gracias, y en especial a:

Eulogio Lombana Cabrera, por todo su apoyo en el proceso de realización esta maestría.

María de las Mercedes Vargas, por su colaboración en la fase de establecimiento de la investigación.

Luis Alfonso Ruíz, por permitirnos la terraza de su casa para el montaje de la investigación.

Héctor Bailarín, indígena del Resguardo Indígena Polines del municipio de Chigorodó, ya que, gracias a él se consiguieron las estacas para iniciar el trabajo de investigación.

Leidy Montoya Hernández, por su apoyo y optimismo frente al reto de realizar la maestría.

Mis Hermanos, Lucas y Susana Márquez Cañaveral, por su acompañamiento en el proceso.

Finalmente a los Docentes de la Universidad Nacional, sede Medellín, Ana María Gutiérrez y Rodrigo Hoyos, porque siempre estuvieron atentos con sus aportes y revisiones oportunas.

Resumen

La presente investigación estudia el comportamiento del Choibá (*Dypteryx panamensis*) y Nazareno (*Peltogyne pubescens*), especies nativas en vía de extinción de región de Urabá (Antioquia), ante la propagación vegetativa en propagadores de Sub-irrigación y en eras de crecimiento, bajo el efecto los enraizantes Ácido Alfa Naftalenacético – ANA (0,40%), agua de coco, penca de sábila e hipoclorito. La investigación tuvo una duración de 4 meses, fue realizada en una terraza urbana del municipio de Apartadó, (Antioquia), donde se estableció un propagador de sub-irrigación y una era de crecimiento tradicional. Se aplicó un diseño en bloques completos al azar utilizando 20 estaquillas por tratamiento enraizante, los parámetros evaluados correspondieron al número de yemas y capacidad de enraizamiento. Las estacas alcanzaron a generar yemas, a rebrotar, algunas generaron callo, por último se secaron, no permitiendo realizar análisis estadístico. Las dos especies estudiadas tuvieron una respuesta negativa ante la propagación vegetativa tanto en las eras de crecimiento como en los propagadores de sub-irrigación.

Palabras clave: propagación vegetativa, enraizante, era de crecimiento, propagador de sub-irrigación, Nazareno (*Peltogyne pubescens*), Choibá (*Dypteryx panamensis*), estaca.

Abstract

This research studies the Choibá (*Dypteryx panamensis*) and Nazareno (*Peltogyne pubescens*), native species in danger of extinction in the region of Urabá (Antioquia), to propagators vegetative propagation were sub-irrigation and growth under the effect of the acid rooting Naphthaleneacetic - NAA, coconut water, *aloe vera* stalk and hypochlorite. The Research lasted 4 months, this was made on an urban terrace of the municipality of Apartadó (Antioquia), in which one propagator of sub irrigation and one era of traditional growth were established, And it was applied to a design of a random complete block using 20 replicates per treatment rooting cuttings, the evaluated parameters are the number of leaf buds and rooting capacity. The stakes reached to generate buds, to sprout, some generated callo, finally they were dried, not allowing to performed statistical analysis. The two studied species had a negative answer with the vegetative propagation in the growing eras like in the sub-irrigation propagators.

Keywords: Vegetative propagation, rooting cuttings, growth was, sub-irrigations propagators, Nazareno (*Peltogyne pubescens*), Choibá (*Dypteryx panamensis*), stake.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XV
Introducción	17
1. Planteamiento del Problema	21
1.1 Formulación del Problema	21
1.2 Principales Problemas Encontrados	21
1.3 Matriz de Área Problemática.....	24
1.4 Supuestos.....	25
2. Objetivos	27
2.1 Objetivo General.....	27
2.2 Objetivos Específico	27
3. Justificación	28
4. Marco Teórico	33
4.1 Especies Nativas de la Región Seleccionadas para el Presente Trabajo.....	33
4.1.1 Choibá: <i>Dipteryx panamensis</i>	33
4.1.2 Nazareno: <i>Peltogyne pubescens</i>	37
4.2 El Propagador de Sub-Irrigación.....	39
4.3 Enraizantes Empleados en el Presente Trabajo	42
4.3.1 Ácido Alfa Naftalenacético –ANA (0,40%)	43
4.3.2 Agua de Coco	43
4.3.3 Penca de Sábila	44
4.3.4 Hipoclorito	44
4.4 Antecedentes en el Uso del Propagador de Sub-irrigación.	45
4.4.1 Descripción del contexto local, regional, nacional o internacional	45
4.4.2 Estudios de viabilidad del propagador de sub-irrigación en diferentes especies	46
5. Abordaje Metodológico	50
5.1 Localización del Proyecto de Investigación.....	50
5.2 Tipo de Investigación	51
5.3 Diseño de Unidad de Análisis, Población y Muestra	51
5.4 Análisis Estadístico.....	52

5.5	Materiales y Métodos	53
5.5.1	Propagador de Sub-Irrigación	54
5.5.2	Era de Crecimiento Tradicional	55
5.5.3	Sustrato	56
5.5.4	Selección y Transporte del Material a Propagar	57
5.5.5	Siembra	58
5.5.6	Manejo de Condiciones Ambientales	58
5.5.7	Toma y Registro de Datos	59
6.	 Resultados y Discusión	61
6.1	Consideraciones Generales	61
6.2	Datos para el Choibá (<i>Dipteryx panamensis</i>)	64
6.3	Datos para el nazareno (<i>Peltogyne pubescens</i>)	68
6.4	Observaciones durante el proceso de investigación	71
7.	 Conclusiones y recomendaciones	75
7.1	Conclusiones	75
7.2	Recomendaciones	77
A.	 Anexo: Formulario propuesto para la recolección de información	78
B.	 Anexo: Prueba de Comparación de Medias	79
C.	 Anexo: Toma de datos de las especies de Choibáy Nazareno	84
D.	 Anexo: Costos de construcción y establecimiento de un propagador de sub-irrigación	96
	 Bibliografía	97

Lista de figuras

	Pág.
Figura 4-1: Imagen que muestra un árbol de choibá. Foto: los autores.....	33
Figura 4-2: Diseño de un propagador de sub-irrigación	40
Figura 5-1: Localización del municipio de Apartadó, en el Departamento de Antioquia, Colombia.....	50
Figura 5-2: Diseño del propagador de sub-irrigación	53
Figura 5-3: Se observa la era tradicional (izquierda) y el propagador (derecha), construidos en la terraza de una vivienda.....	54
Figura 5-4: Izquierda: Tubos PVC que funcionaron como respiraderos. Derecha: Llenado con piedra gruesa y ubicación de los tubos en los propagadores de sub-irrigación.....	54
Figura 5-5: Izquierda: Llenado con grava fina. Derecha: Llenado con arena fina desinfectada	55
Figura 5-6: Izquierda: Propagador de sub-irrigación ubicado en el suelo de la terraza. Derecha: Propagador después de construirle la estructura para elevarlo y reducir humedad.....	56
Figura 5-7: Izquierda: Construcción de era de crecimiento con plástico para retención de humedad. Derecha: Llenado con piedra fina, para posteriormente ser llenado con arena fina	57
Figura 5-8: Al igual que el propagador de sub-irrigación, la era se elevó para reducir humedad.....	57
Figura 6-1: Desarrollo de estacas de <i>D. panamensis</i> (izquierda) y <i>P. pubescens</i> , (derecha) en la era de crecimiento un mes después de sembrado	62
Figura 6-2: Número de yemas por mes y por especie.....	63
Figura 6-3: Número de yemas por mes para el choibá (<i>D. panamensis</i>).....	64
Figura 6-4: Desarrollo de estacas de <i>D. panamensis</i> en la era de crecimiento. Izquierda: de dos meses; Derecha: de tres meses después de sembrado	65
Figura 6-5: Desarrollo de estacas de <i>D. panamensis</i> en el propagador de subirrigación. Izquierda: Después de un mes y Derecha: después del tercer mes de siembra	68
Figura 6-6: Número de yemas por mes para el nazareno (<i>P. pubescens</i>)	69
Figura 6-7: Desarrollo de estacas de <i>P. pubescens</i> ., en la era de crecimiento. Izquierda: después del segundo mes y Derecha: después del tercer mes de siembra	69
Figura 6-8: Izquierda: se aprecia las etiquetas de color numeradas. Derecha: aplicación de solución de vinilo con fungicida en la parte superior en estacas <i>D. panamensis</i>	71

Figura 6-9:	Presencia en la superficie del sustrato de hongo color verde debido a la humedad	73
Figura 6-10:	Estaca de <i>D. panamensis</i> con raíz y brote de una yema (era de crecimiento).....	73
Figura 6-11:	Estacas de <i>D. panamensis</i> con callos; se esperaba regeneración de raíces	74

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Matriz de Área Problemática.....	24
Tabla 1-2: Matriz de Estructura Lógica.....	25
Tabla 5-1: Ejemplo de distribución de los tratamientos y las especies en la era de crecimiento y el propagador de sub-irrigación.....	52
Tabla 5-2: Tiempos y parámetros a evaluar durante el proceso de investigación.....	60
Tabla 6-1: Número de yemas por mes y por especie.....	63
Tabla 6-2: Número de yemas por mes para el choibá (<i>D. panamensis</i>).....	64
Tabla 6-3: Anova para el promedio de yemas por estaca en la era de crecimiento en el primer mes para <i>D. panamensis</i>	65
Tabla 6-4: Cálculo de los valores absolutos de las diferencias entre medias para <i>D. panamensis</i> en el primer mes (era).....	66
Tabla 6-5: Anova para el promedio de yemas por estaca en el propagador de sub-irrigación en el primer mes para <i>D. panamensis</i>	67
Tabla 6-6: Cálculo de los valores absolutos de las diferencias entre medias para <i>D. panamensis</i> en el primer mes (propagador).....	67
Tabla 6-7: Número de yemas por mes para el nazareno (<i>P. pubescens</i>).....	68
Tabla 6-8: Anova para el promedio de yemas por estaca en la era de crecimiento en el primer mes para <i>P. pubescens</i>	70
Tabla 6-9: Número de yemas por mes y por tratamiento para el nazareno (<i>P. pubescens</i>) en eras de crecimiento.....	70

Introducción

La propagación vegetativa tiene muchos usos en dasonomía, los que pueden resumirse como sigue: (1) preservación de genotipos mediante el uso de bancos clonales; (2) multiplicación de genotipos convenientes para usos especiales, tales como huertos semilleros o huertos de investigación; (3) evaluación de los genotipos y su interacción con el ambiente a través de pruebas clonales; y (4) obtención de máximas ganancias genéticas al utilizarla para regeneración en programas operativos de plantación (Zobel y Talbert, 1992).

Según Zobel y Talbert (1992), las ventajas de la propagación vegetativa son las siguientes: (1) potencial para obtener mayores ganancias genéticas; (2) potencial para obtener una uniformidad en la cosecha de árboles mayor que la que es posible a través de la regeneración por semilla; y (3) bajo ciertas condiciones, la oportunidad de acelerar los resultados de las actividades del mejoramiento genético forestal.

En términos generales, el uso de la propagación vegetativa permite *identificar y transferir al nuevo árbol* todo el potencial genético del árbol donador. Otra ventaja de la propagación vegetativa es la rapidez con la cual pueden utilizarse las cualidades genéticas deseadas de los árboles seleccionados. No es necesario esperar la producción de semilla para reproducir los propágulos destinados a la plantación operativa (Zobel y Talbert, 1992). En los bosques de la región de Urabá, el abastecimiento de semilla se convierte en una limitante, evidenciada por la dificultad en su consecución y posterior uso en los programas de enriquecimiento de estos bosques.

Las estacas de árboles fisiológicamente maduros de muchas especies son difíciles o imposibles de enraizar. En el caso de especies más difíciles de enraizar, a veces es necesario utilizar procedimientos costosos para estimular la capacidad de enraizamiento (Zobel y Talbert, 1992). Además, el poco trabajo de investigación, el bajo conocimiento técnico y empírico de las especies forestales nativas de interés de comercial, o la no

publicación de estudios con buenos o nulos resultados, evidencian la necesidad de continuar con estudios que permitan el conocimiento de nuestros recursos naturales.

Para la Subregión comprendida por los municipios de Turbo, Apartadó, Carepa, Chigorodó y Mutatá; se destaca que el mayor uso que se le da a estas áreas son de tipo agropecuario; aproximadamente el 18% del área de estos municipios cuenta con bosque; aproximadamente el 31% de su área se encuentra en rastrojo, este último no se sabe con certeza si el repoblamiento de la vegetación se deba por desplazamiento y abandono de las tierras, o si son prácticas de descanso que realizan los pobladores (CORPOURABÁ, 2007).

Ramírez y Orrego (2011), plantean que los bosques en la región de Urabá se deforestaron como consecuencia de la coexistencia de múltiples factores asociados a la expansión de la agricultura comercial, la producción agrícola de subsistencia y la existencia de vías que garantizaron accesibilidad a las tierras forestales.

Estas actividades han conllevado a que muchas de las especies forestales de la región estén escaseando e incluso estén en algún grado de afectación, como lo afirman Cárdenas y Salinas (2006a), en el Libro Rojo de Plantas de Colombia: el abarco (*Cariniana pyriformis*) y la caoba (*Swietenia macrophylla*) en Peligro Crítico (CR), el cativo (*Prioria copaifera*) y la ceiba tolúa (*Pachira quinata*) En Peligro (EN), el algarrobo (*Hymenaea courbaril*), el nazareno (*Peltogyne paniculata*) y el caracolí (*Anacardium excelsum*) como Casi Amenazadas (NT), el cananeo o tananeo (*Peltogyne purpurea*) como Vulnerable (VU), por mencionar algunas. Lo que implica la dificultad de conseguir individuos de estas especies ya sea para madera o semillas, incrementándose a su vez los precios, por ejemplo, un kilo de semilla de abarco procedente del municipio de Chigorodó (Antioquia) puede costar alrededor de \$600.000¹, y de San Luís (Antioquia), puede tener precios desde \$800.000 hasta \$1.000.000².

¹ Información suministrada por indígenas de la Comunidad Indígena Polines del municipio de Chigorodó, Antioquia, quienes comercializan la semilla.

² Información suministrada por la Corporación Amigos del Bosque, ubicada en el municipio de San Luís, Antioquia, quienes tienen fuentes semilleras de la especie y comercializan la semilla.

Así, el objetivo general del proyecto de investigación es determinar el comportamiento de las especies *D. panamensis* y *P. pubescens*, ante la propagación vegetativa por estacas usando diferentes tipos de enraizantes mediante el uso de propagadores de sub-irrigación, evaluando dos aspectos: a) el comportamiento de estas especies usando los enraizantes: Ácido Alfa Naftalenacético – ANA (0,40%), agua de coco, sábila e hipoclorito y b) comparar la propagación por estacas entre eras de crecimiento y el propagador de sub-irrigación.

Se escogieron estas dos especies, puesto que son de interés económico y en la actualidad son altamente explotadas en los bosques de Urabá, por ejemplo *D. panamensis* ha sido categorizado como una especie Vulnerable (VU A2ac) debido a que cerca del 40% ha sido extraído para la obtención de madera, por su parte *P. pubescens*, ha sido catalogada como una especie Vulnerable [VU B1ab(iii) D2]; por su importancia ecológica dentro del bosque, por una parte pueden ser indicadores del estado de conservación del mismo, por su aporte alimenticio y de hábitat a especies de fauna; además, porque se encontraron muy pocos trabajos o referencias sobre su propagación vegetativa por estacas, para el caso de *D. panamensis* Flores (1997), Salazar *et al.* (2000a) y Cordero y Boshier (2003a), mencionan la posibilidad de propagar la especie por estaca, mientras que para el género *Peltogyne* solo se encontró la referencia que hacen Maráz *et al.* (1997) para la especie *purpurea*.

Aplicando éste método, se entiende más sobre la reproducción vegetativa y será una alternativa a otras formas de propagación, como la propagación *in vitro* (Castro *et al.* 1994; Narváez y Vargas, 1996; Segura *et al.* 1991; Yaya *et al.* 2005) y la propagación por semilla; el método trae consigo la reducción de costos en la adquisición de material vegetal, se reduce el tiempo para obtener plántulas para campo y finalmente, se tiene la ventaja de producir una ganancia genética importante (Mesén, 1998; Mesén *et al.* 1995; Caso, 1992) y es insumo para establecer rodales y huertos semilleros.

Igualmente, se buscaba probar el uso de los propagadores de sub-irrigación el cual el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), lo ha evaluado y mejorado (Mesén, 1998). En Colombia aún no es muy conocido, pero es un método que

ha dado muy buenos resultados en países como Costa Rica (Mesén *et al.* 1995) en especies que presentan algunos problemas en su propagación.

Si pueden producirse propágulos vegetativos que crezcan bien, con buena forma y a un costo razonable, las ganancias genéticas y la uniformidad del crecimiento y propiedades de la madera aumentarán considerablemente. La variabilidad entre los árboles es un gran problema en dasonomía; el uso de la propagación vegetativa ayudará enormemente a la solución de este problema (Zobel y Talbert, 1992).

El presente estudio pretende avanzar en la búsqueda o en la ampliación del conocimiento de las especies nativas de la región de Urabá; se esperaba tener, por parte de los autores, resultados positivos en la generación de yemas y de raíces de estacas de *P. pubescens* y *D. panamensis* y facilitar así una propagación más rápida de estas especies.

Encontrarán en este trabajo, el esfuerzo y la dedicación, y aunque no se tuvieron los resultados esperados, a pesar de que hubo indicios de que sí, conocerán un poco acerca de la región, de la propagación vegetativa de las especies trabajadas y de los propagadores de sub-irrigación. Esto debe dar muchos más motivos para continuar insistiendo en conocer nuestras riquezas forestales.

1. Planteamiento del Problema

1.1 Formulación del Problema

¿La propagación vegetativa, a través de los propagadores de sub-irrigación, es una alternativa más eficiente que otros métodos, incluyendo la propagación por semilla?

1.2 Principales Problemas Encontrados

En la actualidad en la zona de Urabá, “se ha perdido un 92% de la cobertura total de los bosques naturales primarios” (CORPOURABÁ, 2008); la autoridad ambiental ya tiene identificadas las especies de flora que se encuentran en diferentes grados de amenaza, este problema aún es mayor:... “Los bosques plantados son muy escasos; reforestar o reproducir algunas de las especies nativas resulta un proceso largo y complejo, lo que explica que la mayor parte de la madera provenga de los bosques naturales” (CORPOURABÁ, 2008); en la actualidad, la extracción de esta madera se realiza bajo la denominada tala selectiva, donde se busca aprovechar del bosque aquellas especies de interés comercial.

Bonilla *et al.* (2011), plantean que la extracción selectiva de maderas de bosques naturales genera cambios sustanciales sobre su estructura y composición, y la consecuente pérdida de hábitats y recursos indispensables para la supervivencia de la fauna que en ellos habita, especialmente aquella que depende del dosel. Las actividades relacionadas con la extracción de maderas (tala de árboles de gran porte, apertura de grandes claros para acopio de maderos y construcción de caminos para el transporte de los mismos), aunque aparentemente están vinculadas a pocas especies de valor comercial, generan una serie de efectos importantes sobre la vegetación natural, tales como: reducción de los elementos arbóreos característicos de los estratos superiores y cambios en la riqueza taxonómica de algunos grupos de plantas dominantes. Este proceso de transformación de la vegetación, podría estar determinando variaciones importantes en la dinámica de estos ecosistemas y en la adecuación de las poblaciones de fauna silvestre que allí conviven.

Para del Valle Arango (2011), en un escrito para el periódico El Colombiano, la extracción selectiva es perjudicial para las selvas por muchas razones. Cuando se forman claros relativamente grandes (usualmente de más de 100 m² como los creados por la caída de un gran árbol) debido a los procesos endógenos propios de la selva o por la actividad humana, la luz de las copas alcanza el suelo con su mayor proporción de longitudes de onda visibles (400-700 nm) y las semillas responden a este cambio de luz germinando y cubriendo el claro rápidamente (especies pioneras). Por tanto, los árboles extraídos aumentarán significativamente la cantidad de claros de la selva y con ello habrá más especies pioneras que las que normalmente tienen las selvas mediante su dinámica natural.

Esta intervención afecta la dinámica y composición de la selva. Una intervención en la que solo se cortan los árboles de mayor valor económico y no se hace ningún otro manejo del bosque es perjudicial por lo siguiente. Las especies pioneras tienen características muy importantes de valor económico. Estas especies comparten estas propiedades: i) Son de corta vida (viven décadas); ii) Aunque su crecimiento inicial en diámetro y en altura es muy acelerado, tienden muy rápidamente a una fase asintótica y no desarrollan tallas que pudieran tener algún valor comercial (diámetros máximos entre 25-30 cm y altura menor de 20 m; iii) Su madera es de muy baja densidad (usualmente menor de 0.4 gr/cm³), poca resistencia mecánica y poca resistencia a los hongos que la pudren. Por estas razones estas especies en su mayoría no tienen ningún valor comercial. Por todo lo anterior, la creación de 7 a 8 claros por hectárea, aumentará el número de especies sin ningún valor económico; depauperará la selva durante muchas décadas hasta que las pioneras invasoras cumplan su ciclo vital y posiblemente más allá.

Del Valle Arango (2011), sigue manifestando que, el aprovechamiento de las especies de interés comercial, es aun más complejo de manejar, pues su extracción debe hacerse luego del período de fructificación. En cualquier otra época los árboles que se extraigan de este grupo no dejarán descendencia y las poblaciones declinarán inexorablemente. En este grupo se encuentra algunas especies como el cedro (*Cedrela odorata*), la caoba (*Swietenia macrophylla*), el abarco (*Cariniana pyriformis*), el roble (*Tabebuia rosea*), el choibá (*Dipteryx panamensis*), el algarrobo (*Hymenaea* spp) y decenas más. Además muchas especies de palmas como la mil pesos (*Oenocarpus bataua*).

Partiendo de lo expuesto por Bonilla *et al.* (2011) y del Valle Arango (2011), aunándole otro agravante como el desconocimiento sobre la fenología de estas especies, el abastecimiento de semilla se convierte en una limitante, evidenciado por la dificultad en su consecución lo que las hace encarecerse en el mercado para su posterior uso en los programas de enriquecimiento de estos bosques; a su vez, existe poco conocimiento técnico y empírico de las especies forestales nativas de interés de comercial en cuanto a métodos y/o técnicas de propagación vegetativa, como la aplicación del propagador de sub-irrigación.

Finalmente, “de acuerdo con las condiciones actuales de los bosques de la región, estos solo se encuentran en las área de comunidades étnicas y en pequeñas áreas de la Serranía de Abibe” (CORPOURABÁ, 2008); por lo tanto se puede afirmar que la población afectada por esta problemática son los dueños de los boques y las comunidades locales de estas tierras, viéndose afectada mediante la disminución de sus opciones económicas, de la regulación hídrica, de la estabilidad y protección de sus suelos, fijación de carbono, y diversidad biológica.

Con base en lo planteado, se espera que con la masificación de los métodos de propagación vegetativa, el avance en estudios sobre nuestras especies forestales, aplicando metodologías como las del propagador de sub-irrigación, se pueda incentivar la reforestación y el enriquecimiento de los bosques y rastrojos de la región de Urabá y propender por el cuidado de los mismos.

1.3 Matriz de Área Problemática

A partir del tema de investigación, la formulación y el planteamiento del problema, se elabora la matriz de área problemática (Tabla 1-1).

Tabla 1-1. Matriz de área problemática

Síntomas	Causas	Pronóstico (Consecuencias)	Control Pronóstico
<p>Dificultades en la consecución de semillas de especies nativas en vía de extinción para su propagación y posterior enriquecimiento en bosques naturales de la zona de Urabá.</p> <p>Ausencia de estudios fenológicos de estas especies</p> <p>Tiempos de espera para obtener semillas (época semillera) o plántulas (tiempo en vivero).</p> <p>Disminución de la variabilidad genética.</p> <p>Dificultad que presentan algunas especies para su propagación ya sea por semilla o vegetativamente.</p> <p>Poco conocimiento técnico y empírico de las especies forestales nativas de interés de comercial; no existe un método o protocolo eficiente de propagación asexual.</p>	<p>Desconocimiento y poca aplicación de la normatividad ambiental.</p> <p>Cambios en el uso del suelo.</p> <p>Extracción selectiva de especies forestales nativas.</p> <p>Aumento en los costos del material vegetal como semillas precedente del bosque natural y de plántulas adquiridas en viveros.</p> <p>Falta de investigación sobre nuestros recursos florísticos.</p>	<p>Continúa el desconocimiento de nuestras especies nativas forestales de interés comercial.</p> <p>Se mantendrían los costos o se incrementarían aún más estos en el mercado local.</p> <p>No habría material vegetal en todas las épocas del año.</p> <p>Contribuiríamos con la posible extinción de las especies forestales, puesto que acabada una, se extraen otras y así sucesivamente.</p>	<p>Aportar en el conocimiento sobre la propagación de nuestras especies forestales nativas de valor económico de la región.</p> <p>Reducir la pérdida de variabilidad genética.</p> <p>Reducir costos en la adquisición de material vegetal (plántulas).</p> <p>Reducir el tiempo para obtener plántulas listas para campo vegetativamente</p> <p>Fomentar el uso de los propagadores de sub-irrigación, no solo para especies forestales sino para ornamentales y demás.</p>

1.4 Supuestos

En la Tabla 2-1, Matriz de estructura lógica, se presentan los supuestos del trabajo de investigación para las especies a trabajar con el propagador de sub-irrigación.

Tabla 1-2. Matriz de Estructura Lógica.

Componentes del Proyecto (Objetivos)	Indicadores de Progreso	Medios de Verificación	Supuestos Importantes
Determinar el comportamiento de las especies <i>Dipteryx panamensis</i> y <i>P. pubescens</i> ante la propagación vegetativa por estacas usando diferentes tipos de enraizantes mediante el uso de propagadores de sub-irrigación.	<p>Generación de raíces en cada especie en los tiempos esperados como respuesta ante cualquier tipo de enraizante propuesto.</p> <p>Número de yemas brotadas en cada especie.</p> <p>Número de plántulas propagadas a través de las eras de crecimiento.</p> <p>Número de plántulas propagadas a través del propagador de sub-irrigación</p>	<p>Visitas para toma y registro continuo (periódicamente) de plántulas al azar (muestras).</p> <p>Informes parciales de los datos obtenidos y su análisis correspondiente.</p>	<p>La tecnología del propagador de sub-irrigación es una buena estrategia para la propagación vegetativa de especies forestales y no forestales.</p> <p>El propagador de sub-irrigación es una tecnología sencilla y de bajo costo.</p> <p>Las especies forestales a ser trabajadas, tienen un buen porcentaje de propagación vegetativa.</p> <p>La propagación por semilla es muy escasa por la dificultad de conseguir semillas y almacenarlas por un tiempo prolongado.</p>
Evaluar el comportamiento de las especies <i>Dipteryx panamensis</i> y <i>P. pubescens</i> , ante los enraizantes: ácido Alfa Naftalenacético -ANA, (0,40%) agua de coco, sábila e hipoclorito.	<p>Generación de raíces en cada especie en los tiempos esperados como respuesta ante cualquier tipo de enraizante propuesto.</p> <p>Número de yemas brotadas en cada especie.</p>	<p>Visitas para toma y registro continuo (periódicamente) de plántulas al azar (muestras).</p> <p>Informes parciales de los datos obtenidos y su análisis correspondiente.</p>	<p>Hay buena respuesta por parte de algunas especies forestales para ser propagadas vegetativamente.</p> <p>Las plántulas, ya sean de especies forestales o no, reaccionan ante algunos de los tipos de enraizantes para su propagación.</p>

Tabla 1.2. (Continuación)

Componentes del Proyecto (Objetivos)	Indicadores de Progreso	Medios de Verificación	Supuestos Importantes
<p>Evaluar el comportamiento de las especies <i>Dipteryx panamensis</i> y <i>P. pubescens</i>, propagadas por estacas entre el método tradicional (eras de crecimiento) y el propagador de sub-irrigación.</p>	<p>Número de plántulas propagadas a través de las eras de crecimiento. Número de plántulas propagadas a través del propagador de sub-irrigación</p>	<p>Visitas para toma y registro continuo (periódicamente) de plántulas al azar (muestras). Informes parciales de los datos obtenidos y su análisis correspondiente.</p>	<p>Las plántulas a trabajar responden bien en el propagador de sub-irrigación e igualmente en las eras de crecimiento, aplicándoles algún tipo de enraizante.</p>

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Determinar el comportamiento de las especies Choibá (*Dipteryx panamensis*) y Nazareno (*Peltogyne pubescens*) ante la propagación vegetativa por estacas usando diferentes tipos de enraizantes mediante el uso de propagadores de sub-irrigación.

2.2 Objetivos Específico

- Evaluar el comportamiento de estacas de las especies *Dipteryx panamensis* y *Peltogyne pubescens*, ante los enraizantes: Ácido Alfa Naftalenacético (ANA) (0,40%), agua de coco, sábila e hipoclorito.
- Evaluar el comportamiento de las especies *Dipteryx panamensis* y *Peltogyne pubescens*, propagadas por estacas entre el método tradicional (eras de crecimiento) y el propagador de sub-irrigación.

3. Justificación

La región de Urabá después de una época de violencia, bien conocida por la mayoría de los colombianos, en los últimos años ha tenido un crecimiento económico y poblacional muy importante.

La población urbana y rural en la zona es de 499.772 habitantes y se concentra principalmente en las cabeceras municipales de Apartadó, Turbo, Chigorodó, Necoclí, Carepa, San Pedro de Urabá, San Juan de Urabá, Arboletes y Mutatá.

Se estima que en la Subregión habitan alrededor de 500 indígenas, asentados a lo largo de la vía Turbo-Necoclí y en pequeños núcleos diseminados. Actualmente, estas poblaciones dedican sus actividades a la agricultura de menor escala y a labores artesanales. La zona se caracteriza por ser multicultural; su población la componen además inmigrantes (46.6%) procedentes principalmente de los Departamentos de Córdoba, Chocó, Bolívar, Caldas, Santander y de otros municipios de Antioquia (IGAC, 2007).

Los municipios de Apartadó, Turbo, Chigorodó y Carepa configuran el eje bananero y en ellos las necesidades de trabajadores para las labores en los cultivos, se cubren con la población activa. La ganadería es la actividad que ocupa mayor extensión, siendo esta de tipo semi-intensivo; en menor proporción se encuentra la agricultura representada en cultivos de banano y plátano; para el año 2006 las áreas dedicadas a estos cultivos alcanzaron las 32.491 hectáreas, lo que significó una expansión de la frontera agrícola del orden de 0.15%; la ganadería de tipo semi-intensivo y extensivo se concentra principalmente en los municipios de Turbo, Mutatá, Necoclí, Arboletes y San Pedro de Urabá y en conjunto alcanzó 594.376 cabezas de ganado en pie, además de 65.326 cabezas de ganado diseminadas en áreas de los municipios de San Juan de Urabá, Carepa y Apartadó. Las plantaciones de Teca y Palma africana se proyectan como alternativas económicas por su alto valor comercial (IGAC, 2007).

La Redacción del periódico El Mundo (2011), en su artículo Crecimiento Económico, La Apuesta de Urabá, dice: Por su posición estratégica para la economía, por sus caminos entre el Océano Pacífico y el Mar Caribe, durante los últimos años se han asentado diferentes modelos de desarrollo empresarial que han marcado el crecimiento económico de la región limítrofe con Panamá. Entre los modelos se encuentran la fábrica de Turbana Chips, Almacenes Éxito, Ladrilleras de Urabá y Aguas de Urabá. Además, otras inversiones han puesto la mira en esta zona bananera, fortaleciendo la dinámica del empleo, del sector ecoturístico, la educación superior, entre otros proyectos que han tomado auge. Pero, desafortunadamente, gran parte de este crecimiento y las diferentes actividades económicas mencionadas anteriormente, han venido afectando los diferentes ecosistemas y la vegetación natural que ha sido talada casi en su totalidad. Solamente se encuentran algunos bloques de bosque remanente, principalmente en áreas de reserva administradas por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), o especies diseminadas en algunos predios cercanos al Golfo de Urabá (IGAC, 2007).

Según la caracterización hecha por CORPOURABÁ (2005) al ecosistema de Catival, en las veredas La Primavera, Suriquí y León Abajo en el municipio de Turbo; Zungo embarcadero en el municipio de Carepa y Zungo Abajo en el municipio de Apartadó, se encuentran en 12.736,95 ha de baldíos nacionales. Para la Subregión comprendida por los municipios de Turbo, Apartadó, Carepa, Chigorodó y Mutatá; es importante destacar que el mayor uso que se le da a estas áreas son de tipo agropecuario; aproximadamente el 18% del área de estos municipios cuenta con bosque; aproximadamente el 31% de su área se encuentra en rastrojo, este último no se sabe con certeza, si el repoblamiento de la vegetación se deba por desplazamiento y abandono de las tierras, o si son prácticas de descanso que realizan los pobladores (CORPOURABÁ, 2007).

Estas actividades han conllevado a que muchas de las especies forestales de la región estén escaseando e incluso estén en algún grado de afectación, como lo afirman Cárdenas y Salinas (2006a), en el Libro Rojo de Plantas de Colombia: el abarco (*Cariniana pyriformis*) y la caoba (*Swietenia macrophilla*) en Peligro Crítico (CR), el cativo (*Prioria copaifera*) y la ceiba tolúa (*Pachira quinata*) En Peligro (EN), el algarrobo (*Hymenaea courbaril*), el nazareno (*Peltogyne paniculata*) y el caracolí (*Anacardium*

excelsum) como Casi Amenazadas (NT), el cananeo o tananeo (*Peltogyne purpurea*) como Vulnerable (VU), por mencionar algunas. Incluso, la Resolución 192 del 10 de febrero de 2014, presenta estas especies bajo esas mismas amenazas.

De esta manera, se hace cada vez más difícil conseguir individuos de estas especies ya sea para madera o semillas, lo que a su vez incrementa sus precios, por ejemplo un kilo de semilla de *P. pubescens*, procedente del municipio de Chigorodó puede costar \$30.000, por su parte un kilo de abarco, alrededor de \$600.000. El kilo de semillas de *D. panamensis* comprado en Urabá y Medellín, tienen un costo de \$4.000 a \$5.000, teniendo en cuenta que un kilogramo contiene alrededor de 50 semillas³; un kilo de abarco en San Luís (Antioquia), puede tener precios desde \$800.000 hasta \$1.000.000 en el mercado local⁴.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se presenta como propuesta de investigación para llevarse a cabo durante la Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente: La propagación vegetativa por estaca de especies nativas en vía de extinción usando diferentes tipos de enraizantes mediante el uso de propagadores de sub-irrigación.

Igualmente, se pretende aportar más en el conocimiento de especies forestales nativas de cierto interés económico, las cuales aparentemente no han sido estudiadas lo suficiente, por lo menos, su información o se ha difundido parcialmente o no ha sido publicada y compartida (información que puede complementar la cadena forestal de estas especies).

Por otra parte, el objetivo fundamental de este trabajo es saber cuál es la respuesta de las estacas de estas especies al enraizamiento aplicando el método del sub-irrigador, puesto que como lo señalan los trabajos, mencionados más adelante, confirman la efectividad de dicho método.

³ Información suministrada por indígenas de la Comunidad Indígena Polines del municipio de Chigorodó, Antioquia, quienes comercializan la semilla.

⁴ Información suministrada por la Corporación Amigos del Bosque, ubicada en el municipio de San Luís, Antioquia, quienes tienen fuentes semilleras de la especie y comercializan la semilla.

Se busca probar el uso de los propagadores de sub-irrigación desarrollado en el Instituto de Ecología Terrestre (ITE) de Escocia que, en asocio con el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), lo evaluaron y mejoraron (Mesén, 1998). En Colombia aún no es muy conocido; pero es un método que ha dado muy buenos resultados en países como Costa Rica (Mesén *et al.* 1995) en especies que presentan algunos problemas en su propagación; además, es un método que puede resultar económico para proyectos de propagación y reforestación. En Colombia ya ha sido aplicado en algunas especies como se menciona en el numeral 4.4.

Así, aplicando el método de sub-irrigadores para la propagación vegetativa de especies forestales, se entenderá más sobre la reproducción de las mismas y será otra alternativa a otras formas de propagación como por ejemplo, propagación *in vitro*, (Castro *et al.* 1994; Narváez y Vargas, 1996; Segura *et al.* 1991; Yaya *et al.* 2005) y la propagación por semilla. El método traerá consigo la reducción de costos en la adquisición de material vegetal; además, se podrá reducir el tiempo para obtener plántulas listas para campo.

Finalmente, por este método se tiene la ventaja de producir una ganancia genética importante (Mesén, 1998; Mesén *et al.* 1995); Caso (1992) dice que, tratándose de especies forestales, la posibilidad de obtener ejemplares superiores, por medio de cruzamientos y selecciones repetidas es extremadamente difícil y complejo. La selección del mejor material que se empleará en un nuevo lugar forestal, mediante los tests de origen, exige una duración prolongada hasta llegar a determinar los mejores árboles. La mayoría de las especies forestales tienen un alto grado de heterocigocidad y un prolongado ciclo de vida, lo cual requiere un número variado de generaciones para lograr una pequeña ganancia genética.

Caso (1992), continua diciendo que, en cambio, la clonación de individuos seleccionados por su productividad, calidad, resistencia a patógenos, etc., por medio de técnicas convencionales (injertos, enraizamientos de estacas, acodos, etc.) o por el cultivo *in vitro* de meristemas, tejidos o células puede dar como resultado una ganancia importante. Si se pretende mejorar el porte de una especie forestal determinada por medio de selección, se buscará elegir y propagar los árboles más altos. En esta forma podrá

disminuirse la variabilidad en altura de una plantación. Sin embargo, la ganancia genética será mínima; en todo caso, lo que se habrá conseguido será menor variabilidad en el *stand* de árboles considerados. Si, por lo contrario, se logra propagar por métodos vegetativos a los árboles más altos, se conseguirá una ganancia genética mayor y una menor variabilidad. Es decir, que en este caso el mejoramiento logrado será apreciable.

4. Marco Teórico

4.1 Especies Nativas de la Región Seleccionadas para el Presente Trabajo.

4.1.1 Choibá: *Dipteryx panamensis*

Figura 4-1. Imagen que muestra un árbol de choibá. Foto de los autores.



Familia: Fabaceae

Nombres Comunes: Choibá, almendro, iguá, palo de piedra, almendro amarillo (Costa Rica), vean tree (Panamá), cumarut (Perú) (Escobar *et al.* 1993a; Salazar *et al.* 2000a; Cárdenas y Salinas, 2006b).

Categoría Nacional: Vulnerable (VU) (Cárdenas y Salinas, 2006a).

Descripción Botánica: Árbol con alturas de 15 a 50 m y diámetro de 1 a 1.5 m; fuste recto (Figura 4-1), liso, con raíces basales amplias pero sin gambas; la copa es

semiesférica y las ramas ascendentes; la corteza pardo rojiza, lisa, con lenticelas verticales. Las hojas son compuestas, alternas, pinnadas, con 10 a 20 folíolos, opuestos, sub-opuestos o alternos. Los folíolos son ovados, asimétricos, con margen entero, verde opacos en el haz y verde grisáceos en el envés. Las inflorescencias son panículas terminales o laterales de 30 a 50 cm de largo. La flor es hermafrodita, dialipétala, zigomorfa, con simetría antero posterior; pedicelo de 0.4 a 0.5 cm con pubescencia fina. El cáliz es gamosépalo, tubular, pardo rosáceo, pubescente y glandular con pétalos rosáceos. El fruto es una vaina, corta, gruesa, dura, comprimida lateralmente, de forma ovada u obovada, dehiscente. Mide de 6 a 8 cm de largo, de 4 a 5 cm de ancho y de 2 a 3 cm de grosor; tiene un pedicelo grueso y leñoso de 0.4 a 0.8 cm de largo. La semilla tiene limitado el tamaño por la vaina, la cubierta seminal es de color pardo oscuro. El tamaño de la semilla varía de 4.5 a 6 cm de largo, de 3 a 3.5 cm de ancho y de 1 a 1.6 cm de grosor. La madera tiene un peso específico de 0.83 a 1.09 g/cm³ (extremadamente pesada). En condición seca al aire la albura es pardo amarillenta y el duramen amarillo rojizo. Tiene grano fuertemente entrecruzado, textura media y lustre bajo. La porosidad es difusa. Es difícil de aserrar, cortar y preservar; seca bien y sin defectos (Escobar *et al.* 1993a; Salazar *et al.* 2000a; Cordero y Boshier, 2003a).

Distribución Geográfica: Sólo se encuentra de manera natural en Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Colombia. En Colombia ha sido registrado para el valle bajo del río Cauca, la Costa Atlántica y la región norte del andén Pacífico, en los departamentos de Antioquia, Córdoba, Bolívar y Chocó, a altitudes que no superan los 1000 m (Cordero y Boshier, 2003a; Cárdenas y Salinas, 2006b).

Ecología: Es un árbol emergente, crece en bosque húmedo y muy húmedo tropical y pre-montano húmedo, en regiones con una precipitación media anual de 3000 a 5500 mm y temperaturas entre 24 y 30°C. Se le encuentra en planicies muy húmedas con suelos aluviales o suelos bien drenados, rocosos o arenosos y a veces, franco-arcillosos y ácidos. La regeneración natural es de uno a dos árboles por hectárea. (Salazar *et al.* 2000a; Cárdenas y Salinas, 2006b). La floración es asincrónica. La época de floración se extiende de mayo a julio. Es una especie de polinización cruzada, numerosas abejas de tamaño medio a grande parecen ser los polinizadores. Los frutos inmaduros comienzan a

observarse a principios de julio; los maduros caen al suelo de noviembre a marzo (Salazar *et al.* 2000a).

Manejo de la Especie en Vivero: No requiere de tratamiento pre-germinativo. Las semillas se siembran en las eras o bancales, cubriéndolos levemente con tierra. Entre los 15 y 22 días después de la germinación se realiza el repique a bolsas plásticas. Las plantas están listas para ser llevadas al campo cinco meses después de la siembra, cuando alcancen de 30 a 40 cm de altura; la sobrevivencia en el sitio es de 90% (Salazar *et al.* 2000a; Cordero y Boshier, 2003a).

Importancia y Usos: Es polinizado por abejas y mariposas. Sus frutos son consumidos por muchos animales, tales como ñeques, monos, ardillas, coatíes y saínos. La copa del almendro recibe alrededor de un centenar de aves visitantes, entre ellas loras, pericos, tucanes y oropéndolas, cuya función es tanto depredar como dispersar los frutos y semillas. Otras aves insectívoras y nectarívoras llegan casualmente durante la época de floración. Monos y marsupiales también aprovechan las épocas de fructificación (Chízar *et al.* 2009). En Costa Rica, es una especie indispensable para la supervivencia de la lapa verde (*Ara ambigua*), cuyas poblaciones están en peligro de extinción y dependen del almendro para su alimentación y anidación. Los murciélagos del género *Artibeus* se alimentan del pericarpo del fruto y dejan caer las semillas en pequeños grupos debajo de sus comederos. Se ha registrado que coleópteros de la familia *Bruquidae* perforan la cubierta dura de las semillas para depositar sus huevos (Chízar *et al.* 2009).

La madera es empleada en construcción pesada, en la elaboración de puentes y durmientes para ferrocarril, construcciones marinas y carrocerías, pisos industriales, artesanías torneadas o talladas, plataformas, trampolines, mangos de herramientas agrícolas y maquinaria industrial. De excelente calidad para leña y carbón. Del mesocarpio del fruto se extrae un aceite que se cristaliza al secarse y el cual es utilizado para hacer jabones de tocador, tratamientos para el cabello o problemas estomacales. Las semillas pueden ser tostadas para consumirse como frutos secos. En el pacífico colombiano las semillas frescas suelen ser molidas para hacer una pasta que se mezcla con agua de coco, leche o chocolate y obtener así una bebida de alto valor energético (Salazar *et al.* 2000a; Cárdenas y Salinas, 2006b; Cordero y Boshier, 2003a).

Situación Actual: Ha sido categorizado como una especie Vulnerable (VU A2ac) debido a que cerca del 40% de sus poblaciones han sido fuertemente explotadas para la obtención de madera, correspondiendo a aquellas que se encuentran ubicadas en la planicie del pacífico noroeste de Antioquia. Solo se conocen plantaciones protegidas en el Parque Nacional Natural Los Katíos (Cárdenas y Salinas, 2006b).

Medidas de Conservación Propuestas: Identificar poblaciones naturales de la especie, particularmente en los parques nacionales naturales Katíos y Ensenada de Utría, debido a que cerca de sus territorios han sido registradas poblaciones de *D. panamensis*. Realizar estudios auto-ecológicos para proponer planes de manejo que sean desarrollados conjuntamente por las corporaciones autónomas regionales, la academia y los institutos de investigación. Incentivar el enriquecimiento con plántulas de la especie en áreas degradadas de su hábitat natural. Desarrollar programas de propagación en jardines botánicos (Cárdenas y Salinas, 2006b).

Algunos estudios sobre la propagación vegetativa de la especie:

Propagación Vegetativa: Se pueden plantar como pseudo-estacas con una sobrevivencia de 80 a 85% (Salazar *et al.* 2000a; Cordero y Boshier, 2003a).

Propagación Vegetativa por Estacas con Énfasis en Topótesis y el Uso de Microorganismos Eficaces (Flores, 1997): el almendro es una especie arbórea que en condiciones de vivero generalmente se reproduce por semilla ó mediante el uso de pseudo-estacas. En este trabajo se explora el potencial de uso de estacas leñosas obtenidas de ramas de plantas de un año en vivero para su propagación vegetativa y se evalúa la influencia de la topótesis (efecto de la posición basal, media o apical, de donde fue tomada la estaca, sobre el crecimiento de la planta que se formará a partir de la misma). A su vez, se evaluó el uso de microorganismos eficaces (E.M) en la inoculación de las estacas de almendro previo a su plantación. Los resultados obtenidos en otros trabajos publicados muestran que el 95% de las estacas basales y medias sobrevivieron y que 35% a 55% enraizaron. El trabajo desarrollado por Flores (1997), muestra un efecto positivo de la topótesis en el desarrollo de biomasa del tallo, hojas y raíces por

parte de las estacas basales y medias, a su vez las estacas apicales se secaron en su totalidad. Tampoco hubo interacción entre topófitis y tratamientos de inmersión en EM. La topófitis mostró influencia significativa (P menor que 0.05) sobre el número de hojas, área foliar, diámetro del tallo, peso seco de tallo y peso seco total; no se dieron diferencias significativas; la relación de la topófitis con las diferentes características de la planta fue significativa (P menor que 0.05), para el número de hojas, área foliar, diámetro del tallo, peso seco de tallo, peso seco total. Mientras que no resultó significativa para el resto de características. Se concluye que las estacas basales y medias fueron las que presentaron mayor influencia de la topófitis en el crecimiento y la emisión de raíces y se podrían utilizar como material para propagación vegetativa, de almendro.

4.1.2 Nazareno: *Peltogyne pubescens*.

Familia: Caesalpinaceae/Fabaceae

Sinónimo: *Peltogyne paniculata* subsp. *pubescens*⁵

Nombres Comunes: Cananeo, Nazareno, Tananeo, zapatero (Venezuela) (Cárdenas y Salinas, 2006c).

Categoría Nacional: Vulnerable (VU) (Cárdenas y Salinas, 2006a).

Descripción Botánica: La especie *Peltogyne paniculata* alcanza hasta 25 m de altura. La corteza es de color marrón rojizo casi negra, lisa y con numerosas lenticelas. Las estípulas son lineal-oblongas y tienen 8 mm de largo. Las ramas y peciolos son glabros. Las hojas son anchas, ovadas a oblongas, acuminadas, glabras y miden de 5 a 10 cm de largo por 2 a 5 cm de ancho. Las flores son de color rosado. El fruto es aplanado, de color amarillo o café y tiene de 3 a 4.5 cm de largo por 2 a 2.5 cm de ancho (Cárdenas y Salinas, 2006c).

Distribución Geográfica: *P. paniculata*, es una especie originaria de las Antillas y Centro América. Se distribuye en Norte, Centro (México) y Sur América (Brasil, Colombia,

⁵ <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=ShowObject&accion=show&id=603941>
<http://www.theplantlist.org/tpl/record/ild-15063>

Guiana, Venezuela) (Cárdenas y Salinas, 2006c). Ha sido reportada en Tumaco, Zona de Urabá, Magdalena medio y la Amazonía (Escobar *et al.* 1993b).

Ecología: Se encuentra en lomas o áreas planas bien drenadas, con pendientes de 10 a 35%. Crece en suelos pobres, rojizos y arcillosos, con altos contenidos de hierro y aluminio. Es una especie semi-heliófila que llega a ocupar dosel superior en bosques naturales; la regeneración cerca del árbol madre es abundante, pero desafortunadamente la mayoría de los brinzales bajo sombra mueren pocos años después, las plántulas que nacen en áreas abiertas o en el borde del bosque se desarrollan muy bien; se asocia generalmente con especies como *Caryocar costarricense*, *Brosimum utile*, *Couratari guianensis*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia* spp., *Anthodiscus chocuensis* y con las palmeras *Socratea exorrhiza*, *Iriartea deltoidea* y *Asterogyne martiana*. Los árboles son semi-caducifolios a finales de enero o a principios de diciembre. La floración se produce entre agosto y diciembre a través de su rango de distribución geográfica. Los frutos maduran de febrero a abril a lo largo de su distribución natural (Escobar *et al.* 1993b)

Importancia y Usos: El género *Peltogyne*, se ha denominado como un indicador sobre el estado de intervención de los bosques por la actividad del hombre (Jiménez, 1993). Aunque no se tiene certeza alguna, pues no se han realizado estudios sobre los aspectos reproductivos de la especie, sus flores aparentemente son polinizadas por abejas (Sotuyo, 2014). Como especie semi heliófila, por lo regular los frutos y las semillas son grandes y con considerables reservas alimenticias, tienden a ser consumidos por los animales silvestres y atrae sobre todo aves. Por esta razón su dispersión tiende a ser por gravedad a corta distancia del árbol madre aunque también las dispersan los mamíferos que las consumen y el agua en aquellas que habitan selvas episódicamente inundadas (Del Valle Arango, 2011).

Es una madera bastante apreciada tanto por su particular coloración violeta, así como por su resistencia al ataque de los insectos y al efecto de la intemperie. Es utilizada para la elaboración de polines, pisos, parquet, puertas, ventanas, construcciones pesadas, chapas, carpintería, ebanistería, muebles, objetos de adorno, artesanías, artículos

deportivos, mangos para herramientas, construcción marina, acabados finos y para torneado (Salazar *et al.* 2000b; Cordero y Boshier, 2003b; Cárdenas y Salinas, 2006d).

Situación Actual: La especie fue catalogada como una especie Vulnerable [VU B1ab(iii) D2]. Su extensión de presencia abarca menos de 20000 km² en ambientes fuertemente degradados. Todas las especies del género *Peltogyne* que crecen en el territorio nacional son aprovechadas como maderables; sin embargo, *P. purpurea* es la única de ellas que presenta una amenaza real, de acuerdo a los criterios estandarizados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Cárdenas y Salinas, 2006d).

Medidas de Conservación Propuestas: Identificar poblaciones naturales de la especie, particularmente en el Santuario de Fauna y Flora Ciénaga de Santa Marta, pues cerca de su territorio se han registrado poblaciones de nazareno. Realizar estudios auto-ecológicos para proponer planes de manejo que sean desarrollados conjuntamente por las corporaciones, la academia y los institutos de investigación. Incentivar el enriquecimiento con plántulas de la especie en áreas degradadas de su hábitat natural. Desarrollar programas de propagación en jardines botánicos (Cárdenas y Salinas, 2006d).

Algunos estudios sobre la propagación vegetativa de la especie:

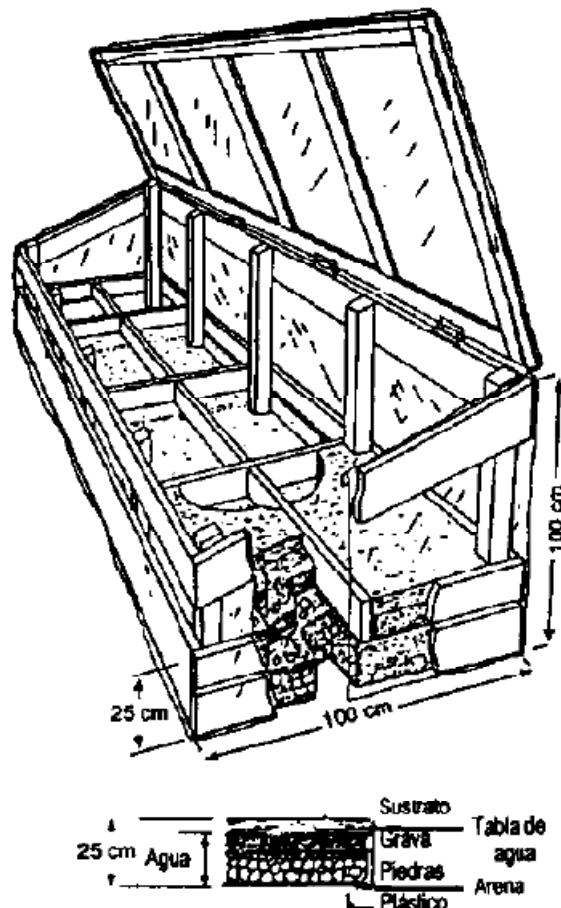
Descripción de siete especies forestales nativas del bosque húmedo tropical en el Sur de Costa Rica (Maráz *et al.* 1997). Los autores de este trabajo, mencionan que la especie *P. purpurea* se puede reproducir a través de estacas con brotes lignificados de árboles jóvenes. El porcentaje de germinación es bastante alto en la primera semana, reduciéndose dicha proporción hacia el norte del área de distribución en Costa Rica.

4.2 El Propagador de Sub-Irrigación.

El propagador de sub-irrigación, descrito por Leakey *et al.* (1990), es básicamente un marco de madera o de metal rodeado por plástico transparente para hacerlo impermeable. Los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes (6-10 cm de diámetro), pequeñas piedras (3-6 cm) y grava, los últimos 5 cm se cubren con

un sustrato de enraizamiento (arena fina, aserrín, etc.). Los 20 cm basales se llenan con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantendrá húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel, se utiliza un cilindro de bambú o cualquier otro material insertado verticalmente a través de las diferentes capas del material. Internamente se utilizan marcos de reglas que le dan apoyo a la estructura y a la vez proporcionan subdivisiones que permiten el uso de sustratos diferentes dentro del mismo propagador. La caja se cubre con una tapa que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna. El agua del propagador debe cambiarse al menos cada seis meses (Mesén, 1998; Mesén *et al.* 1995) (Figura 4-2).

Figura 4-2. Diseño del propagador de sub-irrigación (Leakey *et al.* 1990).



Microambiente de propagación: El microclima de los propagadores de sub-irrigación es comparable al de otros sistemas más sofisticados. En comparaciones hechas con otros

sistemas, se encontraron valores menores de humedad relativa, temperatura foliar y temperatura del aire en el sistema de sub-irrigación (Mesén, 1998). Las evaluaciones de este sistema han demostrado que es al menos tan efectivo como otros sistemas más sofisticados, e indican su potencial para un rango amplio de especies (Newton y Jones, 1993). Durante el proceso de enraizamiento se requiere cierta cantidad de luz para permitir una tasa adecuada de fotosíntesis en las estacas; por lo tanto, es necesario proporcionar sombra al área de propagación para reducir la irradiación a niveles adecuados y consecuentemente, reducir la temperatura dentro de los propagadores. El uso de una malla de sarán ha dado buenos resultados para la mayoría de las especies evaluadas, aunque alternativamente, se pueden utilizar hoja de palma o cualquier otro material disponible localmente (Mesén, 1998; Mesén *et al.* 1995).

Sustrato de enraizamiento: El sustrato tiene un efecto importante en el éxito del enraizamiento y debe ser considerado como parte integral de cualquier sistema de propagación. No debe presentar obstáculos para el crecimiento de las raíces, debe tener la consistencia suficiente para mantener las estacas en su posición y ser de fácil adquisición en cualquier momento (Leakey y Mesén, 1991). El sustrato debe cambiarse cada 3-6 meses, para eliminar musgo y malezas que se van acumulando, y puede ser reutilizado después de lavarlo bien. Sin embargo, si se dan señales de pudrición en las estacas, enfermedades o enraizamiento pobre, es mejor utilizar material nuevo. Por lo general no es necesario esterilizar el sustrato ni los demás materiales que se utilizan en el propagador, basta con lavarlos para eliminar cualquier residuo de tierra (Mesén, 1998; Mesén *et al.* 1995).

Colocación de las estacas: Antes de insertar las estacas en el propagador, se deben hacer hoyos de aproximadamente 2 cm de profundidad en el sustrato, colocar las estacas con cuidado y presionar el medio alrededor de la estaca. No se debe insertar la estaca a presión en el sustrato para no dañar los delicados tejidos en el corte. El espaciamiento entre estacas depende del área foliar utilizada, pero normalmente (para áreas foliares de 20-30 cm²), un espaciamiento de 5x5 cm es apropiado (Mesén, 1998).

Cuidados durante el periodo de propagación: Es conveniente asperjar bien las hojas de las estacas con agua mediante un aspersor manual o una manguera de gota fina. Una

vez que el propagador ha sido cerrado, se crea un ambiente interno de alta humedad que favorece el enraizamiento, de manera que normalmente no se requieren cuidados adicionales hasta que se produzca el enraizamiento; además, es conveniente mantener la tapa cerrada a fin de evitar descensos en la humedad relativa dentro del propagador. Sin embargo, es necesario realizar inspecciones regularmente para detectar y corregir problemas patológicos, eliminar hojas caídas o estacas con síntomas de necrosis que puedan ser foco de infección, para observar y mantener el nivel de la tabla de agua y para evaluar el avance en el proceso de enraizamiento. También es aconsejable asperjar con agua las hojas de las estacas con cierta regularidad, especialmente después de periodos de alta temperatura, lo cual ayuda a mantenerlas turgentes y favorecer el proceso de enraizamiento. Siempre que se abra la tapa del propagador para inspecciones, etc., se debe rociar con agua las hojas de las estacas (Mesén, 1998).

Tecnología de bajo costo: El sistema de propagación por sub-Irrigación pone al alcance del pequeño y mediano productor de la región, las ventajas de la silvicultura clonal, que hasta hace poco estaban restringidas a grandes compañías. La implementación del sistema requiere ciertos ensayos previos para definir los mejores tratamientos en las especies involucradas y cierta capacidad técnica, así como un control cuidadoso para el manejo de la variabilidad genética en las plantaciones. Por estas razones, se espera que la tecnología sea adoptada e implementada por grupos organizados bajo una adecuada guía técnica, que pueda garantizar condiciones mínimas (Mesén *et al.* 1995).

4.3 Enraizantes Empleados en el Presente Trabajo

Una de las alternativas para tener mayor éxito en el prendimiento de las partes vegetativas es utilizar sustancias para estimular el proceso de enraizamiento, favoreciendo la formación de raíces adventicias; el uso de fitohormonas que aceleran o favorecen el enraizamiento de las estacas, viene a cubrir la necesidad de producción del material vegetativo, moderadamente se recurre al empleo de sustancias naturales, auxinas sintéticas o del mismo tipo que produce la planta de manera natural en los brotes terminales y al abrirse las yemas (Giraldo *et al.* 2009; Lema, 2012).

La decisión de utilizar como enraizantes en este trabajo el Ácido Alfa Naftalenacético – ANA (0,40%), agua de coco, sábila e hipoclorito, se hizo pensando en la facilidad de acceso a estos elementos y para comprobar cuál o cuáles de ellos es el más efectivo, al momento de generar raíces, partiendo de la premisa de que el Ácido Alfa Naftalenacético – ANA (0,40%) debe presentar mejores resultados. Además,

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de estos enraizantes.

4.3.1 Ácido Alfa Naftalenacético –ANA (0,40%)

Existen inductores químicos artificiales, elaborados con ácido alfa-naftalenacético (ANA) como ingrediente activo, que son reguladores fisiológicos que actúan sobre los puntos de crecimiento activo de las raíces de las plantas y afectan las divisiones celulares promoviendo la emisión radical (Giraldo *et al.* 2009); estos pueden ser aplicados en solución o polvo o en forma pastosa (Lema, 2012).

Conocido comercialmente como Hormonagro⁶ y categorizado en nivel IV de toxicidad, en consecuencia, su empleo exige el cumplimiento de las recomendaciones de uso expresadas (Lema, 2012).

4.3.2 Agua de Coco

Núnes y Fernández (2001), mencionan que el agua de coco (*Cocus nucifera*), perteneciente a la subfamilia *Cocosidea*, de la familia *Palmeae*, está compuesta de soluciones ácidas naturales y estériles, conteniendo sales, proteínas, vitaminas y minerales; igualmente, Challco (2011), dice que contiene sustancias de crecimiento como la auxina y la giberelina que ayudan en el enraizamiento de las estacas. El primero en demostrar la existencia de estas sustancias, que se conocen como citocininas, fue Carlos O. Miller, quien observó que, al poner cubitos de zanahoria o papa en agua de coco,

⁶ En la etiqueta del frasco se puede leer lo siguiente: Hormonagro 1. Regulador Fisiológico. Polvo para espolvoreo (DP). Uso Agrícola. Composición Garantizada. Ingrediente Activo: Ácido Alfa Naftalenacético 0,40% (ANA).

éstos crecían con proliferación de células (Parra, 2002).

De esta manera, se mencionan algunos autores que emplearon agua de coco como medio enraizante, entre ellos se tienen: Bedoya de Muñoz (2003); Pérez *et al.* (2002); Ramírez (2003); Sánchez *et al.* (2010) y Challco (2011)

4.3.3 Penca de Sábila

El gel de la penca de sábila (*Aloe vera*) contiene alrededor de 98,5% de agua, es rico en mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables. Químicamente se caracteriza por la presencia de compuestos fenólicos de gran poder antioxidante, que son generalmente clasificados en dos grupos principales: las cromonas y las antroquinonas (Vega *et al.* 2005).

Igualmente, se mencionan algunos autores que utilizaron el gel de la penca como enraizante en sus trabajos: Rodríguez y Hechevarría (2004); Giraldo *et al.* (2009); Ballesteros y Peña (2012) y Vega *et al.* (2005).

4.3.4 Hipoclorito

Para el caso del hipoclorito⁷ (límpido), al revisarse la literatura, se encuentra que este se usa como un medio de desinfección, sobre todo en la propagación *in vitro*, del material vegetal a ser empleado en la propagación vegetativa para evitar contaminación del mismo:

Flores *et al.* (2011), desinfectaron semillas de *Brassia verrucosa* midiendo con una pipeta serológica 1.25 ml de hipoclorito de sodio al 5% (v/v) y aforando con agua destilada a 25 ml en una probeta graduada; luego agregaron las semillas a la solución de hipoclorito de sodio más dos gotas de Tween 20. Hernández (2010), en su trabajo empleó como parte

⁷ Se utilizó límpido comercial, que de acuerdo con la etiqueta el ingrediente activo es hipoclorito de sodio al 3.5%.

de la desinfección superficial de semillas *Arabidopsis thaliana*, solución de hipoclorito de sodio al 5%. Pedroza *et al.* (2007), emplearon solución de hipoclorito de sodio en varias concentraciones (0,5, 1,0, 1,5, y 2,0%) y durante diferentes tiempos de exposición (5, 10 y 15 minutos), como parte de los tratamientos para evaluar el efecto de estas concentraciones y tiempos en la micropropagación de explantes de *D. viscosa* bajo condiciones *in vitro*. Por su parte, Morales (2000), como parte del protocolo de desinfección de las semillas de *Hylocereus undatus*, las sumergió en etanol absoluto por 5 segundos (DIP), luego se colocaron en una solución de Hipoclorito de sodio comercial a 10% v/v, con dos gotas de detergente no iónico Tween 20 por 10 minutos.

No se encontraron referencias bibliográficas que mencionen su uso como enraizante; en este estudio, se empleó como tal más por el rumor o la creencia tradicional de su uso posible como enraizador, puesto que algunos campesinos de la región aseguran dicho empleo como enraizante.

4.4 Antecedentes en el Uso del Propagador de Sub-irrigación.

4.4.1 Descripción del contexto local, regional, nacional o internacional

En el contexto local y regional, de la búsqueda realizada por los autores, no se han encontrado investigaciones sobre propagación vegetativa por estaca mediante el uso de propagadores de sub-irrigación; a nivel nacional existen dos casos: Propagación por Estacas Juveniles del Balso Blanco (*Heliocarpus americanus* L. Sin. *H. popayanensis*) (Vásquez *et al.* 2006) y Protocolo para la Propagación Vegetativa de las Especies *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. y *Cordia alliodora* (Ruíz & Pavón) Oken por medio de Propágulos (García, 2002).

Además, sobre propagación vegetativa de especies forestales de cierto interés comercial, también se han hecho estudios o investigaciones como son: Utilización de las Técnicas de Cultivo *in vitro* para la Propagación y Conservación de Germoplasma de Cuatro Especies Vegetales en Vía de Extinción en el Oriente Antioqueño: Comino (*Aniba*

perutilis), Abarco (*Cariniana pyriformis*), Almendrón (*Caryocar glabrum*) y Guayacan (*Tabebuia serratifolia*) (Castro *et al.* 1994); Reproducción Vegetativa *in vitro* del Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers.) (Narváez y Vargas, 1996); Propagación Agámica de Seis Especies Forestales Neotropicales en Colombia (Segura *et al.* 1991); Inducción de Organogénesis Indirecta en Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers.) (Yaya *et al.* 2005).

Lo anterior, puede evidenciar que se hacen investigaciones sobre nuestras especies nativas, pero aún falta aportar mucho más en estas.

En el contexto internacional, ha sido más amplio, “durante años se evaluó y mejoró el propagador de sub-irrigación desarrollado por el instituto de Ecología Terrestre (ITE) de Escocia” (Mesén, 1993), entre algunas investigaciones consultadas se encuentran:

- “Propagación por estacas juveniles de iguaguana (*Cordia iguaguana* Melchior) utilizando propagadores de sub – irrigación (Villalobos, 2010).
- Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales utilizando propagadores de sub-irrigación en las especies: *Acacia mangium*, *Albizia guachapele*, *Alnus acuminata*, *Bombacopsis quinata*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus deglupta*, *Gmelina arborea*, *Hyeronima alchorneoides*, *Platymiscium pinnatum*, *Swietenia macrophylla*, *Terminalia oblonga* y *Vochysia guatemalensis*. (Mesén, 1998).

4.4.2 Estudios de viabilidad del propagador de sub-irrigación en diferentes especies

A nivel local y/o regional, no se encuentran investigaciones sobre propagación vegetativa por estaca mediante el uso de propagadores de sub-irrigación; a nivel nacional existen dos casos:

Propagación por Estacas Juveniles del Balso Blanco (*Heliocarpus americanus* L. Sin. *H. popayanensis*) (Vásquez *et al.* 2006); en este estudio se analizaron dos cosas: a) Efecto del sustrato, transporte y cicatrizante en el enraizamiento y b) Efecto del área foliar y la luz en el enraizamiento.

El uso de propagadores de sub-irrigación, es una tecnología sencilla que permite propagar vegetativamente el balsa blanco, pero es necesario seguir haciendo investigaciones para encontrar las condiciones ambientales óptimas, para la recolección y el enraizamiento de las estacas (Vásquez *et al.* 2006).

Protocolo para la Propagación Vegetativa de las Especies *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. Y *Cordia alliodora* (Ruíz & Pavón) Oken por medio de Propágulos (García, 2002). Los objetivos de este trabajo fueron los siguientes:

- Determinar el protocolo de propagación por medio de estacas para las especies *T. rosea* y *C. alliodora* como herramienta para el mejoramiento, conservación y la reforestación comercial.
- Inducir la formación de raíces en estacas obtenidas de árboles maduros y plántulas de vivero, por medio de auxinas.
- Determinar el tratamiento de mejor respuesta en cuanto a enraizamiento para las especies *C. alliodora* y *T. rosea*.
- Ensayar la eficacia del Propagador de Sub-irrigación diseñado por el CATIE como herramienta para la propagación vegetativa de las especies *T. rosea* y *C. alliodora*.

La eficacia del Propagador de Sub-irrigación se midió con el porcentaje de enraizamiento obtenido en las estacas, siendo el de mayor relevancia el ensayo con plántulas de vivero de *T. rosea* o sea que, la eficacia del Propagador es del 81,8% en cuanto a enraizamiento. Es esencial para la Reproducción vegetativa el propagador de Sub-irrigación, el cual es de fácil instalación, económico y aplicable para cualquier programa de revegetalización (García, 2002).

A nivel internacional, el trabajo con el propagador ha sido más amplio, “durante años se evaluó y mejoró el propagador de sub-irrigación desarrollado por el instituto de Ecología Terrestre (ITE) de Escocia” (Mesén, 1993), entre algunas investigaciones consultadas se encuentran:

Propagación por estacas juveniles de iguaguana (*Cordia iguaguana* Melchior) utilizando propagadores de sub-irrigación (Villalobos *et al.* 2010). El principal objetivo

de este trabajo consistió en determinar la eficacia del método de enraizamiento de estacas juveniles de *Cordia iguaguana* Melchior (iguaguana) utilizando propagadores de su-irrigación.

Sus conclusiones fueron las siguientes: a) El propagador de sub-irrigación demostró ser eficiente en el enraizamiento de estacas juveniles de *Cordia iguaguana* Melchior; b) El mayor porcentaje de enraizamiento obtenido fue el 91.67%, considerando dosis de AIB al 1.6% y áreas foliares de 20 y 30 cm²; c) El mayor número promedio de raíces por estaca (4.95, 6.44 y 8.59 raíces) se obtuvo al utilizar dosis de AIB al 1.6% con áreas foliares de 20, 30 y 40 cm² respectivamente; d) La mayor longitud promedio de raíces por estaca se obtuvo al utilizar dosis de AIB al 0.4% con áreas foliares de 20 cm² (9.65 cm) y al utilizar dosis de AIB al 0.8% con áreas foliares de 40 cm² (9.91cm) (Villalobos *et al.* 2010).

Propagación del Burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) por semillas, estacas y acodos (Gutiérrez, 2003). El objetivo general de este trabajo consistió en determinar sistemas adecuados de propagación del burío (*Heliocarpus appendiculatus*), con el fin de dar un primer paso al uso sostenible de la especie en las regiones cañeras húmedas de Centroamérica. Uno de sus objetivos específicos fue, Evaluar el efecto de diferentes factores sobre la capacidad de enraizamiento de estacas juveniles de *H. appendiculatus*.

Algunas de las conclusiones de este trabajo fueron: a) En el mejor de los casos, la propagación por medio de estacas foliadas obtuvo un porcentaje de enraizamiento de 47; b) en el último experimento con estacas foliadas de 14 cm de longitud, aplicando 0.3% de AIB disuelto en metanol puro, en los propagadores de sub-irrigación se probaron cuatro sustratos y cuatro áreas foliares y se obtuvo un enraizamiento máximo de 47% en el sustrato arena : aserrín (1:1) con 25 cm² de área foliar, el mismo sustrato donde se encontró la mejor sobrevivencia (Gutiérrez, 2003).

De acuerdo con Mesén (1998) en su trabajo, Enraizamiento de Estacas Juveniles de Especies Forestales utilizando Propagadores de Sub-Irrigación, los propagadores probaron ser efectivos para la propagación de gran cantidad de especies tropicales, con las ventajas adicionales de que son baratos y fáciles de utilizar y no requieren de electricidad ni agua de cañería, lo cual lo hace apropiados para condiciones rurales y

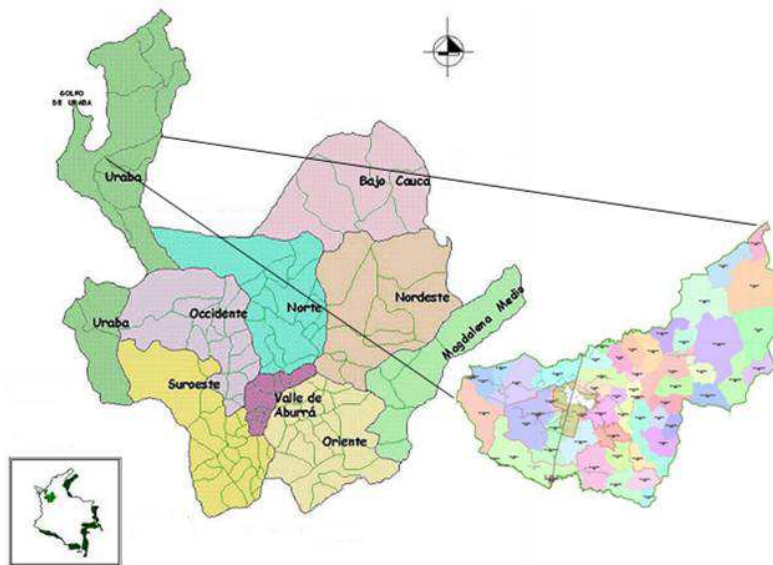
programas de bajo capital. El mismo autor menciona que, existe gran cantidad de sustancias naturales sintéticas que han mostrado su capacidad como promotoras del enraizamiento, pero los siguientes son los más comunes: Ácido indol-acético (AIA), Ácido indol-3-butírico (AIB) y el Ácido naftanelacético (ANA). Se han obtenido muy buenos resultados en especies como: *Acacia mangium*, *Albizia guachapele*, *Alnus acuminata*, *Bombacopsis quinata*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus deglupta*, *Gmelina arborea*, *Hyeronima alchorneoides*, *Platymiscium pinnatum*, *Swietenia macrophylla*, *Terminalia oblonga* y *Vochysia guatemalensis*, algunas de las cuales no habían sido propagadas anteriormente.

5. Abordaje Metodológico

5.1 Localización del Proyecto de Investigación

El proyecto, se llevó a cabo en el Municipio de Apartadó, ubicado al noreste del departamento de Antioquia y hace parte de la zona centro en la subregión de Urabá (Figura 5-1). Las coordenadas geográficas son 7°52'40" de latitud Norte y 76°37'44" de longitud Oeste. La altitud de la cabecera es de 25 msnm. Su área total es de 600 Km² de los cuales 5,65 km² pertenecen al área urbana. La temperatura promedio es de 28°C y la distancia a Medellín de 344 Km (DAP, 2007). La región del Urabá antioqueño, está ubicada en el departamento de Antioquia y comprende los municipios de Mutatá, Chigorodó, Carepa, Apartadó, Turbo, Necoclí, Arboletes, San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá. Tiene una extensión de 897.899,79 ha, que corresponde al 14,16% del total del departamento. En la región, el principal sistema de comunicación es el terrestre, en la que se destaca dos troncales: La vía al mar que une la ciudad de Medellín con el Municipio de Turbo y la Troncal del Caribe que conecta al municipio de San Juan de Urabá con Montería (CORPOURABÁ, 2008).

Figura 5-1. Localización del Municipio de Apartadó en el Departamento de Antioquia, Colombia. Elaborado por los Autores.



5.2 Tipo de Investigación

Correspondió a una investigación de tipo Cuantitativo, puesto que la presencia de yemas foliares y de raíces fueron las que permitieron determinar el comportamiento de las especies *D. panamensis* y *P. pubescens*, ante la propagación vegetativa por estacas usando diferentes tipos de enraizantes (ácido alfa naftalenacético–ANA- (0,40%), agua de coco, sábila e hipoclorito) mediante el uso de propagadores de sub-irrigación y el uso del método tradicional (eras de crecimiento).

5.3 Diseño de Unidad de Análisis, Población y Muestra

El fenómeno estudiado corresponde al comportamiento de las especies propagadas vegetativamente en un propagador de sub-irrigación (Figura 5-2) y por el método tradicional (eras de crecimiento), con diferentes tipos de enraizantes; por lo tanto la población está conformada por las estacas de las especies de *D. panamensis* y *P. pubescens*, con una muestra representada por 400 estacas (200 estacas por especie).

El diseño que se pretendió aplicar fue el de diseño en bloques completos al azar (DBCA), donde se tuvo una (1) repetición, 4 tratamientos (Ácido Alfa Naftalenacético – ANA (0,40%), agua de coco, sábila e hipoclorito) y el testigo, que es el sustrato sin ningún enraizante; en cada uno de los tratamientos se dispuso de 20 estacas (Tabla 5-1).

En los propagadores (Sub-irrigación y tradicional), se evaluó, incluyendo el Testigo, el enraizamiento de las estacas y número de brotes ante los enraizantes: Ácido Alfa Naftalenacético – ANA (0,40%), agua de coco, sábila e hipoclorito (Figura 5-2).

Tabla 5-1. Ejemplo de distribución de los tratamientos y las especies en la era de crecimiento y el propagador de sub-irrigación.

Tratamientos ²	Repetición 1		Repetición 2	
	Nazareno ²	Choibá	Nazareno	Choibá
T0 (Sin enraizante)	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
T1. Ácido Alfa Naftalenacético – ANA (0,40%)	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
T2. Agua de coco	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
T3. Penca de sábila	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
T4. Hipoclorito	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *
	* * * *	* * * *	* * * *	* * * *

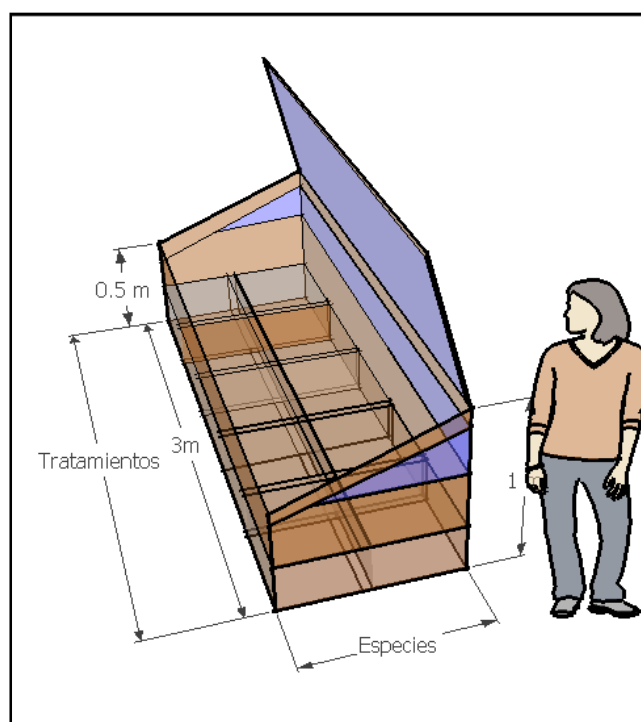
5.4 Análisis Estadístico

Modelo estadístico. El DBCA, se caracteriza porque el material experimental presenta un factor de heterogeneidad definido, siendo necesario formar grupos, clúster o bloques para que las unidades experimentales presentes dentro de cada bloque sean homogéneas entre sí. Se recomienda que el número de unidades experimentales presentes dentro de cada bloque no sea demasiado grande, ya que a mayor número de tratamientos es más complejo formar los bloques y asegurar la homogeneidad de las unidades experimentales dentro del bloque. El modelo de clasificación es:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij}; \begin{cases} i = 1, 2, \dots, k \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases}$$

Donde Y_{ij} es la medición que corresponde al tratamiento i y al bloque j ; μ es la media global poblacional; B_i es el bloque, τ_i es el efecto debido al tratamiento i , y γ_j es el efecto debido a la especie j , y ε_{ij} es el error aleatorio atribuible a la medición Y_{ij} . Se supone que los errores se distribuyen de manera normal con media cero y varianza constante σ^2 y que son independientes (Cerón *et al.* 2013)

Figura 5-2. Diseño del propagador de sub-irrigación.



5.5 Materiales y Métodos

El propagador de sub-irrigación y la era de crecimiento tradicional fueron instalados en la terraza de una vivienda en el municipio de Apartadó, Antioquia, con recursos propios (Figura 5-3).

Figura 5-3: Se observa la era tradicional (izquierda) y el propagador (derecha), construidos en la terraza de una vivienda.



5.5.1 Propagador de Sub-Irrigación

Su tamaño fue de 3 m de largo (uno de sus lados tiene 1 m de altura y el otro 60 cm de altura) por 1 metro de ancho, cubierto todo con un plástico transparente. Se le hizo una base para elevarlos unos 50 cm del suelo (Figura 5-4).

Figura 5-4: Izquierda: Propagador de sub-irrigación ubicado en el suelo de la terraza. Derecha: Propagador después de construirle la estructura para elevarlo y reducir humedad.



Las especies se ubicaron tal como se muestra en el esquema de la tabla 5-1, al igual que los diferentes tipos de tratamientos (T) por lo tanto el propagador de sub-irrigación tuvo a lo ancho tres divisiones de 33.3 cm aproximadamente, donde se colocaron cada una de las especies a estudiar (*D. panamensis* y *P. pubescens*) y a lo largo con cinco (5) subdivisiones, cada una de 60 cm, donde se aplicaron cada uno de los enraizantes en estudio (T0, T1, T2, T3 y T4), como se muestra en la Figura 5-2.

5.5.2 Era de Crecimiento Tradicional

La era de crecimiento tradicional, tuvo el mismo tamaño del propagador, de 3 m de largo por 1 de ancho; se le puso un plástico para la retención de la humedad y del mismo sustrato (Figura 5-5), mantiene las mismas 5 subdivisiones internas como el propagador (Tabla 5-1).

Figura 5-5: Izquierda: Construcción de era de crecimiento con plástico para retención de humedad. Derecha: Llenado con piedra fina, para posteriormente ser llenado con arena fina.



Las estacas y los tipos de tratamientos se ubicaron de la misma forma que en el propagador (Tabla 5-1). Se le puso una polisombra del 60% a unos 2 m sobre el nivel del suelo e igualmente, la era de crecimiento se tuvo que elevar unos 50 cm del suelo, como se aprecia en la Figura 5-6.

Figura 5-6: Al igual que el propagador de sub-irrigación, la era se elevó para reducir humedad.



5.5.3 Sustrato

Se han encontrado diferencias considerables en la capacidad de enraizamiento de diferentes especies con respecto al sustrato utilizado. Estudios realizados en el CATIE, han empelado sustratos fáciles de conseguir localmente, generalmente grava fina, arena, aserrín descompuesto y mezcla de estos materiales. La arena fina en general ha dado buenos resultados con la mayoría de las especies, incluyendo *Alnus acuminata*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Gmelina arborea* y otras (Mesén *et al.* 1995; Mesén, 1998).

El factor más importante asociado con el medio de enraizamiento es la aireación; la tendencia es a preferir medios inertes que con el tiempo no pierdan fácilmente la estructura (Gutiérrez, 2003). En *Cordia alliodora* se encontró que las estacas enraizadas en grava y arena tenían porcentajes de enraizamiento superiores al encontrado en aserrín; la razón de estos resultados se atribuyó a que la arena y la grava son sustratos más aireados (García 2002; Gutiérrez, 2003).

De esta manera, para el llenado del propagador y la era de crecimiento, se utilizó una capa de 25 centímetros de sustrato: 10 cm de piedra, siete (7) cm de grava, y luego una capa de ocho (8) cm arena de río previamente cernido; para el control de humedad se les construyó dos respiraderos con tubos PVC (Figuras 5-7 y 5-8)

Figura 5-7: Izquierda: Tubos PVC que funcionaron como respiraderos. Derecha: Llenado con piedra gruesa y ubicación de los tubos en los propagadores de sub-irrigación.



Figura 5-8: Izquierda: Llenado con grava fina. Derecha: Llenado con arena fina desinfectada.



5.5.4 Selección y Transporte del Material a Propagar

Las estacas de *D. panamensis* y *P. pubescens*, se seleccionaron de las copas de árboles adultos en pie, en el bosque natural encontrado en el Resguardo Indígena Polines, zona rural del Municipio de Chigorodó, Antioquia.

Se escogieron estacas de 12 a 15 cm de largo y de 1.2 a 3 cm de diámetro, con dos o más nudos, extraídas de ramas de la parte apical de las copas de los árboles, eliminando

el entrenado terminal y los basales más lignificados, tomando las sugerencias dadas a partir del estudio de Salazar y Soihet (2001) y Trujillo (2002).

Con el fin de preservar la humedad de las estacas, estas fueron transportadas envueltas en papel periódico húmedo y en una hielera de icopor.

5.5.5 Siembra

Cada uno de los enraizantes se tuvo listo al momento de la siembra de cada una de las estacas; se licuaron dos hojas de penca de sábila, depositando la sustancia en un frasco pequeño, el agua de coco también se almacena en un frasco y se tenían listos los envases de hipoclorito y el del hormonagro. Para la aplicación de los enraizantes en las estacas, se empleó la técnica de inmersión rápida (Mesén, 1998) que consistió en introducir la base (donde se hizo el corte), de la estaca en cada uno de ellos, un centímetro aproximadamente, y luego se introdujeron en el hoyo del propagador o de la era, dado el caso.

Adaptando un poco la metodología de Mesén (1998), se hicieron hoyos entre aproximadamente 2 y 4 cm de profundidad en el sustrato, y se colocaron las estacas con cuidado, verticalmente, colocando la tercera parte de la longitud de la estaca dentro del sustrato y se presionó el medio alrededor de la estaca. Se tuvo cuidado de no insertar la estaca a presión en el sustrato para no dañar los delicados tejidos en el corte. El espaciamiento entre estacas se hizo de aproximadamente 10x10 cm.

5.5.6 Manejo de Condiciones Ambientales

El ambiente donde se desarrollan las estacas debe poseer una humedad saturada de un 99% o 100% para evitar la evapotranspiración y a la vez mantener la turgencia de las células de los tejidos foliares (Hernández y Leal, 1997), condiciones que se logran mediante el uso de sistemas de riego de nebulización, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona (Mata, 2006). Pero para Mesén (1998) es suficiente el uso de una cobertura de plástico ajustada para el mantenimiento de la humedad en el interior del propagador, pues de esta forma, el aire se satura en horas de la noche, resultando en la

condensación del agua de las hojas y el humedecimiento de las mismas y así mantener alta la humedad interna.

El propagador se mantuvo húmedo con agua hasta la mitad del sustrato (en la parte de piedra y grava) para que el agua ascendiera fácilmente por capilaridad hasta la parte de arena fina y se cubrió el propagador con plástico. El material vegetal era rociado con agua dependiendo de la cantidad de la misma en el sustrato del propagador.

Durante el proceso de enraizamiento se requiere de cierta cantidad de luz (Mesén, 1998). Sin embargo la irradiación excesiva provoca el cierre de estomas y la consecuente reducción en el intercambio gaseoso, pérdida de turgencia e incluso la muerte de la estaca (Loach, 1988, citado por Mesén, 1998). Por lo tanto, es necesario proporcionar sombra al área de propagación para reducir la irradiación a niveles adecuados y consecuentemente, reducir la temperatura dentro de los propagadores. Bajo dichas condiciones, el uso de una malla de sarán o polisombra ha dado buenos resultados para la mayoría de las especies evaluadas (Mesén, 1998); por ejemplo, García (2002) para *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea* tuvo que colocar una malla polisombra al 50% sobre el propagador, precisamente para evitar la insolación excesiva de las estacas.

En nuestro caso, siguiendo las recomendaciones para las especies y las acabadas de mencionar, para controlar la temperatura a los propagadores se les puso polisombra de 60%, a 2 m de altura sobre el suelo.

Por otro lado, se hizo limpieza manual de musgos y malezas, se hizo riego mediante un aspersor manual o una manguera de gota fina. Igualmente, se aplicó tratamiento para el control de hongos y nematodos.

5.5.7 Toma y Registro de Datos

En los propagadores, se evaluó el enraizamiento de las estacas y número de brotes ante los enraizantes: ácido alfa naftalenacético–ANA (0,40%), agua de coco, sábila e hipoclorito.

En la Tabla 5-2, se referencia el cronograma empleado para la toma de los datos durante el proceso, y en el Anexo A, el formulario propuesto para la recolección de información.

Tabla 5-2. Tiempos y parámetros a evaluar durante el proceso de investigación.

TIEMPO	PARÁMETRO A EVALUAR	Observaciones
Mes 1	Número de Yemas foliares	Los parámetros a evaluar dependerá de lo observado, por ejemplo si antes de los dos meses mueren las estacas la investigación se dará como finalizada y se procederá a dar las conclusiones respectivas; de lo contrario si hay respuesta positiva se continuará con lo planteado en esta tabla.
Mes 2	Número de Yemas foliares y enraizamiento	
Mes 3	Número de yemas foliares	
Mes 4	Número de Yemas foliares y enraizamiento	
Mes 5	Número de Yemas foliares	
Mes 6	Evaluación final: Número de Yemas foliares y enraizamiento	

6. Resultados y Discusión

Como se lee en los objetivos, la meta era propagar vegetativamente las especies *D. panamensis* y *P. pubescens* aplicándoles cuatro enraizantes diferentes, además del testigo; pero los resultados iniciales, fueron brote de yemas y de callos (algunas estacas generaron raíz) (Figuras 6-1, 6-10 y 6-11). Por lo tanto, el enfoque de los Resultados y la Discusión está dirigido más al análisis de estos resultados iniciales, puesto que no se pudo propagar vegetativamente las especies del presente estudio. A continuación se presentan unas Consideraciones Generales para ambas especies y posteriormente, los resultados obtenidos durante los primeros cuatro meses de toma de datos para cada una de ellas, es decir, cuando hubo presencia de yemas y callos. Con esto se pretende mostrar los posibles actores que hayan podido incidir en los resultados obtenidos.

6.1 Consideraciones Generales

Antes de implementar este método hay que asegurarse de que las especies tienen la capacidad de retoñar, ya que algunas no se renuevan o lo hacen con dificultad, por ejemplo, *Eucalyptus deglupta* y *Pinus caribaea* (Mesén *et al.* 1995). Pero está el caso, como se expresa en el planteamiento del problema y en la Justificación, en que no se puede asegurar que muchas de nuestras especies se propaguen o no vegetativamente, puesto que hace falta investigar aún más en ellas y determinarles esta posibilidad.

A excepción del trabajo de Flores (1997) con el *D. panamensis*, y lo reportado por Maráz *et al.* (1997) para *Peltogyne purpurea*, no se encontraron estudios sobre propagación vegetativa de las especies estudiadas en el presente trabajo, lo que refleja el poco estudio sobre las especies forestales y los pobres resultados obtenidos y que por lo tanto no son publicados.

Para Gutiérrez (2003), existen diferencias en el enraizamiento de estacas dependiendo del estado de madurez en los tejidos, el estado nutricional de la planta madre, los ciclos de producción de hormonas naturales, el estado de desarrollo del cambium y del tejido vascular de donde se toma la estaca, etc. En la presente investigación, las estacas generaron yemas, pero estos retoños con el tiempo se fueron secando; estas estacas

fueron colectadas en época de lluvias en la región de Urabá, ya que, como aseguran Vásquez *et al.* (1997), se seleccionan en la etapa de crecimiento, esto significa que las ramas se encuentran en crecimiento activo, para nuestro caso, esta actividad se presenta en las épocas iniciales de lluvia. Se considera que el brote de yemas en los meses registrados (Tabla 6.1), se pudo haber dado a ese crecimiento activo (una producción alta de hormonas naturales) de las ramas, trayendo como consecuencia su posterior secamiento. En la Figura 6-1, se aprecia el brote de estacas de ambas especies en el primer mes.

Para algunas especies la posición de la estaca en la rama es relevante para el enraizamiento (Gutiérrez, 2003). Flores (1997), en sus observaciones sobre la propagación vegetativa por estacas del *D. panamensis*, obtuvo resultados positivos de la topófitis en el desarrollo de biomasa del tallo, hojas y raíces por parte de las estacas basales y medias, a su vez las estacas apicales se secaron en su totalidad; concluye que las estacas basales y medias se podrían utilizar como material para propagación vegetativa, de *D. panamensis*. Aunque esta conclusión se da para el *D. panamensis*, se asume que puede aplicar para el *P. pubescens*, puesto que las estacas de ambas especies fueron seleccionadas de la copa de árboles en pie y sobre todo de su parte apical, llegando al mismo resultado: estacas secas.

Figura 6-1: Desarrollo de estacas de *D. panamensis* (izquierda) y *P. pubescens*, (derecha), en la era de crecimiento un mes después de sembrado.



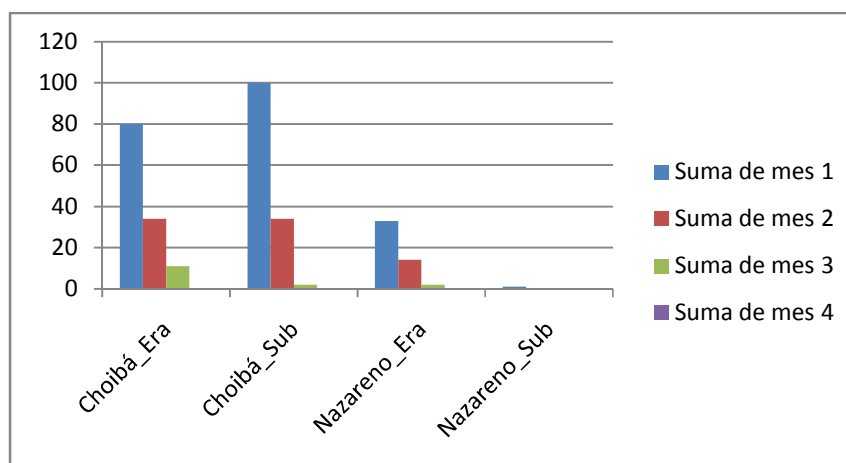
En la tabla 6-1 y la figura 6-2, se puede apreciar cómo se fue dando el decrecimiento en la producción de yemas en ambas especies, tanto en la era tradicional como en el propagador; a partir del mes 4 ya no se obtuvieron datos, debido a que la totalidad de las estacas se secaron.

Tabla 6-1: Número de yemas por mes y por especie.

Etiquetas de fila	Mes 1	Mes 2	Mes 3	M 4
Choibá Era de crecimiento	80	34	11	0
Choibá Sub-irrigador	100	34	2	0
Nazareno Era de crecimiento	33	14	2	0
Nazareno Sub-irrigador	1	0	0	0
Total general	214	82	15	0

En una primera comparación (Figura 6-1), la especie *D. panamensis*, fue la que presentó más brotes de yemas tanto en la era de crecimiento tradicional (80 yemas) como en el propagador de sub-irrigación (100 yemas), frente a las 33 en la era y 1 en el propagador en la especie *P. pubescens*. Pudiéndose inferir de este resultado, que la especie *D. panamensis*, mostró inicialmente mejor respuesta ante los enraizantes.

Figura 6-2: Número de yemas por mes y por especie



La respuesta de las especies *D. panamensis* y *P. pubescens*, ante la propagación vegetativa por estacas, tanto por el método tradicional y mediante el uso del propagador de sub-irrigación con los diferentes enraizantes (Ácido naftanelacético 0,40%, agua de coco, penca de sábila e hipoclorito), fue negativa; basados en estos resultados, no se

aplicó la base estadística planteada en el numeral 5.2, puesto que no se obtuvo los resultados mínimos para un análisis de comparación entre enraizantes, entre tratamientos y entre especies. En el Anexo C, se presenta el registro de los datos durante el proceso.

6.2 Datos para el Choibá (*Dipteryx panamensis*)

En el primer mes se contaron en total 80 brotes en la era de crecimiento y 100 brotes en el propagador de Sub-irrigación, observándose mejor desarrollo del *D. panamensis* en el propagador de sub-irrigación. La Figura 6-4, muestra las estacas en los meses dos (2) y tres (3) con buen desarrollo de yemas en la era de crecimiento tradicional; las estacas fueron secándose hasta que ya en el cuarto mes las estacas se tornaron del todo secas (Tabla 6-2 y Figura 6-3).

Tabla 6-2: Número de yemas por mes para el choibá (*Dipteryx panamensis*)

Ensayo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Era de crecimiento	80	34	11	0
Propagador de sub-irrigación	100	34	2	0
Total general	180	68	13	0

Figura 6-3. Número de yemas por mes para el choibá (*Dipteryx panamensis*)

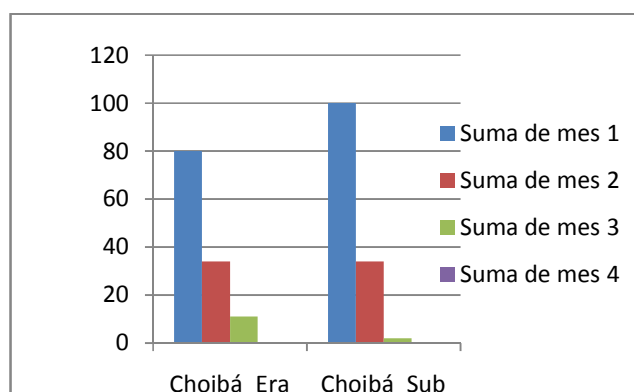


Figura 6-4: Desarrollo de estacas de *D. panamensis* en la era de crecimiento. Izquierda: de dos meses; Derecha: de tres meses después de sembrado.



En la Tabla 6-3, se puede apreciar la Anova para el promedio de yemas por estaca generadas en el primer mes con la aplicación de los diferentes tratamientos en la era de crecimiento (Ver cálculos completos en el Anexo B).

Tabla 6-3: Anova para el promedio de yemas por estaca en la era de crecimiento en el primer mes para *D. panamensis*.

Fuente	<i>g.l.</i>	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$F_{calculada}$	F_{tablas}
Tratamientos	5-1=4	SCtratamiento: 18,7	CMtratam: 4,675	3,6614	2,47
Error	100-5=95	SCerror: 121,3	CMerror: 1,276842		
Total	100-1=99	SCtotal: 140			

Teniéndose 4 y 95 grados de libertad, para un nivel de confianza del 95%, el valor de F teórico es de 2,47 (Tabla 6-3). De esta manera se puede concluir que, ya que F calculado es mayor que F tabulado, sí hay diferencias significativas entre las medias obtenidas para el primer mes de aplicado los enraizantes.

A partir de esto, se determina la Diferencia Significativa Mínima (DSM), con un alfa de 0,95 y con 95 grados de libertad, el cual fue de: 0,7094. Calculándose los valores absolutos de las diferencias entre las medias, y comparándose con el valor de DSM, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 6-4: Cálculo de los valores absolutos de las diferencias entre medias para *D. panamensis* en el primer mes.

	T0 (Testigo)	T1 (Hipoclorito)	T2 (Penca)	T3 (A. coco)	T4 (Hormonagro)
Promedio	0,9	0,3	1,15	1,35	0,3
T0	-----	0,6	0,25	0,45	0,6
T1	-----	-----	0,85	1,05	0
T2	-----	-----	-----	0,2	0,85
T3	-----	-----	-----	-----	1,05

Como se puede observar en la Tabla 6-4, los tratamientos T2 (penca de sábila) y T3 (agua de coco) presentan los promedios más altos en yemas por estaca; además, las diferencias que exceden la DSM (0,7094) están entre las medias T1 y T2, T1 y T3, T2 y T4, y T3 y T4. Para el primer mes, se puede decir que, las estacas de *D. panamensis*, presentarían buena respuesta a generar yemas, con la aplicación de penca y agua de coco, seguido del testigo, que aunque presentó un menor promedio de yemas por estaca con los dos anteriormente mencionados, no tuvo diferencias significativas con ellos. Sorprende que el Hormonagro no haya presentado una respuesta igual o mejor, puesto que es la auxina sintética preparada para acelerar y/o mejorar el brote y el enraizamiento de las estacas.

De estas observaciones (Tablas 6-3 y 6-4), se puede dar una explicación fisiológica: tiene sentido tener mayor producción de rebrotes con el tratamiento del agua con coco ya que éste, en su composición posee citoquininas naturales como zeatina, adicionalmente, poseen una gran cantidad de elementos minerales como magnesio, fósforo, calcio, cloro, potasio, sodio, entre otros (Alfonso y Ramírez, 2008) que podrían contribuir en el rompimiento de la dormancia de las yemas. Igualmente con la penca de sábila, ya que tiene mayor cantidad de auxina específicamente, ácido indolacético. Ahora, se podría mencionar que no generaron raíces por, tal vez, la concentración de hormona en el medio de enraizamiento.

Ahora, en la Tabla 6-5, se presenta la Anova para el promedio de yemas por estaca generadas en el primer mes con la aplicación de los diferentes tratamientos en el propagador de sub-irrigación (Ver cálculos completos en el Anexo B).

Tabla 6-5: Anova para el promedio de yemas por estaca en el propagador de sub-irrigación en el primer mes para *D. panamensis*.

Fuente	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F _{calculada}	F _{tablas}
Tratamientos	5-1=4	SCtratamiento: 17,7	CMtratam: 4,425	3,1301	2,47
Error	100-5=95	SCerror: 134,3	CMerror: 1,4137		
Total	100-1=99	SCtotal: 152			

Con 4 y 95 grados de libertad, para un nivel de confianza del 95%, el valor de F teórico es de 2,47. De esta manera se puede concluir, ya que F calculado es mayor que F de la tabla, que sí hay diferencias significativas entre las medias obtenidas para el primer mes de aplicado los enraizantes.

Se determina la Diferencia Significativa Mínima (DSM), con un alfa de 0,95 y con 95 grados de libertad, el cual fue de: 0,7464. Calculándose los valores absolutos de las diferencias entre las medias, y comparándose con el valor de DSM (Tabla 6-6).

Tabla 6-6: Cálculo de los valores absolutos de las diferencias entre medias para *D. panamensis* en el primer mes.

	T0 (Testigo)	T1 (Hipoclorito)	T2 (Penca)	T3 (A. coco)	T4 (Hormonagro)
Promedio	0,8	0,7	1,7	1,25	0,55
T0	-----	0,1	0,9	0,45	0,25
T1	-----	-----	1	0,55	0,15
T2	-----	-----	-----	0,45	1,15
T3	-----	-----	-----	-----	0,7

En la Tabla 6-6, al igual que en la Tabla 6-4, los tratamientos T2 (penca de sábila) y T3 (agua de coco), presentan los promedios más altos en yemas por estaca; pero las diferencias que exceden la DSM (0,7464) están entre las medias de T0 y T2, T1 y T2, y T2 y T4; esto indica que en el primer mes, las estacas de *D. panamensis* en el propagador respondieron mejor a la aplicación de la penca, seguido del agua de coco. Se puede inferir que se obtiene un resultado similar con la era de crecimiento y la explicación es la misma que se da en cuanto a los componentes de la penca y del agua de coco.

En la Figura 6-5, en la estaca del tercer mes, ya se empieza a notar que la yema se va desecando, cambiándose el color a un tono café.

Figura 6-5: Desarrollo de estacas de *D. panamensis* en el propagador de subirrigación. Izquierda: después de un mes y Derecha: después del tercer mes de siembra



En ambos propagadores, tradicional y de sub-irrigación, el agua con coco y la penca de sábila iniciaron con buenos resultados o buenos datos, pero decayeron rápidamente hasta secarse, situación que se analizará con más detalle en el numeral 7.1.

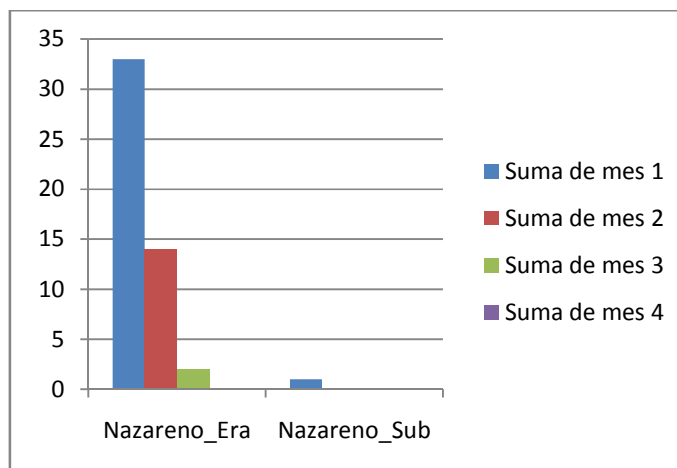
6.3 Datos para el nazareno (*Peltogyne pubescens*)

En el primer mes se contaron en total 30 brotes en la era de crecimiento, y 1 brote en el propagador de Sub-irrigación, en el primer mes el desarrollo del *P. pubescens*, se observó mejor en la era de crecimiento, las estacas fueron secándose hasta que ya en el cuarto mes las estacas se tornaron del todo secas (Tabla 6-7 y Figura 6-3), al igual que en la especie *D. panamensis*.

Tabla 6-7: Número de yemas por mes para el nazareno (*P. pubescens*).

Ensayo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Era de crecimiento	33	14	2	0
Propagador de sub-irrigación	1	0	0	0
Total general	34	14	2	0

Figura 6-6: Número de yemas por mes para el nazareno (*P. pubescens*).



Para esta especie, hubo mayor presencia de yemas en el primer mes en la era de crecimiento, posiblemente por la mayor exposición al sol, pero estas, para el segundo mes se empezaron a secar, ya para el cuarto mes las estacas estaban totalmente secas, como se aprecia en la Figura 6-7, la estaca de la derecha.

Figura 6-7: Desarrollo de estacas de *P. pubescens*, en la era de crecimiento. Izquierda: después del segundo mes y Derecha: después del tercer mes de siembra.



En la Tabla 6-8, se muestra la Anova para los promedios de yemas por estaca en la era de crecimiento con los datos del primer mes (Ver cálculos completos en el Anexo B).

Cabe anotar que como con el Hipoclorito no hubo resultado alguno, este tratamiento no se tuvo en cuenta para el análisis de las varianzas.

Tabla 6-8: Anova para el promedio de yemas por estaca en la era de crecimiento en el primer mes para *P. pubescens*.

Fuente	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$F_{calculada}$	F_{tablas}
Tratamientos	4-1=3	SCtratamiento: 3,738	CMtratam: 1,2478	2,0746	2,7
Error	100-4=96	SCerror: 57,65	CMerror: 0,6005		
Total	100-1=99	SCtotal: 61,3875			

Con 4 y 95 grados de libertad (Tabla 6-8), para un nivel de confianza del 95%, el valor de F teórico es de 2,7. De esta manera se puede concluir, ya que F calculado es menor que F de la tabla, que no hay diferencias significativas entre las medias obtenidas para el primer mes de aplicado los enraizantes. Al no evidenciarse diferencia alguna, se infiere en que se podría aplicar cualquier tratamiento o enraizante o no aplicarse alguno, puesto que el Testigo estaría presentando iguales resultados.

Pero si se observa la Tabla 6-9, ya no analizando el promedio de yemas por estaca, sino el número de yemas por tratamiento, las estacas que mayor número de yemas generaron fueron las asociadas al tratamiento (T4) ácido Alfa naftalenacético –ANA (0,40%) y al agua de coco.

Tabla 6-9: Número de yemas por mes y por tratamiento para el nazareno (*P. pubescens*) en eras de crecimiento.

Etiquetas de fila	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Testigo (T0)	3	2	0	0
Límpido (T1)	0	0	0	0
Penca de sábila (T2)	5	2	0	0
Agua con coco (T3)	12	5	2	0
Ácido Alfa naftalenacético(0,40%)(T4)	13	5	0	0
Total general	33	14	2	0

Finalmente, al igual que con *D. panamensis*, las estacas se van secando en los meses siguientes. En el propagador de sub-irrigación solo una estaca rebrotó, la cual estaba asociada al tratamiento (T1), aplicación de límpido.

6.4 Observaciones durante el proceso de investigación

Durante el proceso de investigación para el enraizamiento de las estacas de *D. panamensis* y *P. pubescens*, se presentó lo siguiente:

- Inicialmente, los propagadores y las eras fueron construidos sobre el suelo de la terraza, pero hubo que construirles unas bases para elevarlos, puesto que se estaba generando mucha humedad en la terraza de la vivienda (Figura 5-5 y 5-7).
- Esto implicó, resembrar la mayoría de las estacas nuevamente en las estructuras ya elevadas, colocándoles etiquetas verdes a las estacas de la era de crecimiento y etiquetas rojas a las estacas del propagador de sub-irrigación (Figura 6-8, izquierda). Las estacas secas al momento de la resiembra fueron desechadas.
- Se procedió a sembrar nuevamente material vegetal de *D. panamensis* (verde, tierno, de la parte final de las ramas), estos se sembraron el 13 de septiembre de 2013, se etiquetaron, la parte distal de las estacas fue sellada con una mezcla de vinilo y fungicida para prevenir la deshidratación e infecciones por fitopatógenos (Figura 6-8, derecha), pero 13 días después todo el material se empezó a poner necrótico con muerte descendente. Sumado a esto, debido a que el material era muy tierno, hubo ataque de nematodos, pero no fue significativo.

Figura 6-8: Izquierda: se aprecia las etiquetas de color numeradas. Derecha: aplicación de solución de vinilo con fungicida en la parte superior en estacas de *D. panamensis*.



- En un tercer intento se sembró nuevamente *D. panamensis* y nuevamente nazareno, en este caso hubo las siguientes características:
 - Sábado 21 de septiembre de 2013: Recepción y preparación del material (corta, sellamiento y numeración). Como este trabajo gastó la totalidad del día, a cada estaca se les aplicó cada uno de los tratamientos y se guardaron en la nevera conservándolos dentro de una bolsa plástica con papel periódico húmedo).
 - Domingo 22 de septiembre de 2013: la siembra del material vegetal coincidió con una mañana bastante fresca.
 - Por los antecedentes de la presencia de nemátodos, característico de exceso de humedad, se procedió a quitar la polisombra del propagador de sub-irrigación, solo se dejó puesta en la era de crecimiento. Se aplicó Furadán granulado (a los dos propagadores) con el fin de controlar la presencia de estos nematodos.
 - Se verificó la columna de agua de los propagadores de sub-irrigación, tomando la decisión de disminuir esta columna a una altura de aproximadamente 2 centímetros, esto con el fin de contribuir a disminuir los niveles de humedad.
 - Una semana después, se observó altos contenidos de humedad en la era de crecimiento, razón por la cual se decidió quitar la polisombra y dejar totalmente expuestas las estacas al sol y al agua.
 - Se estableció un cronograma para el manejo fitosanitario, de tal manera que cada quince días se estuvo aplicando fungicida y cada quince días nematicida.
 - Dos veces a la semana se hizo visita al vivero para verificar el estado del proceso.
 - Un mes después de sembrado (Octubre 26 de 2013) el *D. panamensis* y el *P. pubescens*. contaron con las siguiente características:
 - El *D. panamensis* tuvo mejor desarrollo en el propagador de sub-irrigación, el color de las estacas fue un verde más pálido que en la era de crecimiento.
 - El desarrollo de *P. pubescens*, ha sido mejor en la era de crecimiento. Supuesto: la exposición directa al sol.
 - Se observa además, que a pesar de la aplicación del fungicida, persistió la presencia de hongo en el sustrato de color verde (Figura 6-9).

Figura 6-9: Presencia en la superficie del sustrato de hongo color verde debido a la humedad.



- Cabe resaltar que durante el proceso, algunas de las estacas se extrajeron para determinar si había presencia de raíces, en algunos casos se evidenció raíz (Figura 6-10) y en otros la presencia de cayos, los cuales, se esperaba se originaran en raíces (Figura 6-11).

Figura 6-10: Estaca de *D. panamensis* con raíz y brote de una yema (era de crecimiento).



Figura 6-11: Estacas de *D. panamensis* con callos; se esperaba regeneración de raíces.



7. Conclusiones y recomendaciones

Como se mencionó antes, no se procedió a realizar análisis estadístico (propuesto) de los datos por los datos finales obtenidos. Con base en estos resultados, se expresan una serie de hipótesis a manera de conclusiones y recomendaciones, que tratan de explicar el por qué las estacas se fueron secando con el pasar de los meses.

7.1 Conclusiones

- Las especies estudiadas *D. panamensis* y *P. pubescens*, no respondieron positivamente ante la propagación vegetativa por estacas, tanto en las eras de crecimiento como en los propagadores de sub-irrigación.
- Una primera hipótesis del retoño de las yemas, es que, de acuerdo con Vásquez *et al.* (1997) y Gutiérrez (2003), las estacas fueron colectadas en una época de mayor actividad de crecimiento de las plantas (época de lluvias) y en esta época las ramas se encuentran en mayor crecimiento, con una significativa producción hormonal; así, las estacas utilizaron sus reservas en la generación de yemas.
- La segunda hipótesis es en cuanto a la ubicación de las ramas en la copa de los árboles; para el brote del *P. pubescens* y del *D. panamensis*, en este estudio, se evidencia que juega un papel muy importante el estado de las ramas, de dónde se ha obtenido las estacas y la posición en la copa; las ramas para seleccionar las estacas a sembrar, fueron colectadas del parte apical del árbol y Flores (1997), concluye que las estacas basales y medias presentan mayor influencia en el crecimiento y la emisión de raíces para ser empleadas en la propagación vegetativa. Así mismo, Mesén (1998) afirma que existe un gradiente de juvenilidad fisiológica desde la copa hacia la base del árbol y por lo tanto, los rebrotes más basales serán los más juveniles.
- Como tercera hipótesis, es evidente que las estacas una vez removidas del sustrato ya sea para su análisis o para su trasplante, inicia un proceso de decaimiento, secamiento y posterior muerte de las estacas, lo que conlleva a repensar la metodología de evaluación propuesta: la cual incluía sacar las estacas cada dos meses para la verificación de presencia de callos y/o la cantidad y longitud de raíces. Según los ensayos fallidos establecidos, se precisa sólo hacer

una evaluación final, ya que si estas se extraen tienen una altísima probabilidad de morir, dañando el trabajo realizado.

- Como en algunos casos hubo presencia de callos, se esperaba que las yemas retoñadas fuesen parte de los tratamientos aplicados.
- En cuanto a los costos de construcción y establecimiento del propagador de sub-irrigación con fines investigativos, realmente es una tecnología económica, ya que no supera la cuantía de un millón de pesos; además, puede implementarse en zonas urbanas aprovechando espacios disponibles como patios y terrazas de viviendas. Ver costos en el Anexo D.
- Aunque los resultados obtenidos en este trabajo para *D. panamensis* y *P. pubescens*, no fueron los esperados, con lo que reporta la literatura para otras especies forestales tanto en Colombia como en el exterior, se considera que establecer esta tecnología en zonas rurales, es bastante económico ya que parte de los materiales e insumos más costosos se encuentran disponibles en el mismo medio como el material vegetal para la investigación, la madera, el sustrato (arena, grava y piedra), la polisombra que puede ser remplazada por ramadas o el establecimiento bajo sombra de árboles.
- A manera de conclusión final, este trabajo pone de manifiesto la necesidad de investigar más y publicar sobre las especies forestales de la región de Urabá y del país, dada la dificultad en conseguir referencias bibliográficas en este tipo de estudios; además, indagar en otras variables como tipos de sustrato, tipos y concentraciones de enraizantes naturales y sintéticos, entre otros. Los autores consideran que de llevar a cabo nuevamente el presente trabajo, sin que se presenten los inconvenientes antes mencionados y mejorando algunas variables del estudio (concentración de los enraizantes), se podría afirmar o evidenciar si realmente las especies *D. panamensis* y *P. pubescens*, se pueden o no propagar vegetativamente mediante el propagador de sub-irrigación y las eras de crecimiento.

7.2 Recomendaciones

- Cubrir los cortes y heridas de las estacas con una solución de vinilo y fungicida, contribuye a disminuir la deshidratación de las estacas, aumentando la probabilidad y viabilidad del brote.
- Para el rebrote de *Peltogyne pubescens* pareciera ser necesario sombra en su primera fase (los ocho primeros días) luego de este tiempo, quitar la sombra presuntamente contribuye a estimular el rebrote, ya que es una especie semiheliófila (Salazar *et al.* 2000b; Cordero y Boshier, 2003b).
- El *D. panamensis* presentó mejor desarrollo en el propagador de sub-irrigación que en la era de crecimiento, la razón puede ser el efecto invernadero que genera el propagador mejorando las condiciones de humedad frente a la era que solo estaba protegida por la polisombra.
- Igualmente, en *D. panamensis*, tanto en la era de crecimiento como en el propagador y para el primer mes, las estacas presentaron mejor respuesta frente a los tratamientos penca de sábila y agua de coco, lo que puede sugerirse en otros estudios para comprobar su efectividad.
- De las estacas sobrevivientes de *D. panamensis* (las sembradas el 18 de junio del presente año) es decir 4 meses después de sembrada, no se les observó brote de raíz, en algunas el corte se encontró como inicialmente estaba, y en otras se alcanza a visualizar formación de callo, sin ninguna diferencia significativa a la observada inicialmente.
- Así no se haga comparación entre los tratamientos, se recomienda determinar su concentración, puesto que, como es nuestro caso, en futuros trabajos se podría evidenciar si dichas concentraciones afectaron o no los resultados finales.
- Se debe tener muchísimo cuidado con la humedad, pudo ser un factor determinante en la estabilidad de las estacas durante el estudio.
- Los cuidados o las labores culturales como el control de humedad, de posibles enfermedades como hongos, el exceso de sombra, el riego, entre otros, deben ser los adecuados desde la colección de las estacas hasta la toma de los datos finales, con el fin de obtener los resultados adecuados para así dar una conclusión definitiva.

A. Anexo: Formulario propuesto para la recolección de información.

Investigación: "Propagación Vegetativa por estacas de las Especies Nativas en vía de extinción choibá (*Dypteryx panamensis*) y nazareno (*Peltogyne pubescens*), usando diferentes tipos de enraizantes mediante el uso de propagadores de sub-irrigación.

Nombre del investigador: _____

Fecha de observación: (marcar con una equis (X) el periodo correspondiente).

Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes4	Mes 5	Mes 6
-------	-------	-------	------	-------	-------

Número de Yemas foliares/ estaca (En cada cuadro se anotará el número de yemas observables en cada una de las estacas)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Especie						
Choibá						
Nazareno						
Suma						
Promedio						
Observaciones						

Presencia de raíces, si las hay se anotará el Largo promedio expresadas en centímetros/estaca. Esta tabla solo se llenará en los meses

Tratamiento	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Especie						
Choibá						
Nazareno						
Suma						
Promedio						
Observaciones						

B. Anexo: Prueba de Comparación de Medias

Para la especie *D. panamensis* (en la era de crecimiento y el propagador de sub-irrigación) y para el *P. pubescens* (en la era de crecimiento), con un nivel de confianza del 95%, se quiso determinar si los enraizantes aplicados presentaban resultados equivalentes en la generación de yemas, o por el contrario, había diferencias significativas. Para determinar cuáles eran los pares de medias diferentes, se aplicó la prueba de Diferencia Significativa Mínima (DSM) de Fisher.

Se analizaron solamente los datos del primer mes (Ver Anexo C), puesto que a partir del segundo mes se observa un decaimiento en los brotes y finalmente se secan las estacas.

ESPECIE *Dipteryx panamensis*

Estacas en el Propagador de Sub-irrigación

Se calcula primero los totales y los cuadrados de los totales divididos por el número de observaciones y los promedios

	Testigo	Hipoclorito	Penca	Agua Coco	Hormonagro	Total	suma2/n
Suma	16	14	34	25	11	100	100
suma2/n	12,8	9,8	57,8	31,25	6,05	117,7	
Promedios	0,8	0,7	1,7	1,25	0,55		

Luego se calcula los cuadrados de las observaciones y su total

Testigo (\bar{X}_1)	Hipoclorito (\bar{X}_2)	Penca (\bar{X}_3)	Agua Coco (\bar{X}_4)	Hormonagro (\bar{X}_5)	Total
48	24	88	73	19	252

ANOVA para los datos

Fuente	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$F_{calculada}$	F_{tablas}
Tratamientos	5-1=4	SCtratamiento: 17,7	CMtratam: 4,425	3,1301	2,47
Error	100-5=95	SCerror: 134,3	CMerror: 1,4137		
Total	100-1=99	SCtotal: 152			

$$SC_{total} = 252 - 100 = 152$$

$$SC_{Error} = 252 - 117,7 = 134,3$$

$$SC_{Tratamientos} = 117,7 - 100 = 17,7$$

$$CM_{Error} = 134,3 / 95 = 1,413784$$

$$CM_{Tratamiento} = 17,7 / 4 = 4,425$$

Teniéndose 4 y 95 grados de libertad, para un nivel de confianza del 95%, el valor de F teórico es de 2,47. De esta manera se puede concluir, ya que F calculado es mayor que F de la tabla, que si hay diferencias significativas entre las medias obtenidas para el primer mes de aplicado los enraizantes.

La Diferencia Significativa Mínima (DSM): Con un alfa de 0,95 y con 95 grados de libertad (error), se determinó el DSM:

$$DSM = t_{1-\alpha/2, g_{error}} \sqrt{\frac{2CM_{Error}}{n}} \quad DSM = t_{0,025,95} \sqrt{\frac{2(1,4136849)}{20}}$$

$$DSM = 1,9852 \sqrt{\frac{2(1,4136849)}{20}} = 0,746415$$

Ahora, calculándose los valores absolutos de las diferencias entre las medias, y comparándose con el valor de DSM, se tiene la siguiente tabla:

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| = |0,8 - 0,7| = 0,1$$

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_3| = |0,8 - 1,7| = 0,9$$

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_4| = |0,8 - 1,25| = 0,45$$

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_5| = |0,8 - 0,55| = 0,25$$

$$|\bar{X}_2 - \bar{X}_3| = |0,7 - 1,7| = 1$$

$$|\bar{X}_2 - \bar{X}_4| = |0,7 - 1,25| = 0,55$$

$$|\bar{X}_2 - \bar{X}_5| = |0,7 - 0,55| = 0,15$$

$$|\bar{X}_3 - \bar{X}_4| = |1,7 - 1,25| = 0,45$$

$$|\bar{X}_3 - \bar{X}_5| = |1,7 - 0,55| = 1,15$$

$$|\bar{X}_4 - \bar{X}_5| = |1,25 - 0,55| = 0,7$$

	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	\bar{X}_5
\bar{X}_1	-----	0,1	0,9	0,45	0,25
\bar{X}_2	-----	-----	1	0,55	0,15
\bar{X}_3	-----	-----	-----	0,45	1,15
\bar{X}_4	-----	-----	-----	-----	0,7

Como se puede observar, las diferencias que exceden la *DSM* (0,7464) están entre las medias \bar{X}_1 y \bar{X}_3 , \bar{X}_2 y \bar{X}_3 y \bar{X}_3 y \bar{X}_5 .

Estacas en la Era de Crecimiento

Se calcula primero los totales y los cuadrados de los totales divididos por el número de observaciones y los promedios

	Testigo	Hipoclorito	Penca	Agua Coco	Hormonagro	Total	suma2/n
Suma	18	6	23	27	6	80	64
suma2/n	16,2	1,8	26,45	36,45	1,8	82,7	
Promedios	0,9	0,3	1,15	1,35	0,3		

Luego se calcula los cuadrados de las observaciones y su total

Testigo	Hipoclorito	Penca	Agua Coco	Hormonagro	Total
40	12	63	81	8	204

ANOVA para los datos

Fuente	<i>g.l.</i>	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$F_{calculada}$	F_{tablas}
Tratamientos	5-1=4	SCtratamiento: 18,7	CMtratam: 4,675	3,6614	2,47
Error	100-5=95	SCerror: 121,3	CMerror: 1,276842		
Total	100-1=99	SCtotal: 140			

$$SC_{total} = 204 - 64 = 140$$

$$SC_{Error} = 204 - 82,7 = 121,3$$

$$SC_{Tratamientos} = 82,7 - 64 = 18,7 \quad CM_{Error} = 121,3/95 = 1,276842$$

$$CM_{Tratamiento} = 18,7/4 = 4,675$$

Teniéndose 4 y 95 grados de libertad, para un nivel de confianza del 95%, el valor de F teórico es de 2,47. De esta manera se puede concluir, ya que F calculado es mayor que F de la tabla, que si hay diferencias significativas entre las medias obtenidas para el primer mes de aplicado los enraizantes.

La Diferencia Significativa Mínima (DSM): Con un alfa de 0,95 y con 95 grados de libertad (error), se determinó el DSM:

$$DSM = t_{1-\alpha/2, g_{error}} \sqrt{\frac{2CME_{error}}{n}} \quad DSM = t_{0,025,95} \sqrt{\frac{2(1,276842)}{20}}$$

$$DSM = 1,9852 \sqrt{\frac{2(1,276842)}{20}} = 0,709370$$

Ahora, calculándose los valores absolutos de las diferencias entre las medias, y comparándose con el valor de DSM, se tiene la siguiente tabla:

$$\begin{aligned} |\bar{X}_1 - \bar{X}_2| &= |0,9 - 0,3| = 0,6 & |\bar{X}_1 - \bar{X}_3| &= |0,9 - 1,15| = 0,25 \\ |\bar{X}_1 - \bar{X}_4| &= |0,9 - 1,35| = 0,45 & |\bar{X}_1 - \bar{X}_5| &= |0,9 - 0,3| = 0,6 \\ |\bar{X}_2 - \bar{X}_3| &= |0,3 - 1,15| = 0,85 & |\bar{X}_2 - \bar{X}_4| &= |0,3 - 1,35| = 1,05 \\ |\bar{X}_2 - \bar{X}_5| &= |0,3 - 0,3| = 0 & |\bar{X}_3 - \bar{X}_4| &= |1,15 - 1,35| = 0,2 \\ |\bar{X}_3 - \bar{X}_5| &= |1,15 - 0,3| = 0,85 & |\bar{X}_4 - \bar{X}_5| &= |1,35 - 0,3| = 1,05 \end{aligned}$$

	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	\bar{X}_5
\bar{X}_1	-----	0,6	0,25	0,45	0,6
\bar{X}_2	-----	-----	0,85	1,05	0
\bar{X}_3	-----	-----	-----	0,2	0,85
\bar{X}_4	-----	-----	-----	-----	1,05

Como se puede observar, las diferencias que exceden la DSM (0,7094) están entre las medias \bar{X}_2 y \bar{X}_3 , \bar{X}_2 y \bar{X}_4 y \bar{X}_3 y \bar{X}_5 y \bar{X}_4 y \bar{X}_5 .

ESPECIE *Peltogyne pubescens*.

Estacas en la Era de Crecimiento

Se calcula primero los totales y los cuadrados de los totales divididos por el número de observaciones y los promedios.

	Testigo	Hipoclorito	Penca	Agua Coco	Hormonagro	Total	suma2/n
Suma	3	0	5	12	13	33	10,89
suma2/n	0,45	0	1,25	7,2	8,45	17,35	
Promedios	0,15	0	0,25	0,6	0,65		

Luego se calcula los cuadrados de las observaciones y su total

Testigo	Hipoclorito	Penca	Agua Coco	Hormonagro	Total
5	0	9	36	25	75

ANOVA para los datos

Fuente	<i>g.l.</i>	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$F_{calculada}$	F_{tablas}
Tratamientos	4-1=3	SCtratamiento: 3,738	CMtratam: 1,2478	2,0746	2,7
Error	100-4=96	SCerror: 57,65	CMerror: 0,6005		
Total	100-1=99	SCtotal: 61,3875			

$$SC_{total} = 252 - 100 = 152$$

$$SC_{Error} = 252 - 117,7 = 134,3$$

$$SC_{Tratamientos} = 117,7 - 100 = 17,7$$

$$CM_{Error} = 134,3 / 95 = 1,413784$$

$$CM_{Tratamiento} = 17,7 / 4 = 4,425$$

Teniéndose 4 y 95 grados de libertad, para un nivel de confianza del 95%, el valor de F teórico es de 2,7. De esta manera se puede concluir, ya que F calculado es menor que F de la tabla, que no hay diferencias significativas entre las medias obtenidas para el primer mes de aplicado los enraizantes.

C. Anexo: Toma de datos de las especies de Choibáy Nazareno

CHOIBÁ				
Lugar:	Propagadro de subirrigación			
Fecha:	1 mes (Octubre 26)	2 mes (Noviembre 22)	3 mes (Diciembre 22)	4 mes (Enero 22)
Estaca número	Número de Yemas	Número de Yemas	Número de Yemas	Número de Yemas
0.1	2	-	-	-
0.2	3	-	-	-
0.3	0	-	-	-
0.4	2	-	-	-
0.5	0	-	-	-
0.6	0	0	-	-
0.7	0	-	-	-
0.8	0	-	-	-
0.9	0	-	-	-
0.10	0	-	-	-
0.11	0	0	-	-
0.12	2	-	-	-
0.13	0	4	-	-
0.14	1	1	-	-
0.15	0	-	-	-
0.16	0	0	-	-
0.17	0	-	-	-
0.18	1	0	-	-
0.19	0	-	-	-
0.20	5	-	-	-
1.1	1	0	-	-
1.2	2	-	-	-
1.3	0	0	-	-
1.4	1	-	-	-
1.5	1	-	-	-
1.6	0	-	-	-
1.7	1	1	-	-
1.8	0	-	-	-
1.9	0	-	-	-
1.10	0	0	-	-
1.11	1	0	-	-
1.12	0	-	-	-
1.13	0	0	-	-
1.14	0	0	-	-
1.15	0	1	-	-
1.16	1	0	-	-
1.17	3	0	-	-
1.18	1	0	-	-
1.19	0	-	-	-
1.20	2	0	-	-

2.1	2	-	-	-
2.2	0	-	-	-
2.3	0	-	-	-
2.4	0	0	0	-
2.5	2	0	0	-
2.6	3	3	0	-
2.7	3	4	1	-
2.8	3	-	-	-
2.9	0	0	0	-
2.10	3	4	0	-
2.11	2	0	-	-
2.12	3	2	-	-
2.13	0	0	0	-
2.14	2	-	-	-
2.15	3	0	0	-
2.16	1	1	0	-
2.17	0	0	-	-
2.18	2	-	-	-
2.19	3	-	-	-
2.20	2	0	-	-
3.1	2	2	-	-
3.2	3	3	-	-
3.3	1	-	-	-
3.4	4	-	-	-
3.5	0	0	-	-
3.6	1	0	0	-
3.7	3	1	-	-
3.8	0	0	-	-
3.9	2	2	-	-
3.10	3	0	-	-
3.11	0	-	-	-
3.12	0	-	-	-
3.13	0	0	-	-
3.14	0	0	-	-
3.15	4	0	-	-
3.16	0	0	-	-
3.17	0	0	-	-
3.18	0	0	-	-
3.19	2	-	-	-
3.20	0	-	-	-

4.1	0	0	-	-
4.2	1	1	-	-
4.3	0	0	-	-
4.4	2	0	-	-
4.5	0	0	-	-
4.6	0	0	-	-
4.7	0	-	-	-
4.8	0	0	-	-
4.9	0	0	-	-
4.10	0	0	-	-
4.11	0	0	-	-
4.12	0	0	-	-
4.13	1	-	-	-
4.14	0	0	-	-
4.15	0	0	-	-
4.16	2	1	-	-
4.17	2	2	-	-
4.18	1	1	1	-
4.19	0	0	-	-
4.20	2	-	-	-

CHOIBÁ				
Lugar:	Era de crecimiento			
Fecha:	1 mes (Octubre 26)	2 mes (Noviembre 22)	3 mes (Diciembre 22)	4 mes (Enero 22)
Estaca número	Número de Yemas	Número de Yemas	Número de Yemas	Número de Yemas
0.1	0	-	-	-
0.2	0	-	-	-
0.3	1	-	-	-
0.4	0	-	-	-
0.5	1	-	-	-
0.6	0	-	-	-
0.7	0	-	-	-
0.8	4	-	-	-
0.9	1	1	-	-
0.10	2	-	-	-
0.11	0	-	-	-
0.12	1	-	-	-
0.13	1	-	-	-
0.14	3	3	1	-
0.15	0	2	2	-
0.16	0	1	1	-
0.17	1	1	-	-
0.18	2	2	-	-
0.19	0	0	-	-
0.20	1	0	-	-
1.1	0	-	-	-
1.2	0	1	-	-
1.3	0	-	-	-
1.4	2	-	-	-
1.5	0	-	-	-
1.6	0	-	-	-
1.7	0	-	-	-
1.8	0	-	-	-
1.9	2	2	2	-
1.10	0	-	-	-
1.11	0	3	-	-
1.12	2	1	1	-
1.13	0	-	-	-
1.14	0	-	-	-
1.15	0	-	-	-
1.16	0	-	-	-
1.17	0	-	-	-
1.18	0	-	-	-
1.19	0	-	-	-
1.20	0	-	-	-

2.1	0	1	-	-
2.2	4	-	-	-
2.3	0	-	-	-
2.4	0	-	-	-
2.5	1	1	-	-
2.6	0	-	-	-
2.7	2	-	-	-
2.8	3	1	-	-
2.9	3	-	-	-
2.10	0	-	-	-
2.11	0	-	-	-
2.12	0	-	-	-
2.13	0	1	1	-
2.14	2	2	1	-
2.15	1	-	-	-
2.16	0	0	-	-
2.17	3	2	2	-
2.18	1	-	-	-
2.19	0	-	-	-
2.20	3	1	-	-
3.1	0	-	-	-
3.2	0	-	-	-
3.3	4	-	-	-
3.4	4	2	-	-
3.5	2	-	-	-
3.6	0	-	-	-
3.7	3	3	-	-
3.8	0	-	-	-
3.9	0	-	-	-
3.10	0	-	-	-
3.11	1	-	-	-
3.12	1	-	-	-
3.13	2	1	-	-
3.14	1	-	-	-
3.15	0	-	-	-
3.16	0	-	-	-
3.17	2	1	-	-
3.18	4	1	-	-
3.19	3	-	-	-
3.20		-	-	-

4.1	1	-	-	-
4.2	0	-	-	-
4.3	0	-	-	-
4.4	0	-	-	-
4.5	0	-	-	-
4.6	0	-	-	-
4.7	0	-	-	-
4.8	2	-	-	-
4.9	1	-	-	-
4.10	1	-	-	-
4.11	0	-	-	-
4.12	1	-	-	-
4.13	0	-	-	-
4.14	0	-	-	-
4.15	0	-	-	-
4.16	0	-	-	-
4.17	0	-	-	-
4.18	0	-	-	-
4.19	0	-	-	-
4.20	0	-	-	-

NAZARENO				
Lugar:	Propagadro de subirrigación			
Fecha:	1 mes (Octubre 26)	2 mes (Noviembre 22)	3 mes (Diciembre 22)	4 mes (Enero 22)
Estaca n°	Número de Yemas	Número de Yemas	Número de Yemas	Número de Yemas
0.1	0	0	0	0
0.2	0	0	0	0
0.3	0	0	0	0
0.4	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0
0.8	0	0	0	0
0.9	0	0	0	0
0.10	0	0	0	0
0.11	0	0	0	0
0.12	0	0	0	0
0.13	0	0	0	0
0.14	0	0	0	0
0.15	0	0	0	0
0.16	0	0	0	0
0.17	0	0	0	0
0.18	0	0	0	0
0.19	0	0	0	0
0.20	0	0	0	0
1.1	0	0	0	0
1.2	0	0	0	0
1.3	0	0	0	0
1.4	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0
1.6	0	0	0	0
1.7	0	0	0	0
1.8	0	0	0	0
1.9	0	0	0	0
1.10	0	0	0	0
1.11	0	0	0	0
1.12	0	0	0	0
1.13	0	0	0	0
1.14	0	0	0	0
1.15	1	0	0	0
1.16	0	0	0	0
1.17	0	0	0	0
1.18	0	0	0	0
1.19	0	0	0	0
1.20	0	0	0	0

2.1	0	0	0	0
2.2	0	0	0	0
2.3	0	0	0	0
2.4	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0
2.6	0	0	0	0
2.7	0	0	0	0
2.8	0	0	0	0
2.9	0	0	0	0
2.10	0	0	0	0
2.11	0	0	0	0
2.12	0	0	0	0
2.13	0	0	0	0
2.14	0	0	0	0
2.15	0	0	0	0
2.16	0	0	0	0
2.17	0	0	0	0
2.18	0	0	0	0
2.19	0	0	0	0
2.20	0	0	0	0
3.1	0	0	0	0
3.2	0	0	0	0
3.3	0	0	0	0
3.4	0	0	0	0
3.5	0	0	0	0
3.6	0	0	0	0
3.7	0	0	0	0
3.8	0	0	0	0
3.9	0	0	0	0
3.10	0	0	0	0
3.11	0	0	0	0
3.12	0	0	0	0
3.13	0	0	0	0
3.14	0	0	0	0
3.15	0	0	0	0
3.16	0	0	0	0
3.17	0	0	0	0
3.18	0	0	0	0
3.19	0	0	0	0
3.20	0	0	0	0

4.1	0	0	0	0
4.2	0	0	0	0
4.3	0	0	0	0
4.4	0	0	0	0
4.5	0	0	0	0
4.6	0	0	0	0
4.7	0	0	0	0
4.8	0	0	0	0
4.9	0	0	0	0
4.10	0	0	0	0
4.11	0	0	0	0
4.12	0	0	0	0
4.13	0	0	0	0
4.14	0	0	0	0
4.15	0	0	0	0
4.16	0	0	0	0
4.17	0	0	0	0
4.18	0	0	0	0
4.19	0	0	0	0
4.20	0	0	0	0

NAZARENO				
Lugar:	Era de crecimiento			
Fecha:	1 mes (Octubre 26)	2 mes (Noviembre 22)	3 mes (Diciembre 22)	4 mes (Enero 22)
Estaca n°	Número de Yemas	Número de Yemas	Número de Yemas	Número de Yemas
0.1	0	0	-	-
0.2	2	2	-	-
0.3	0	0	-	-
0.4	0	0	-	-
0.5	0	0	-	-
0.6	0	0	-	-
0.7	0	0	-	-
0.8	0	0	-	-
0.9	0	0	-	-
0.10	0	0	-	-
0.11	0	0	-	-
0.12	0	0	-	-
0.13	0	0	-	-
0.14	0	0	-	-
0.15	1	0	-	-
0.16	0	0	-	-
0.17	0	0	-	-
0.18	0	0	-	-
0.19	0	0	-	-
0.20	0	0	-	-
1.1	0	0	-	-
1.2	0	0	-	-
1.3	0	0	-	-
1.4	0	0	-	-
1.5	0	0	-	-
1.6	0	0	-	-
1.7	0	0	-	-
1.8	0	0	-	-
1.9	0	0	-	-
1.10	0	0	-	-
1.11	0	0	-	-
1.12	0	0	-	-
1.13	0	0	-	-
1.14	0	0	-	-
1.15	0	0	-	-
1.16	0	0	-	-
1.17	0	0	-	-
1.18	0	0	-	-
1.19	0	0	-	-
1.20	0	0	-	-

2.1	0	0	-	-
2.2	0	0	-	-
2.3	0	0	-	-
2.4	0	0	-	-
2.5	0	0	-	-
2.6	2	1	-	-
2.7	0	0	-	-
2.8	2	1	-	-
2.9	0	0	-	-
2.10	0	0	-	-
2.11	0	0	-	-
2.12	0	0	-	-
2.13	0	0	-	-
2.14	0	0	-	-
2.15	0	0	-	-
2.16	0	0	-	-
2.17	0	0	-	-
2.18	0	0	-	-
2.19	0	0	-	-
2.20	1	0	-	-
3.1	0	0	-	-
3.2	0	0	-	-
3.3	3	2	-	-
3.4	0	0	-	-
3.5	0	0	0	-
3.6	0	0	-	-
3.7	0	0	-	-
3.8	0	0	-	-
3.9	0	2	2	-
3.10	0	0	-	-
3.11	0	0	-	-
3.12	0	0	-	-
3.13	0	0	-	-
3.14	0	0	-	-
3.15	0	0	-	-
3.16	3	0	-	-
3.17	0	0	-	-
3.18	3	1	-	-
3.19	0	0	-	-
3.20	3	0	-	-

4.1	2	1	-	-
4.2	0	0	-	-
4.3	2	0	-	-
4.4	1	0	-	-
4.5	0	0	-	-
4.6	0	0	-	-
4.7	0	0	-	-
4.8	0	0	-	-
4.9	0	1	-	-
4.10	0	0	-	-
4.11	1	1	-	-
4.12	3	2	-	-
4.13	2	0	-	-
4.14	0	0	-	-
4.15	0	0	-	-
4.16	0	0	-	-
4.17	0	0	-	-
4.18	1	0	-	-
4.19	0	0	-	-
4.20	1	0	-	-

La numeración de la primera columna corresponde a:

- Primer dígito hace referencia al tratamiento enraizante, así:

0	Tratamiento testigo
1	Límpido
2	Penca de Sábila
3	Agua de coco
4	Químico

- El segundo dígito corresponde a la numeración consecutiva de estacas dentro del ensayo.
- El símbolo (-) en las demás columnas indica estaca retirada por sequedad.

D. Anexo: Costos de construcción y establecimiento de un propagador de sub-irrigación.

Costos de construcción y establecimiento de 1 propagador de sub-irrigación y una era de crecimiento (Tradicional)	
Detalle	Valor
Tablas (caracolí)	300.000
Vareta	56.000
Transporte de madera	10.000
Compra de triturado, piedra, arena	90.000
Trasporte arena	35.000
Plástico	84.000
Puntilla común	4.000
Mano de obra oficial y ayudante (dos días)	150.000
Compra de material vegetal	200.000
Transporte material vegetal	16.000
Puntillas y visagras	7.400
Regadera	20.000
Tubo pvc	12.000
Cocos	3.000
Ácido Alfa Naftalenacético –ANA (40%)	10.000
Polisombra y mallas	38.300
Fumigadora	16.000
ACPM	5.000
Fungicida	7.500
fomy y marcador	4.300
Nematicida	12000
TOTAL	679.700

Bibliografía

- Alfonso, J. A. y Ramírez, T. (2008). Manual Técnico del Cultivo del Cocotero (*Cocos nucifera* L.). Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores –EDA. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras. 42p.
- Ballesteros, V. I. A. y Peña, V. R. R. (2012). Evaluación de Cuatro Enraizadores y Tres Métodos de Aplicación en *Sedum acre* L, *Sedum luteoviride* R.T. Clausen, *Sedum reflexum* (L.) Grulich y *Sedum sediforme* (Jacq.) Pau. Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía. Medellín. Consultada el 14 de 2014. En: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9746/1/715583.2012.pdf>
- Bedoya de Muñoz, C. D. (2003). Efecto del Tipo de Propagación Sexual y Asexual sobre la Germinación de Algunas Especies Promisorias: Arazá (*Eugenia stipitata* MacVaugh); Copoazú (*Theobroma grandiflorum* Wild ex Spreng (SHUM)) y Camu camu (*Myrciaria dubia*, (H.B.K.) MacVaugh), de la Amazonía Colombiana. (No publicado). Universidad de la Amazonía - Uniamazonía. Consultada el 14 de julio de 2014. En: <http://apps.uniamazonia.edu.co/.../index.php?...Efecto...sexual...Asexual+germ...>
- Bonilla, L. N.; Cuesta, C. H. y Valois, C. H. (2011). Efectos de la Extracción Forestal sobre la Estructura y Composición de un Bosque Pluvial del Pacífico Colombiano. [En Línea]. Revista Biodiversidad Neotropical, 1(1):48-54. Consultada el 15 de julio de 2014. En: <http://editorial.utch.edu.co/ojs/index.php/Bioneotropical/article/view/23>
- Challco, V. M. (2011). Reproducción Asexual de la Cantuta (*Cantua bicolor* Lem.) Utilizando Enraizadores Naturales y Sustratos. Tesis para optar al Título de Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. Consultada el 15 de julio de 2014. En: <http://bibliotecadigital.umsa.bo:8080/rddu/bitstream/123456789/4324/1/T-1778.pdf>
- Cárdenas, D. L. y Salinas, N. R. (2006a). Libro Rojo de Plantas de Colombia. Especies Maderables Amenazadas I Parte. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. 169p.

- Cárdenas, D. L. y Salinas, N. R. (2006b). *Dipteryx oleífera*. Ficha de Especie N° 251. Fichas de Especies Maderables Amenazadas de Colombia. Consultada el 15 de julio de 2014. En: <http://www.biodiversidad.co/ficha/id/251>
- Cárdenas, D. L. y Salinas, N. R. (2006c). *Peltogyne paniculata*. Ficha de Especie N° 2170. Fichas de Especies de Plantas Útiles de los Jardines Botánicos de Colombia. Consultada el 15 de julio de 2014. En: <http://siatac.co/web/guest/productos/catalogoespecies>
- Cárdenas, D. L. y Salinas, N. R. (2006d). *Peltogyne purpurea*. Ficha de Especie N° 245. Fichas de Especies Maderables Amenazadas de Colombia. Consultada el 15 de julio de 2014. En: <http://www.biodiversidad.co/ficha/id/245>
- Caso, O. H. (1992). Juvenilidad, Rejuvenecimiento y Propagación Vegetativa de Especies Leñosas. Revista Agriscientia. Volumen 9, N° 1:5-16. Consultada el 15 de julio de 2014. En: www.revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/download/2255/1203
- Castro, R. D.; Jiménez, P. C. M.; Ríos, G. D.; Restrepo, E. A. C. y Giraldo, C. M. C. (1994). Utilización de las Técnicas de Cultivo *in vitro* para la Propagación y Conservación de Germoplasma de Cuatro Especies Vegetales en Vía de Extinción en el Oriente Antioqueño: Comino (*Aniba perutilis*), Abarco (*Cariniana pyriformis*), Almendron (*Caryocar glabrum*) y Guayacan (*Tabebuia serratifolia*). Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare - CORNARE. Ministerio de Medio Ambiente. Cuadernos de Investigación y Desarrollo Regional, N° 8. Documento de Divulgación Técnica. El Santuario, Antioquia. 47p.
- Cerón, M. M. F.; Galeano, V. L. F. y Restrepo, B. L. F. (2013). Modelación Aplicada a las Ciencias Animales: Diseño Experimental, con Implementación del Programa R-project. Universidad de Antioquia. Grupo de Investigación en Genética, Mejoramiento y Modelación Animal (GAMMA). Fondo Editorial Biogénesis. Medellín.
- Chízar, F. C.; Coronado, I.; Correa, M. y Lobo, S. (2009). *Dipteryx oleífera* Benth. En: Plantas Comestibles de Centroamérica. Instituto Nacional de Biodiversidad –INBIO. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. pág 199. Consultada el 22 de julio de 2014. En: <http://www.inbio.ac.cr/web-ca/biodiversidad/regional/PlantasComestiblesCA-VE.pdf>

-
- Cordero, J. y Boshier, D. H. (2003a). *Dipteryx oleífera* Benth. En: Árboles de Centro América: Un Manual para Extensionistas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. Consultado el 20 de julio de 2013 en <http://www.arbolesdecentroamerica.info/cms/>.
- Cordero, J. y Boshier, D. H. (2003b). *Peltogyne purpurea* Pittier. En: Árboles de Centro América: Un Manual para Extensionistas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. Consultado el 20 de julio de 2013 en: <http://www.arbolesdecentroamerica.info/cms/>.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá. (2005). Caracterización Social, Cultural, Económica y Ambiental de la Unidad de Ordenación Forestal del Ecosistema Catival Localizada entre los Ríos León y Suriqui Municipios de Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó. Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible de Urabá -CORPOURABÁ. Apartadó, Colombia. 195p.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá. (2007). Plan de Manejo para una Superficie de 3.000 hectáreas para el Consejo Comunitario de Los Manatíes del Municipio de Turbo. Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible de Urabá -CORPOURABÁ. Apartadó, Colombia.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá. (2008). Proyecto Consolidación de la Cadena Forestal en la Región del Urabá Antioqueño. Fase I: Ordenación y Manejo Forestal Capítulo I: Caracterización General de la Unidad de Ordenación Forestal del Urabá Antioqueño. Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible de Urabá -CORPOURABÁ. Apartadó, Colombia. 64p.
- Departamento Administrativo de Planeación. (2007). Instructivo Programa de Gobierno: Información Básica del Municipio de Apartadó. Departamento Administrativo de Planeación - DAP. Gobernación de Antioquia. Volumen 1, Número 1.
- Del Valle Arango, J. I. (2011, marzo 22). Una Tala Perjudicial: Del Valle Arango. El Colombiano [En Línea]. Consultado el 11 de julio de 2014. En: http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/U/una_tala_perjudicial_del_valle_arango/un_a_tala_perjudicial_del_valle_arango.asp
- Escobar, C. O.; Rodríguez, R. J. y Correa, A. J. (1993a). Las Maderas en Colombia. Fichas Técnicas. Choibá (*Dipteryx oleífera* Benth). [En Línea]. Universidad Nacional de Colombia.

- Laboratorio de Productos Forestales. Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA. Centro Colombo Canadiense de la Madera. Medellín, Colombia. Consultada el 10 de junio de 2013. En: <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Choiba.pdf>
- Escobar, C. O.; Rodríguez, R. J. y Correa, A. J. (1993b). Las Maderas en Colombia. Fichas Técnicas. Nazareno (*Peltogyne porphyrocordia* Griseb.Warb). [En Línea]. Universidad Nacional de Colombia. Laboratorio de Productos Forestales. Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA. Centro Colombo Canadiense de la Madera. Medellín, Colombia. Consultada el 10 de junio de 2013. En: <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Nazareno.pdf>
- Flores, E. G.; Gil, V. I.; Colinas, L. M. T. y Mata, R. M. (2011). Propagación *in vitro* de la Orquídea *Brassia verrucosa* (Bateman ex. Lindl). [En Línea]. Revista Chapingo. Serie Horticultura. Volumen 17, N° 1. Chapingo Enero/Abril. Consultada el 12 de agosto de 2014. En: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000100002
- Flores, M. J. A. (1997). Observaciones sobre la Propagación Vegetativa por Estacas de Almendro (*Dipteryx panamensis*), con Énfasis en Topófisis y el Uso de Microorganismos Eficaces, en Condiciones de Vivero de la Región Tropical Húmeda de Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, Guácimo, Limón, Costa Rica.
- García, F. D. (2002). Protocolo para la Propagación Vegetativa de las Especies *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. y *Cordia alliodora* (Ruíz & Pavón) Oken, por Medio de Propágulos. Revista Colombia Forestal Volumen 7 Número 15. Noviembre. 9p.
- Giraldo, C. L. A.; Ríos, O. H. F. y Polanco, M. F. (2009). Efecto de Dos Enraizadores en Tres Especies Forestales Promisorias para la Recuperación de suelos. [Versión Electrónica]. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 0(1):41-47. Consultada el 14 de julio de 2014. En: dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3908499.pdf
- Gutiérrez, Uribe. A. M. (2003). Propagación del Burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) por Semillas, Estacas y Acodos. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Programa para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica.
- Hernández, Mata. G. (2010). Análisis Fenotípico y Molecular del Estimulador de Defensas Oga en la Raíz de *Arabidopsis thaliana*. Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencia Biológicas,

opción Biología Experimental. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas. Morelia, Michoacán. México. Consultada el 12 de agosto de 2014. En: <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/6442/1/ANALISISFENOTIPICOYMOLECULARDELESTIMULADORDEDEFENSASOGAENLARAIZDEARABIDOPSISITALIANA.pdf>

Hernández, S. y Leal, F. (1997). Enraizamiento de Estacas de Cacao. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. Volumen 15, N° 1. 1-12p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2007). Estudio Semi-detallado de Suelos de las Áreas Potencialmente Agrícolas: Urabá. Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC. Subdirección de Agrología. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

Jiménez, M. Q. (1993). Árboles Maderables en Peligro de Extinción en Costa Rica. Universidad de Texas. Editor National Heritage Foundation. 121p.

Leakey, R. R. B.; Mesén, F.; Tchoundjeu, Z.; Longman, K. A.; Dick, J. McP.; Newton, A.; Matin, A.; Grace, J.; Munro, R. C. y Mutoka, P. N. (1990). Low-Technology Techniques for the Vegetative Propagation of Tropical Trees. Commonwealth Forestry Review 69(3):247-257.

Leakey, R. R. B. y Mesén, F. (1991). Propagación Vegetativa de Especies Forestales: Enraizamiento de Estacas Suculentas. En: Manual sobre Mejoramiento Genético con Referencia Especial a América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 113-133p.

Lema, R. L. E. (2012). Evaluación de la Eficacia de Seis Enraizadores y Dos Sustratos para la Propagación de Ramillas de Café Robusta (*Coffea canephora*) en Vivero, Canton Francisco de Orellana, Provincia de Orellana. Tesis Presentada como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. Consultado el 11 de julio de 2014. En: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2193/1/13T0738%20LEMA%20LIGIA.pdf>

Loach, K. (1988). Controlling Environmental Conditions to Improve Adventitious Rooting. In Adventitious Root Formations in Cuttings. Portland, Oregon. Dioscorides press. 248-273p.

- Maráz, L.; Oppawsky, T.; Oppelt, A.; Pickl, S.; Rank, I.; Schmid, J. y Stein, R. (1997). Descripción de Siete Especies Forestales Nativas del Bosque Húmedo Tropical en el Sur de Costa Rica. Programa de Acompañamiento en Ecología Tropical. Universidad Ludwig-Maximilian de Munich. Consultada el 11 de julio de 2014. En: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/97-1456.pdf>
- Mata, Q. A. (2006). Establecimiento de un Sistema de Propagación Vegetativa de Genotipos Superiores de Cacao (*Theobroma cacao* L) por Medio de Ramillas en el CATIE. Trabajo Final de Graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Biología. Ingeniería en Biotecnología. Cartago, Costa Rica. 116p.
- Mesén, F.; Leakey, R. R. B. y Newton, C. A. (1995, octubre). Propagadores de Sub-Irrigación: un Sistema Simple y Económico para la Propagación Vegetativa de Especies Forestales. En: Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE. Simposio realizado en Managua, Nicaragua.
- Mesén, F. (1993). Vegetative Propagation of Central American Hardwoods. Ph.D. Thesis, University of Edinburgh, Institute of Terrestrial Ecology. Edinburgh, Scotland. 231p.
- Mesén, F. (1998). Enraizamiento de Estacas Juveniles de Especies Forestales: Uso de Propagadores de Sub-Irrigación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. Proyecto de Semillas Forestales. Turrialba, Costa Rica. 36p.
- Morales, R. M. E. (2000). Inducción de Germinación, Crecimiento de Plántula y Cultivo *in vitro* de pitahaya *Hylocereus undatus* (Haworth) Britton and Rose. Tesis presentada como requisito parcial para optar al grado de Maestría en Ciencias con Especialidad Botánica. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. División de Estudios de Postgrado. San Nicolás de Los Garza. México. Consultada el 12 de agosto de 2014. En: <http://eprints.uanl.mx/1802/1/1080124407.PDF>
- Narváez, F. H. y Vargas, M. A. (1996). Reproducción Vegetativa *in vitro* del Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers.). Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Revista Colombia Forestal, Volumen 4 N° 10. Diciembre. 19-34p.
- Newton, A. C. y Jones, A. C. (1993). Characterisation of Microclimate of Mist and Non-Mist Propagation System. Journal of Horticultural Science. 68(3):421-430.

-
- Núnes, J. F. y Fernández, D. R. P. (2001). Biotécnicas de la Reproducción Caprina y Ovina. Editorial Fortaleza. Ceará, Brasil. 105p.
- Parra, R. (2002). Las Hormonas Vegetales. Biología en Internet. Apuntes de Biología. Consultado el 16 de julio de 2014. En: <http://www.biologia-en-internet.com/biologia/apuntes-de-biologia/las-hormonas-vegetales/>
- Pedroza, M. J. A.; González, M. S. R. y Téllez, O. D. C. (2007). Micropropagación de *Dodonea viscosa* (L) Jacq: Una Especie en Vías de Extinción. Revista Colombiana de Biotecnología. Volumen 9, N° 2. Diciembre. 33-44p. Consultada el 12 de agosto de 2014. En: <file:///C:/Users/JULIAN/Desktop/713-4752-1-PB.pdf>
- Pérez, C. R. B.; Rodríguez, C. R. y Manta, N. M. (2002). Dendrología y Propagación Vegetativa de *Acacia horrida* ("huaranguillo") Mediante Estacas Inducidas en Tres Sustancias Enraizantes, Usando Tres Sustratos. [En línea]. Revista Ecología Aplicada, Volumen 1, N° 1, 9-12p. Consultado el 12 de julio de 2014. En: <http://www.lamolina.edu.pe/ecolapl/Art%C3%ADculo%202.pdf>
- Ramírez, C. (2003). Hormonas Vegetales y Reguladores del Crecimiento. Consultada el 14 de julio de 2014. En: <http://hormonas-vegetales-y-reguladores-del-crecimiento.html>
- Ramírez, S. C. D. y Orrego, S. S. A. (2011). Modelación Económica con Información Espacialmente Explícita de la Deforestación en Urabá, Colombia, 1980-2000. Revista Semestre Económico, volumen 14, N° 29, edición especial. Medellín, Colombia. 31-52p. Consultada el 12 de julio de 2014. En: http://www.researchgate.net/publication/232686562_Modelacin_Econmica_de_la_Deforestacin
- Redacción El Mundo. (2011, abril 11). Crecimiento Económico, la Apuesta de Urabá. [En Línea]. El Mundo. Consultada el 21 de julio de 2013. En: <http://www.elmundo.com/portal/pagina.general.impresion.php?idx=175649>
- Resolución 192 del 10 de febrero de 2014. Diario Oficial N° 49072 de 22 de febrero de 2014. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Consultada el 15 de julio de 2014. En: www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambienteds_0192_2014.html

- Rodríguez, G. H. y Hechevarría, S. I. (2004). Efectos Estimulantes del Crecimiento de Extractos Acuosos de Plantas Medicinales y gel de *Aloe vera* (L.) N. L. Burm. [En Línea]. Revista Cubana Plantas Medicinales. Volumen 9, Número 2. ISSN 1028-4796. Consultada el 11 de julio de 2014. En: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962004000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Salazar, R.; Soihet, C. y Méndez, J. M. (2000a). Nota Técnica N° 33: *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell. En: Manejo de Semillas de 100 Especies Forestales de América Latina. Volumen I. Serie Técnica: Manual Técnico N° 41. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Proyecto de Semillas Forestales – PROFESOR. Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica.
- Salazar, R.; Soihet, C. y Méndez, J. M. (2000b). Nota Técnica N° 97: *Peltogyne purpurea* Pittier. En: Manejo de Semillas de 100 Especies Forestales de América Latina. Volumen I. Serie Técnica: Manual Técnico N° 41. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Proyecto de Semillas Forestales – PROFESOR. Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica.
- Salazar, R. y Soihet, C. (2001). Nota Técnica N° 148: *Cariniana pyriformis* Miers. En: Manejo de Semillas de 75 especies Forestales de América Latina. Volumen II. Serie Técnica: Manual Técnico N° 48. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Proyecto de Semillas Forestales – PROFESOR. Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica.
- Sánchez, S. D.; Cruz, C. H. G.; Guayara, S. A. y Velázquez, R. J. E. (2010). Evaluación del Prendimiento de Estacas de Especies de las Familias Euforbiaceae y Urticaceae. Revista Momentos de Ciencia 7(2) 77-81p. Consultada el 12 de julio de 2014. En: <http://apps.udla.edu.co/documentos/docs/ViceRectoria%20de%20Investigaciones%20y%20Posgrados/Publicaciones/Revistas/Momentos%20de%20Ciencia/2010/Volumen%207%20No.%202/77-81.pdf>
- Segura, A.; Martínez, R.; Ariz, F.; Argel, G. y Triviño, T. (1991). Propagación Agámica de Seis Especies Forestales Neotropicales en Colombia. Mejoramiento de Semillas y Fuentes Semilleras. Serie Documentación N° 20. Proyecto Cooperativo CONIF-INDERENA-CIID. Bogotá, Colombia. 40p.

-
- Sotuyo, S. (2014). El Palo Morado (*Peltogyne mexicana*), una Leguminosa Maderable con Futuro Incierto y Parientes Lejanos. [En Línea]. Un Instituto de Biología en el México del siglo XXI. Revista Digital Universitaria Volumen 15, N° 4. ISSN: 1607 – 6079. Consultada el 22 de julio de 2014. En: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num4/art28/>
- Trujillo, N. E. (2002). Manual de Árboles. El semillero. Bogotá, Colombia. 251p.
- Vásquez, R. C.; Gutiérrez, U. A. M. y Álvarez, G. J. I. (2006). Propagación por Estacas Juveniles del Balso Blanco (*Heliocarpus americanus* l. sin. *H. popayanensis*) Utilizando Propagadores de Sub-irrigación. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Volumen 59, Número 2. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Vásquez, Y. C.; Orozco, A.; Rojas, M.; Sánchez, M. E. y Cervantes V. (1997). Capítulo II. La Propagación Vegetativa. En: La Reproducción de las Plantas: Semillas y Meristemos. Fondo de Cultura Económica. México D.F. Consultada el 30 de mayo de 2013. En: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_6.htm
- Vega, G. A.; Ampuero, C. N.; Díaz, N. L. y Lemus, M. R. (2005). El Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller) como Componente de Alimentos Funcionales. [En Línea]. Revista Chilena de Nutrición Volumen 32 N° 3. Santiago de Chile. ISSN 0717-7518. Consultada el 15 de julio de 2014. En: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005
- Villalobos, D. N. J.; Arteaga, C. M. N. y Becerra, M. V. (2010). Propagación por Estacas Juveniles de Iguaguana (*Cordia iguaguana* Melchior) Utilizando Propagadores de Sub-Irrigación. Universidad Nacional De Cajamarca (Sede Jaén) Facultad de Ciencias Agrarias. Perú. Consultada el 19 de julio de 2013. En: <http://es.scribd.com/doc/47790103/Articulo-Cientifico-Tesis-estacas-juveniles-iguaguana>
- Yaya, L. M.; Rodríguez, O. L.; Usaquén, W. y Chaparro, A. (2005). Inducción de Organogénesis Indirecta en Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers.). Revista Agronomía Colombiana. Universidad Nacional de Colombia., Enero-Junio, 23(1): 50-54.
- Zobel, B. J. y Talbert, J. T. (1992). Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. Editorial Limusa. México D.F.